

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОНИКИ, ФОТОНИКИ И ИНОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ

25-27 АПРЕЛЯ 2022 ГОДА

МАТЕРИАЛЫ

КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ
ИТОГАМ ГОДА НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ И ДНЮ
СОВЕТСКОЙ НАУКИ

ВЛАДИКАВКАЗ 2022

Министерство образования и науки РФ

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)

Владикавказский технологический центр «БАСПИК»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции,
посвященной итогам Года науки и технологий
и Дню советской науки
(Владикавказ, 25–27 апреля 2022)

ВЛАДИКАВКАЗ 2022

УДК 621.383
ББК 32.85
А43

Редакционная коллегия

С. К. Кулов – ответственный редактор, д-р техн. наук, профессор (ген. директор ООО ВТЦ «Баспик»);
Т. Д. Алкацева – канд. техн. наук, доцент;
Ф. Г. Дзгоева – начальник учебно-методического отдела ООО ВТЦ «Баспик»

А43 **Актуальные проблемы инновационных систем электроники и фотоники:** Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной итогам Года науки и технологий и Дню советской науки (Владикавказ, 25–27 апреля 2022 года) / Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет); Владикавказский технологический центр «Баспик». – Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2022. – 152 с.

ISBN 978-5-6045066-4-6

Сборник подготовлен на основе докладов, представленных на Всероссийскую научно-практическую конференцию «Актуальные проблемы инновационных систем электроники и фотоники». Доклады посвящены научным и практическим исследованиям применения информационных технологий в области производства микроканальных пластин, а также задачам роста конкурентоспособности за счет повышения качества на инновационных промышленных предприятиях.

Материалы сборника представляют интерес для студентов, аспирантов технических специальностей вузов, слушателей магистерских программ, преподавателей и практических работников, поскольку содержат разносторонние исследования теоретических и практических вопросов, связанных с развитием промышленного комплекса в регионе.

УДК 621.383

ББК 32.85

Всю ответственность за содержание и качество представленного материала несут авторы.

ISBN 978-5-6045066-4-6



9 785604 506646

© СКГМИ (ГТУ), 2022
© ООО ВТЦ «Баспик», 2022
© Авторы докладов, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Кулов С. К., Алкацева Т. Д.</i> Качество продукции как фактор конкурентоспособности инновационного предприятия.....	5
<i>Кулов С. К. Авдеев К. А.</i> Анализ ситуации по браку в сотовой структуре МКПО.....	14
<i>Аккалаев С. К.</i> Определение оптимальных условий работы для снижения браков во внешнем виде в производстве микроканальных пластин.....	20
<i>Кулов С. К., Бекузаров Т. В.</i> Способы выщелачивания МКП и заготовок.....	25
<i>Гусалов А. И.</i> Особенности геометрии микроструктуры микроканальной пластины и ее влияние на направленность сотовой структуры.....	32
<i>Алкацева Т. Д., Зукурова Е. М.</i> Влияние физико-химических параметров оптического стекла на параметры МКП.....	40
<i>Сенцова Е. И., Кастуев М. К.</i> Улучшение временных характеристик МКП-детектора за счёт применения конусной формы анода.....	49
<i>Кривов С. В., Гусалов А. И.</i> Моделирование термодинамических процессов, протекающих в печи установки вытяжки жестких стеклянных волокон.....	56
<i>Савенко В. И.</i> Проводимость микроканальных пластин. Физические, конструкционные и технологические причины проводимости МКП в вакууме и на воздухе.....	64
<i>Самканашвили Д. Г.</i> Структурные неоднородности на этапах формирования конструкции высокоразрешающих микроканальных пластин.....	75
<i>Федотова Г. В.</i> ФЭУ с МКП – счётчики фотонов с высоким отношением «пик/долина».....	86
<i>Хасиева Д.Ф.</i> Некоторые особенности явления «быстрой» памяти МКП.....	94
<i>Федотова Г. В., Смирнов В. Ю., Цховребов К. Э.</i> Влияние высокотемпературного прогрева в вакууме на параметры МКП-детектора открытого типа.....	100

<i>Щапова Ю. В.</i> Формирование резистивно-эмиссионного слоя каналов МКП в процессе термоводородного восстановления.....	105
<i>Гиголаева К. А.</i> Анализ гибких методологий и инструментов проектного управления AGILE.....	111
<i>Дзахов Т. А.</i> Приоритеты устойчивого развития в системе управления компании.....	117
<i>Кривова Т. В.</i> Актуальные вопросы внешнеэкономической деятельности региона (на примере Республики Северная Осетия-Алания).....	124
<i>Мурадян Б. А.</i> Развитие промышленного комплекса Северной Осетии в XX веке	129
<i>Пущина О. А.</i> Промышленный технопарк «малахит» как драйвер инновационной реиндустриализации региона (на примере Республики Северная Осетия-Алания).....	133
<i>Уруймагов М. В.</i> Особенности казначейского сопровождения расходов в рамках соглашений о предоставлении субсидий организациям на финансовое обеспечение затрат.....	141
<i>Царикаев Х. Т.</i> Актуальное состояние в сфере производительности труда в Российской Федерации.....	147

КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ КАК ФАКТОР КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Кулов С. К.^{1,2}, д-р техн. наук, профессор

Алкацева Т. Д.^{1,2}, канд. техн. наук, доцент

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,

г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет),

г. Владикавказ

Аннотация. Статья посвящена задаче роста конкурентоспособности за счет повышения качества на промышленных предприятиях Республики Северная Осетия-Алания. В статье описаны принципы инновационного предприятия в области управления качеством и создании конкурентоспособной продукции; сделан акцент на конкретных действиях по увеличению конкурентоспособности путем повышения качества продукции.

Ключевые слова: качество, конкурентоспособность, менеджмент качества.

PRODUCT QUALITY AS A COMPETITIVE STRENGTH OF AN INNOVATION ENTERPRISE

Kulov S., Doctor of Engineering Sciences, Professor

Alkatseva T., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Abstract. The article deals with the task of increasing competitiveness by improving the quality in the industrial companies of the Republic of North Ossetia-Alania. The article describes the principles of an innovative enterprise in the field of quality management and the creation of competitive products; emphasis is placed on specific actions to increase competitiveness by improving product quality.

Keywords: quality, competitiveness, quality management.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В век информационных технологий необходимыми конкурентными преимуществами обладают лишь те организации, которые непрерывно работают над совершенствованием качества продукции и повышением произ-

водительности труда. Проблемой развития российских предприятий является реализация системного управления качеством с использованием новейших достижений теории управления и применением четко сформулированной системы менеджмента качества (СМК).

Проблема высокой производительности труда была и остается самой актуальной для развития промышленности страны. Ученые-экономисты: А. Смит, Д. Риккардо, К. Маркс, Дж. Кейнс, А. Курю, Ф. Найт, У. Шухарт, Э. Деминг, Дж. Джуран, Ф. Кросби, А. Фейгенбаум, К. Исикава, Г. Тагути, Ф. Котлер, В.Г. Версан, М. И. Гельвановский, В. В. Окрепилов, В. А. Лapidус провели множество исследований, посвященных повышению производительности и конкурентного преимущества организаций, заложив научный «фундамент» данной проблемы.

Однако для оценки конкурентного преимущества организаций и установления системы непрерывного повышения качества продукции, теоретического задела научных работ недостаточно.

Цель и задачи исследования. Основной целью исследования является выявление проблем повышения конкурентоспособности инновационных организаций, а также поиск возможностей для их развития и совершенствования.

Для достижения вышеизложенной цели определены следующие **задачи**:

- изучить состояние управления качеством как фактора конкурентной способности организации и дать рекомендации по совершенствованию;
- изучить способы построения систем качества в инновационных организациях;
- выявить методологические особенности системы управления качеством инновационной организации.

В работе проведен обзор существующих на сегодняшний день основных теоретических и практических вопросов качества и конкуренции.

СМК инновационного предприятия должна основываться на следующих **принципах**:

1. Управление не качеством, а производительностью.
2. Производительность = результативность + эффективность + качество.
3. Главный ресурс – персонал: подбор, обучение, продвижение, мотивация кадров.

4. Внедрение статистических методов управления качеством.
5. Освоение японских инструментов качества.
6. Формирование и совершенствование корпоративной культуры.
7. Лидерство. Изменение стиля руководства.
8. Изучение, внедрение системного подхода и его приложений.
9. Эффективная смычка качества с производством, наукой и инновационным маркетингом.
10. Внимание к подготовке и сопровождению производства.
11. Взаимовыгодные отношения с поставщиками и потребителями.
12. Постоянное обучение и повышение компетентности сотрудников.

Стандарты ИСО серии 9000 представляют собой основу системы менеджмента, обеспечивающую минимально достаточный уровень качества. Исследование выявило, что для совершенствования СМК необходимо практическое применение основных инструментов качества. Однако, проблема нахождения основных способов совершенствования СМК остается нерешенной.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- 1) выявлена роль качества продукции и необходимость повышения производительности труда;
- 2) предложена концепция организационно-экономического механизма системы управления качеством на примере инновационной организации;
- 3) разработана методика анализа результативности действующей СМК, что обеспечивает научную основу для разработки мероприятий, направленных на развитие эффективной СМК инновационной организации.

В ходе исследования получены и выносятся на защиту следующие результаты, имеющие элементы научной новизны:

- предложено внедрение результативных систем качества, соответствующих международным требованиям;
- доказана необходимость формирования инфраструктуры СМК для создания общего уровня требований к качеству продукции;
- даны рекомендации по непрерывному повышению конкурентоспособности и качества продукции.

В области методологии подробно рассмотрены методы научного познания содержательных характеристик функционирования и развития организационно-экономического механизма всеобщего управления качеством.

Практическая значимость исследования состоит в том, что полученные теоретические результаты подтверждены на практике и могут быть рекомендованы для развития инновационных организаций. Большинство положений исследования могут быть использованы не только в практической деятельности инновационных организаций, но и при обучении студентов специальными дисциплинами, посвящённым методам управления качеством.

Совершенствование системы менеджмента качества (далее – СМК) ООО ВТЦ «Баспик»

СМК ООО ВТЦ «Баспик» с 2000 года сертифицирована в системе добровольной сертификации «Военный регистр» на базе международного стандарта ИСО 9001, а с 2006 года и на базе ГОСТ РВ 0015-002

Стандарты серии Р ИСО 9000 представляют собой «фундамент» системы менеджмента, обеспечивающий тот минимально достаточный уровень качества, который должен соответствовать требованиям заинтересованных сторон. СМК «Баспик» базируется на следующих **принципах**:

1. Ориентация на потребителя – принцип реализуется путем мониторинга потребностей и ожиданий потребителей, проведения маркетинговых исследований, ознакомления персонала с потребностями и ожиданиями потребителя.

2. Лидерство – принцип реализуется через лидерство и приверженность Генерального директора – научного руководителя и главного конструктора направления МКП ООО ВТЦ «Баспик» (далее – Генеральный директор), ответственность Первого заместителя Генерального директора, исполнительного директора, директора по производству, технического директора-главного инженера, директора по подготовке производства, директора по кадрам, финансового директора, директора по маркетингу, главного конструктора, руководителей подразделений и служб за качество продукции, эффективность функционирования СМК, компетентность руководителей всех уровней в своей области деятельности, уста-

новление доверия персонала и корпоративной солидарности, а также представление требуемых ресурсов и свободы действий в пределах установленной ответственности и полномочий;

3. Взаимодействие людей. Принцип реализуется через четкое распределение ответственности и полномочий персонала в должностных инструкциях и стандартах организации по СМК, моральное и материальное стимулирование, понимание персоналом требований СМК, политики и целей в области качества и ценности собственного вклада в общее дело, места и роли в деятельности организации, а также через непрерывное повышение профессиональной квалификации и компетентности в постановке и реализации задач по обеспечению и улучшению качества.

4. Процессный подход. Данный принцип является одним из основополагающих в создании и функционировании СМК и реализуется путем выделения ключевых процессов, определения входов и ожидаемых выходов процессов, определения критериев оценки и методов измерения результативности процессов, а также путем установления взаимосвязей процессов, определения методик управления процессами, возложения ответственности на руководителей и персонал.

5. Принцип улучшения. Реализуется путем оптимизации системы процессов, приведения организационной структуры в соответствие с системой процессов, повышения качества продукции, а также увеличения результативности и эффективности как отдельных процессов, так и СМК в целом.

6. Принятие решений, основанных на свидетельствах. Принцип реализуется путем мониторинга качества продукции, эффективности СМК, удовлетворенности потребителей и заинтересованных сторон, обеспечения достоверности, точности данных, ответственности руководителей и персонала за принимаемые решения.

7. Менеджмент взаимоотношений. Принцип реализуется путем идентификации и постоянного ведения реестра поставщиков, установления с ними ясных, открытых контактов с взаимной ответственностью, гарантиями, а также путем разработки и внедрения совместных действий по улучшению качества поставляемой продукции.

Качество продукции определяется качеством производственных процессов, компонентами которых являются: 1) персонал; 2) оборудование; 3) материалы; 4) методы; 5) окружающая среда.

Несмотря на сертифицированную СМК ООО ВТЦ «Баспик» нам необходимо внедрение принципов TQM.

Комплексная система управления качеством – TQM (Total Quality Management) – система менеджмента качества организации, которая является системой взаимодействующих процессов, главной задачей которых является *удовлетворение и превосхождение запросов заинтересованных сторон организации, а также увеличение производительности труда за счет лидерства руководителей и внедрения методов постоянного улучшения качества.*

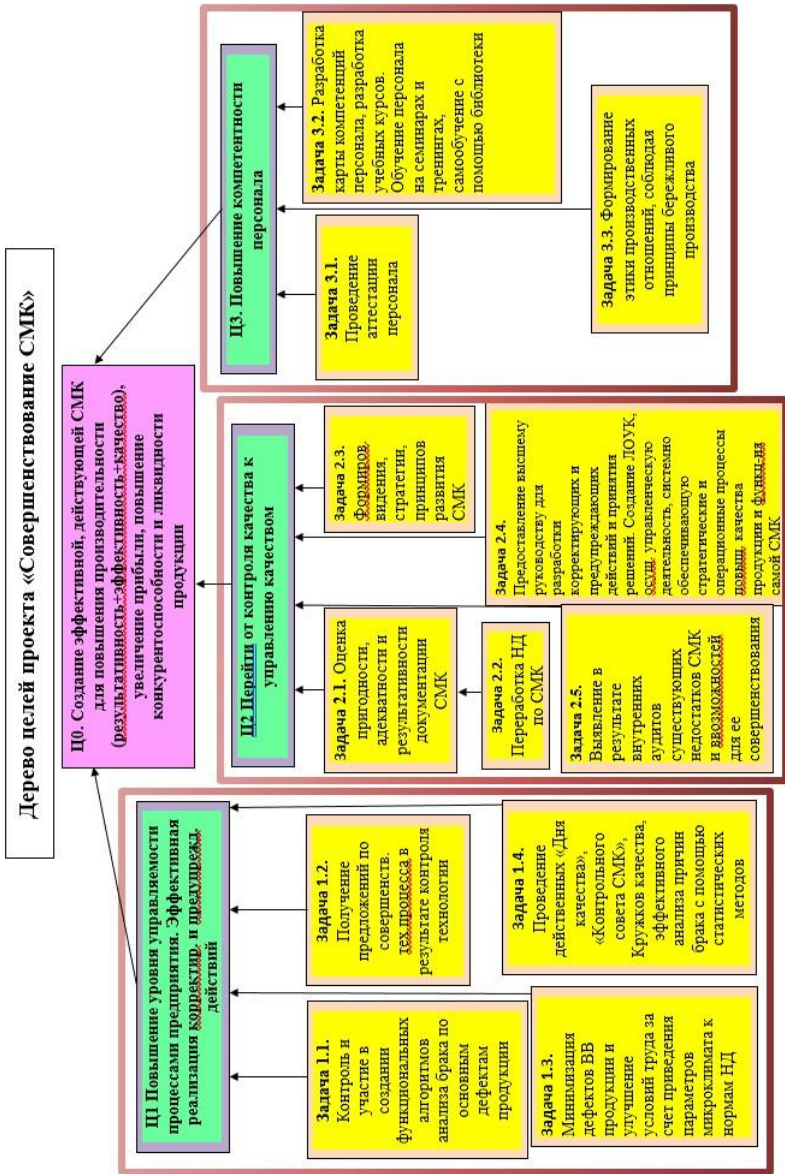
Объектами изучения TQM являются деятельность организации в целом и ее составляющие: процессы, продукция, люди, особенности управления, технологии и т. п.

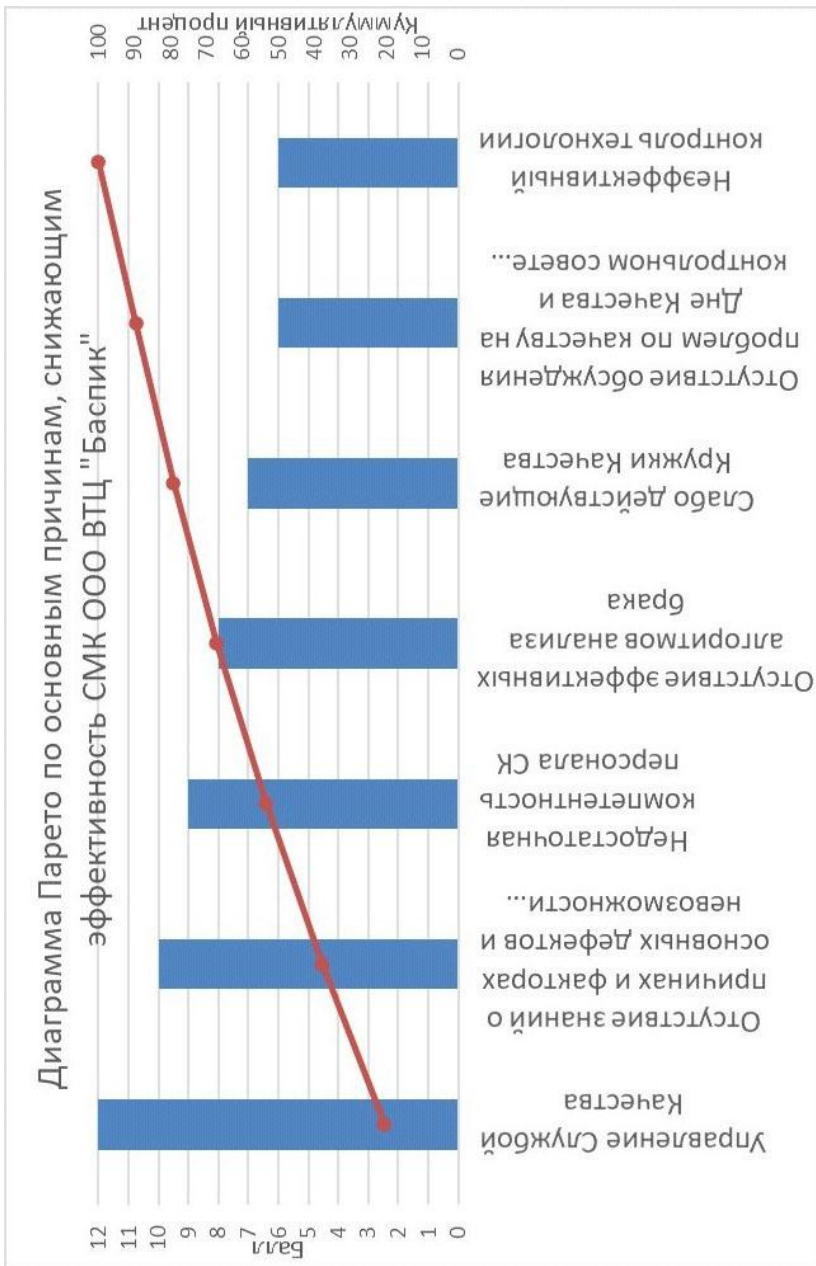
Принципы TQM	Принципы ГОСТ Р ИСО 9000-2015
Вовлеченность высшего руководства	Лидерство
Ориентация всех целей, задач действий на потребителей	Ориентация на потребителя
Процессный подход	Процессный подход
Постоянное улучшение	Улучшение
Принятие решений на основе фактов	Принятие решений, основанных на свидетельствах
Системный подход к управлению	–
Всеобщее участие сотрудников	Взаимодействие работников
Взаимовыгодные отношения с поставщиками	Менеджмент взаимоотношений

Управление качеством

Ввиду всеобщего развития и расширения производственных мощностей страны, стала актуальной проблема грамотного и эффективного управления качеством. Для чего нужно управление? Для приведения в общую систему всю деятельность организации и каждого отдельного работника, а также для урегулирования всех производственных взаимодействий. От управления во многом зависит возможность осуществления целей, установленных организаций.

Далее на рисунке представлен проект совершенствования СМК в виде «Дерева целей» и диаграммы Паретто.





Список источников

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования.
3. Таволжанская Т. А. Проблемы конкурентоспособности продукции и методы её оценки. VII Международный молодежный форум «Образование, наука, производство». Белгород, 2015.
4. Васильков Ю. В., Гущина Л. С. Система менеджмента рисков как инструмент управления экономикой предприятия // Методы менеджмента качества. 2012. № 2. С. 10–15.
5. Никитин Е. С. Всеобщий менеджмент качества как комплексная система управления современной организацией: Автореферат дисс. ... канд. социол. наук. 22.00.08 // Сборник авторефератов диссертаций. М., 2009. С. 23–23.
6. Шадрин А., Тисенко В. Инновации и менеджмент качества // Стандарты и качество. 2007. № 6. С. 74–78.
7. Набоков Э. П. Организационное совершенствование предприятий на принципах TQM // Методы менеджмента качества. 2007. № 4. С. 20–23.

АНАЛИЗ СИТУАЦИИ ПО БРАКУ В СОТОВОЙ СТРУКТУРЕ МКПО

Кулов С. К.^{1,2}, д-р техн. наук, профессор

Авдеев К. А.,^{1,2} магистрант

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,

г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет),

г. Владикавказ

Аннотация. В статье анализируется проблема брака по порогу сотовой структуры микроканальных пластин производства ООО ВТЦ «Баспик».

Ключевые слова: микроканальные пластины, чистота поля зрения, сотовая структура.

CASE STUDY OF A RIMMED MCP HONEYCOMB PATTERN DEFECT

Avdeev K. A., master's student

Abstract. The article analyzes the problem of marriage on the threshold of the multiboundary deviation e of microchannel plates manufactured by VTC Baspik LLC.

Keywords: microchannel plates, image quality, multiboundary deviation structure.

Микроканальные пластины (МКП) – класс изделий электронной техники, предназначенных для работы в вакууме в качестве многоканальных детекторов, преобразователей и вторично-электронных усилителей пространственно-организованных потоков заряженных частиц и излучений [1].

Решение проблемы чистоты поля зрения (ЧПЗ) – отсутствия дефектов на электронном изображении (ЭИ) – улучшает качество выходного изображения, снижает вероятности ошибок при наблюдении в условиях естественного ночного освещения и др.

Все годы в ООО ВТЦ «Баспик» существует значительный брак по дефекту сотовой структуры (СС), а именно низкий токовый порог её появления. В последние годы порог СС остаётся на прежнем уровне и составляет $I_{cc} = 3,2-3,5 \cdot 10^{-10}$ А, что представлено на рис. 1.

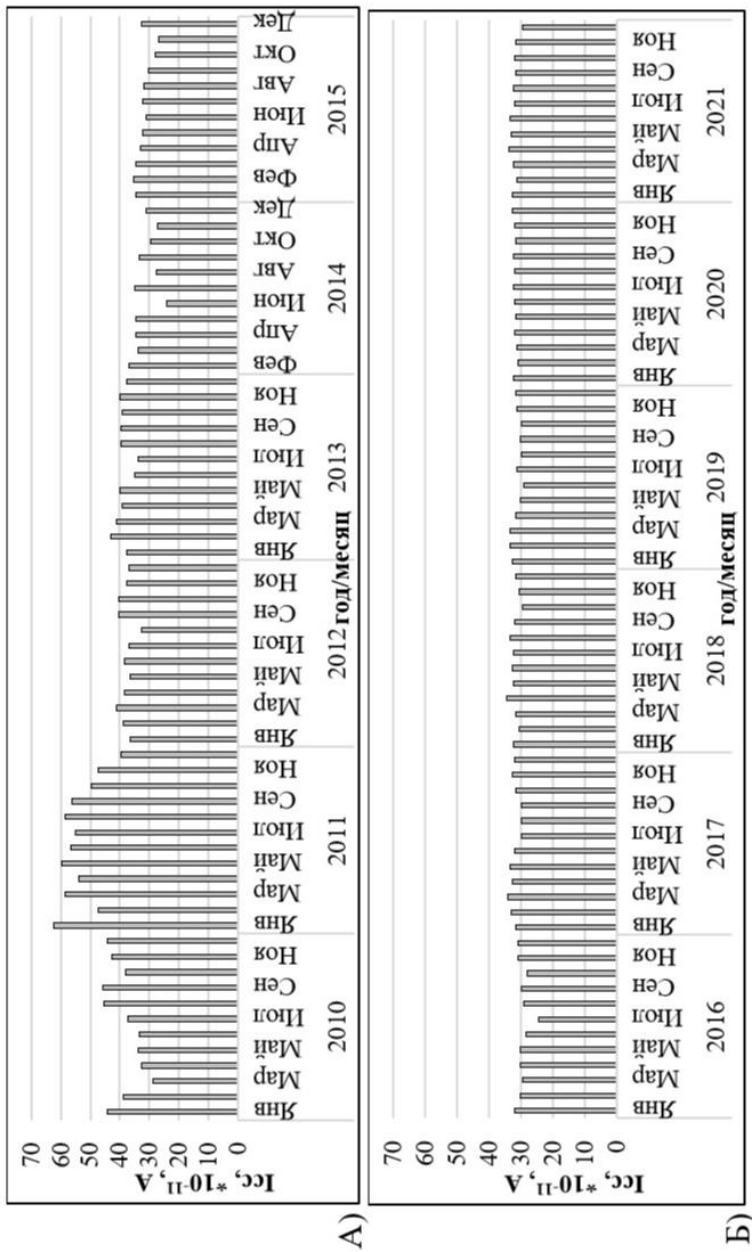


Рис. 1. Среднее значение порога ССМКПО 18-6 по месяцам за 2010–2015 гг. (А) и 2016–2021 гг. (Б)

В табл. 1 представлен внешний некоторых типов СС.

Таблица 1

Типы СС ЭИ МКПО

Наименование типа СС	Вид СС
Тонкая, темная, направленная по направлению наклона каналов, пунктирная СС – Т23	
Тонкая, темная, сплошная СС – Т20 (не связана с направлением наклона каналов)	
Комбинированная сетка, ненаправленная, на границе МКС элементы тонкой темной сетки, а по одной или обеим сторонам от нее тонкие светлые элементы сотовой структуры – К11	
Тонкая, темная, направленная по направлению наклона каналов, зигзагообразная СС – Т22	
Тонкие, темные элементы, хаотичные, включающие два ряда пограничных каналов МКС – Т21	
Комбинированная сетка, ненаправленная, на границе МКС тонкая темная сотовая структура, а по одной или обеим сторонам от нее – тонкая светлая сотовая структура – К05	
Комбинированная сетка, ненаправленная, на границе МКС тонкие элементы темной сотовой структуры, а по одной или обеим сторонам от нее тонкая светлая сотовая структура – К6	

Коренной причиной данной ситуации является технологический метод, принятый на производстве, который предусматривает появление двух типов каналов на поверхности МКПО – внутренних (ВК) и пограничных (ПК) [2]. Отметим, что качество стекла, применяемого при изготовлении МКПО, не влияет на порог и тип сотовой структуры. Несмотря на множество проведённых научно-технических работ в ООО ВТЦ «Баспик» нельзя сказать с уверенностью, каковы причины и факторы данного брака.

Однако отметим, что СС отличается разнообразием видов, которые подразделяются по контрасту, типу, направлению, толщине и т. д. При анализе брака СС становится очевидным, что на производстве основным фактором брака является блочный (реже пучковый) фактор, который связан с методом производства МКПО, принятого в ООО ВТЦ «Баспик». Для блочного фактора характерно то, что все микроканальные пластины в данном блоке имеют одинаковый порог появления СС, категорию и тип. На всей рабочей площади имеются тысячи границ, однако они все имеют один тип, категорию и порог СС. С обеспечением идентичности свойств и усиления ПК и ВК микроканальных сот (МКС) и отдельных МКС, которые формируются в несколько отличающихся условиях, связана одна из основных проблем технологии МКП.

Также встаёт вопрос о точности измерения порога и типа СС оператором. Любой объект на экране, в том числе и дефект ЧПЗ, создаёт на экране фигуру определённой формы размера и контраста, в случае СС – сетку на поверхности ЭИ (рис. 2).

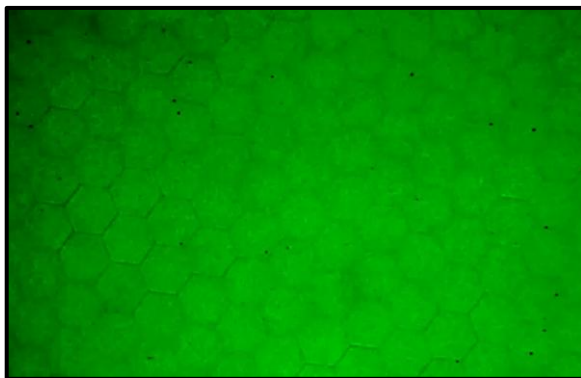


Рис. 2. Сотовая структура на поверхности электронного изображения

Благодаря контрасту – разнице фона и дефекта ЧПЗ – становится возможной визуализация дефекта ЧПЗ. Именно этот контраст и фиксирует оператор при регистрации СС. Однако для визуальной регистрации необходимо, чтобы отношение «сигнал/шум» в контрасте было достаточно велико, чтобы можно было выделить контраст на фоне временных флуктуаций изображения, при этом само время наблюдения должно быть не слишком малым, для того чтобы оператор смог увидеть и проанализировать СС на экране. Как раз из-за временных шумов снижается чувствительность регистрации необходимого контраста, что может привести к ошибке при измерении токового порога СС.

Данный метод регистрации ЧПЗ, в частности СС, принятый в ООО ВТЦ «Баспик», называется визуальным и характеризуется принципом наличия или отсутствия дефекта СС при определённых токовых режимах, то есть многое зависит от самого оператора, от того, как он видит изображение на экране. В зарубежной практике же применяется фотометрический метод, где изображение сканируется апертурной диафрагмой микрофотометра, выходной сигнал фиксируется фотоэлектронным умножителем (ФЭУ), усиливается, преобразуется и записывается. Это позволяет минимизировать ошибку оператора при регистрации дефекта ЧПЗ [3]. Отметим, что принятый в ООО ВТЦ «Баспик» метод измерения параметров СС является точным, это доказывают проведённые работы, где одни и те же МКПО измерялись разными операторами, и результаты получились идентичными.

Стоит отметить, что порог СС меняется при хранении МКПО в контролируемых условиях – в вакууме, при определённой влажности и температуре окружающей среды. Однако всё это не позволяет управлять направлением изменения порога СС, т. к. неизвестно, будет ли он увеличиваться или уменьшаться.

Проблема брака СС так остро стоит в первую очередь из-за экономического эффекта. Он характеризуется значительными потерями – не менее 100 млн рублей в год. Минимизация дефектов ЧПЗ способствует существенному улучшению технического уровня и качества МКП, ЭОП и ПНВ, повышению конкурентоспособности и ликвидности МКП на рынках сбыта, а анализ показывает, что с развитием техники ночного видения требования к ЧПЗ ЭИ МКП повышаются.

Список источников

1. Кулов С. К. Микроканальные пластины: Конспект лекций. Владикавказ: ООО ВТЦ «Баспик». 2001.
2. Кулов С. К. Сотовая структура электронного изображения МКП: Аналитический отчет. Владикавказ: ООО ВТЦ «Баспик», 1997.
3. Алкацева Т. Д. Закономерности формирования и минимизация дефектов электронного изображения микроканальных пластин: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.27.02 – «Вакуумная и газоразрядная электроника». Владикавказ, 1999.
4. Пергаменцев Ю. Л. Сотовая структура электронного изображения МКП, некоторые факторы и факты: Аналитический отчет. Владикавказ: ООО ВТЦ «Баспик», 2020.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ БРАКОВ ВНЕШНЕГО ВИДА В ПРОИЗВОДСТВЕ МИКРОКАНАЛЬНЫХ ПЛАСТИН

Аккалаев С. К.^{1,2}, магистрант

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,

г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет),

г. Владикавказ

Аннотация. В статье рассмотрены факторы, влияющие на электронную гигиену. Приведены результаты экспериментальных работ, направленных на определение влияния человеческого фактора, расходных материалов и технологических жидкостей на качество внешнего вида микроканальных пластин.

Ключевые слова: внешний вид, электронная гигиена, чистые помещения.

DETERMINATION OF OPTIMAL OPERATIONAL CONDITIONS TO REDUCE SURFACE DEFECTS DURING MICROCHANNEL PLATE PRODUCTION

Akkalaev S. K., master's student

Abstract. The article discusses the factors affecting electronic hygiene. The results of experimental work aimed at determining the influence of the human factor, consumables and process fluids on the surface quality of microchannel plates are presented.

Keywords: surface quality, electronic hygiene, clean rooms.

Проблема браков внешнего вида (ВВ) стоит достаточно остро на протяжении всего существования технологии изготовления микроканальных пластин (МКП). С целью обеспечения требований, предъявляемых к классам чистоты, был создан ряд мероприятий, оказывающий значительное позитивное влияние на концентрацию частиц в воздухе.

Чистые помещения – искусственно созданное пространство с контролируемым микроклиматом и концентрацией взвешенных в воздухе частиц – создаются в двух исполнениях: с турбулентным потоком и, более совершенные, – с ламинарным потоком.

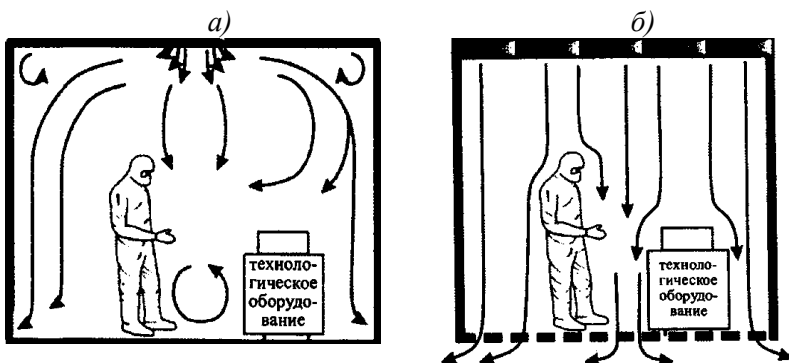


Рис. 1. Чистые производственные помещения: а) с турбулентным потоком, б) с ламинарным потоком

На ООО ВТЦ «Баспик» уделяют особое внимание электронной гигиене как одной из важнейших составляющих, необходимых для увеличения выхода годной продукции. Предприятие оборудовано чистыми производственными помещениями (ЧПП), имеющими 7 класс чистоты по ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017. В каждом ЧПП, кроме участка техно-химической обработки (ТХО), поддерживается повышенное давление для исключения попадания ПЧ из коридора, наряду с ламинарным потоком и системами очистки воздуха, формируется атмосфера, соответствующая требуемому классу чистоты.

Несмотря на бесспорную важность обеспечения требований к ЧПП, для достижения минимального уровня запыленности используют сложную систему, включающую в себя локальные чистые зоны (ЛЧЗ), представляющие собой столы монтажные пылезащитные (СМП) либо абактериальные боксы, имеющие 5 классы чистоты. Все сотрудники, находящиеся на производственном этаже, обязаны носить неворсящие костюмы, специальную кожаную обувь. Макияж, как и торчащие из-под колпака волосы – не допускаются.

Немаловажным фактором является влажность и температура ЧПП. В излишне «сухом» помещении ПЧ будут сильнее приставать к поверхности пластин из-за статического электричества, в то время как при повышенной влажности начинается реакция слабо связанных элементов, входящих в состав стекла, с молекулами H_2O , что приводит к образованию налета на поверхно-

сти пластины. При слишком высокой температуре экспоненциально возрастает продуцирование посторонних частиц оператором.

Одним из крупнейших источников ПЧ на производстве является человек, присутствие даже одного оператора существенно влияет на чистоту атмосферы в ЧПП. Для большей наглядности была проведена работа по изучению динамики запыленности чистых производственных помещений на участках изготовления МКП. По данным, полученным в результате регулярных замеров, был построен график, показывающий изменение уровня запыленности при нахождении оператора на участке.

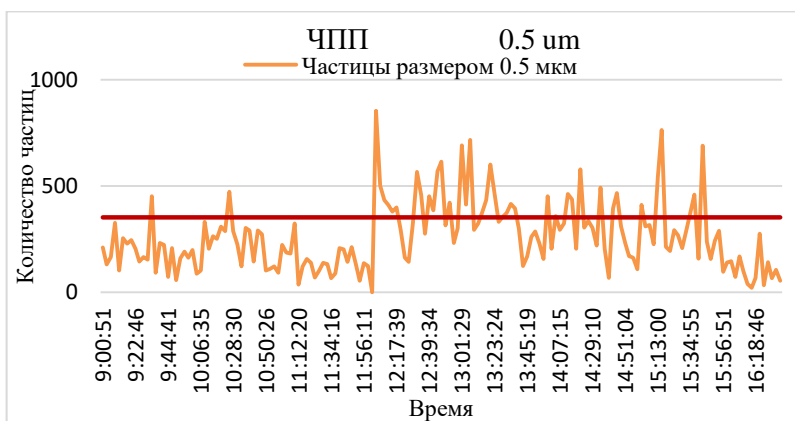


Рис. 2. Динамика запыленности ЧПП в течение рабочей смены

Поэтому особое внимание стоит уделять качеству технологической одежды. Напальчники и перчатки оказывают значимое влияние на чистоту поверхности пластины. При использовании напальчников закрывается порядка 20 % поверхности кисти, что позволяет безопасно проводить манипуляции с пластинами, предотвращая загрязнение от контакта пальцев с МКП, но не защищая от попадания отшелушенных частичек кожи. Также напальчники могут быть загрязнены потожировыми остатками при случайном сжатии руки в кулак либо при прикосновении к лицу, что происходит порядка 40 раз в час. Перчатки предотвращают попадание на поверхность пластины частичек с незакрытой части кисти. Однако существует ряд недостатков, делающий невозможным применение перчаток на некоторых эта-

пах изготовления изделия. При продолжительном использовании перчаток начинается обильное потоотделение, вызывающее неудобство оператора, в отдельных случаях это может привести к контактному дерматиту – распространенному заболеванию врачей, работающих в латексных перчатках. Для минимизации влияния потоотделения возможно использование специальных нестерильных нейлоновых перчаток, надеваемых под перчатки для ЧПП.

Проведя экспериментальную работу по проверке влияния напальчников и перчаток на загрязнение МПК, мы определили, что наиболее неподходящим материалом перчаток для работы с микроканальными пластинами является латекс. Количество ПЧ, остающихся после контакта с поверхностью пластины, вынуждает браковать МКП по целому ряду дефектов.

Нитриловые перчатки, напротив, оказались весьма эффективными. Даже продолжительный контакт перчаток с МКП не привел к существенному загрязнению поверхности.

Такие результаты можно объяснить различиями в структуре. Латекс – пористый материал, что делает невозможным полную качественную очистку перчатки. Нитрил, напротив, обладает более целостной структурой, позволяющей применять нитриловые перчатки в чистых помещениях с высоким классом чистоты.

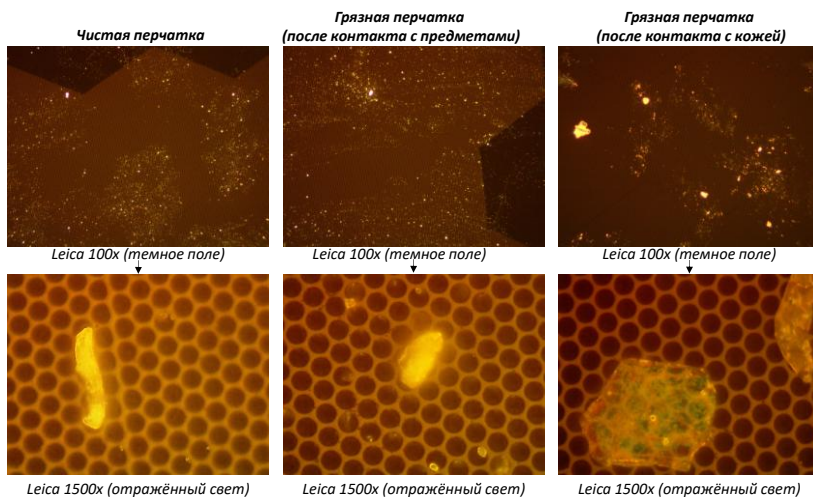


Рис. 3. Поверхность микроканальной пластины после контакта с перчатками «KIMTECH PFE Latex Gloves» (бежевые-латексные)

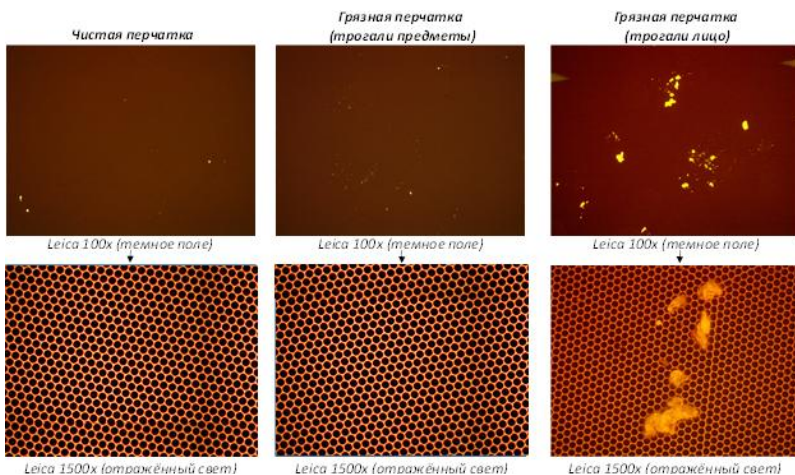


Рис. 4. Поверхность микроканальной пластины после контакта с перчатками «Перчатки серые для чистых помещений KIMTECH Pure* brand G3 sterling*Nitrile Gloves» (серые – нитриловые)

Список источников

1. Кулов С. К., Кесаев С. А., Полина Т. В., Бугулова И. Р. Исследование ПЧ на поверхности модельных образцов рабочих стекол МКП. Нальчик: КБГУ, 2009.
2. Епхиева З. Х., Самканашвили Д. Г., Уртаев А. К. Качество и чистота поверхности микроканальных структур и заготовок на наноуровне. Владикавказ: СКГТУ, 2002.
3. ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц.

СПОСОБЫ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МКП И ЗАГОТОВОК

Кулов С. К.^{1,2}, д-р техн. наук, профессор

Бекузаров Т. В.^{1,2}, магистрант

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,

г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет),

г. Владикавказ

Аннотация. Исследовано влияние различных способов выщелачивания на параметры МКП и ее заготовок, а также на удаление налета, формируемого в процессе хранения продукции и выведения щелочных металлов из состава пластин. Показано, что при использовании ПГВ выводятся щелочи из состава стекла, улучшается ВВ МКП на выходе техпроцесса и при хранении, параметры пластин либо растут, либо остаются на прежнем уровне. Также было выявлено, что выщелачивание в растворах азотной кислоты способствует улучшению ВВ МКП и обработка пластин при хранении устраняет появившийся на них налет. При выведении щелочей с помощью отжигов смывов щелочная составляющая, попадающая на поверхность пластин, легко смывается водой.

Ключевые слова: ПГВ, ОВЗ, ВЗ, МКП, МКПО, ВВ, СС, ТВВ, ТХО, выщелачивание, щелочные металлы, хранение, реставрация.

LEACHING METHODS OF MCPS AND MCP WAFERS

Kulov S., Doctor of Engineering Sciences, Professor

Bekuzarov T. V., master's student

Abstract. The influence of various leaching methods on the parameters of the MCP and its blanks, as well as on the removal of plaque formed during the storage of products and the removal of alkali metals from the composition of the plates, was studied. It is shown that when using PGV, alkalis are removed from the glass composition, the HI of the MCP improves at the output of the process and during storage, the parameters of the plates either increase or remain at the same level. It was also found that leaching in solutions of nitric acid contributes to an increase in amplification, an improvement in the HV MCP, and processing of the plates during storage eliminates the plaque that has appeared on them. When removing alkalis by annealing washouts, the alkaline component falling on the surface of the plates is easily washed off with water.

Keywords: PGV, OVZ, VZ, MCP, МКПО, VV, SS, TVV, THO, leaching, alkali metals, storage, restoration.

Проблема сохраняемости параметров и ВВ пластин является одной из самых актуальных проблем в производстве МКП и ее заготовок. Исходя из известных нам данных, самым большим процентом отказов на хранении является дефект 2168 (влажный налет) 43 %, который образуется в процессе взаимодействия щелочных металлов, находящихся в приповерхностном слое пластин, с атмосферной влагой.

Выщелачивание – процесс выноса щелочных и щелочноземельных металлов из кристаллической решетки минералов.

В ООО ВТЦ «Баспик» было проведено много работ по выводу щелочей из МКП и их заготовок. Можно выделить четыре разных способа выщелачивания:

- выщелачивание микроканальной пластины (МКП) и ее заготовок в растворах азотной кислоты;
- выведение щелочей из состава МКП с помощью отжигов-смыслов;
- парогазовое выщелачивание (ПГВ);
- гибридная технология выщелачивания.

Рассмотрим каждое из этих направлений в отдельности.

1. Выщелачивание МКП в растворах азотной кислоты

Принцип этого метода заключается в химической обработке азотной кислотой очувствленной вытравленной заготовки (ОВЗ) и МКП. Активизация выщелачивания на послещелочном азотнокислом этапе технохимической обработки (ТХО) за счет определенного времени и температуры позволяет поднять усиление МКП на значительный уровень. Спустя месяц хранения экспериментальные МКП имели лучший внешний вид (ВВ) по сравнению с текущими образцами и сопоставимый с контрольными значениями порога СС.

Аналогичный режим обработки ОВЗ не выявляет преимуществ перед интенсивным выщелачиванием вытравленной заготовки (ВЗ), лишь незначительно повышается усиление.

Также было выявлено, что с помощью метода выщелачивания можно реставрировать МКП и ее заготовки. Анализ документации показал, что реставрация ОВЗ, как правило, улучшает ВВ заготовок по налету, посторонним частицам (ПЧ) и пятнам загрязнений.

Что касается выщелачивания МКП, то их обработка в режиме химической обработки (ХО) устраняет налет от хранения. По

имеющимся данным выщелачивание свежеизготовленных пластин горячей азотной кислотой повышает усиление МКП. Сведения по ВВ МКП и их поведению на хранении отсутствуют.

2. Выведение щелочей с помощью отжигов – смывов

Выщелачивание по данному способу осуществлялось следующим образом: МКП отжигались на воздухе, после чего промывались, обезвоживались и сушились. После нескольких экспериментов налет уже не появлялся. После финального цикла обработки усиление МКП удвоилось; порог СС особо не изменился; сопротивление возросло. Контрольная группа в эксперименте отсутствовала, поэтому неясно, с чем связать полученный результат – с выщелачиванием либо с обычным изменением параметров при вылежке. ВВ и поведение пластин при хранении описаны не были.

Обработанные и необработанные пластины отжигались на атмосфере, выдерживались сутки в деионизованной воде (ДИОВ), которая проверялась на наличие щелочных металлов. Смывы с обработанных пластин содержали в несколько раз меньше Na и K, из чего следует, что проведение операции «отжиг–смыв» значительно сокращает содержание щелочных металлов в пластине.

3. Выщелачивание с помощью воздействия температуры и влажности

Принцип данного метода заключается в выщелачивании с помощью воздействия температуры и влажности. Пластины были помещены в различные тары и испытывались в камере тепла и влаги при 7 ступенях влажности в разных температурных режимах. После проведения 3 испытаний было выявлено:

- 1) действительно влажная среда способствует возникновению налета на МКП;
- 2) для относительно полного выведения щелочных металлов необходимо две ХО;
- 3) лучшей тарой для хранения МКП является индивидуальная металлическая тара в пакете для вакуумной упаковки.

4. Гибридная технология выщелачивания

Основная идея гибридной технологии заключается в объединении процессов термоводородного восстановления (ТВВ) и

химико-термической обработки (ХТР). Суть гибридной технологии – активизация и вывод щелочных металлов из пластины на первой низкотемпературной ступени, при которой они образуют легкорастворимые соединения на поверхности пластины. Последующая химическая или термическая обработка предназначена для удаления образовавшихся соединений. Вторая ступень ТВВ проводится при более высокой температуре и позволяет получить нужное сопротивление пластин. Был проведен опыт, в котором пластины были поделены на 3 группы и обрабатывались следующим образом:

- 1-я ступень ТВВ при (420 °С – 3 ч, 400 °С – 5 ч, 380 °С – 7 ч);
- ХТР;
- 2-я ступень ТВВ.

После проведения первого этапа ТВВ, внешний вид пластин заметно ухудшился.

После чего пластины прошли ХТР. Внешний вид ОВЗ всех групп после ХТР был в норме. После второй ступени ТВВ внешний вид ОВЗ претерпел существенные изменения. Ввиду плохого внешнего вида было решено по половине пластин из каждой группы отдать на повторную реставрацию, которая никак не изменила ВВ пластин.

Полученные результаты измерения электрических и электронно-оптических параметров приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения электрических и электронно-оптических параметров пластин

Тип обработки		Электрические и электронно-оптические параметры			
		U_p , В	U_n , В	$R \cdot 10^8$, Ом	$I_n \cdot 10^{-11}$, А
1 группа	С повторной ХТР	750	1000	1,17	9,77
	Без повторной ХТР	760	1020	1,295	5,4
2 группа	С повторной ХТР	760	1023	3,63	7,7
	Без повторной ХТР	770	1050	4,22	7,8
3 группа	С повторной ХТР	760	1020	1,86	19,7
	Без повторной ХТР	785	1065	1,845	17

5. Парогазовое выщелачивание

Метод парогазового выщелачивания (ПГВ) заключается в выщелачивании образцов парами HCl . При их воздействии на поверхность стекла щелочные катионы, образующие легкорастворимые соли, легко смываются растворами кислот.

Сущность данного метода заключалась в следующем: образцы нагревались в печи, в среде азота, после чего в печь впрыскивалась концентрированная HCl при подаче N_2 . Заготовки выдерживались при определенной температуре, после чего печь охлаждалась самопроизвольно.

Для удаления образовавшегося налета образцы проходили ХО. ВЗ, прошедшие ПГВ, промывались раствором HNO_3 , затем сушились и восстанавливались (первая экспериментальная группа). ОВЗ после ПГВ реставрировались в обычном режиме ХО (вторая экспериментальная группа).

На всех заготовках после термоводородного восстановления (ТВВ), был обнаружен налет, но на пластинах первой группы он был существенно ниже. Часть пластин реставрировалась, часть не проходила ХО. Реставрация устранила налет с поверхности всех заготовок. Через месяц хранения ВВ МКП экспериментальных групп не изменился, на контрольных появился редкий налет. Отжиг всех трех групп привел к образованию налета, но более значительного в контрольной группе.

МКП, заготовки, которые прошли ПГВ, отличались повышенными значениями усиления и порогов СС и существенно меньшим количеством темных точек (ТТ) на электронном изображении (ЭИ). Через 3 недели хранения параметры контрольной и экспериментальных групп почти не отличались.

Таблица 2

Параметры МКП 18-10 до и после хранения 3 недели

Обработка групп	М при 800 В		$I_{cc}, \cdot 10^{-10}$ А		Тип СС	
	Исходн.	Хран.	Исходн.	Хран.	Исходн.	Хран.
ТК	1,6–1,8	2,2	0,5	0,8–0,9	Сс, сл.т.с	Тс
ПГВ ВЗ	2,2–2,5	2,2	0,9	0,9	Сл.т.с	Этс
ПГВ ОВЗ	2,1–2,4	2,4–2,6	0,9	1,0	Этс	Эсс

В продолжение этой работы на трех блоках проводилось ПГВ ВЗ.

Азот, насыщенный парами HCl , подавался в объем печи, затем производился подъем температуры, выдержка и остывание до комнатной температуры. Затем образцы обрабатывались в режиме реставрации.

На выходе все экспериментальные группы были абсолютно чисты, а контрольные имели ПЧ. После атмосферного отжига в контрольных группах произошло изменение контактного электрода и появилось множество ТТ на ЭИ. На МКП, прошедших ПГВ, чистота поля зрения ухудшилась за счет появления ТТ; цвет КЭ не изменился.

Через две недели хранения на отдельных контрольных заготовках в двух блоках появились ПЧ. На экспериментальных пластинах всех блоков были зафиксированы отдельные ПЧ. Параметры МКП до и после хранения от 2 недель до 2 месяцев показаны в табл. 3.

Таблица 3

Параметры МКП 18-8 с ПГВ ВЗ

Блок	Обработка групп	М при 800 В		I_{cc} , 10–10 А		Тип СС	
		Исходн.	Хран.	Исходн.	Хран.	Исходн.	Хран.
23/17 (18–8)	ТК	1,6–2,0	2,1–3,5	1,3–1,5	0,8	Отс.	Тс
	ПГВ ВЗ	1,7–2,1	3,2–3,6	0,85	0,7–0,8	Стс, Ссс	Тс
25/13 (18–8)	ТК	1,4	2,2	1,0	0,5	Сл.сс этс	Тс, эсс
	ПГВ ВЗ	2,3	3,2	0,4	0,8	Тс	Сс
19/22 (18–10)	ТК	1,8	2,3	1,0	1,0	Отс.	Этс
	ПГВ ВЗ	1,5–2,0	1,9–2,4	0,9	0,9	Стс, Ссс	Этс

Сравнение данных табл. 2 и 3 показывает, что увеличение продолжительности ПГВ негативно влияет на пороги СС и минимизирует преимущество обработанных МКП по усилению. При хранении на обрамлении пластин с ПГВ появляется налет.

Выводы

- Ни один из способов выщелачивания не соответствует нашим требованиям, однако метод отжигов-смывов, на мой взгляд, является наиболее перспективным из всех существующих.
- После операции ХО появляются одиночные ПЧ и пятна загрязнения.
- Для полного выведения щелочных металлов необходимо как минимум две ХО.

Список источников

1. Борисова Ю. А., Бугулова И. Р., Бугулов Д. Р., Кулов С. К., Макарова Г. И., Пергаменцев Ю. Л., Попугаев Б. Г. Исследование причин ухудшения внешнего вида МКП на хранении // Микроканальные пластины. Материалы научно-технической конференции. Владикавказ, 2002.
2. Кулов С. К., Макарова Г. И., Макаров Е. Н., Мерзлова Е. В., Пергаменцев Ю. Л., Попугаев Б. Г., Бугулова И. Р. Стабильность параметров МКП на хранении // Микроканальные пластины. Материалы научно-технической конференции. Владикавказ, 2002.
3. Полина Т. В. Выщелачивание заготовок и МКП: Обзор ВТЦ «Баспик». Владикавказ, 2012.
4. Борисова Ю.А., Щапова Ю.В. Совмещение гибридной обработки и парогазового выщелачивания: Научно-технический отчет ВТЦ «Баспик». Владикавказ, 2008. 19 с.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИИ МИКРОСТРУКТУРЫ МИКРОКАНАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА НАПРАВЛЕННОСТЬ СОТОВОЙ СТРУКТУРЫ

Гусалов А. И.¹

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. Геометрия микроструктуры микроканальной пластины является важнейшей составляющей при изготовлении микроканальных пластин (МКП). Нарушение однородности микроструктуры неизбежно сказывается на электронно-оптических параметрах микроканальной пластины. Особенный интерес вызывают характерные особенности пограничных каналов микроканальной соты и их вклад в разность коэффициента усиления пограничных каналов по отношению к общей массе внутренних.

Ключевые слова: микроканальная пластина (МКП), микроструктура, прозрачность, деформация каналов, сотовая структура.

GEOMETRY SPECIFIC FEATURES OF MICROCHANNEL PLATE MICROSTRUCTURE AND ITS INFLUENCE ON HONEYCOMB PATTERN ORIENTATION

Gusalov A. I.

Abstract. The geometry of the microstructure of the microchannel plate is the most important component in the manufacture of microchannel plates (MCP). Violation of the uniformity of the microstructure inevitably affects the electron-optical parameters of the microchannel plate. Of particular interest are the characteristic features of the boundary channels of the microchannel honeycomb and their contribution to the difference in the gain coefficient of the boundary channels relative to the total mass of the internal ones.

Keywords: microchannel plate (MCP), microstructure, transparency, channel deformation, cellular structure.

Важнейшим показателем качества микроканальной пластины (МКП) является чистота поля зрения на электронном изображении (ЧПЗ ЭИ). Одним из дефектов ЧПЗ является сотовая структура электронного изображения (СС ЭИ), которая обу-

словлена некоторым отличием свойств пограничных (ПК) и внутренних каналов (ВК) микроканальной соты (МКС).

В данной работе рассматривается темная сотовая структура, а именно ее направленные типы, такие как Т23 (пунктирная СС) и Т22 (зигзагообразная СС). Схематичное изображение данных типов СС приведено на рис. 1.

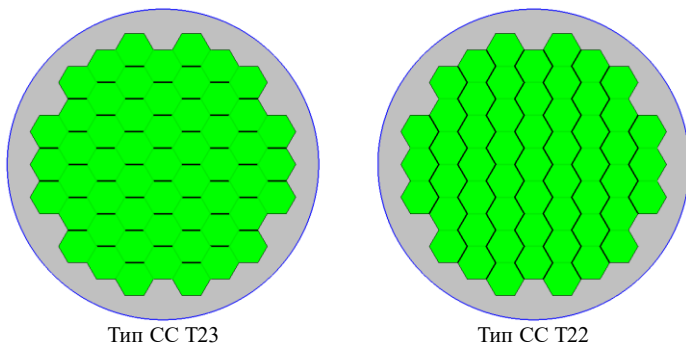


Рис. 1. Схематичные изображения различных типов сотовой структуры на электронном изображении МКП

Как показали проделанные в ВТЦ «Баспик» работы [1–2], данные типы сотовой структуры имеют связь с направлением резки спеченного микроканального блока на заготовки МКП. Направление резки микроканального блока ориентируется по структуре микроканальной вставки, а именно по направлению зубцов микроканальных сот (МКС) или выступов впадин МКС.

Из исследований микроструктуры МКП известно, что на границе спекания двух микроканальных сот пограничные каналы данных сот в некоторой степени деформированы. Данная деформация происходит в 2 этапа:

На стадии вытяжки многожильного световода (МЖС). Форма пограничных каналов световода отличается от внутренних: под действием высокой температуры пограничные каналы теряют форму, так как у них отсутствует пара, которая могла бы поддерживать ее.

На стадии спекания микроканального блока. При сборке микроканального блока из многожильных световодов пограничные каналы в них могут уложиться относительно друг друга в двух позициях: гексагонально или квадратично. При спекании микро-

канального блока квадратично уложенные пограничные каналы на стадии обжигания блока также деформируются. Гексагонально уложенные каналы деформируются в меньшей степени.

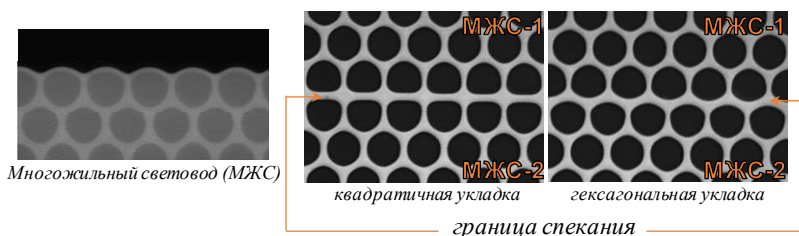


Рис. 2. Вид границ спекания при квадратичной и гексагональной укладке

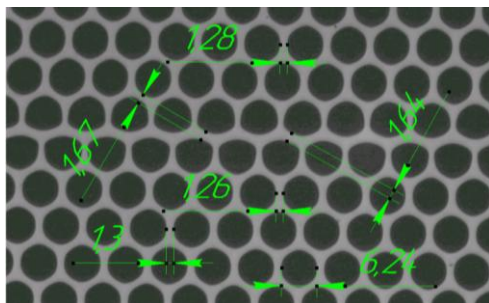


Рис. 3. Параметры микроструктуры

Из результатов измерения параметров микроструктуры (рис. 3) следует, что толщина стенки по границе спекания двух МКС ~ на 0,35 мкм больше, чем у внутренних каналов, что свидетельствует об уменьшении прозрачности по границам спекания МКС. Также такое искажение каналов по границам спекания создает визуальную сплошную стенку (прямую линию). В данной области электроны, попавшие в стенку канала, не будут умножаться, соответственно на экране получится тонкая темная линейная область. Как известно, человеческий глаз намного лучше распознает прямые линии.

Таким образом, упростив, границы спекания микроканальных сот можно представить в виде изображения уложенных шестиугольников с одинаковой толщиной стенки. Так как спе-

ченный микроканальный блок режут под углом 4–6°, получается, что толщина (ширина) некоторых граней, стоящих вертикально относительно направлению резки, не изменяется, а грани, расположенные горизонтально направлению резки, в некоторой степени увеличиваются в ширине. Достаточно упростив, можно представить, что уложенные шестигранники мы растягиваем по направлению резки. Схематично с большими допущениями данный эффект продемонстрирован на рис. 4.

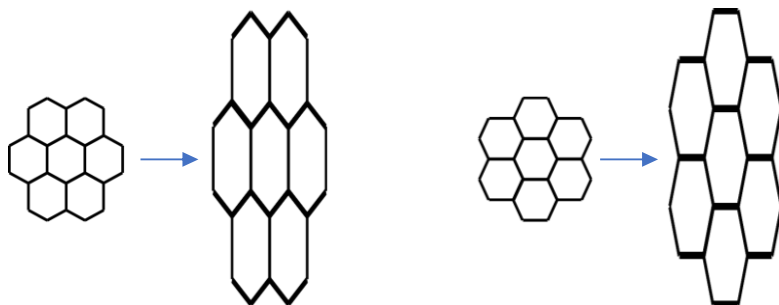


Рис. 4. Схематичное отображения эффекта утолщения стенок при резке под углом.

Полученное на рис. 4 изображение в некоторой степени повторяет изображение направленной сотовой структуры и также имеет зависимость от направления (резки-растяжения). Но данного неравномерного изменения толщины стенки при угле резки до 5° недостаточно, толщина стенки изменяется ~ на 15 нм. Какой-то еще параметр должен зависеть от угла и направления резки МКП.

Рассмотрим пограничные и внутренние каналы. Так как пограничные каналы микроканальной соты деформируются на этапах изготовления МЖС и спекания микроканального блока, их геометрия несколько отличается от геометрии внутренних каналов. А именно отличия состоят в площади каналов и в их периметре. Данное отличие непропорционально изменяется на операции резки МКБ и зависит от направления и угла резки.

Примем условие, что площади внутренних и пограничных каналов (деформированных) одинаковые, но тогда их периметры будут отличаться, при моделировании было получено, что при одинаковой площади ПК и ВК периметр ВК будет ~ на 0,06 мкм больше.

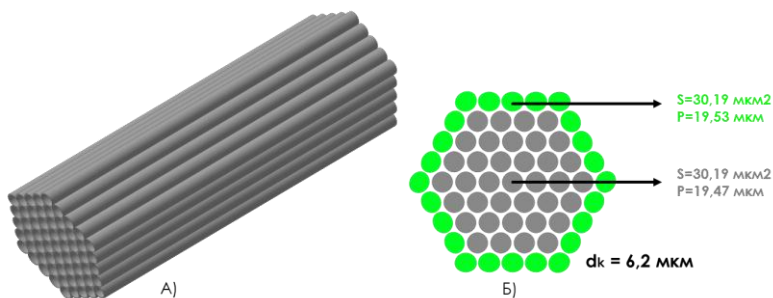


Рис. 5. А) вид 3D-модели МКС; Б) вид торца МКС при угле резки 0°

Далее было промоделировано изменение площади и периметра внутренних и пограничных каналов. Из результатов моделирования следует, что площадь ВК и ПК (при их одинаковом начальном значении) изменяется от угла и направления резки одинаково (рис. 6). Периметры ВК и ПК изменяются непропорционально и зависят как от направления резки, так и от угла (рис. 7). Было выделено 3 группы таких каналов (табл. 1).

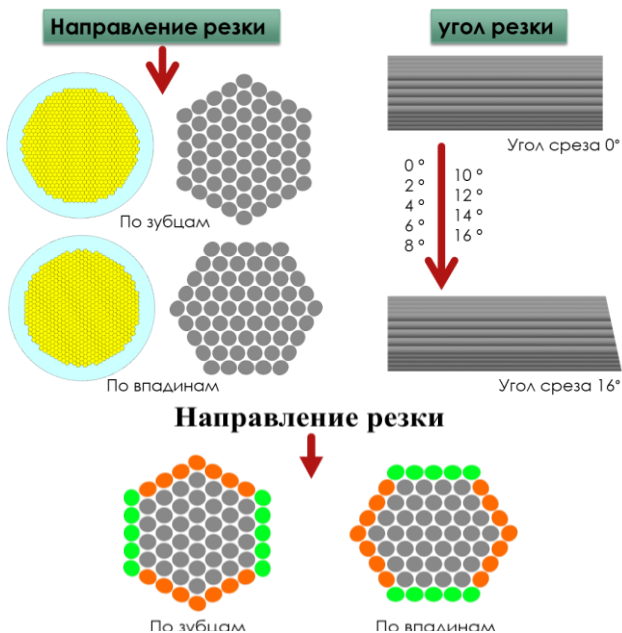
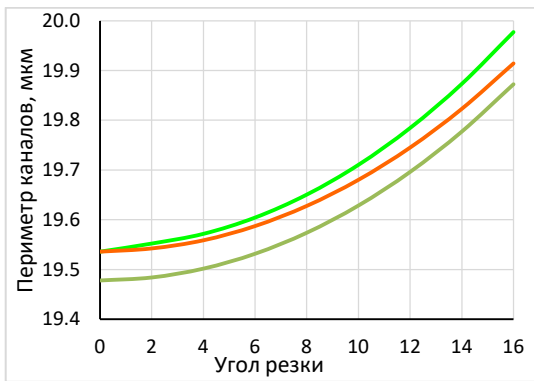


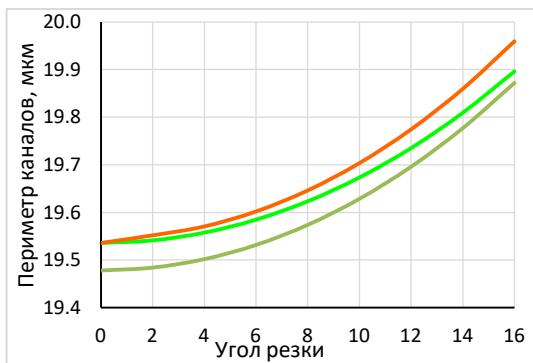
Рис. 6. Принцип моделирования изменения геометрии ПК и ВК при разных направлениях и углах резки МКС

**Результаты измерения периметров каналов
при разных направлениях и углах резки**

угол	Резка по зубцам (периметр, мкм)			Резка по впадинам (периметр, мкм)		
	группа 1	группа 2	внутри	группа 1	группа 2	внутри
0	19,5361	19,5361	19,4778	19,5361	19,5361	19,4778
2	19,5524	19,5426	19,4838	19,5415	19,5521	19,4838
4	19,5719	19,5589	19,5016	19,5578	19,5708	19,5016
6	19,6046	19,5875	19,5315	19,5850	19,6022	19,5315
8	19,6507	19,6279	19,5737	19,6235	19,6464	19,5737
10	19,7106	19,6803	19,6284	19,6734	19,7037	19,6284
12	19,7846	19,7451	19,6960	19,7351	19,7747	19,6960
14	19,8732	19,8228	19,7771	19,8092	19,8597	19,7771
16	19,9773	19,9139	19,8722	19,8960	19,9596	19,8722



по зубцам



по впадинам

Рис. 7. Зависимость периметров ПК и ВК от угла и направления резки

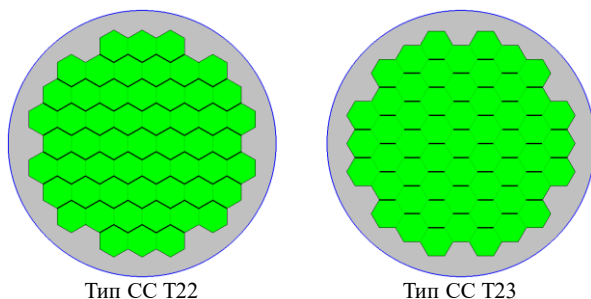


Рис. 8. Схематическое изображение направленной сотовой структуры

Как показывают результаты модели, различия в геометрии, которые закладываются из-за направления резки по сторонам «зубцы» и «впадины», между группами не отличаются, т. е. разница между периметрами сохраняется (рис. 8). Однако, как видно из рисунка 4, тип СС Т22 кажется более контрастным, чем Т23, что связано с количеством граней: так, количество граней с «неоптимальной» геометрией при резке по зубцам в 2 раза больше аналогичных граней при резке по «впадинам».

Как показывает практика, столь незначительное изменение геометрических параметров ПК и ВК может оказать влияние на контрастность и тип сотовой структуры. Из полученных результатов следует, что коэффициент усиления деформированных каналов зависит от их периметра (от эффективного диаметра).

Полученные данные согласуются с практическими результатами. На практике изменение направления резки заготовок МКП от зубцов к впадинам позволило полностью избавиться от типа СС Т22.

Выводы

1. Направление и угол резки оказывают влияние на параметры микроструктуры по границам спекания микроканальных сот.
2. Фактором появления типа СС Т22 и Т23 является разница в геометрии между пограничными и внутренними каналами.
3. Периметр деформированных пограничных каналов зависит от направления и угла резки заготовок МКП.
4. Прозрачность по границе спекания МКС меньше, чем внутри МКС, и эта разница оказывает влияние на контраст СС.

5. Геометрический фактор не объясняет причину изменения порога СС на хранении или при дополнительной химической обработке.

6. В данный момент при производстве МКП применяется оптимальное направления резки микроканального блока.

Список источников

1. Кулов С. К. Сотовая структура электронного изображения МКП: Аналитический отчет ООО ВТЦ «Баспик». Владикавказ, 1997.

2. Уртаев А. К., Савенко В. И. Особенности геометрии каналов МКП, изготовленных принятым технологическим методом. Владикавказ, 2010.

3. Пергаменцев Ю. Л., Кольцов Д. А. Сотовая структура электронного изображения микроканальных пластин: некоторые факторы и факты. Владикавказ, 2021.

4. Уртаев А. К., Савенко В. И. Анализ влияния геометрии пограничных каналов МКС на дефект «сотовая структура на электронном изображении МКП». Владикавказ, 2009.

5. Кривов С. В., Гусалов А. И. Увеличение порога появления темной сотовой структуры путем увеличения прозрачности ПК на МКПО 18-6. Владикавказ, 2017.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА НА ПАРАМЕТРЫ МКП

Алкацева Т. Д.^{1,2}, канд. техн. наук, доцент

Зукурова Е. М.^{1,2}, магистрант

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет),
г. Владикавказ

Аннотация. В статье рассматривается влияние изменения физико-химических параметров оптического стекла на сотовую структуру микроканальной пластины (МКП). Получены практические данные, показывающие зависимость появления сотовой структуры микроканальной пластины в монолитном обрамлении МКПО 18-6 от физико-химических параметров стекла С87-2.

Ключевые слова: микроканальная пластина, оптическое стекло, физико-химические свойства, сотовая структура.

INFLUENCE OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF OPTICAL GLASS ON MCP PARAMETERS

Alkatseva T. D., Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor

Zukurova E. M., master's student

Abstract. The article considers the influence of changes in the physico-chemical parameters of optical glass on the honeycomb structure of a microchannel plate (MCP). Practical data have been obtained showing the dependence of the appearance of the honeycomb structure of a microchannel plate in a monolithic frame of МКПО 18-6 on the physico-chemical parameters of S87-2 glass.

Keywords: microchannel plate, optical glass, physical and chemical properties, multiboundary deviation structure.

МКП – стеклянные изделия, что является уникальным в электронике: стекло используется не как оптический, изоляционный или конструкционный материал, а как активный элект-

тронный материал, обеспечивающий механическую прочность и формоустойчивость конструкции пластины [1].

Основными отличительными признаками оптического стекла являются его высокая однородность, высокая прозрачность, большой интервал значений показателей преломления света.

В технологии микроканальных пластин используют три марки рабочих стекол, такие как:

- основное рабочее свинцово-силикатное стекло С87-2 (стекло микроканальной вставки (МКВ)),
- вспомогательное боратно-бариевое стекло удаляемой жилы С78-5М,
- свинцово-силикатное стекло монолитного обрамления (МО) С74-4.

Вспомогательное стекло используют для сохранения формы каналов при формировании микроструктуры МКП, и его затем удаляют на операции химического вытравливания каналов МКП.

Свойства поверхности стекла, его тонкого (доли-единицы микрон) слоя, самым существенным образом влияют на все свойства стеклоизделий, такие как: химическая устойчивость, механическая прочность, адсорбционная способность, обезгаживаемость, оптические, электрические и электронные свойства.

Поэтому среди факторов технологии МКП рабочие стекла, их свойства и их совершенство являются одним из наиважнейших.

К параметрам рабочих стекол МКП предъявляют ряд особых и весьма жестких требований:

- оптимальность химического состава и его высокое постоянство от варки к варке;
- высокая оптическая однородность (минимизация всякого рода структурных дефектов – пузырей, камней, кристаллов, свилей), превосходящая требования по однородности лучших оптических стекол;
- оптимальные значения и совместимость свойств по температурным кривым вязкости и ТКЛР (температурному коэффициенту линейного расширения);
- достаточно низкая химическая устойчивость вспомогательного стекла жилы, допускающая его максимально полное

вытравливание из каналов при обработке в слабых растворах кислот, без образования нежелательных осадков;

- высокая химическая устойчивость основного рабочего стекла МКВ и стекла МО, в том числе к пятняющим реагентам (пары воды, углекислота) атмосферы;

- специальные требования, например, малая диффузия компонент основного ССС в паре со вспомогательным стеклом в процессе температурных обработок в техпроцессе МКП и др.

Обеспечение всех этих свойств представляет собой весьма сложную задачу, которая в настоящее время до конца еще оптимально не решена.

Целью настоящего исследования являлось определение влияния физико-химических параметров стекла С87-2 на изменение СС.

В свою очередь сотовая структура (далее – СС) – это видимость на люминесцентном экране в заданном электрическом режиме, указанном в технических условиях для каждого типа МКП, границ микроканальной соты в виде шестиугольной сетки и/или ее элементов, являющихся результатом различия усиления между пограничными и внутренними каналами МКС.

Сотовая структура бывает трех видов:

- светлая сотовая структура: сотовая структура в виде светлого контура или его элементов по границам МКС;

- темная сотовая структура: сотовая структура в виде тонкого темного контура или его элементов по границам МКС;

- комбинированная сотовая структура: сотовая структура в виде сочетания темной и светлой сотовой структуры или их элементов.

Существенное влияние на параметры МКП оказывают и физико-химические свойства стекла, к которым относятся: поверхностное натяжение, термостойкость, теплопроводность, вязкость, температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР).

Рассмотрим корреляцию среднегодовых значений физических и химических параметров стекла С87-2 и среднего по годам уровня появления сотовой структуры микроканальной пластины в монолитном обрамлении (МКПО) 18-6. Коэффициенты корреляции СС от контролируемых физико-химических параметров стекла С87-2 приведены в таблицах 1 и 2.

Коэффициенты корреляции физических параметров стекла С87-2, показывающие значимость изменения параметра на СС МКНО 18-6

Таблица 1

Параметр	Коэффициент корреляции с СС	Значимость изменения параметра по годам	Пояснение параметра
ТКЛР	0,37	-0,57	Относительное изменение линейного размера образца стекла при изменении температуры на 1°С
Температура трансформации ($\lg\eta=12,2 \text{ Па}^*\text{с}$)	0,76	-0,69	Температура трансформации ($\lg\eta=12,2 \text{ Па}^*\text{с}$), в которой условно все свойства стекла меняются от характерных для твердого состояния до характерных для жидкого состояния и которая соответствует точке перегиба характеристики теплового расширения (сжатия) стекла
Температура размягчения ($\lg\eta = 10 \text{ Па}^*\text{с}$)	0,74	-0,69	Температура размягчения ($\lg\eta = 10 \text{ Па}^*\text{с}$), при которой стеклянная нить деформируется под небольшой (70 г/мм) нагрузкой
T_s - температура при вязкости $\eta=10^{-7} \text{ Па}^*\text{с}$, °С	-0,52	0,63	Температура деформации стеклянной нити под действием собственного веса
Показатель преломления	0,7	0,98	Отношение синуса угла падения света к синусу угла преломления

Окончание табл. 1

Показатель ослабления	-0,22	0,29	Величина, обратная расстоянию, на котором поток излучения, образующего параллельный пучок, уменьшается за счет поглощения и рассеяния в стекле в 10 раз
Двулучепреломление, нм/см	-0,27	0,53	Эффект расщепления в анизотропных средах луча света на две составляющие. Если луч света падает перпендикулярно к поверхности стекла, то на этой поверхности он расщепляется на два луча. Первый луч продолжает распространяться прямо, и называется обыкновенным, второй отклоняется в сторону, и называется необыкновенным. Измеряется разностью хода лучей в нм, отнесённой к толщине стекла в 1 см (оптический путь), и характеризует наличие внутренних напряжений, определяющих степень отжига или закалки стекла
Плотность, г/см ³	0,45	-0,62	Отношение массы стекла к занимаемому объёму
Химическая устойчивость, $\cdot 10^{-5}$ (г/(см ² ·с))	-0,59	0,28	Способность стекла противостоять разрушающему действию воды, растворов солей, влаги и газов атмосферы. Определяется по разности массы образца до и после испытания

Коэффициенты корреляции химического состава стекла С87-2, показывающие значимость изменения параметра на СС МКПО 18-6

Параметр	Коэффициент корреляции с СС	Значимость изменения параметра по годам
Содержание SiO ₂	-0,66	0,53
Содержание Al ₂ O ₃	0,21	0,26
Содержание BaO	0,26	-0,53
Содержание Na ₂ O	-0,64	0,67
Содержание PbO	-0,007	-0,5
Содержание Bi ₂ O ₃	-0,09	0,1
Содержание As ₂ O ₃	0,65	-0,46

Получена средняя степень корреляции I_{cc} с химической устойчивостью стекла С87-2, температурой при вязкости $\eta = 10^7$ пуаз и содержанием оксидов кремния, натрия и мышьяка в стекле С87-2. Получена высокая степень корреляции I_{cc} с показателем преломления стекла С87-2, температурами трансформации и размягчения. Корреляционные зависимости указанных параметров стекла ТИМО с уровнем I_{cc} приведены на рис.1

Проведенный анализ показал, что физико-химические параметры стекла С87-2 влияют на уровень I_{cc} МКПО 18-6 следующим образом:

1. С увеличением температур трансформации и размягчения значение I_{cc} увеличивается. Исходя из наибольших полученных значений СС, оптимальной можно считать температуру трансформации стекла С87-2: $T = 488\div 489$ °С; температуру размягчения: $T = 535$ °С.

2. С увеличением температуры деформации в среднем с $595,4\text{--}597$ °С до $597,4\text{--}599$ °С сотовая структура снижается с 4,2 до $3,1 \cdot 10^{-10}$ А в среднем. Оптимальной можно считать температуру деформации стекла С87-2 $596\text{--}597$ °С.

3. Повышение химической устойчивости стекла С87-2 сопровождается снижением СС.

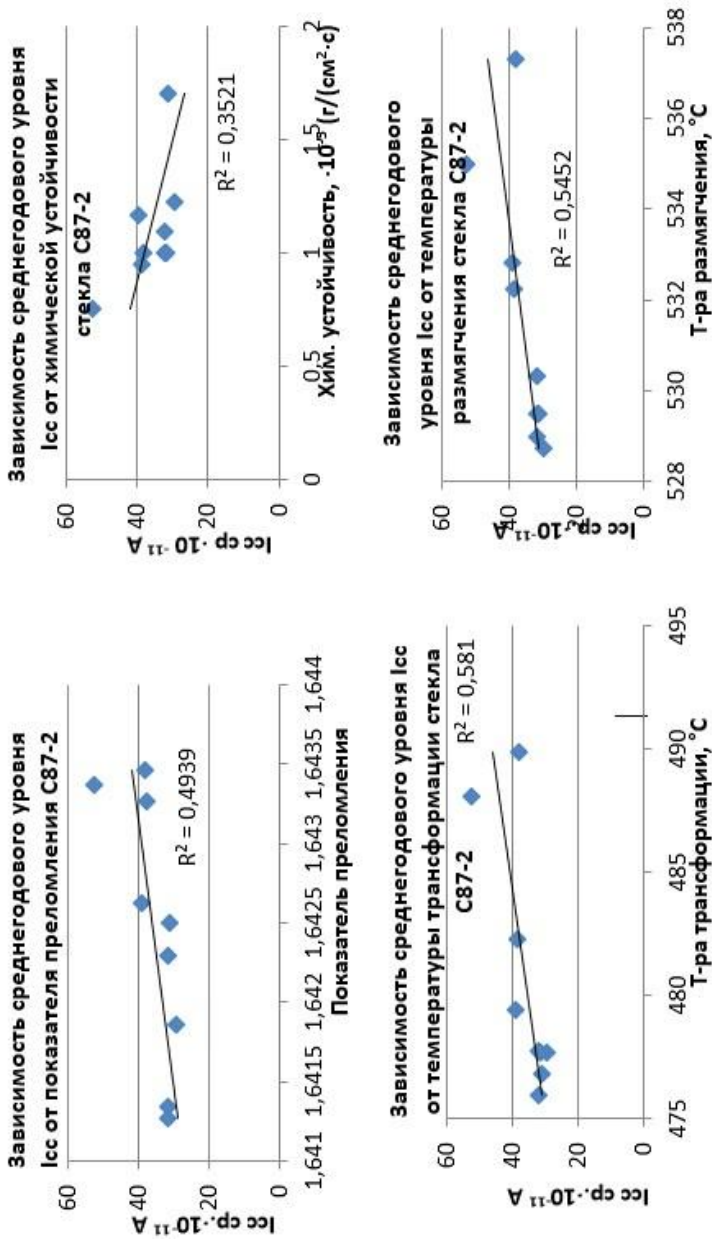


Рис. 1. Изменение среднегодового уровня СС в зависимости от изменения физико-химических параметров стекла С87-2 (начало)

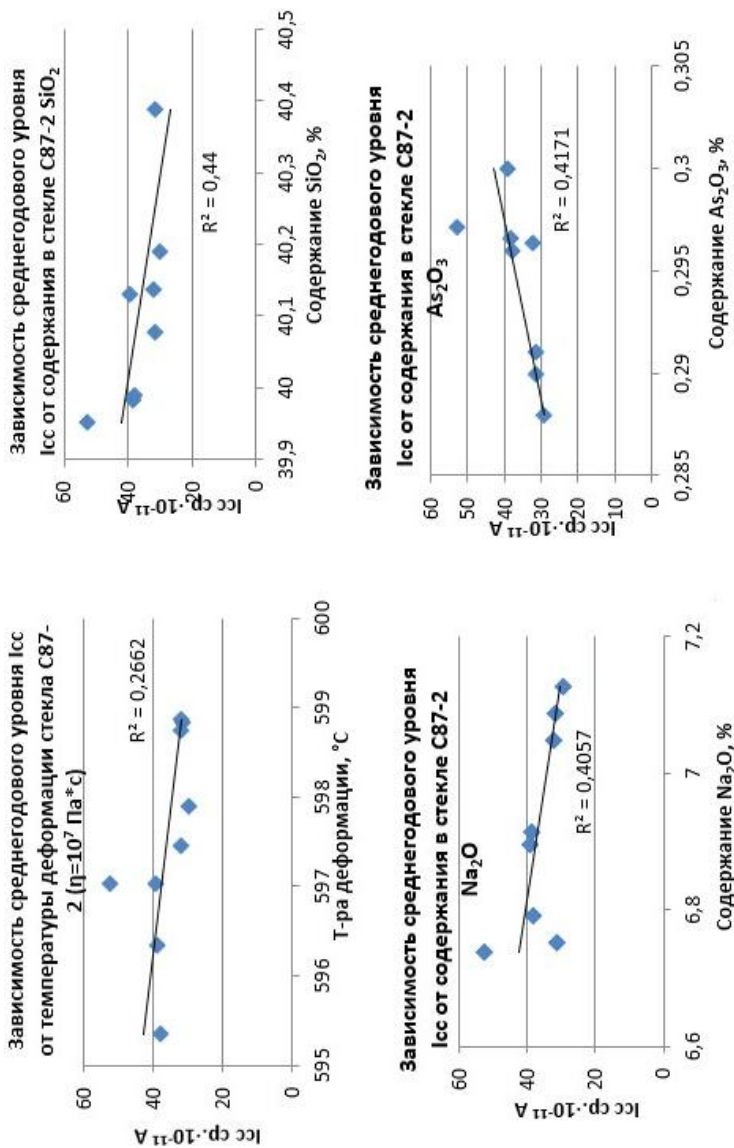


Рис. 1. Изменение среднегодового уровня СС в зависимости от изменения физико-химических параметров стекла С87-2 (окончание)

4. Снижение показателя преломления стекла С87-2 сопровождается снижением среднего уровня СС.

Нужно также отметить, что не всегда выраженная динамика изменения того или иного параметра стекла будет означать наличие корреляции данного параметра с СС, так же, как и наоборот: СС может коррелировать с параметром, изменение которого не показало явной тенденции к повышению или уменьшению параметра [2].

Таким образом, можно сказать, что характеристики оптических стёкол способны оказывать влияние на величину сотовой структуры МКПО. Значимым можно считать изменение средних значений следующих параметров стекла С87-2: показатель преломления, температуры трансформации и размягчения, содержание Na_2O , химическая устойчивость.

Список источников

1. Кулов С. К. Технология микроканальных пластин. Ч. 2. Рабочие стёкла МКП. Владикавказ: ВТЦ «Баспик», 2000. 110 с.

2. Щапова Ю. В. Динамика изменения порога сотовой структуры МКПО 18-6 с 2010 г. по 2018 г. и взаимосвязь с параметрами рабочих стёкол // Отчет ВТЦ «Баспик». Владикавказ, 2019. 29 с.

УЛУЧШЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МКП-ДЕТЕКТОРА ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНУСНОЙ ФОРМЫ АНОДА

Сенцова Е. И.¹,
Кастуев М. К.^{1,2}, магистрант

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет),
г. Владикавказ

Аннотация. Произведён расчёт конструкции конусного анода для МКП-детектора с целью улучшения временных характеристик прибора. Проведены сравнительные измерения параметров (временное разрешение, длительность переднего фронта импульса, усиление) детектора с плоским и конусным анодом. Применение конусного анода привело к улучшению временных характеристик детектора.

Ключевые слова: МКП-детектор, конусный анод, согласование по сопротивлению, временное разрешение, длительность переднего фронта импульса, быстродействие.

IMPROVEMENT OF MCP DETECTOR TIME RESPONSE CHARACTERISTICS DUE TO APPLICATION OF A CONE SHAPED ANODE

Sentsova E.I.,
Kastuev M.K., master's student

Abstract. The design of the cone anode for the MCP detector was calculated in order to improve the temporal characteristics of the device. Comparative measurements of the parameters (time resolution, duration of the leading edge of the pulse, gain) of a detector with a flat and cone anode have been carried out. The use of a conical anode led to an improvement in the time characteristics of the detector.

Keywords: MCP detector, cone anode, impedance matching, impedance matching, time resolution, pulse leading edge duration, fast response.

Широкому распространению МКП-детекторов способствует их высокое быстродействие, т. е. высокий уровень временного

разрешения, позволяющий различать быстро следующие один за другим импульсы. Особенно важны малые значения временного разрешения во время пролётной (TOF) масс-спектрометрии.

Работы отечественных исследователей [1] показывают, что временные характеристики МКП-детектора имеют ограничения из-за конструктивных особенностей анода. Большие «паразитные» ёмкости между держателем анодной пластины, анодной пластиной и МКП предотвращают прохождение высокочастотных сигналов через МКП-детектор и их регистрирование на аноде. МКП-детектор на основе шевронной сборки с конусным анодом рассмотрен в работе [2]. Коаксиальная конструкция анода исключает отражение импульсов и последующие «биения» выходного сигнала. В литературном источнике [3] приведены результаты работы по повышению временного разрешения приборов для масс-спектрометрии путём придания аноду конусной формы с целью лучшего согласования с сопротивлением 50 Ом. В случае плохого согласования анода с кабелем ёмкость схемы возрастает, что ухудшает параметры анодного импульса (время спада замедляется). Для обеспечения работы детектора при высокой скорости загрузки необходимо соблюдать определённое соотношение между диаметром и высотой конуса. Авторы [3] предложили увеличить высоту конуса до получения значения отношения высоты к диаметру около 1,5 (рис. 1). В результате быстрое действие детектора повысилось примерно в 2 раза за счёт точно отработанной конструкции конуса и введения анодной сетки; время нарастания импульса в МКП-детекторах снизилось с 300 пс до 104 пс; разрешение по массе повысилось более чем в 2 раза.

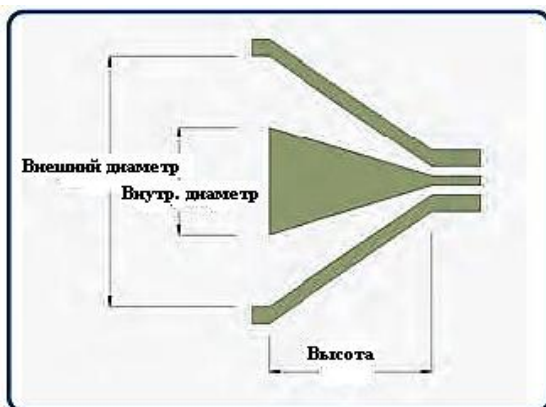


Рис. 1. Схематическое изображение конусного анода

Целью настоящего исследования являлась разработка и изготовление конусного анода в соответствии с формулой, приведённой в [3], его монтаж на МКП-детектор с шевронной сборкой двух МКП 18-8У с последующей оценкой влияния формы анода на временные характеристики МКП-детектора – временное разрешение $\tau_{0,5}$ и длительность переднего фронта импульса τ_{ϕ} .

Ниже приводится выполненный расчёт конусного анода для детектора с МКПО18-8.

Задаём диаметр внутреннего конуса (определяется рабочим диаметром МКП). Пусть $d = 18$ мм, $r = 9$ мм.

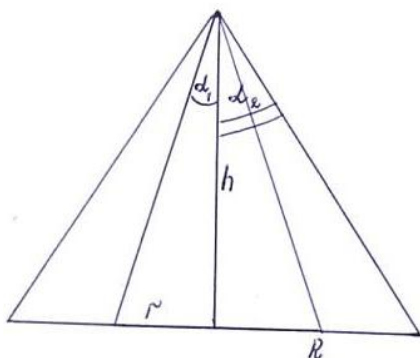


Рис. 2. Соотношения между сторонами и углами конусов анода

Определяем высоту внутреннего и внешнего конусов. По данным литературы [3], для обеспечения работы прибора при высокой скорости счёта отношение высоты конуса к его диаметру должно составлять около 1,5. Тогда высота конуса составит примерно 27 мм.

Зная радиус внутреннего конуса r и его высоту h , определяем половинный угол внутреннего конуса:

$$\operatorname{ctg}\alpha_1 = \frac{h}{r}, \quad (1)$$

в нашем случае:

$$\operatorname{ctg}\alpha_1 = \frac{27}{9} = 3,$$

тогда $\alpha_1 = 18,43^\circ$, т. е. $\approx 19^\circ$.

По данным литературы [4], характеристическое сопротивление линии передачи конусной формы определяется выражением:

$$Z_0 = \frac{\eta}{2\pi} \ln \left[\frac{\operatorname{ctg}\left(\frac{\theta_1}{2}\right)}{\operatorname{ctg}\left(\frac{\theta_2}{2}\right)} \right], \quad (2)$$

где $\eta = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}$, ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная);

θ_1 и θ_2 – значения углов внутреннего и внешнего конусов соответственно.

Тогда $\alpha_1 = \theta_1/2$, $\alpha_2 = \theta_2/2$. Подставляя числовые значения постоянных величин в (2), получаем:

$$Z_0 = 60 \ln \left[\frac{\operatorname{ctg}\left(\frac{\theta_1}{2}\right)}{\operatorname{ctg}\left(\frac{\theta_2}{2}\right)} \right]. \quad (3)$$

Уравнение (3) согласуется с выражением, приводимым для расчёта параметров конусного анода в других литературных источниках [1]. Но вместо неясных обратных косинусов половинных углов под знаком натурального логарифма находится соотношение котангенсов. В прямоугольном треугольнике котангенс угла представляет собой отношение прилежащего катета к противолежащему (т. е. высоты к радиусу).

Полагая в (3) $Z_0 = 50$ Ом, получаем:

$$\left[\frac{\operatorname{ctg}\left(\frac{\theta_1}{2}\right)}{\operatorname{ctg}\left(\frac{\theta_2}{2}\right)} \right] = \exp^{5/6} = 2,3,$$

тогда $\operatorname{ctg}(\theta_2/2) = 3/2,3 = 1,304$, откуда $\theta_2/2 = 38^\circ$.

После определения половинного угла внешнего конуса можно определить радиус (диаметр) внешнего конуса:

$$R = h \cdot \operatorname{tg}(\theta_2/2).$$

Получаем $R = 21$ мм, $D = 42$ мм.

По проведённым расчётам был изготовлен конусный анод, внешний вид которого представлен на рис. 3.

В случае простого соединения плоского анода с центральным проводом сигнального кабеля резкое изменение ёмкости от

анода к заземлению и от провода к заземлению станет причиной биений сигнала. Чтобы изменение размера от пластины к проводу было постепенным, аноду придаётся форма конуса.



Рис. 3. Внешний вид конусного анода

Как следует из рисунков 1 и 3, внутренняя часть конусного анода представляет собой сплошной конус, диаметр которого соответствует рабочему диаметру МКП. Вершина конуса подключается к внутреннему проводнику коаксиального кабеля. Конус делается усечённым настолько, чтобы к нему можно было подключить разъём (например, BNC). Внешняя часть конусного анода представляет собой полый конус с рассчитанными выше размерами.

Стенки внешнего конуса подключаются к внешнему проводнику сигнального кабеля. Внешний конус анода должен быть постепенно сведён к размеру, соответствующему диаметру внешнего проводника кабеля.

В соответствии с произведённым расчётом был изготовлен конусный анод.

Для определения влияния формы анода на параметры были измерены временные характеристики макета детектора с МКПО-18-8У в пластмассовом корпусе с конусным анодом. Затем конусный анод был заменён на обычный с повторным измерением временных параметров. Измерения проводились через коаксиальный разъём BNC, вмонтированный в стенку вакуумной камеры. Для удобства сравнения данных старались проводить измерения при приблизительно одинаковом уровне коэффициента усиления, а напряжение анода относительно выхода второй МКП поддерживалось 150 В во всех случаях.

В ходе исследований снимались осциллограммы десяти идущих импульсов для каждого случая; по ним рассчитывались средние значения параметров $\tau_{0,5cp}$ и $\tau_{ф cp}$. Данные приведены в табл. 1. На рис. 4 представлен вид импульса на выходе МКПО 18-8У.

Из сравнения рисунков 4а и б видно, что при использовании конусного анода отсутствует положительный выброс импульса после его прохождения.

**Результаты измерений временных характеристик МКПО-18-8У
с конусным и плоским анодом**

Прибор	$U_{пит}$, кВ	$\mu \cdot 10^7$	$\tau_{0,5}$ ср, нс	τ_f ср, нс	$U_{м ср}$, мВ
МКПО-18-8У с конусным анодом $I_{А-МКП} = 1,5$ мм	1,95	1,03	1,17	0,64	74,2
МКПО-18-8У с плоским анодом $I_{А-МКП} = 1,5$ мм	2,0	1,13	1,34	0,73	98

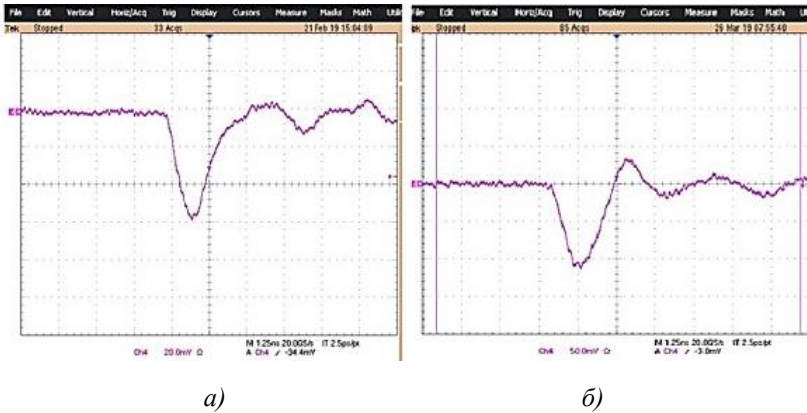


Рис. 4. Вид импульса: а) МКПО 18-8У с конусным анодом;
б) МКПО-18-8У с обычным анодом

Из приведённых данных табл. 1 видно, что временное разрешение ($\tau_{0,5}$) и длительность переднего фронта импульса (τ_f) у МКПО 18-8У с конусным анодом на 12 % меньше, чем у того же макета с плоским анодом.

Список источников

1. Оптимизация характеристик времяпролетного детектора на основе микроканальных пластин / С. Ю. Назаренко, Н. А. Кузьминчук, М. Дивиш. Томск: Томский политехнический университет.
2. JOSEPH LADISLAS WIZA. Детекторы на основе микроканальных пластин (МКП-детекторы). Перепечатано из Nuclear Instruments and Methods. 1979. Т. 162. Стр. 587–601 / Пер. с англ.

3. Paul Mitchell, Stephen Ritzau, PhD., Bruce N. Laprade, PHOTONIS USA, Sturbridge, MA INDUSTRY| SCIENCE | MEDICAL Оптимизация сборки на основе МКП-детектора с целью повышения разрешения по массе времяпролётного детектора / Пер. с англ. Сенцовой Е. И. 2017.

4. Analysis and Design of Conical Transmission Line Power Combiners / Dirk I. L. de Villiers. Dissertation presented for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering at the University of Stellenbosch. December 2007.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПЕЧИ УСТАНОВКИ ВЫТЯЖКИ ЖЕСТКИХ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН

Кривов С. В.¹,
Гусалов А. И.²

^{1, 2} Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. Микроканальные пластины (МКП) – класс изделий электронной техники, предназначенных для работы в вакууме в качестве многоканальных детекторов, преобразователей и вторично-электронных усилителей пространственно-организованных потоков заряженных частиц и излучений. Основное применение МКП – техника ночного видения, усиление электронных изображений в электронно-оптических преобразователях (ЭОП), работающих в составе приборов ночного видения (ПНВ) [1].

При изготовлении микроканальных пластин используются многожильные световоды (МЖС), имеющие форму правильного шестигранника. От качества вытягиваемых жестких световодов существенным образом зависит качество МКПО. Наиболее важными являются геометрические параметры, от которых зависят такие характеристики МКПО, как фактор шума и чистота поля зрения (разнояркость на электронном изображении, апельсиновая кожура и т. д.) [2].

Хорошим инструментом, позволяющим эффективно решать проблему минимизации параметров МЖС, может служить моделирование физических процессов протекающих в печи установки вытяжки жестких световодов, которая позволяет, как показано в работе, с высокой точностью предсказать как поведение теплового поля внутри печи, так и распределение температуры внутри пучка ОЖС. В работе используется программный комплекс Solid Works, с помощью которого строится точная копия установки вытяжки МЖС и моделируется процесс нагрева печи и пучка. Кроме того, предложена конфигурация печи установки вытяжки, которая позволила существенным образом снизить разброс температуры внутри пучка, а также стабилизировать температуру внутри печи.

Ключевые слова: микроканальная пластина (МКП), многожильный световод (МЖС), двойная апофема МЖС, моделирование теплового процесса, SolidWorks.

THERMODYNAMIC PROCESSES SIMULATION OCCURRING IN A HARD GLASS FIBER DRAWING FURNACE

Krivov S. V.,
Gusalov A. I.

Abstract. Microchannel plates (MCP) are a class of electronic products designed to operate in vacuum as multichannel detectors, converters and secondary electronic amplifiers of spatially organized flows of charged particles and radiation. The main application of MCP is night vision technology, amplification of electronic images in electronic optical converters operating as part of night vision devices [1].

Keywords: microchannel plate (MCP), stranded light guide (SLG), double apothem SLG, thermal process modeling, SolidWorks.

Введение

Вытяжка многожильных световодов производится путем двойной перетяжки сначала из трубки/штабика (прототипа канала МКП) в одножильный световод (ОЖС), а затем из пучка таких световодов – пучка ОЖС – в многожильный световод.

Ввиду весьма внушительных размеров пучка (прототипа МЖС) одножильных световодов диаметр описанной окружности ≈ 50 мм, процесс вытяжки необходимо проводить в условиях, когда температура в жаровом пространстве остается постоянной в весьма жестких рамках на протяжении многих часов, а также минимизированы любые паразитные воздушные потоки, способные сказаться на размере вытягиваемых световодов. И даже в этих условиях мы имеем некий разброс по двойной апофеме по длине вытягиваемого световода, а также разброс двойной апофемы в одном сечении МЖС.

- Максимальный разброс двойной апофемы одной грани на длине 600 мм – ΔH_i ;
- Максимальный разброс двойной апофемы между тремя сечениями (при условии отсутствия существенных дефектов периферии, способных повлиять на этот разброс) – ΔH_s ;

Для получения минимальных значений вышеприведенных параметров необходимо, во-первых, минимизировать разброс температуры внутри пучка, а во-вторых, найти оптимальное распределение теплового поля внутри печи. В связи с этим очень важным является проведение периодического контроля – т. н. аттестации. В процессе аттестации измеряется температура на каждом из шести

углов имитационного пучка плюс температура в центре пучка, итого 7 точек. Такие измерения температуры производятся по всей глубине рабочей зоны печи установки вытяжки, начиная с нулевого среза (точки 0, 20, 40, 50, 55, 60, 80 и 100 мм).

Таким образом, в начале работы мы уже имеем некоторую исходную информацию (будет показано ниже), на которую мы будем в последующем опираться при проведении анализа модели.

Построение модели

SolidWorks – программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства [2, 3], который обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения. В настоящей работе с помощью программы SolidWorks мы смоделировали *тепловые процессы*, проходящие в печи во время вытяжки МЖС, где попытались максимально приблизить модель к реальной установке вытяжки (см. рис. 1) и процессам, протекающим во время вытяжки МЖС. Далее моделировался процесс нагрева печи и пучка с различными вариантами конструкции втулки нулевого среза печи (позиция 10, рис. 1).

Результаты и обсуждение

Было исследовано два варианта конструкции, которые приведены на рисунках 2 и 3.

Отметим, что втулка нулевого среза расположена в печи именно в той зоне, где происходит разогрев и перетяжка пучка, поэтому ее влияние является крайне важным с точки зрения получения необходимых геометрических параметров МЖС.

Как видно из рисунка, внутреннее отверстие экспериментальной втулки представляет собой шестигранник. Также из рисунка видно, что шестигранная втулка была изготовлена с большими габаритами относительно текущей. Эти характерные черты пробной втулки должны оказывать влияние сразу на несколько параметров.

Очень важным является шестигранное отверстие с точки зрения снижения разброса температуры теплового поля печи по углам относительно граней. Такая форма втулки делает расстояние между всеми точками пучка и поверхностью теплового излучения одинаковой, в отличие от принятой в втулки, когда углы пучка находятся ближе к поверхности втулки, а, следовательно, греются

больше. И второе: увеличение габаритов втулки должно оказать существенное влияние на распределение теплового поля в печи.

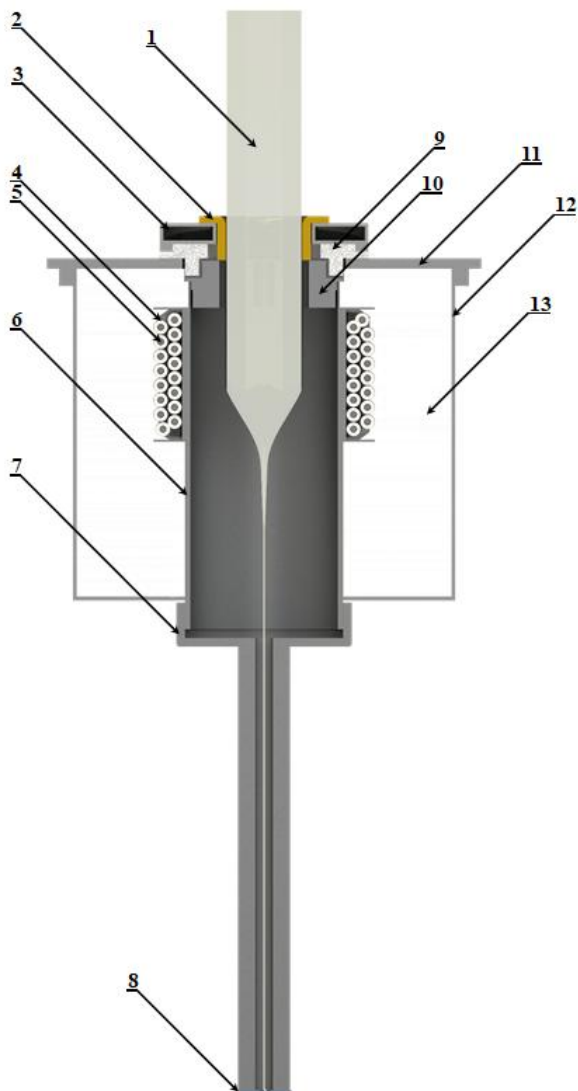


Рис. 1. Печь установки вытяжки в разрезе: 1 – пучок; 2 – втулка шестигранная (латунная); 3 – холодильник; 4 – керамические изоляторы; 5 – нагреватель; 6 – камера печи; 7 – термостат; 8 – накладка на термостат; 9 – асбестовая втулка; 10 – втулка нулевого среза; 11 – плита (крышка печи); 12 – кожух; 13 – теплоизоляция (каолиновая вата)

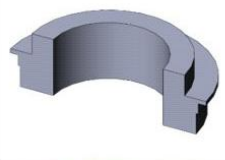

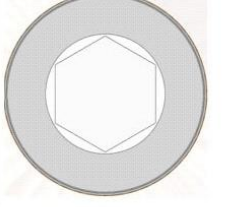
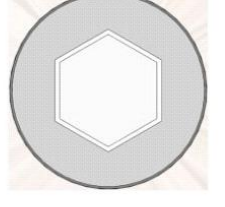
		Втулки нулевого среза печи в разрезе
		Относительное расположение втулки и пучка (вид сверху)
Обычная втулка	Шестигранная втулка	

Рис. 2.. Исследуемые варианты конструкции



Рис. 3. Шестигранная втулка (А) в сравнении с обычной втулкой (Б)

Итак, для начала приведем графики распределения теплового поля внутри печи в модели, в сравнении с реальной аттестацией, проведенной в установке вытяжки многожильного световода (см. рис. 4).

На рис. 4 мы видим, что массивная шестигранная втулка «выполаживает» температурное поле, а также способствует большему прогреву пространства печи. Это мы можем наблюдать и по результатам расчетов модели (рис. 4А), и по результатам реально проведенной аттестации (рис. 4Б).

Как видно из рис. 4, фактическое распределение температуры, полученное в результате проведения аттестации, вполне соответствует модели, характер кривых сохраняется: для шести-

гранной втулки характерен тот факт, что краевые значения (нижняя и верхняя части печи) температуры показывают несколько более высокие значения, что, вероятно, связано с большими габаритами, а, следовательно, с более высокой способностью теплоотведения, за счет чего нулевой срез и нижняя часть печи показывают завышенные значения по сравнению с вариантом по ТК. Другая характерная особенность шестигранной втулки – это изменение положения температурного максимума.

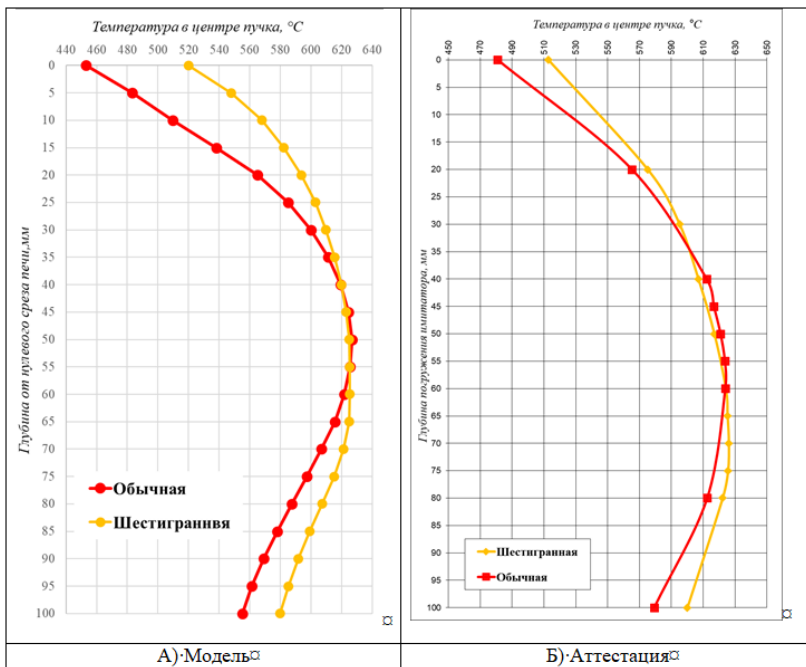


Рис. 4. Распределение температуры внутри печи по результатам проведения аттестаций с разными видами втулок

Далее рассмотрим распределение температурного поля внутри пучка. Вероятно, этот параметр является наиболее важным. Во-первых, максимальный разброс температуры между центром пучка и периферией важен с точки зрения перераспределения щелочной составляющей [1]. Одна из причин отличия в перераспределении заключается в том, что пограничные и внутренние каналы греются по-разному (на периферии температура всегда выше), следовательно, снижение разброса температуры между внутренней частью пучка и наружной – задача крайне важная.

Рассмотрим разброс температуры между центром и периферией пучка (рис. 5).

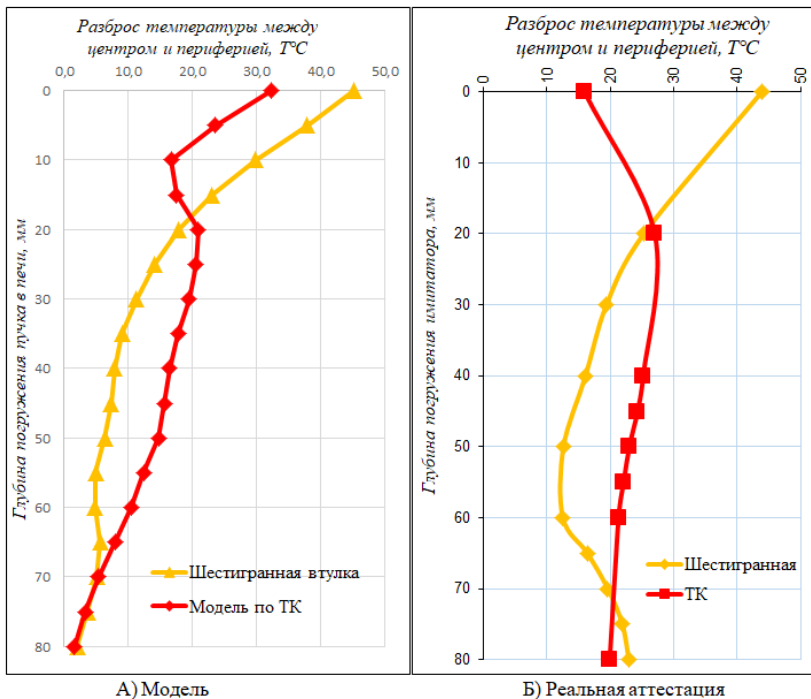


Рис. 5. Разброс температуры между центром и периферией пучка

Как видно из рис. 5, разброс температуры между центром пучка и периферией показывает соответствие модели и реальной аттестации. Кроме того, отметим существенное преимущество шестигранной втулки по сравнению с обычной втулкой. Здесь разброс (в зоне перетяжки глубина – 60 мм) снижается до ~5 °C – в модели и ~12 °C – в реальной аттестации, тогда как для обычной втулки разброс составляет ~15 °C и ~20 °C соответственно (см. табл. 1).

Заключение

Из табл. 1 мы видим, что разброс температуры внутри пучка, полученный по результатам моделирования, показывает

ощутимо более низкие значения. Этот факт свидетельствует о невозможности учета в модели абсолютно всех влияющих на разброс факторов.

Таблица 1

Сравнение разброса температуры между центром и периферией пучка

Глубина погружения	Разброс температуры между центром и периферией пучка			
	Аттестация:		Модель:	
	шестигранная втулка	обычная втулка	шестигранная втулка	обычная втулка
40	16,1	25,2	16,4	7,8
50	12,6	23,0	14,7	6,3
60	12,5	21,3	10,4	4,8
80	22,9	19,9	1,6	2,1

Однако модель показывает вполне адекватные результаты, которым можно доверять, ввиду соответствия значений температурного поля и разброса температур между центром и периферией в модели и значениям, полученным в результате аттестации. Также показан вполне действенный способ снижения одного из самых важных параметров печи установки вытяжки – постоянства теплового поля по глубине и разброса температуры внутри разогреваемого объекта.

Список источников

1. Кулов С. К. Технология изготовления МКП. Рабочие стекла. Владикавказ, 2000.
2. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, Н. Б. Пономарев, А. И. Харитонович. СПб., 2005.
3. Поротников Е. М., Журенко А. Ю., Бугаев В. Г. SolidWorks – мощный инструмент трехмерного моделирования. ДВГТУ, 2008.
4. Кривов С. В., Гусалов А. И. Моделирование тепловых и газо/гидродинамических процессов, протекающих в печи установки вытяжки. Владикавказ, 2018.

ПРОВОДИМОСТЬ МИКРОКАНАЛЬНЫХ ПЛАСТИН. ФИЗИЧЕСКИЕ, КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ПРОВОДИМОСТИ МКП В ВАКУУМЕ И НА ВОЗДУХЕ

Савенко В. И.¹

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. Рассматриваются вопросы проводимости микроканальных пластин, формирования проводящего (резистивного) слоя.

Ключевые слова: электрическая проводимость, электрическое сопротивление, зарядовые явления, электролитический процесс.

MICROCHANNEL PLATE CONDUCTIVITY, PHYSICAL, STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL REASONS FOR MCP CONDUCTIVITY IN VACUUM AND IN AIR

Avdeev K. A.

Abstract. The issues of the conductivity of microchannel plates and the formation of a conductive (resistive) layer are considered.

Keywords: electrical conductivity, electrical resistance, charge phenomena, electrolytic process.

Введение

Одним из важнейших параметров изделия МКП является сопротивление пластины как в вакууме, так и на воздухе. От сопротивления МКП в вакууме зависит ее нормальное функционирование в приборах применения с учетом нагрева изделия и зарядки каналов. Значение сопротивления пластины на воздухе позволяет в определенной степени говорить о поверхности каналов (составе поверхностных образований, микрорельефе) и может выступать в качестве функции отклика для определения влияния факторов на поверхностные характеристики каналов МКП.

Закономерности проводимости МКП в вакууме:

- 1) Вольтамперная характеристика (ВАХ) МКП – линейная.
- 2) Мощность рассеяния на РЭС от тока проводимости, рассчитанная по формуле $P = I^2 \cdot R_k = U^2 / R_k$, учитывая малое сечение

РЭС велика: до 5 Вт/см^3 при 1000 В на МКП и $R_k = 10^{14} \text{ Ом}$, что может привести к ощутимому нагреву всего слоя.

3) Зависимость проводимости МКП от температуры имеет характер проводимости полупроводников и имеет два характерных участка с изломом в области температур $\sim 200\text{--}250 \text{ }^\circ\text{C}$. Энергия активации первого участка $\sim 0,1 \text{ эВ}$ (электронная проводимость), второго $\sim 0,8 \text{ эВ}$ (ионная проводимость).

Существуют две основные гипотезы проводимости МКП:

- Проводимость типа М-Д-М (металл-диэлектрик-металл), т. е. шотковская эмиссия, иначе автоэмиссия между металлическими конгломератами через диэлектрические прослойки.

- Проводимость типа М-П-М (металл-полупроводник-металл), предложенная С. К. Куловым (в качестве полупроводника выступает окись свинца, а в качестве донорной примеси – свинец), которая, в частности, объясняет линейность ВАХ проводимости, энергию активации порядка $0,1 \text{ эВ}$, снижение проводимости при прогреве МКП в вакууме и на воздухе.

При геометрическом расчете сопротивления учитывают, что МКП по своему составу является множеством параллельно подключенных каналов из диэлектрического материала, шунтированного резистивным слоем.

Сопротивление единичного канала МКП (цилиндрического проводника постоянного сечения) вычисляется по формуле:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1)$$

где ρ – удельное объемное сопротивление, ($\text{Ом} \cdot \text{см}$);

l – длина проводника (толщина пластины;

S – площадь кольца поперечного сечения).

Из формулы следует, что при одном и том же сопротивлении МКП сопротивление единичного канала увеличивается с уменьшением диаметра канала и с увеличением площади МКВ.

При работе МКП необходимо учитывать следующие процессы, влияющие на сопротивление:

- распад веществ на компоненты (электролиз);
- зарядовые явления (при работе МКП в режиме токового или зарядового насыщения накопление объемного электрического заряда, поперечные нанопробои эмиссионного слоя и т. д.);
- нагрев под действием тока.

Перечисленные процессы приводят к изменению свойств диэлектрика, в частности, при высоких температурах и (или) достаточно сильных электрических полях они становятся проводниками. Происходит взаимное влияние электрического поля на диэлектрик и диэлектрика на электрическое поле, приводящее к искажению поля. Поскольку при нагреве МКП резистивный слой снижает свою проводимость, то при определенных условиях (например, при воздействии больших электрических напряжений и возникающего при этом темнового тока) основной ток может протекать через диэлектрические участки МКП. При этом возрастает электролитическая проводимость.

Электролитическая проводимость определяется числом и подвижностью носителей электричества. Перемещаются ионы, тепловая энергия движения которых больше энергии связи ионов в решетке. В твердых телах ток разноименных ионов может значительно отличаться, а в жидкости положительные и отрицательные ионы вносят одинаковый вклад (что наблюдается при изменении проводимости МКП на воздухе при влажности выше 30 %).

При подаче напряжения на МКП в определенный момент начинается саморазогрев. При повышении напряжения количество выделяющегося тепла увеличивается и образец начинает нагреваться, так как привод тепла больше отвода, дальнейшее нагревание может привести к тепловому пробое и плавлению. Фотографии тепловых пробоев МКП приведены на рис. 1.

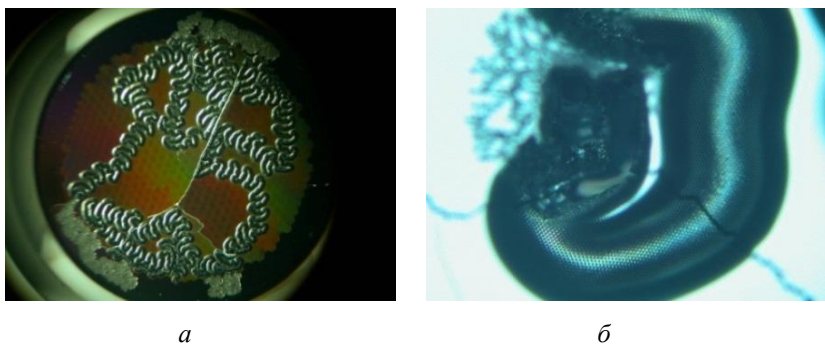


Рис. 1. Тепловые пробоев МКП: а) при увеличении $16\times$, б) при увеличении $100\times$

При прохождении тока через образцы у одного, чаще всего положительного электрода выделяется слой вещества, отличающегося по составу от всей массы диэлектрика (явление формовки) [9]. Это вещество может быть либо первичным, либо вторичным продуктом электролиза, либо какой-нибудь примесью, перенесенной к электроду путем электрофореза. Образовавшийся слой может иметь сопротивление, отличное от материала диэлектрика. Например, в стекле при наложении поля появляется слой SiO_2 , имеющего сопротивление во много раз большее, чем стекло. При обычных напряжениях вещество выделяется в количествах, отвечающих закону Фарадея [15]:

$$m = \frac{\mathcal{E}It}{F}, \quad (2)$$

где m – масса вещества, выделившегося на электродах, г;
 \mathcal{E} – эквивалентная масса выделившегося вещества, г/моль;
 I – сила тока, А;
 t – время электролиза, с;
 F – постоянная Фарадея (96500 Кл).

В целом можно выделить следующие закономерности, характеризующие сопротивление МКП в вакууме, полученные эмпирически:

1. Сопротивление практически не меняется даже в течение нескольких лет хранения на атмосфере при нормальных климатических условиях (НКУ).

2. При нагреве МКП на атмосфере сопротивление, как правило, увеличивается. Причина – дополнительное окисление резистивного слоя и некоторое окисление кремнезема эмиссионного слоя.

3. При нагреве МКП в вакууме сопротивление может увеличиться. Причиной этого является структурная перестройка РЭС каналов, испарение части свинца и его дополнительное окисление оставшейся в стенках канала водой.

4. На поверхности каналов возникают тончайшие пленки инородных веществ, а также адсорбированных из атмосферы газов, шунтирующих каналы, что может привести к изменению сопротивления.

Операции, оказывающие существенное влияние на сопротивление МКП, с учетом влияющих факторов:

- операция вытяжки: диаметр каналов, обмен веществ между оболочкой и жилой;
- спекание: диффузия материалов между жилой и оболочкой, микроканальной вставкой и монолитным обрамлением;
- механическая обработка: длина канала, разветвленность поверхности торцов, обусловленная физическим воздействием, сколы, микротрещины и т. д.;
- операция вытравливания жилы: находящиеся на поверхности каналов остаточные компоненты стекла жилы, образующиеся при химической обработке соединения (соли азотной кислоты, основания и др.), примеси, содержащиеся в химических технологических средах и промывочной воде;
- операция прокалки вытравленной заготовки МКП: при нагреве на атмосфере происходит диффузия катионов натрия и других веществ на поверхность каналов, с образованием окислов и оснований; коррозия поверхности под действием паров воды и углекислоты;
- операция ТВВ: возможна диффузия к поверхности катионов натрия и других веществ с образованием гидридов, оксидов, оснований;
- операция металлизации: конфигурация контактного электрода (может происходить загрязнение поверхности каналов тяжелыми углеводородами);
- нахождение на атмосфере: даже при обычной влажности поверхность покрыта многими слоями молекул воды, что вызывает извлечение катионов натрия и других веществ из толщи канала; образование щелочей, а при реакции с атмосферной углекислотой – карбонатов;
- электронная, ионная и фотонная бомбардировка поверхности каналов: протекают процессы (разложение, полимеризация и др.), которые приводят к изменениям в резистивно-эмиссионном слое.

Относительные изменения в технологическом процессе изготовления МКП приводят к следующему поведению сопротивления МКП. Увеличение продолжительности вытравливания жилы, времени щелочной обработки, температуры щелочной обработки, концентрации щелочного раствора, температуры проведения заключительной HNO_3 -обработки, концентрации раствора при заключительной HNO_3 -обработке, температуры ТВВ, времени ТВВ и довосстановление ЗМКП приводят к сни-

жению сопротивления. Увеличение времени проведения заключительной HNO_3 -обработки, расхода водорода на ТВВ, отжиги ЗМКПО и МКП, а также химико-термическая реставрация приводят к увеличению сопротивления.

При воздействии высоких температур на стадиях вытяжки одножильных световодов, многожильных световодов и спекания блока многожильных световодов происходят значительные изменения в составе и структуре. В частности, существенная часть натрия из оболочки диффундирует в жилу, затем вытравливается вместе с жилой. Оболочка незначительно обогащается калием из жилы, при этом общая концентрация компоненты падает в несколько раз.

Уменьшение температуры на полке спекания МКБ впоследствии при прочих равных условиях будет приводить к большим сопротивлениям МКП в вакууме. К этому также приводит неполнота удаления продуктов жилы с поверхности каналов при травлении МКП, по причине того что добавки бора, алюминия (компоненты вытравливаемой жилы) и натрия, калия, рубидия, цезия (их окислов в составе стекла) уменьшают проводимость.

При вытравливании жилы азотной кислотой поверхность каналов выщелачивается на некоторую глубину, где образуется поверхностный слой силикагеля ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) – студенистая рыхлая пленка толщиной порядка 100 \AA . В результате прокалки МКП на атмосфере и удаления при этом воды оставшаяся кремнеземистая пленка становится относительно твердой и компактной. Она оказывается пронизанной тончайшими (шириной в несколько ангстрем) каналами от удаленных молекул воды.

При промывке водой заготовок МКП при более высоких температурах увеличивается растворимость, но одновременно усиливается гидролиз, образуются побочные продукты. Даже при простом нахождении в воде происходит выщелачивание силикатного стекла (стекла матрицы), но реакция быстро затухает вследствие образования на поверхности канала защитной пленки силикагеля. Боратно-бариевое стекло (стекло штапика) почти полностью растворяется в воде. При этом борный ангидрид (B_2O_3) – относительно непрочный окисел – легко гидролизуется при контакте с водой с образованием борной кислоты H_3BO_3 . Борный ангидрид растворяется, а кремнекислородный

каркас остается, получается стекло, пронизанное насквозь ангстремными порами. Например, в воде С78-5 стекло растворяется, но ряд компонентов (оксиды кремния, алюминия) выпадает в осадок.

По мере разбавления раствора создаются условия для усиления гидролиза, в результате которого могут образоваться нерастворимые соединения, остающиеся на поверхности. Например, хлорид алюминия и (или) карбонат кальция, которые хорошо растворяются в воде, при отмывке частично гидролизуются, а образующиеся гидрооксиды остаются на поверхности. Силикаты натрия и калия также достаточно хорошо растворяются в воде, но по мере разбавления усиливается гидролиз, что приводит к образованию нерастворимого кремнезема, коагулирующего в частицы на поверхности, которые хорошо удерживают водяные пленки.

Увеличение длительности нахождения в азотной кислоте (свыше 1 суток) приводит к росту сопротивления при комнатной и при повышенной температуре. Азотная кислота создает пористый слой, щелочной раствор растравливает поры, увеличивая удельную поверхность и разрыхляя поверхностный слой, а азотная кислота снимает верхний полуразрушенный слой, возникающий после предыдущих действий.

При контакте с раствором HNO_3 , pH водной фазы возрастает, а удельная электропроводность понижается, вследствие того что более подвижные ионы водорода замещаются на менее подвижные ионы свинца. При температурах ниже $100\text{ }^\circ\text{C}$ действие растворов кислот на силикатные стекла сводится к выщелачиванию на поверхности металлов и бора, с формированием на ней ультратонкопористых кремнеземистых слоев (диаметр пор менее 16 \AA), обладающих защитными свойствами.

К резкому ухудшению восстанавливаемости свинцово-силикатного стекла приводит увеличение температуры и длительности обработки в растворе гидроксида натрия на ТХО.

Вытравленная заготовка МКП обладает электронной проводимостью с энергией активации около $0,1\text{ эВ}$, а последующее термоводородное восстановление (ТВВ) увеличивает ее на порядках. Обработка в щелочи и азотной кислоте уменьшает сопротивление. Толщина восстановленного слоя растет после щелочной обработки и уменьшается после обработки азотной кислотой.

Увеличение длительности температурной полки при ТВВ приводит к уменьшению сопротивления. Значительный рост проводимости наблюдается в течение 30 минут температурной полки. Дальнейший рост проводимости незначителен.

В процессе ТВВ увеличивается толщина резистивного слоя, происходит изменение состава поверхностного слоя стенок каналов МКП. Один из возможных процессов – периодическое обогащение поверхностного слоя SiO_2 свинцом, снижающим его коэффициент вторичной электронной эмиссии.

При прочих равных условиях увеличение температуры и (или) времени ТВВ, а также довосстановление приводят к снижению усиления.

Рост величины сопротивления после ТВВ на всех без исключения ЗМКПО происходит на следующих этапах изготовления МКП (в различной степени в зависимости от технологической предыстории):

- после проведения заключительной азотной полки при ТВВ;
- после реставрационного отжига в атмосфере;
- после ТВО;
- после хранения в упаковке.

Если МКП после ТВВ подвергнуть нагреву на воздухе, то взаимодействие с кислородом приведет к уменьшению концентрации донорской примеси свинца за счет дополнительного окисления, что приводит к наблюдаемому на практике падению проводимости.

Более высокая температура отжига приводит к росту сопротивления МКП, при этом на поверхности хромовых контактных электродов вырастают кристаллы (рис. 2.).

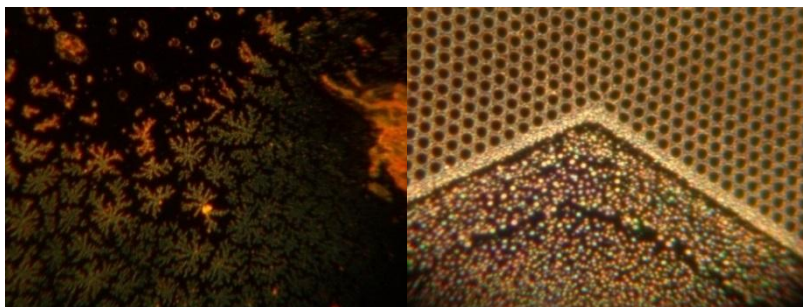


Рис. 2. Поверхность микроканальной пластины после отжига на атмосфере при температуре 350 °С

Электронно-стимулированное обезгаживание, фотоэлектронная тренировка, тренировка темновым током не приводят к заметному изменению сопротивления (кроме режима электронно-стимулированного обезгаживания: $U_{\text{МКП}} = 500 \text{ В}$, $I_{\text{вых}} = 10 \text{ мкА}$, $q_{\text{ср}} = 0,22 \text{ Кл}$ (глубокое насыщение), после тренировки в котором сопротивление выросло на 20 %), т. е. данные режимы не оказывают существенного влияния на резистивный слой каналов МКП.

Проводимость МКП может изменяться также при структурной перестройке материала под действием температуры, например, при нагреве в вакууме.

Если рассматривать сопротивление на воздухе металлизированных МКП, то при измерении $R_{\text{возд}}$ при подаче напряжения на МКП, первоначальные значения сопротивления R_0 дают представление о поверхностном сопротивлении каналов на атмосфере (пленки электролита). Быстрота изменения сопротивления в процессе испытания по сравнению с R_0 характеризует чистоту поверхности каналов.

Такое поведение сопротивления МКП на воздухе связано с тем, что при выносе МКП на воздух каналы заполняются молекулами воды, дополнительно насыщаются натрием (из толщи) и углеродом (атмосферный углекислый газ), что приводит к образованию на поверхности щелочей и карбонатов. При этом pH водной пленки повышается, она становится электролитом, который начинает вступать в химическую реакцию со стеклом. При подаче напряжения на воздухе на МКП происходит уменьшение сопротивления пластины, связанное с шунтированием адсорбированной электролитической пленки каналов.

Влияние электролитических процессов на состояние поверхности каналов в определенной степени определяется по разнице конечного установившегося сопротивления и начального. В случае изменения сопротивления МКП на воздухе при приложении напряжения происходит модификация поверхности из-за электролиза и других процессов, связанных с ионной проводимостью. При хранении пластин в нормальных климатических условиях (НКУ) значение $R_{\text{возд}}$, как правило, приближается к величине первого измерения, одной из причин чего может быть диффузионное поступление натрия из толщи РЭС на поверхность канала.

В относительно небольших интервалах изменения температуры при нагреве от внешнего источника для всех МКП увели-

чение температуры образца с 30 °С до 40 °С приводит к росту электрического сопротивления на воздухе, что связано с более полным удалением влаги с поверхности образца.

Таким образом, РЭС на стенках каналов формируется и трансформируется на всем протяжении технологического процесса изготовления МКП, в основном, на стадии термоводородного восстановления. Состав, структура и свойства РЭС определяют все важнейшие свойства МКП как вторично-электронного усилителя.

Список источников

1. Куртц Л. Ю. Объемная и поверхностная электропроводность стекол системы $PbSiO_3 - Na_2Si_2O_5$ при комнатной температуре // Физико-химические свойства тройной системы окись натрия – окись свинца – кремнезем (сб. статей) / Под ред. И. В. Гребенщикова. М.: Изд. АН СССР, 1949. С. 110–112

2. Орешкин П. Т. Физика полупроводников и диэлектриков. М.: Высшая школа, 1977.

3. Савенко В. И. Исследование проводимости МКП на атмосфере // Микро- и нанотехнологии и фотоэлектроника. Международная научно-техническая конференция. Нальчик, 2008. 78 с.

4. Шомахов З. В., Лосанов Х. Х., Савенко В. И., Нагоев Б. Н., Молоканов О. А. Электропроводность и массоперенос в стеклах микроканальных пластин при различных условиях отжига // Химия твердого тела и современные микро- и нанотехнологии. VIII Международная научная конференция. Кисловодск; Ставрополь: СевКавГТУ, 2008. 458 с.

5. Савенко В. И. Закономерности проводимости микроканальных пластин на воздухе // Микро- и нанотехнологии в электронике. II Международная научно-техническая конференция. Нальчик, 2009. 259 с.

6. Шомахов З. В., Кармоков А. М., Савенко В. И., Широкова С. П., Пергаменцев Ю. Л., Кулов С. К., Молоканов О. А., Нагоев Б. Н. Изотермы проводимости и массоперенос в стеклах для МКП // Микро- и нанотехнология в электронике. II Международная научно-техническая конференция. Нальчик, 2009. 59 с.

7. Шомахов З. В., Савенко В. И., Широкова С. П., Пергаменцев Ю. Л., Кулов С. К., Кармоков А. М., Молоканов О. А. Исследование проводимости стекол, применяемых при изготов-

лении МКП // Микро- и нанотехнология в электронике. II Международная научно-техническая конференция. Нальчик, 2009. 259 с.

8. Кармоков А. М., Кулов С. К., Макаров Е. Н., Молоканов О. А., Савенко В. И., Широкова С. П., Шомахов З. В. Электропроводность стекол для микроканальных пластин в процессе образования и роста нанокристаллов // Химия твердого тела: монокристаллы, наноматериалы, нанотехнологии. IX Международная научная конференция. Кисловодск; Ставрополь: СевКавГТУ, 2009. 427 с.

9. Кулов С.К. Савенко В.И. Щапова Ю.В., Самканашвили Д.Г. Уртаев А.К. Модификация поверхностных и приповерхностных нанопленок в каналах микроканальных пластин // Инженерный вестник Дона. 2011. № 2.

СТРУКТУРНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ НА ЭТАПАХ ФОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩИХ МИКРОКАНАЛЬНЫХ ПЛАСТИН

Самканашвили Д. Г.^{1,2}

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,

г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет),

г. Владикавказ

Аннотация. В статье рассматривается механизм образования дефектов в спаях на микро- и наноуровнях на различных этапах формирования конструкции мелкоструктурных высокоразрешающих микроканальных пластин.

Ключевые слова: одножильный световод, многожильный световод, межканальные отверстия, границы спекания.

STRUCTURAL INHOMOGENEITIES AT THE STAGES OF STRUCTURE FORMATION HIGH-RESOLUTION MICROCHANNEL PLATES

Samkanashvili D. G.

Abstract. The article discusses the mechanism of formation of defects in junctions at the micro- and nanolevels at various stages of formation of the structure of fine-structured high-resolution microchannel plates.

Keywords: singl fiber, multi-fiber, interchannel holes, sintering border.

Качество как внутренних, так внешних поверхностей микроканальных пластин (МКП) зависит от структурной однородности системы каналов пластины и наличия субмикронных дефектов в стеклянных спаях одножильных и многожильных световодов. Решение проблемы качества поверхности как необходимое условие должно предполагать минимизацию структурных дефектов МКП.

Для техники ночного видения актуальное значение имеет освоение мелкоструктурных высокоразрешающих МКП с диаметром каналов 3–5 мкм и пространственным разрешением 100 и более пар лин/мм. Это позволит существенно улучшить основной параметр ПНВ на ЭОП – на 30–50 % повысить даль-

ность видения аппаратуры. В настоящее время лучшие модели ЭОП 2+ и 3 поколения ведущих мировых фирм ИТТ (США) и PHOTONIS (Франция) имеют разрешение 64–70 пар лин/мм и комплектуются МКП с диаметром каналов 6–7 мкм.

Переход к мелкоструктурным МКП представляет во многих отношениях проблему, связанную с сохранением необходимой механической прочности и формоустойчивости конструкции, обеспечением совершенства структуры и оптимальности параметров каналов.

Исследования показывают, что среди отечественных и зарубежных МКП нет совершенно бездефектных. Основная проблема состоит в том, чтобы добиться минимально-допустимой дефектности, которая не будет уже существенно влиять на функциональные характеристики МКП. Решение этой проблемы представляет собой типичную системную задачу, т.е. требует совместной оптимизации целого ряда ключевых операций, на которых формируется структура МКП, а также параметров применяемых рабочих стекол.

В настоящее время достаточно актуально и остро стоит вопрос: могут ли используемые оптические стекла быть основой разработок и промышленного производства мелкоструктурных МКПО новейших поколений, включая пластины с каналами 5 и 3 мкм. Следует учитывать принципиальное положение: в техпроцессе МКП свойства и параметры рабочих стекол закономерно изменяются, так что материал стенок будущих каналов (его состав и структура) имеет мало общего с исходным рабочим свинцово-силикатным стеклом. В частности, при температурном воздействии на спай «жила-оболочка» будет иметь место тепловая диффузия катионов-модификаторов, влияющих на изменение состава и свойств стекол при формировании микроканальных структур с образованием нанорельефа и нанонеоднородностей их поверхностей.

Отсюда ясно, что для получения требуемого конечного результата (высококачественных МКП) необходимо, во-первых, знать, как и по каким причинам меняются свойства стекол в техпроцессе, во-вторых, выявить все значимые факторы техпроцесса, влияющие на свойства стекол на этапе формирования структуры одножильных световодов, в-третьих, оптимально управлять трансформацией их свойств при формировании будущих микроканальных структур.

Указанные обстоятельства определяют высокую актуальность темы в научном и практическом аспектах.

В работе исследовались термодиффузионные явления в стеклах и проблема возникновения дефектности спая «жила-оболочка» в технологии изготовления МКП. Можно отметить, что дефектность спая «жила-оболочка» в одножильных световодах (ОЖС) влияет на дефектность структуры многожильных световодов (МЖС). Дефектность спая «жила-оболочка» в ОЖС стимулирует активизацию процессов формирования структурных образований типа межканальных отверстий и включений.

С одной стороны, дефектность границы «жила-оболочка» может приводить к повышенной структурной дефектности МЖС и МКП, а также к ухудшению качества поверхности каналов, отвечающих за основные функциональные характеристики пластин.

Установлено, что во многих случаях стенки каналов на стадиях ОЖС, МЖС, МКБ качественно не спекаются (рис. 1), а в зоне спая остаются тончайшие продольные полости, цепочки пузырей поперечных субмикронных размеров.

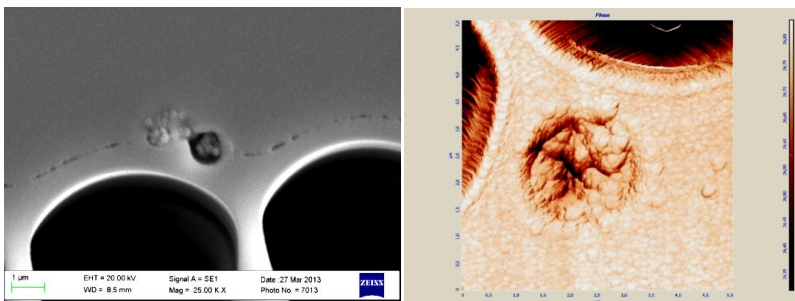
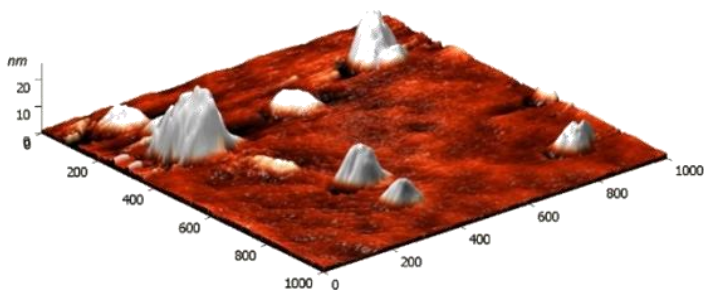


Рис. 1. Микрополости на границе спекания микроканальной вставки и монолитного обрамления. Топология межканального отверстия, забитого остатками продуктов обработки

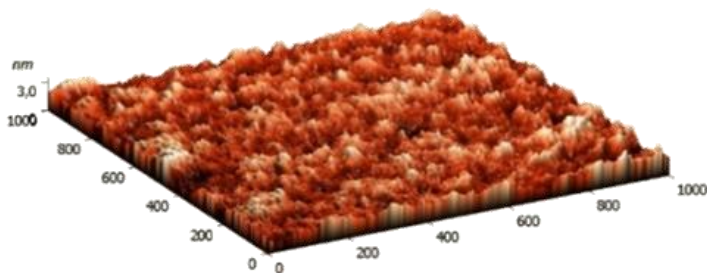
Очевидно, что подобные «точки» далее являются источником загрязнений и газоотделения МКП, влияют на их электрические и электронно-оптические параметры.

В результате ряда экспериментальных работ установлено, что такие цепочки микропузырей и нанонеоднородностей больше всего концентрируются по границам спекания МЖС. Данного рода дефекты зачастую взаимосвязаны и взаимообусловлены пороками типовой конструкции МКП. Установлено,

что основными причинами возникновения такого дефекта являются: а) местные загрязнения поверхности ОЖС (рис. 2) и граней МЖС (рис. 3а), б) повреждение граней МЖС.



а)



б)

Рис. 2. Боковая поверхность ОЖС до обработки (а) и после обработки (б) на СЗМ Solver Pro-M

Результаты исследования нанорельефа торцевой поверхности микроканальной пластины выявили образование наноуглублений (канавок) по границам спекания микроканальных сот, обусловленное термическими воздействиями. На рисунке 4 приведены изображения нанорельефа торцевой поверхности по границе спекания МКС, а также по границе спекания микроканальной вставки и монолитного обрамления.

С целью получения зависимостей формирования структурных изменений конструкции в спаях были проведены эксперименты по исследованию химического состава в спаях между однопильным и многопильным световодами.

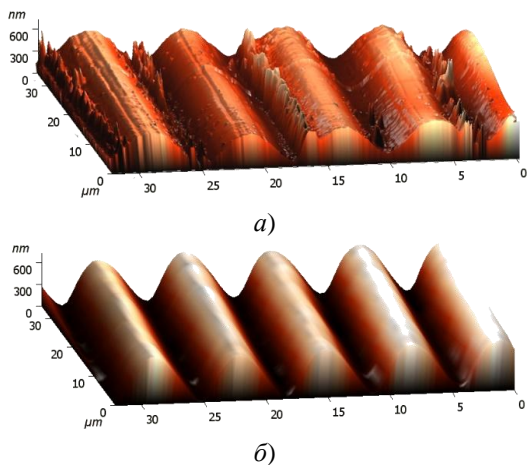


Рис. 3. Боковая поверхность МЖС до обработки (а) и после обработки (б) на СЗМ Solver Pro-M

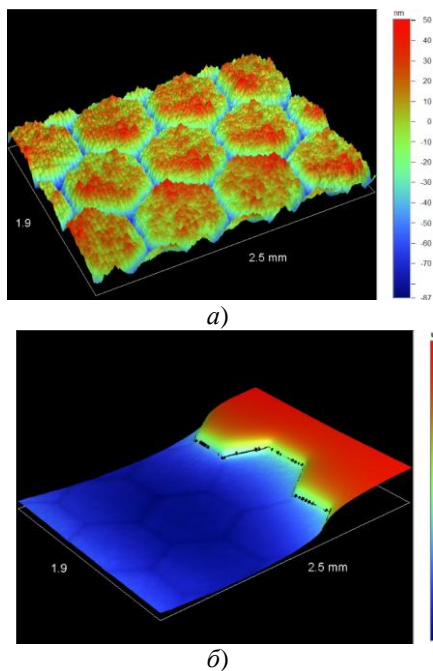


Рис. 4. Нанорельеф торцевой поверхности микроканальной пластины по границе спекания микроканальных сот а); по границе спекания микроканальной вставки и монолитного обрамления б)

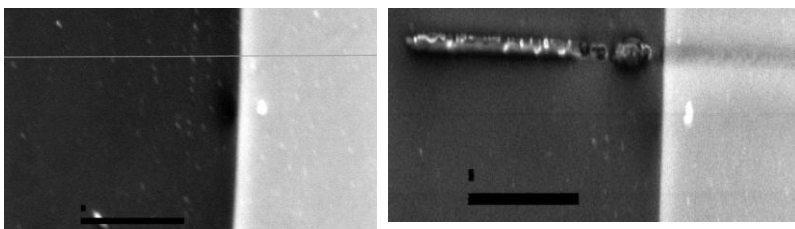
При нагреве стекла атомные частицы приобретают подвижность и становится возможной энергетически выгодная (с выделением избытка энергии) перестройка структуры стекла. Поэтому при нагреве почти всякое стекло в той или иной степени обнаруживает фазовое расслоение, т. е. образование (выделение) отдельных физико-химических фаз. Процессы фазового расслоения всегда начинаются с поверхности, поскольку на поверхности больше дефектов, а рост новых фаз начинается у дефектов.

При спае двух разнородных стекол неизбежно образуется более или менее тонкая зона спая, где формируется по существу «третье» стекло со своим особым составом и структурой.

Экспериментально оценивался элементный состав заготовок ОЖС на растровом электронном микроскопе-микроанализаторе («Камебакс-микро», Франция), оснащенный тремя кристалл-дифракционными спектрометрами рентгеновского диапазона со сменными кристаллами. На рис. 5а показано распределение элементов или сигнала, пропорционального содержанию элемента, вдоль линии. После 2-часового эксперимента стекло С78-5 оплавилось (рис. 5б). Линейный размер области отбора информации ~ 1 мкм по плоскости и глубине, это можно оценить по ширине оплавленного участка. Переходная зона на границе «жила-оболочка» имеет размер порядка 2 мкм, в силу аппаратных возможностей микроанализатора.

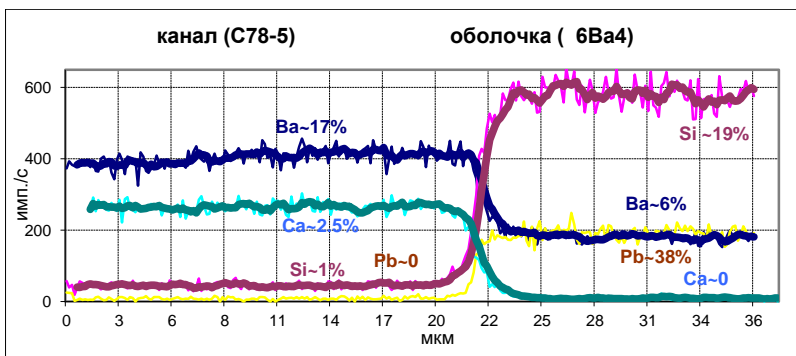
Интересной является область стекла С78-5 вблизи границы раздела, которая не оплавилась (~ 1 мкм). Этот факт свидетельствует о различии тепловых характеристик стекла в приграничной области и в центре, которое при изменении элементного состава жилы на границе с каналом, благодаря взаимодиффузионным процессам элементов, приближается к единице.

На рис. 6 представлено содержание стеклообразующих элементов в центральной части жилы ОЖС. Величины элементов необходимо воспринимать только качественно, так как значения сигналов, полученных от элементов, приводятся к 100 %, но метод не позволяет регистрировать все элементы таблицы Менделеева. В стекле С78-5 в жиле содержится большое количество бора (57,8 %), который данным методом измерения не регистрируется. Однако наблюдается качественная картина состава жилы: бария больше калия, кальция больше кремния и т. д. Есть отклонения от заданного состава стекла.

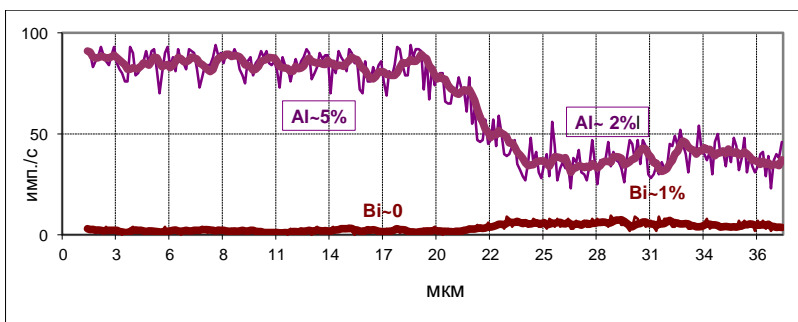


а)

б)



в)



г)

Рис. 5. Элементный состав заготовок в ОЖС вдоль отрезка (а); оплавление отрезка сканирования (б); распределение элементов в ОЖС (в, г). На распределениях указаны % (по массе) в соответствии с маркой материала

Так, были зафиксированы элементы Na, Bi, As, отсутствующие в исходном составе материала, а Mg, который должен был быть зафиксирован в материале жилы, отсутствует.

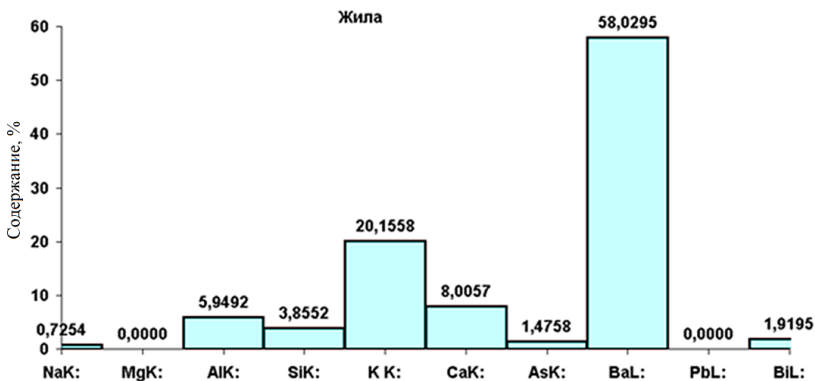


Рис. 6. Гистограмма элементного состава жилы ОЖС

Для качественного сравнения значений элементов между исследуемыми областями приведена общая поэлементная гистограмма (рис. 7).

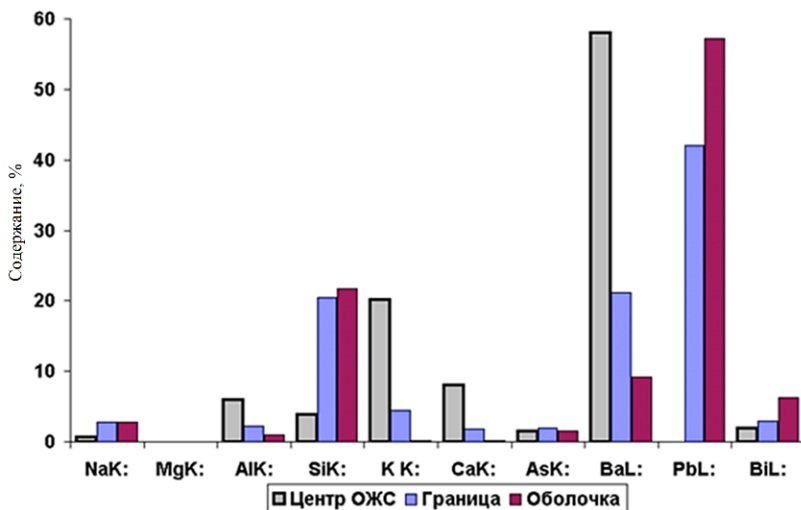


Рис. 7. Гистограмма элементов в трех областях поверхности среза ОЖС

Анализируя и сравнивая значения элементов, можно отметить, что Вi в процессе формирования ОЖС диффундирует из оболочки в жилу, точно так же ведет себя Pb, Si и Na, навстречу

этим элементам из жилы в направлении оболочки движутся Al, K, Ca и Ba. Другая картина наблюдается для Mg и As: максимальное значение этих элементов находится на границе двух стекол.

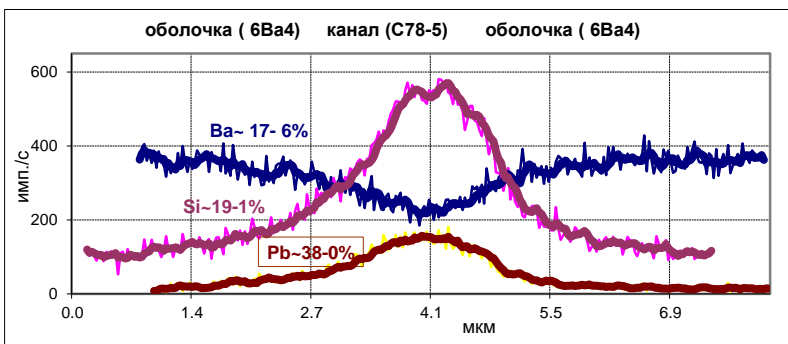
Полученные результаты химического состава стекол, зафиксированные на границе раздела двух стекол, соответствуют общеизвестному составу МКП. В ходе исследования установлено, что изначально стекло С78-5 не содержит Pb, а стекло 6Ba4 не содержит В, однако полученные результаты свидетельствуют о том, что данные элементы распространяются по структуре соседнего стекла. В связи с тем что граница раздела стекла 6Ba4 и С78-5 после вытяжки ОЖС представляет собой совсем иное по составу стекло, по сравнению с исходными комплекующими. Это подтверждается исследованиями, в которых было показано, что меняется агрегатное состояние всех исследуемых элементов на границе раздела двух стекол.

Поэтапно распределение каждого элемента снималось также и на разных перегородках МЖС в самой узкой области. Уменьшено время воздействия на отрезок сканирования и его длина. В таких условиях явного оплавления каналов на электронном изображении не наблюдалось. Тем не менее, результаты эксперимента (рис. 8) вновь показали различное содержание Са и К в правом и левом канале.

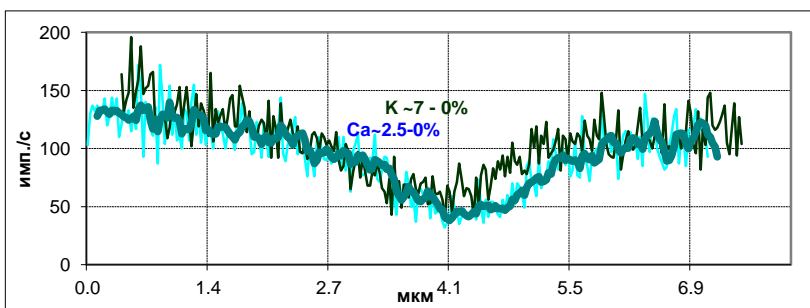
Анализируя полученные графики распределения элементов рабочих стекол, можно прийти к выводу, что имеет место неравномерное распространение химических элементов в процессе вытяжки световода, в частности, калия и кальция.

Экспериментальным путем установлено, что в исходных стеклах химические элементы изначально концентрируются неравномерно в толще стекла, либо при взаимодиффузии, протекающей на границе двух стекол, распространение химических элементов происходит хаотично, вследствие чего наблюдается различная их концентрация на аналогичных областях.

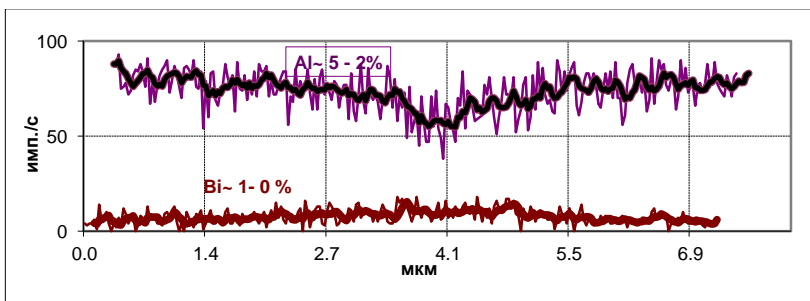
В рамках решения задачи разработки и промышленного освоения МКП для современной техники ночного видения проведено исследование структурно-морфологических характеристик поверхности МКП, получены новые научные результаты, разработаны и реализованы на практике научно обоснованные технические решения по оптимизации характеристик поверхности и выходных параметров МКП.



a)



б)



в)

Рис. 8. Распределение элементов на границе раздела стекол в МЖС

Ввиду специфичности стеклообразных рабочих материалов и особых условий формирования поверхностей каналов и торцов МКП, показано, что важной проблемой технологии является обеспечение чистоты рабочих поверхностей.

Установлено, что свойства рабочих стекол, их трансформации в техпроцессе МКП оказывают определяющее влияние практически на все основные свойства и параметры МКП

Дефектность спая «жила-оболочка» в одножильных световодах и далее на стадии изготовления многожильных световодов стимулирует активизацию процессов дефектообразования, формирование структурных дефектов.

Список источников

1. Кулов С. К., Савенко В. И., Шапова Ю. В., Самканашвили Д. Г., Уртаев А. К. Модификация поверхностных и приповерхностных нанопленок в каналах микроканальных пластин // Инженерный вестник Дона. Ростов-на-Дону. 2011. С. 88–93.

2. Агеев О. А., Смирнов В. А., Сербу Н. И., Самканашвили Д. Г., Уртаев А. К., Епхийев З. Х. Исследование наноструктуры внутренней поверхности микроканальных пластин методом атомно-силовой микроскопии // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2011. С. 40–45.

3. Савенко В. И., Самканашвили Д. Г. Диагностика сотовой структуры на электронном изображении микроканальных пластин на наноуровне, прошедших фотоэлектронную тренировку // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. 2018. № 10. С. 550–556.

4. Самканашвили Д. Г. Исследование поверхности микроканальных структур и заготовок на наноуровне // Инженерная физика. 2019. № 2. С. 35–38.

5. Мазурицкий М. И., Лерер А. М., Кулов С. К., Самканашвили Д. Г. Структура поверхности микроканальных пластин и возбуждение рентгеновской флуоресценции внутри полых микрокапилляров // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2019. № 6. С. 1–11.

ФЭУ С МКП – СЧЁТЧИКИ ФОТОНОВ С ВЫСОКИМ ОТНОШЕНИЕМ «ПИК/ДОЛИНА»

Федотова Г. В.¹,

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. Сообщается о разработке ФЭУ-счётчиков фотонов для ультрафиолетовой и видимой областей спектра, характеризующихся высоким отношением «пик/долина». Рассматриваются особенности конструкции и технологии разработанных ФЭУ с МКП, позволяющих достичь высокого отношения «пик/долина», низкого уровня скорости счёта темновых импульсов, повышенного уровня долговечности.

Ключевые слова: счётчики фотонов, амплитудное распределение импульсов, скорость счёта темновых импульсов, ионная обратная связь, отношение «пик/долина».

MCP-PMTS AS PHOTON COUNTING DETECTORS WITH A HIGH PEAK-TO-VALLEY RATIO

Fedotova G. V.

Abstract. The development of PMT photon counters for the ultraviolet and visible regions of the spectrum, characterized by a high peak/valley ratio, is reported. The features of the design and technology of the developed PMTs with MCP are considered, which make it possible to achieve a high peak-to-valley ratio, a low level of dark pulse counting rate, and an increased level of durability.

Keywords: photon counters, pulse amplitude distribution, dark pulse count rate, ion feedback, peak/valley ratio.

При регистрации очень слабых световых сигналов для извлечения максимальной информации используется метод счёта фотонов. Детекторы фотонов являются одним из основных типов детекторов в физике высоких энергий и ядерной физике. В качестве детекторов – счётчиков фотонов обычно используются ФЭУ с дискретными диодами, ФЭУ с МКП, лавинные диоды, гибридные ФЭУ. Среди этих видов детекторов ФЭУ с МКП выгодно отличаются высоким усилением и быстроедействием, повышен-

ной площадью рабочей поверхности, малыми габаритными размерами, низким энергопотреблением, стабильной работой в условиях воздействия магнитных полей. Полупроводниковые детекторы оптического излучения уступают ФЭУ с МКП по шумовым характеристикам, временному разрешению, площади рабочей поверхности.

Низкий уровень шума является необходимым условием при фотонном счёте. Эффективность детектирования в значительной степени зависит от порогового уровня, устанавливаемого для режима счёта (дискриминации). Распределение амплитуд импульсов является критической характеристикой для работы в режиме счёта фотонов. Наличие одноэлектронного пика в режиме счёта отдельных квантов (рис. 1, 2) позволяет отсекалть большое число шумовых импульсов малой амплитуды без существенной потери эффективности регистрации. Так как обычно нижний порог амплитуды импульса устанавливается (дискриминируется) на позиции долины, высокое соотношение «пик/долина» в распределении импульсов по амплитудам создаёт условия для более эффективной регистрации сверхслабых объектов свечения, позволяя повысить отношение «сигнал/шум».

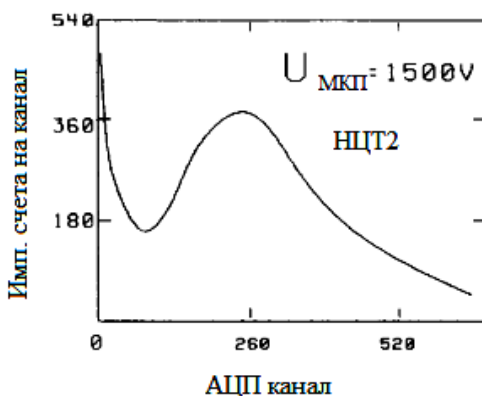


Рис. 1. Типичное распределение одноэлектронных импульсов по амплитудам для ФЭУ с МКП [1]

С другой стороны, ФЭУ с традиционными МКП (в отличие от МКП с ALD-покрытием) свойственен такой недостаток, как непродолжительный срок службы.

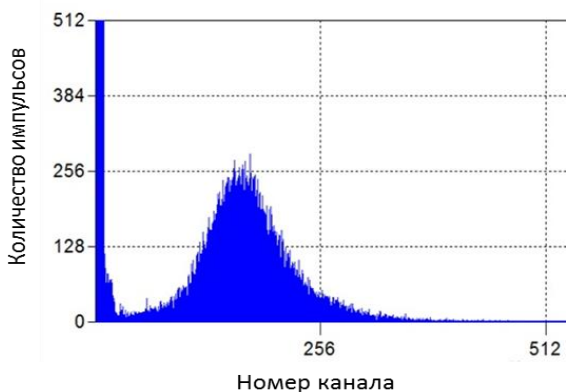


Рис. 2. Распределение одноэлектронных импульсов по амплитудам в ФЭУ «Сапфир-2А»

По данным источников [1–3], существенное ухудшение характеристик ФЭУ наблюдается, когда общий заряд, проходящий через МКП, превышает десятки, а иногда даже и сотые доли Кл/см². Низкий срок службы связывают с ионной бомбардировкой фотокатода ФЭУ. Ионы возникают в каналах МКП в результате разложения и десорбции посторонних веществ на стенках каналов при бомбардировке их электронами и в результате ионизации десорбированных соединений и остаточных газов потоками электронов. Образующиеся ионы ускоряются электрическим полем по направлению к фотокатоду, где они либо поглощаются, либо разрушают молекулярную структуру. Следствием является снижение квантового выхода фотокатода. Ионная обратная связь также негативно влияет на амплитудное разрешение, отношение «пик/долина», уровень темнового счёта.

Для повышения срока службы ФЭУ с МКП некоторые разработчики наносят защитную алюминиевую плёнку на первую, а иногда на вторую МКП (чтобы не снижать физическую прозрачность входа шевронной сборки МКП). Пленка пропускает электроны, но непрозрачна для ионов. Такой приём использует фирма Hamamatsu в серии счётчиков фотонов R 3809U.

Однако алюминиевая пленка, нанесённая на поверхность МКП, поглощает 30–50 % бомбардирующих её электронов, т. е. снижает полезный сигнал, ухудшая отношение «сигнал/шум».

В основном, за редким исключением, конструкции ФЭУ с МКП – бипланарные. Обусловлено это тем, что обычно производством ФЭУ занимаются фирмы, производящие электронно-оптические преобразователи для техники ночного видения. Поскольку в последнее время доминируют бипланарные конструкции ЭОП, то и ФЭУ с МКП, в которых применяются практически те же детали, что и в ЭОП (за исключением люминесцентного экрана), проектируются и изготавливаются в бипланарной конструкции. ФЭУ с МКП в бипланарном варианте из-за чрезвычайно малых расстояний между электродами имеют определённые проблемы в обеспечении надёжности: низкую реальную долговечность и боязнь световых перегрузок. Типичная рабочая скорость счёта ФЭУ с МКП составляет 20–70 КГц [4].

Разработанные в ООО ВТЦ «Баспик» конструкция ФЭУ и способ электронного обезгаживания МКП в этой конструкции позволяют практически исключить ионную обратную связь, за счёт этого минимизировать плотность скорости счета темновых импульсов, улучшить одноэлектронное амплитудное распределение импульсов, повысить отношение «пик/долина» до уникально высоких значений, повысить допустимую загрузку на входе и расширить динамический диапазон ФЭУ, значительно повысить долговечность ФЭУ до уровня единиц Кл/см².

Разработаны 2 модификации ФЭУ, отличающиеся типом фотокатода: «Сапфир-2А» – с теллур-цезиевым фотокатодом (для УФ-области спектра) и «Топаз» – с бищелочным фотокатодом (для видимого диапазона спектра).

Разработанные ФЭУ конструктивно представляют собой металlostеклянные вакуумные блоки с торцевым оптическим входом (бищелочной сурьяно-калиево-натриевый фотокатод на стеклянной подложке или теллур-цезиевый фотокатод на подложке из фтористого магния), собранными в шеврон двумя МКП с рабочим диаметром 18 мм и диаметром канала 8 мкм и металлическим коллектором. Рабочий диаметр фотокатода ФЭУ «Сапфир-2А» составляет 15 мм, ФЭУ «Топаз» – 17 мм. ФЭУ имеют электронную иммерсионную линзу на входе – систему электродов, обеспечивающих сбор электронов с фотокатода на вход первой МКП. Конструкция содержит подогревный газопоглотитель ПЦ-1М, расположенный в конусной части анода катодной камеры. Внешний вид ФЭУ представлен на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид ФЭУ с МКП разработки «Баспик»

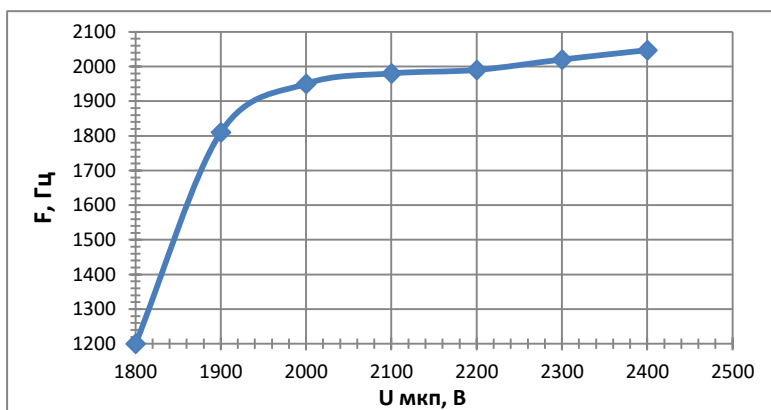


Рис. 4. Счетная характеристика ФЭУ с МКП «Сапфир-2А»

Применение в ФЭУ с МКП иммерсионной линзы на входе способствует повышению скорости допустимой загрузки (из-за большего расстояния между электродами, снижающего вероятность пробоя при резком увеличении входного сигнала). Большой, чем в бипланарных конструкциях объём изделия приводит к тому, что одинаковое количество выделяющихся при электронной бомбардировке газов в процессе эксплуатации ФЭУ вызывает меньшее изменение остаточного давления, что снижает количество образующихся ионов.

Разработанные ФЭУ могут длительное время (на практике сотни часов) работать при скоростях счёта порядка 1–3 МГц. Типовое отношение «пик/ долина» в одноэлектронном амплитудном распределении импульсов разработанных ФЭУ составляет около

20 (рис. 2), тогда как в диодных ФЭУ для аналогичных применений, а также в ФЭУ с МКП других производителей (рис. 1) типовое значение близко к 2. Такое высокое отношение значения «пик/долина», по данным литературы [5], не зафиксировано ни в одном ФЭУ с МКП. Авторы [5] сообщают, что в их экспериментах с ФЭУ с двумя МКП наилучшее значение «пик/долина» составило 6, при этом амплитудное разрешение было равно 86 %, и отмечают, что, по их данным, эти значения являются наилучшими из известных для ФЭУ с двумя МКП. Фирма Hamamatsu [6] оценивает как большой успех получение в ЭОП-счётчике фотонов с тремя МКП отношения «пик/долина», равного 5,6, амплитудного разрешения – 104 %, в то время как в ФЭУ «Сапфир-2А» и «Топаз» с двумя МКП типичное значение этих параметров составляет 20 и 90 % соответственно. Счётная характеристика ФЭУ имеет участок плато продолжительностью почти 300 В (рис. 5).

Получению рекордных характеристик разработанных ФЭУ способствует оригинальный способ электронного обезгаживания (ЭО). ЭО ФЭУ проводится в 2 приёма: до отпая изделия от откачной системы и после отпая. Необходимость проведения ЭО до отпая обусловлена тем, что МКП подвергаются обработке щелочными металлами в процессе изготовления фотокатода ФЭУ. ЭО вызывает десорбцию щелочных металлов и щелочесодержащих соединений с поверхности МКП, что позволяет откачивать их из объёма прибора до отпая изделия от откачной системы. ЭО отпаянного изделия проводится с целью удаления газов, выделившихся при отпае стеклянного штенгеля, и дальнейшей очистки каналов от посторонних веществ. При этом ЭО как до отпая, так и после отпая изделия проводится с использованием фотоэлектронов и при различных последовательно изменяющихся напряжениях на МКП, причем в отпаянном изделии критерием окончания обезгаживания является минимизация разницы скорости счёта темновых импульсов при подаче и в отсутствии напряжения на фотокатоде. Скорость счёта темновых импульсов измеряется после каждого этапа ЭО в двух режимах. В первом (при наличии напряжения на сборке МКП; и коллекторе, но отсутствии напряжения на фотокатоде) скорость счёта темновых импульсов определяется темновыми импульсами сборки МКП; во втором (при подаче напряжения на фотокатод) – добавляется счёт импульсов, обусловленных ионной об-

ратной связью на фотокатод и термоэмиссией фотокатода. По мере электронной тренировки ФЭУ ионная обратная связь уменьшается за счёт очистки поверхности каналов МКП от адсорбированных веществ, при этом скорость счёта темновых импульсов также уменьшается. В пределе ЭО продолжается до тех пор, пока разница между значением темновых импульсов с напряжением на фотокатоде и без него не минимизируется до уровня, определяемого термоэмиссией фотокатода (рис. 5). Пользуясь полученными данными, можно оценить уровень термоэмиссии применяемых фотокатодов.

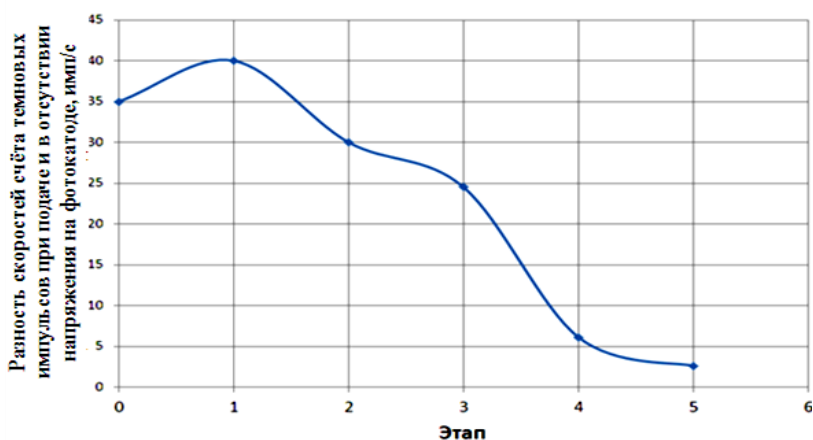


Рис. 5. Изменение скорости счёта темновых импульсов при поэтапном электронном обезгаживании в отпаянном приборе

Для ФЭУ с теллур-цезиевым фотокатодом минимальная разность скорости счёта темновых импульсов в отсутствие и при подаче напряжения на фотокатод составляет 3÷5 имп/с, для сурьмяно-натриево-калиевого фотокатода — 15÷25 имп/с. Используя эти данные, можно рассчитать плотность термоэмиссионного тока фотокатода $I_{Т.Э.}$, которая в среднем составит:

для теллур-цезиевого фотокатода:

$$I_{Т.Э.} = 2,35 \text{ имп/с} \cdot \text{см}^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 3,8 \cdot 10^{-19} \text{ А/см}^2,$$

для сурьмяно-натриево-калиевого:

$$I_{Т.Э.} = 8,7 \text{ имп/с} \cdot \text{см}^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 1,4 \cdot 10^{-18} \text{ А/см}^2.$$

Разработанные ФЭУ уже находят применение в ядерной физике в качестве детекторов черенковского излучения.

Список источников

1. Анашин В. В., Бесчастнов П. М., Голубев В. Б.. Фотоэлектронные умножители с микроканальными пластинами // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 357. 1995. С. 103–109.

2. Lehmann A. and etc. Recent Developments with Microchannel-Plate PMTs Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Vol. 976. 2017. С. 42–47.

3. Thomas M. Connely, James S. Milnes, Joh Howorth. Extended lifetime MCP- PMTs. Photek LTD.

4. Andreas Bulter. Single-Photon Counting Detectors for the Visible Range Between 300 and 1,000 nm. Springer International Publishing Switzerland 2014.

5. Orlov D. A., DeFazio J., Duarte Pinto S., Glazenberg R. and Kernen E. High quantum efficiency S-20 photocathodes in photon counting detectors. 2016.

6. Mizuno I. Разработка ультрафиолетового электронно-оптического преобразователя с GaN-фотокатодом. SPIE. Vol. 6945. 2008.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЯВЛЕНИЯ «БЫСТРОЙ» ПАМЯТИ МКП

Хасиева Д. Ф.¹

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. В работе представлены результаты исследований параметров «быстрой» памяти микроканальных пластин (МКП). Проанализированы зависимости параметров «быстрой» памяти МКП от других параметров (таких как сопротивление МКП, материал КЭ, порог сотовой структуры).

Ключевые слова: «быстрая» память, резистивно-эмиссионный слой, длительность памяти, коэффициент изменения усиления, сопротивление МКПО.

SOME SPECIFIC FEATURES OF MCP «FAST MEMORY»

Khasieva D. F.

Abstract. The paper presents the results of studies of the parameters of the «fast» memory of microchannel plates (MCPs). The dependences of the MCP «fast» memory parameters on other parameters (such as the MCP resistance, CE material, and honeycomb structure threshold) are analyzed.

Keywords: fast memory, resistive-emissive layer, memory duration, gain change factor, MCP resistance.

Память является одним из параметров микроканальных пластин (МКП), который под действием различных факторов ухудшает качество формируемого изображения. «Быстрая память» – это явление обратимого изменения коэффициента усиления каналов МКП. Этот эффект мешает регистрации явлений, быстро изменяющихся во времени, т. к. МКП сохраняет на выходном торце электронное изображение объекта, после того как объект или его электронное изображение будет удалено с её входного торца. При работе МКП в линейном режиме явление памяти не наблюдается.

«Быстрая» память характеризует процесс зарядки каналов и, как следствие, быстрое изменение коэффициента усиления в каналах (рис. 1). «Быстрая» память определяется двумя пара-

метрами: коэффициентом изменения усиления – ΔK (%) и временем стабилизации усиления – τ (мс) (временем формирования «быстрой» памяти).

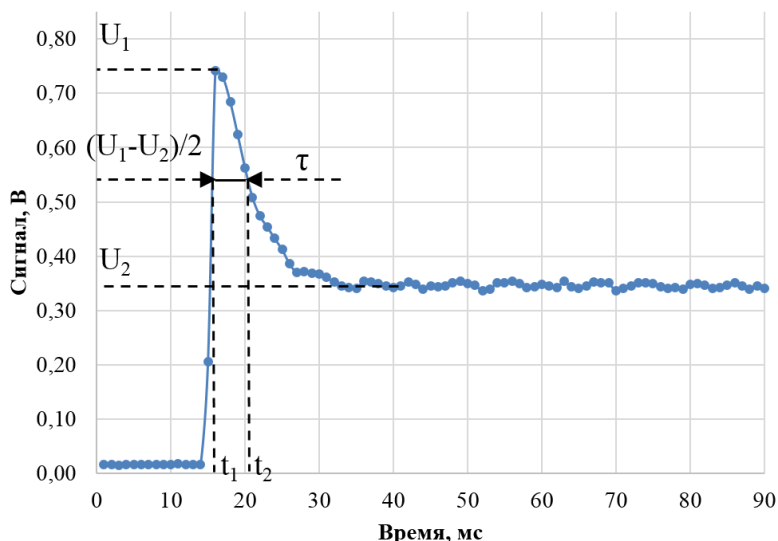


Рис. 1. Вид сигнала формирования «быстрой» памяти МКП

Изменение величины сигнала ΔK (%) рассчитывается по формуле:

$$\Delta K = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \cdot 100, \quad [1]$$

где U_1 – амплитуда сигнала в момент засветки экрана установки, В;
 U_2 – среднее значение сигнала после стабилизации (высота ступени), В.

Измерение параметров «быстрой» памяти МКП выполняется методом мгновенной подачи электронного потока на вход МКП и регистрации изменения яркости свечения экрана установки (сигнала) при помощи фотометра (табл. 1).

Память напрямую связана с зарядкой резистивно-эмиссионного слоя МКП. Как известно, РЭС каналов состоит из двух слоёв: верхнего, эмиссионного, на основе оксида кремния и

нижнего, резистивного, в котором сосредоточен восстановленный свинец. Нижний слой обуславливает продольную проводимость канала, а верхний эмиссионный слой отвечает за поперечную проводимость.

Таблица 1

Результаты измерения параметров «быстрой» памяти МКПО с различным сопротивлением

№ МКПО	R, *10 ⁸ Ом	2,5E-9		5E-9		7,5E-9		1E-8	
		K, %	τ, мс	K, %	τ, мс	K, %	τ, мс	K, %	τ, мс
1396/2-12	0,91	20	4	16	2	5	1	6	5
1396/12-4	1,17	32,5	4	22	2	5,5	7	9	10
1399/38-9	1,45	37,5	3	27	2	11	12	12,5	10

Поперечное сопротивление РЭС создаёт поперечное электрическое поле. В итоге поле в канале приобретает особый рельеф, становится неравномерным как по длине канала, так и по его объёму. Это поле нейтрализуется за счёт автоэлектронной эмиссии и эффекта Шоттки – увеличения термоэлектронного тока из тела под действием существующего у его поверхности сильного электрического поля. С увеличением толщины верхнего слоя напряжённость электрического поля становится меньше, что снижает интенсивность нейтрализации. На поверхности остаётся положительный заряд.

Наибольшее изменение усиления происходит при входном токе $2,5 \cdot 10^{-9}$ А, независимо от сопротивления пластины, далее пластины входят в насыщение и коэффициент изменения усиления начинает падать. Изменение коэффициента усиления связано с процессом накопления заряда в каналах и зависит от интенсивности экспозиции электронного потока входного тока.

Величина коэффициента изменения усиления ΔК прямо пропорционально зависит от сопротивления пластины: чем больше сопротивление, тем больше коэффициент изменения усиления (рис. 2).

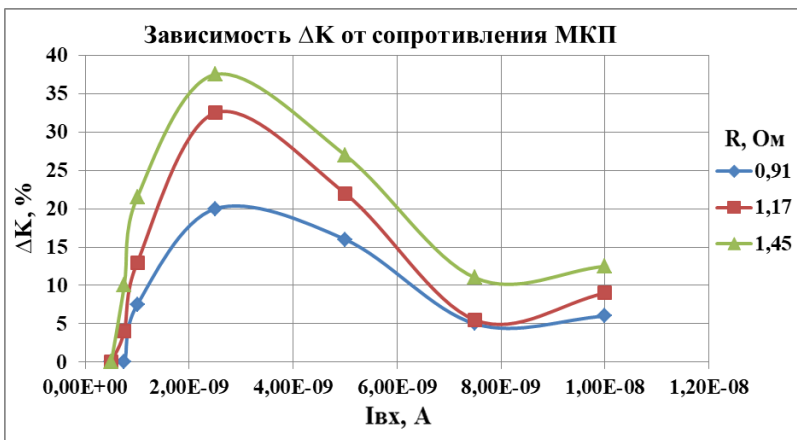


Рис. 2. Результаты измерения коэффициента изменения усиления МКП с разным сопротивлением

Также были исследованы экспериментальные микроканальные пластины с различным напылением, но с одинаковым сопротивлением МКП, для выявления зависимости коэффициента снижения усиления от металлизации (табл. 2).

Таблица 2

Параметры МКП с разным напылением

№ МКПО	U_p , В	I , $\cdot 10^{-6}$ А	R , $\cdot 10^8$ Ом	2,5E-9		Металлизация	
				ΔK , %	τ , мс	Вход	Выход
1147/27-10	680	4,69	1,45	37	5	Mg	Mg
1147/27-19	715	4,93	1,45	34	6	Mg	Cr
1398/11-36	722	4,98	1,45	32	5	Cr	Cr
1399/38-9	750	5,17	1,45	37,5	3	Cr	Cr

Изменение коэффициента усиления при облучении электронным потоком $I_{вх} = 2,5 \cdot 10^{-9}$ А при разных напряжениях на МКП представлено на рис. 3.

Материал КЭ не влияет на изменение коэффициента изменения усиления. Также на рисунке 3 представлены зависимости изменения коэффициента усиления от напряжения МКП, наибольшее значение ΔK мы наблюдаем при напряжении, близком к рабочему.

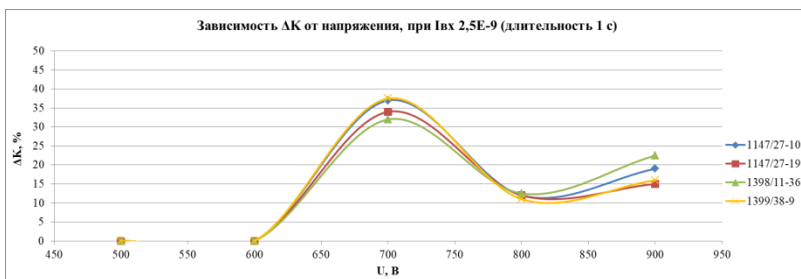


Рис. 3. Зависимость коэффициента усиления МКП с различным материалом КЭ, при $I_{вх} = 2,5 \cdot 10^{-9}$ А и разных напряжениях МКП

Была исследована зависимость «быстрой» памяти от порога, типа и категории СС. Корреляционная связь не была обнаружена (рис. 4).

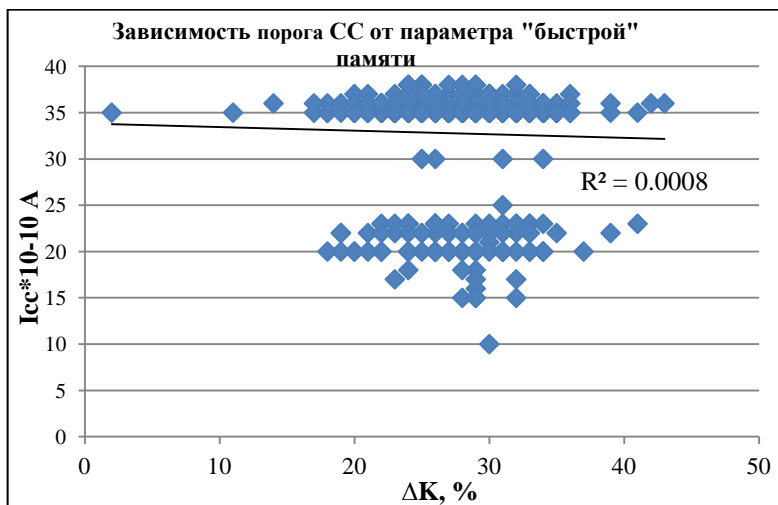


Рис. 4. Зависимость порога СС I_{cc} от коэффициента изменения усиления ΔK

Список источников

1. Леонов И. Б., Тютиков А. М. Формирование «памяти» у микроканальных пластин // Оптико-механическая промышленность. 1980. № 8. С. 43–45.

2. Богданова И. В., Овчарова Н. В. Измерение быстрой «памяти» микроканальных пластин. Владикавказ, 2005.
3. Бестфатер Д. В., Донскова О. Н., Ландарь З. А. Научно-технический отчёт по теме «Влияние факторов технологии изготовления на параметры «быстрой» памяти МКПО». Владикавказ, 2008.
4. Бестфатер Д. В., Македонова Л. А. Зависимость параметров «быстрой» памяти от режимов измерения, технологических факторов и параметров МКП. Владикавказ, 2009.
5. Рыжков А. А., Перелыгина А. В. Изучение явления «памяти» и влияющих на неё технологических факторов. Владикавказ, 2017.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОГРЕВА В ВАКУУМЕ НА ПАРАМЕТРЫ МКП-ДЕТЕКТОРА ОТКРЫТОГО ТИПА

Федотова Г. В.¹,
Смирнов В. Ю.¹,
Цховребов К. Э.^{1,2}, магистрант

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет),
г. Владикавказ

Аннотация. Исследовалось влияние высокотемпературного прогрева в вакууме на параметры МКП-детектора открытого типа с люминесцентным экраном. Показано, что наблюдаемые изменения (снижение коэффициента усиления, улучшение формы амплитудного распределения одноэлектронных импульсов) можно объяснить влиянием ионной обратной связи, уменьшающейся после прогрева.

Ключевые слова: МКП-детектор, вакуумный прогрев, ионная обратная связь, амплитудное распределение импульсов, скорость счёта темновых импульсов.

INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURE VACUUM HEATING ON AN OPEN -TYPE MCP DETECTOR PARAMETERS

Fedotova G. V.,
Smirnov V. Y.,
Tskhovrebov K. E. master's student

Abstract. The effect of high-temperature heating in vacuum on the parameters of an open-type MCP detector with a luminescent screen was studied. It is shown that the observed changes (decrease in the gain, improvement in the shape of the amplitude distribution of single-electron pulses) can be explained by the effect of ion feedback, which decreases after heating.

Keywords: MCP detector, vacuum heating, ion feedback, pulse amplitude distribution, dark pulse count rate.

В соответствии с технической документацией (ТД) изготавливаемые в ООО ВТЦ «Баспик» МКП-детекторы должны выдерживать прогрев в вакууме до 300 °С (в течение 4 часов) без

выхода за границы допуска основных параметров: коэффициента усиления M (не менее $1 \cdot 10^7$ при напряжении на МКП не более 2400 В), одноэлектронного амплитудного разрешения импульсов R (не более 150 %), скорости счёта темновых импульсов (не более 3 имп / с \cdot см²). Предварительный термический прогрев необходим для удаления адсорбированных на стенках каналов МКП и других деталях детектора посторонних веществ и улучшения стабильности параметров в процессе проводимых в дальнейшем с МКП-детектором исследований [1]. Предварительный термический вакуумный прогрев детекторов открытого типа с люминесцентными экранами позволяет также уменьшить риск пробоя промежутка МКП-экран при подаче на последний высокого напряжения.

Целью проводимого исследования:

- оценка изменения уровня основных параметров после термического прогрева в соответствии с ТД;
- интерпретация полученных результатов;
- проведение дополнительных исследований для проверки выдвигаемых гипотез.

Объектом исследований являлся детектор с шевронной сборкой МКПО 25-10У и люминесцентным экраном, собранный на керамическом фланце – DV2510P (рис. 1).

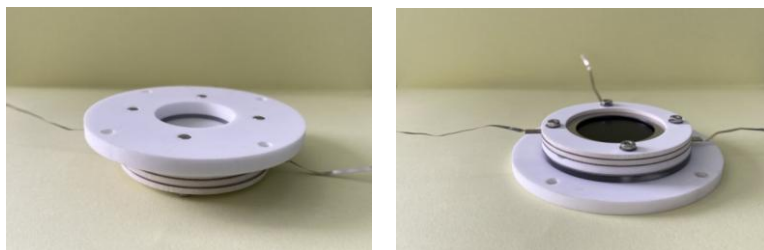
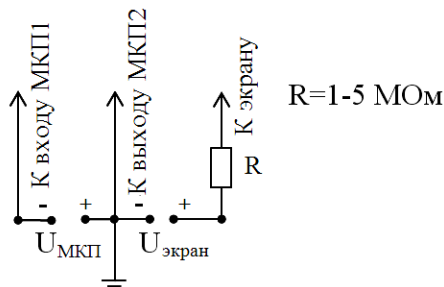


Рис. 1. Внешний вид детектора DV2510P на керамическом фланце

Вакуумный прогрев изделий в заданном режиме осуществлялся в вакуумной печи «Тесла», после остывания детекторы извлекались на атмосферу и помещались в вакуумную камеру установки контроля параметров. Измерения коэффициента усиления и амплитудного разрешения проводились с использованием в качестве источника сигнала электронного прожектора, схема подачи напряжения на электроды приведена на рис. 2.



$$U_{\text{МКП}} = -2,4 \text{ кВ max} \quad U_{\text{экран}} = 3,5 \text{ кВ max}$$

Рис. 2. Схема подключения детектора DV2510P

Скорость счёта импульсов поддерживалась на уровне 2000–3000 Гц. Ускоряющее напряжение и напряжение на МКП составляли соответственно «минус» 400 В и 2000 В, напряжение на экране с целью получения дополнительной информации изменялось от замера к замеру в диапазоне от 200 до 2400 В, также снимался и фиксировался на фото вид одноэлектронного амплитудного распределения импульсов (АРИ) до и после прогрева.

Данные по параметрам до и после прогрева детектора в вакууме приведены в табл. 1.

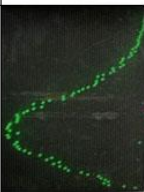
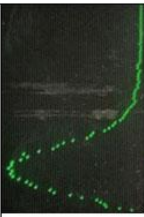

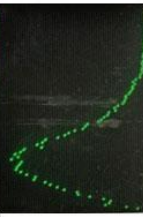
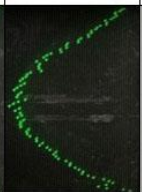

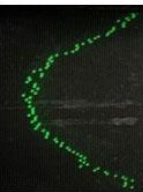

Из приведённых данных следует:

- после прогрева в вакууме коэффициент усиления снижается в 1,7–2,1 раза в зависимости от напряжения на экране;
- при этом значения усиления и других параметров соответствуют требованиям ТД при увеличении напряжения на МКП, не выходящем за пределы допуска по ТД;
- рост коэффициента усиления с ростом напряжения на экране более выражен для не прогретых в вакууме изделий (при росте напряжения на экране от 200 В до 2400 В для непрогретых изделий усиление растёт в 1,6 раза, для прогретых – в 1,3 раза);
- вид амплитудного распределения импульсов (АРИ) с ростом напряжения на экране ухудшается: оно становится шире, причем после вакуумного прогрева это ухудшение выражено значительно меньше.

То, что этот факт не находит подтверждения в однозначном уменьшении амплитудного разрешения R , обусловлено наблюдаемым после прогрева снижением коэффициента усиления M , так как величина R по определению обратно пропорциональна M .

Таблица 1

Параметры детектора до и после ТВО

Напряже ние на экране $U_{\text{экр. В}}$	До ТВО				После ТВО			
	Коэффици- ент усиления	Ампли- тудное разре- шение, %	Скорость счёта темновых импульсов, ИМП/С.СМ ²	Вид АРУ	Коэффици- ент усиления	Ампли- тудное разре- шение, %	Скорость счёта темновых импульсов, ИМП/С.СМ ²	Вид АРУ
200	$1,3 \cdot 10^7$	120	0,53		$0,76 \cdot 10^7$ ($1,12 \cdot 10^7$ при $U_{\text{экр}} =$ 2100 В)	129	0,5	
1000	$1,8 \cdot 10^7$	140	0,55		$0,94 \cdot 10^7$	128	0,56	
1600	$1,8 \cdot 10^7$	142	0,6		$1,03 \cdot 10^7$	126	0,62	
2400	$2,1 \cdot 10^7$	132	0,63		$1,0 \cdot 10^7$	131	0,6	

Полученные результаты могут быть объяснены влиянием ионной обратной связи, которая снижается вследствие предварительного вакуумного прогрева [1–4]. Снижение коэффициента усиления после прогрева можно объяснить как десорбцией адсорбированных на стенках канала веществ с более высокой, чем у основного слоя, работой выхода, так и снижением влияния ионной обратной связи, вносящей свой вклад в коэффициент усиления [4].

Наблюдаемое расширение амплитудного распределения импульсов с ростом напряжения на экране также могут свидетельствовать об ионной обратной связи: с ростом напряжения на экране увеличивается газовыделение с экрана за счёт роста энергии бомбардирующих его электронов, происходит ионизация выделяющихся газов электронным потоком. Образующиеся положительные ионы бомбардируют торцевую выходную поверхность МКП, попадая в каналы и пролетая с выхода на вход МКП, при этом формируется паразитный поток вторичных электронов. Возникающие паразитные импульсы могут накладываться на основные сигнальные, обуславливая рост числа импульсов с повышенными амплитудами, что влияет на вид амплитудного распределения импульсов и, как следствие, на рост коэффициента усиления.

Таким образом показано, что предварительный высокотемпературный прогрев МКП-детектора в вакууме способствует уменьшению ионной обратной связи и снижает риск повреждения экрана вследствие возможного пробоя вакуумного промежутка МКП-экрана. Вследствие очистки каналов от загрязнений после прогрева последующие измерения с МКП-детектором должны быть более точными, так как влияние обратной ионной связи на них существенно снижается.

Список источников

1. Siegmund O.H.W. Preconditioning of microchannel plate stacks. SPIE. Vol. 1072. Image Intensification (1989).
2. Кулов С. К. Газосодержание и газовыделение МКП. Владикавказ, 2000.
3. Boutot J. P. Degassing of microchannel plates. ACTA Electronica. 1971. Vol. 14. № 2. Pp. 245–262.
4. Федотова Г. В. НТО. О причинах снижения усиления МКП в процессе электронного обезгаживания. Владикавказ: ООО ВТЦ «Баспик», 2017.

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗИСТИВНО-ЭМИССИОННОГО СЛОЯ КАНАЛОВ МКП В ПРОЦЕССЕ ТЕРМОВОДОРОДНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Щапова Ю. В.¹

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. В статье рассмотрены процессы, происходящие при формировании резистивно-эмиссионного слоя в процессе термоводородного восстановления. Показана перспективность процесса восстановления для выведения щелочного компонента из состава стекла микроканальных пластин (МКП).

Ключевые слова: микроканальные пластины, восстановление в водороде, резистивно-эмиссионный слой, выщелачивание.

RESISTIVE-EMISSIVE LAYER FORMATION DURING HIGH-TEMPERATURE HYDROGEN REDUCTION

Shchapova Yu. V.

Abstract. The article discusses the processes occurring during the formation of a resistive emission layer in the process of thermohydrogen reduction. The prospects of the reduction process for removing the alkaline component from the composition of the glass of the microchannel plates (MCP) are shown.

Keywords: microchannel plates, reduction in hydrogen, resistive emission layer, leaching.

Изучение возможных вариантов проведения термохимических обработок заготовок МКП и происходящих при этом физико-химических процессов, а также выбор наиболее оптимальных вариантов является актуальной и перспективной задачей на сегодняшний день. Одной из основных проблем в технологии изготовления МКП является наличие подвижных щелочных катионов в составе рабочих стекол. Большинство задач по улучшению параметров и характеристик МКП сводится к одной из главных задач: выведению щелочной составляющей из состава стекла МКП.

Анализ данных литературы и экспериментальных данных по влиянию различных воздействий на параметры МКП, показал следующее [1–3]:

1) Все параметры и характеристики МКП являются результатом одновременного влияния операций техпроцесса и параметров рабочих стёкол. В свою очередь техпроцесс изготовления МКП подстраивается под свойства применяемых рабочих стёкол.

2) На каждом этапе техпроцесса изготовления МКП происходят различные физико-химические процессы, приводящие к изменению состава и свойств МКП. Наибольшее количество таких процессов и, соответственно, изменений, происходит в техпроцессе термоводородного восстановления (ТВВ) МКП.

3) Известные способы нейтрализации отрицательного влияния щелочных металлов на параметры МКП сводятся в основном к модификации состава рабочих стёкол, тогда как решение данной проблемы принципиально возможно и в техпроцессе изготовления МКП.

4) Техпроцесс ТВВ является наиболее подходящим для реализации большинства задач, направленных на решение актуальных проблем технологии МКП, в том числе вывода щелочных металлов и повышения термостойкости МКП.

Процесс термоводородного восстановления фактически является ключевым этапом в технологии изготовления МКП. На этой операции происходит окончательное формирование резистивно-эмиссионного слоя (РЭС) МКП с заданными характеристиками [4]. Свойства РЭС задаются тремя основными факторами: 1) технологией ТВВ, 2) предысторией поступающих на вход ТВВ заготовок, 3) дальнейшими технологическими операциями, а также хранением МКП, работой МКП в составе ЭОП.

Оптимизация технологии ТВВ представляет собой важную задачу для получения оптимального РЭС МКП.

В зависимости от температурно-временных режимов ТВВ возможно формирование так называемой грубодисперсной и мелкодисперсной структуры свинцовой фазы. Характер структуры будет зависеть от соотношения между скоростями генерации и роста зародышей формирующейся фазы свинца [5].

При относительно низких температурах ТВВ (порядка 400 °С) скорость генерации превышает скорость агрегатообразования, образуется большое число «зародышей» – формируется

мелкодисперсная фаза (размер кластера составляет порядка 100 \AA). Если вести ТВВ при высоких температурах (выше $480 \text{ }^\circ\text{C}$), образующиеся «зародыши», вследствие высокой подвижности, начинают интенсивно расти (как и расстояние между ними) – скорость агрегатообразования превышает скорость генерации, в результате формируется грубодисперсная свинцовая фаза (размер кластера до $0,1 \text{ мкм}$). Размер образующихся агрегатов свинца в высокосвинцовом стекле может достигать 70 нм .

Механизм электропроводности свинцово-силикатных стёкол (ССС) на сегодняшний день достоверно не определён. Даже невосстановленные СССР и МКП уже обладают, помимо ионной, электронной проводимостью, величина которой существенно возрастает после восстановления.

Согласно одной из гипотез, образующиеся при ТВВ кластеры свинца способны далее химически трансформироваться в процессе восстановления. Свинец на поверхности кластеров может окисляться при соединении с группами ОН, концентрация которых в зоне восстановления резко повышена, с образованием оксидов свинца. Возможно также, что свинец может реагировать с кремнезёмом в присутствии воды, образуя силикаты свинца. Следовательно, агрегаты свинца на ТВВ могут окутываться оболочками оксидов и силикатов свинца. Оксиды свинца – электронные полупроводники, где избыток свинца играет роль донорной примеси. Есть основания полагать, что электропроводность МКП реализуется именно за счёт этих соединений по механизму металл-полупроводник-металл, возникающему при смыкании атомов свинца своими полупроводниковыми оболочками.

Другое предположение, в котором также решающая роль в формировании проводимости стекла отводится «мостикам» между агрегатами свинца, заключается в том, что эта проводимость обусловлена атомами висмута, мышьяка и сурьмы в структуре «мостиков» [6]. Эти атомы являются донорной примесью и могут реализовывать проводимость *n*-типа, которая и имеет место в СССР.

Нижний резистивный слой с относительно высокой проводимостью имеет толщину $200\text{--}400 \text{ нм}$. Здесь сосредоточен восстановленный свинец. Общая толщина зачернённого слоя достигает $1\text{--}1,5 \text{ мкм}$, т. е. стенки каналов восстанавливаются фактически на всю толщину. Однако толщина электропроводящего слоя заметно меньше толщины зачернённого при ТВВ слоя, что

также подтверждает отсутствие корреляции между степенью зачёрнения и величиной проводимости ССС.

Из изложенного выведены следствия:

- Наличие металлической фазы свинца является необходимым, но недостаточным условием получения электропроводности ССС,

- Для реализации электропроводности восстановленного стекла необходимо наличие проводящих промежутков между кластерами свинца,

- Величина проводимости зависит, в частности, от величины полупроводниковых прослоек между кластерами свинца.

- С увеличением температуры ТВВ сопротивление МКП сначала снижается, но по достижении $T = 520\text{--}550^\circ\text{C}$ начинается его рост (типовая температура проведения ТВВ составляет 450°C).

- В начале процесса ПК восстанавливаются быстрее, чем ВК, затем соотношение сопротивлений меняется. Если в начале процесса ТВВ сопротивление МКП резко снижается, то потом, по достижении какого-то времени, оно изменяется очень незначительно, оставаясь фактически на одном уровне. Этот момент соответствует области низких сопротивлений МКП.

- При выходе сопротивления МКП в эту область, значения сопротивлений пограничных и внутренних каналов сближаются. Разница их сопротивлений становится минимальна, что способствует снижению контраста СС на ЭИ МКП и получению более высокого уровня порога СС. Отсюда можно сделать вывод, что если бы возможно было добиться сближения сопротивлений ПК-ВК на более раннем этапе ТВВ, порог СС таких пластин мог бы быть на достаточно высоком уровне даже при высоком сопротивлении самой МКП.

В связи с этим понимание механизма проводимости МКП с целью возможного управления восстанавливаемостью пластины приобретает ещё больший интерес.

Наиболее негативным побочным процессом операции ТВВ можно считать освобождение ранее связанных в структуре стекла катионов щелочных металлов.

Способность катионов щелочных металлов свободно диффундировать в стеклах МКП и выходить на поверхность пластин негативно отражается на свойствах и характеристиках МКП. Наиболее очевидные изменения выражаются в ухудше-

нии качества внешнего вида – появлении влажного налёта от хранения, снижении порога появления сотовой структуры, а также дестабилизации усиления, увеличении уровня шумов, в снижении электрической прочности, увеличении газосодержания МКП на атмосфере за счёт поглощения атмосферных газов и паров инородными плёнками на поверхности каналов.

Существует следующая гипотеза о причине выхода щелочной компоненты на поверхность МКП:

Восстановление оксида свинца в процессе ТВВ сопровождается разрывом связей свинца и освобождением групп OH^- . Освобождённые атомы свинца коагулируют в кластеры, группы OH^- диффундируют к поверхности. При этом они разрывают связи других элементов, тем самым освобождая их. Так как щелочные катионы имеют наименьший атомный радиус ($2,23 \text{ \AA}^\circ$ – натрий, и $2,77 \text{ \AA}^\circ$ – калий), то, освободившись, они легко диффундируют к поверхности, где вступают в реакцию с находящейся на поверхности водой и образуют различные соединения – щелочи, гидриды и др., что приводит к ухудшению ВВ МКПО и в дальнейшем ко всем вышеперечисленным негативным следствиям.

Таким образом, для улучшения качества МКП желательно не иметь в составе стекла готовой пластины щелочных катионов.

Вообще не включать щелочные металлы в состав стекла нельзя, так как они способствуют снижению вязкости и уменьшению температуры вытяжки световодов. Однако после того как они сыграли свою полезную роль, их дальнейшее присутствие только вредит и приводит к нестабильности параметров пластин. Следовательно, для улучшения качества МКП необходимо устранить негативное влияние щелочной составляющей.

Возможны два способа:

1) блокировка щелочных катионов в структуре стекла таким образом, чтобы их диффузия к поверхности стала невозможной;

2) вывод щелочных катионов из состава стекла МКП и получение пластины, свободной от щелочной составляющей.

Заключение

Структура и свойства РЭС МКПО во многом зависят от режимов и условий проведения финишного этапа его формирова-

ния – термоводородного восстановления. На операции ТВВ заложены значительные резервы для улучшения свойств и характеристик МКПО.

В процессе ТВВ возможно влияние температуры и времени восстановления не только на электропроводность стекла, но и на усиление (рабочее напряжение), тип сетки и порог появления сотовой структуры, газовыделение и качество поверхности МКП. Восстановление как при низких, так и при высоких температурах обладает своими преимуществами, однако сложности вызывает подбор такого режима, который способствовал бы улучшению качества МКП сразу по всем параметрам.

В процессе ТВВ возможно и выведение щелочной составляющей из состава стекла МКПО, что позволит получить пластину с высокой стабильностью параметров при хранении и работе в составе ЭОП.

Список источников

1. Кулов С. К., Макаров Е. Н., Козырев Е. Н. Основные принципы технологии МКП // Микроканальные пластины (теория, технология, применение). Владикавказ. 2002, С. 15–19.
2. Кулов С. К. Технология МКП. Ч. 2. Рабочие стекла МКП. Владикавказ, 2000.
3. Кулов С. К. Системные основы технологии МКП. Владикавказ, 1999.
4. Хатухов А. А. Закономерности формирования резистивных свойств рабочих поверхностей микроканальных пластин: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Нальчик, 2003.
5. Кулов С. К., Кесаев С. А., Макаров Е. Н., Нечеталенко В. Ф., Платов Э. А., Полина Т. В., Попугаев Б. Г., Сланова И. Р. Формирование и свойства резистивно-эмиссионного слоя каналов // Микроканальные пластины: Материалы научно-технической конференции. Вып. 1. Владикавказ, 2002.
6. Файнберг Е. А., Гречаник Л. А. Электрофизические свойства восстановленных в водороде высокосвинцовых стекол // Электрофизические свойства и строение стекла, М: Химия, 1964. С. 115–117.

АНАЛИЗ ГИБКИХ МЕТОДОЛОГИЙ И ИНСТРУМЕНТОВ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ AGILE

Гиголаева К. А.¹

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. Современные тенденции развития требуют пересмотра устаревших методов и перехода на более эффективные подходы. Одним из таких способов является переход на гибкие методы управления проектами. Их особенность заключается в том, что они адаптируются под изменяющиеся условия и позволяют ускорять процессы по реализации проекта. Для лучшего понимания рассматриваемого понятия в статье описаны предпосылки его зарождения, основополагающий документ, закрепивший понятие Agile, сравнение популярных методов, а также перспективы использования гибких методов в управлении проектами.

Ключевые слова: гибкая методология, метод, agile, agile-методология, гибкость, проектное управление, Scrum, Kanban, Lean.

ANALYSIS OF AGILE METHODOLOGIES AND TOOLS OF PROJECT MANAGEMENT. AGILE

Gigolaeva K. A.

Abstract. Current development trends require a revision of outdated methods and a transition to more efficient approaches. One of these ways is the transition to flexible project management methods. Their peculiarity lies in the fact that they adapt to changing conditions and allow you to speed up the process of project implementation. For a better understanding of the concept under consideration, the article describes the prerequisites for its origin, the fundamental document that consolidated the concept of Agile, a comparison of popular methods, as well as the prospects for using agile methods in project management.

Key words: method, agile, agile methodology, flexibility, project management, Scrum, Kanban, Lean.

Мир стремительно развивается и модернизируется, в связи с этим традиционные методы управления проектами не успевают идти в ногу со временем. Современные реалии и скорости

диктуют нам, что более рационально внедрять такие технологии, которые помогут достичь результата быстрее и эффективнее. Применение проектных методов – это новая ступень развития управления проектами, где применяются более гибкие и современные способы по оптимизации процесса в целом. Онократно расширяет диапазон распространения и включает в себя различный инструментарий, который раньше применялся в других отраслевых направлениях. Причиной тому служит необходимость использования эффективных способов управления для сокращения сроков выполнения работ, стоимости реализации проекта, повышения качества исполнения работ и оптимизации используемых ресурсов.

Сложно точно определить историю возникновения гибких методологий, так как каждый источник дает свою трактовку, однако основополагающий документ под названием «Agile-манифест: Разработка программного обеспечения», который объединил десятки гибких методов, зародился 11–13 февраля 2001 года, на горнолыжном курорте The Lodge at Snowbird в горах Уосатч в штате Юта, когда 17 представителей компаний Extreme Programming, SCRUM, DSDM, Adaptive Software Development, Crystal, Feature-Driven Development, Pragmatic Programming и других решили создать альтернативу тяжеловесным процессам разработки программного обеспечения и закрепить ее документом. В этом документе зародились ценности и принципы Agile-разработки. После публикации манифеста использование Agile-методов стремительно набирало популярность. Изначально Agile был предназначен лишь для IT-технологий, но со временем методы стали подстраивать под различные отрасли.

Agile является гибкой моделью управления, где требования и решения эволюционируют благодаря усилиям команды. Высшим приоритетом методологии является самоорганизация и самодисциплина. Адаптивное планирование, нацеленность на быстрый результат, стремление к гибкому реагированию на изменения – цель Agile-методов.

В гибкой методологии сконцентрированы определенные ценности, которые позволяют определить основу функционирования данной модели:

1. Индивидуальное и командное взаимодействие важнее процессов и инструментов.

2. Рабочее программное обеспечение, а не исчерпывающая документация.

3. Сотрудничество с клиентами вместо переговоров по контракту.

4. Реагирование на изменения вместо следования плану.

Agile – это система гибких методологий, которые позволяют модернизировать процессы управления проектами. Agile включает в себе большое разнообразие методов, которые компания выбирает с учетом своих особенностей. На сегодняшний день самыми популярными считаются: Scrum, Kanban и Lean.

Обобщая 3 метода, можно сказать, что все они действуют примерно по одному принципу:

1. Организуется небольшая рабочая команда (5–10 человек), состоящая из профессионалов различных областей;

2. Распределяются роли: каждый несет ответственность за определенную деятельность;

3. Работа разбивается на небольшие временные промежутки (неделя/квартал);

4. На каждом этапе реализации продукта осуществляется постоянный контакт с заказчиком продукта;

5. Каждый метод предполагает наличие инструмента для поддержания процесса (скрам-доска / карточки / средства связи);

6. Частые собрания и отчеты о проделанной работе за короткий промежуток времени.

Scrum – метод управления, где одна или несколько кросс-функциональных команд выполняют действия, направленные на эффективное и результативное создание продукта, благодаря распределению ролей, использованию вспомогательных инструментов и самоорганизации команде, нацеленной на результат.

Kanban – метод управления, где используется визуализация процесса. Ценности данного метода заключаются в следующем: прозрачность, баланс, сотрудничество, клиентоориентированность, поток, лидерство, понимание, согласие, уважение.

Lean – бережливое производство, которое предполагает вовлечение в процесс оптимизации деятельности каждого сотрудника и максимальную ориентацию на потребителя.

Для наглядности приведена сравнительная таблица наиболее популярных Agile-методов (табл. 1).

Для выбора наиболее подходящего организации метода проектного управления предлагается провести их сравнение по

следующим критериям: область применения, количество участников проекта, оценка сложности внедрения (предлагается оценивать по 10-балльной шкале, где 1 – очень просто, 10 – очень сложно), также проведен анализ по требованиям к рабочей группе, главным инструментам и срокам выполнения. Они могут использоваться как в комплексе, так и по отдельности. Каждый метод направлен на эффективное управление проектами и качественное получение результатов. Выбор метода управления зависит от специфики проекта и подготовленности специалистов.

Таблица 1

Сравнение SCRUM, KANBAL, LEAN

	SCRUM	KANBAL	LEAN
Область применения	Производство, НИОКР. Продажи и маркетинг. Финансы и бухгалтер. Персонал. Консалтинг.	Научоемкое производство. Логистика	Бизнес-процессы
Количество участников проекта	3–8 человек	Без ограничений	Без ограничений
Сложность внедрения	2	8	4
Требования к рабочей группе	Высокие требования. Необходима универсальная команда высококлассных специалистов.	Средние требования. Группа может обладать разными уровнями навыков. Приветствуется взаимозаменяемость.	Средние требования. Группа может обладать разными уровнями навыков.
Используемый инструмент	Скрам-доска	Карточки	Любой инструмент для четкой коммуникации
Срок исполнения	Жестко установлены	Варьируются	Варьируются

Составлено: автором

Количество компаний, которые переходят от традиционных методов управления к гибким, кратно растет с каждым днем. Такая популярность Agile-методов имеет объяснение, несмотря на сложность перехода, успешность проектов с использованием гибких технологий очевидна: 98 % пользователей отмечают заметные улучшения в работе организации, результаты улучшений проявляются буквально через 6 месяцев. В то же время путь перехода к гибким изменениям требует серьезных организационных преобразований, решений проблемы взаимодействия между командами и т. д.

Гибкие методологии развиваются в таких отраслях, как:

- информационные технологии – 42 %;
- финансы – 18 %;
- промышленность – 8 %;
- торговля – 7 %;
- телекоммуникации – 5 %;
- энергетика – 3,2 %;
- консалтинг – 2,8 %;
- другие отрасли – 15 %¹.

Agile-методология внедрена во многие крупнейшие компании, такие как: Сбербанк, Русал, Grass, М-Видео, АльфаСтрахование и прочие. Сфера распространения Agile крайне широка: от крупных компаний до небольших организаций. Основными ее сторонниками остаются ИТ-компании, банки и производственный сектор – все те, кому постоянно приходится подстраиваться под требования клиентов. Гибкой методологией пользуются также чиновники правительства Москвы и Минобразования РФ.

Относительно ООО ВТЦ «Баспик» рациональное использование Agile-методов способно в перспективе повысить конкурентоспособность компании, снизить себестоимости продукции, а также поднять уровень проектной зрелости.

Очевидно, что компании, быстро адаптирующиеся к изменениям, обладают большими конкурентными преимуществами, мобильностью и потенциалом роста.

Стоит заметить: поскольку применение Agile-методов не распространено в нашей республике, применение их ВТЦ «Баспик» может создать компании статус флагмана региональной экономики. При развитии компании в данном направлении и достижении

¹ Данные из отчета «Agile в России 2020».

позитивного результата в последующем может быть создана платформа для обучения, которая будет являться диверсификацией бизнеса и приносить дополнительный доход организации.

Подводя итог, можно отметить, что Agile – это не волшебная палочка, благодаря взмаху которой можно решить все проблемы, а сложный процесс, который требует определенного уровня организационной зрелости. Внедрение Agile-культуры может принести полную трансформацию организационной структуры предприятия, что подразумевает внедрение новых технологий в бизнес-процессы, переход к электронному документообороту, проведение интервью и деловых встреч в интернет-пространстве, что заметно снизит временные и финансовые издержки и ускорит получение результата. Agile-культура формирует комфортный для работы климат, позволяет отслеживать активность сотрудников, а также улучшать общую коммуникацию в организации. Главная сложность внедрения Agile-культуры состоит в том, чтобы донести до людей необходимость таких изменений.

Список источников

1. Johan Segertoft. Owing the sky with Agile Building a Jet Fighter Faster, Cheaper, Better with Scrum. 2019. URL: www.scruminc.com (Дата обращения 20.03.22).
2. Колесников А. М., Будагов А. С., Мухин К. Ю. Гибкое управление проектами Agile: анализ ключевых положительных сторон, недостатков, требований, статистики реализации // Экономический вектор. 2018. № 3(14). С. 53–57.
3. Бадюк А. А. Гибкая Agile-методология разработки программного обеспечения // Вектор экономики. 2018. № 12.
4. Боурош А. И. Стратегии продуктовой разработки мобильных приложений на основе использования гибких методологий Agile. Минск, 2019.
5. Локтионов Д. А., Масловский В. П. Критерии применения Agile-методологии для управления проектом // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 6. Июнь.
6. Мазурина Н. А. Управление проектом внедрения специализированного программного обеспечения в банке. М., 2013.
7. Терентьева З. С., Хализова И. А. Гибкие методы управления проектами. Анализ и сравнение // Economic Sceinces. 2019. Т.8. № 1(26).

ПРИОРИТЕТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОМПАНИИ

Дзахов Т. А.¹

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. Ориентация мира на устойчивое развитие сегодня – это уже не только привилегия отдельных государств и предприятий, это необходимость, без которой сложно представить будущее процветание всей планеты. Поэтому важность устойчивого развития нужно понимать не только членам социально-ориентированных организаций, но и каждому государству, предприятию, человеку. В статье описана роль государства и частного сектора в устойчивом развитии. На корпоративном уровне внедрение практик устойчивого развития можно рассматривать как способ повышения эффективности и конкурентоспособности

Ключевые слова: устойчивость, устойчивое развитие, экономика развития, экономический рост, экология.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT PRIORITIES IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF A COMPANY

Dzakhov T. A.

Abstract. The orientation of the world towards sustainable development today is no longer only a privilege of individual states and enterprises, it is a necessity without which it is difficult to imagine the future prosperity of the entire planet. Therefore, the importance of sustainable development must be understood not only by members of socially oriented organizations, but also by every state, enterprise, and person. The article describes the role of the state and the private sector in sustainable development. At the corporate level, the introduction of sustainable development practices can be seen as a way to increase efficiency and competitiveness.

Keywords: sustainability, sustainable development, development economics, economic growth, ecology.

Понятие «устойчивое развитие» возникло как ответ на глобальные кризисы и риски. В современных условиях широкое распространение получил подход к ведению бизнеса с учетом

приоритетов устойчивого развития. Российские компании проводят согласование стратегического развития с целями устойчивого развития и ценностями социального, экологического и экономического характера.

Устойчивое развитие – развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности². **Концепция устойчивого развития** предполагает определенные ограничения в области эксплуатации природных ресурсов, но эти ограничения являются не абсолютными, а относительными³.

В XXI веке активно развиваются **ESG-ценности** – это ценности экологического, социального, корпоративного управления. С их помощью достигается вовлечение компании в решение социально-экологических проблем. В широком смысле – это устойчивое развитие коммерческой деятельности по трем направлениям:

Environmental (E) – окружающая среда;

Social (S) – социальное развитие;

Governance (G) – управление компанией.

Вместе с устойчивым развитием ESG-ценности направлены не только на максимизацию прибыли, но и на получение дополнительных положительных социальных эффектов.

В современной форме термин «устойчивое развитие» был введен ООН 25 сентября 2015 года документом «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», включающем **17 глобальных целей устойчивого развития** (далее – ЦУР), достижение которых необходимо для решения экологических, экономических и социальных проблем:

- 1) ликвидация нищеты;
- 2) ликвидация голода;
- 3) хорошее здоровье и благополучие;
- 4) качественное образование;
- 5) гендерное равенство;

² Термин введен в 1987 году Международной комиссией по окружающей среде и развитию.

³ Термин также введен в 1987 г. Международной комиссией по окружающей среде и развитию.

- 6) чистая вода и санитария;
- 7) недорогостоящая и чистая энергия;
- 8) достойная работа и экономический рост;
- 9) индустриализация, инновации и культура;
- 10) уменьшение неравенства;
- 11) устойчивые города и населенные пункты;
- 12) ответственное потребление и производство;
- 13) борьба с изменением климата;
- 14) сохранение морских экосистем;
- 15) сохранение экосистем суши;
- 16) мир, правосудие и эффективные институты;
- 17) партнерство в интересах устойчивого развития.

Российская Федерация активно участвует в достижении ЦУР, установленных в 2015 году. Работа ведется по нескольким направлениям: важную роль играет как государство, так и бизнес. Государство может оказывать влияние путем социальных выплат, создания необходимых институтов и мотиваций предприятий. Предприятия в свою очередь обеспечивают людей рабочими местами и в своей деятельности взаимодействуют с окружающим миром.

В российской повестке в 2020 году на Политическом форуме высокого уровня⁴ Российской Федерацией был представлен первый **«Добровольный национальный обзор хода осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»**. В этом обзоре определено текущее положение РФ на пути к достижению ЦУР. На данный момент все 17 ЦУР отражены в 12 национальных проектах. Авторы Добровольного национального обзора в своей работе отметили как наиболее успешные следующие цели:

1. ЦУР 1 – «Ликвидация нищеты». За период с 2018 по 2019 год численность населения с доходами ниже прожиточного минимума сократилась на 500 тысяч человек. В 2019 году также прекратилась тенденция стагнации доходов населения. По итогам года уровень реальных доходов россиян увеличился на 1 процент.

2. ЦУР 4 – «Качественное образование». Согласно Добровольному национальному обзору, коэффициент охвата образова-

⁴ Основная платформа ООН по устойчивому развитию, играющая центральную роль в достижении ЦУР

тельными программами начального, основного и среднего общего образования в РФ в 2018 году стал равен 99,9 баллам из 100.

3. ЦУР 8 – «Достойная работа и экономический рост». Темп прироста ВВП в период 2016–2019 годов в текущих ценах не опускался ниже 3 %, а в постоянных ценах темп прироста ускорился с 0,2 % – в 2016 году до 2,9 % – в 2019 году. Также наблюдался рост заработных плат и снижение безработицы (с 5,6 % – в 2015 году до 4,6 % – в 2019 году). Численность населения, занятого в субъектах малого и среднего предпринимательства, в марте 2020 года составила более 15 млн человек, а доля субъектов МСП в ВВП 2018 года составила 20,2 %.

На корпоративном уровне разработку требований системы менеджмента устойчивого развития регламентируют национальные стандарты: ГОСТ Р ИСО 37101-2018 «Устойчивое развитие в сообществах. Система менеджмента. Общие принципы и требования» и ГОСТ Р ИСО 37100 – 2018 «Устойчивое развитие и адаптивность сообществ. Словарь».

Эффективность бизнеса во многом определяется и социальной повесткой как основой для долгосрочной работы. Если говорить о субъектах предпринимательства, стоит отметить, что предприятиям сложно организовывать деятельность по достижению всех 17 ЦУР. Поэтому эффективнее и полезнее сосредоточиться на достижении определенных целей. Рассмотрим деятельность по достижению ЦУР на примере ООО ВТЦ «Баспик».

ООО ВТЦ «Баспик» в соответствии со своей миссией, видением, стратегией и политикой поддерживает, трансформирует на своем уровне и последовательно внедряет ценности устойчивого развития. Значимый вклад организация вносит в достижение следующих ЦУР:

Цель 1. Мир без нищеты. Предприятие в силу своих возможностей оказывает помощь малоимущим гражданам, что соответствует первой из Целей устойчивого развития ООН. Так, только в кризисном для отечественной экономики 2020 году десять малоимущих семей в РСО-Алания, оказавшихся в сложных жизненных обстоятельствах, получили помощь от ООО ВТЦ «Баспик» на общую сумму **260 тыс. рублей.**

Цель 8. Достойная работа и экономический рост. На предприятии организованы достойные условия работы:
– средняя заработная плата выше средней в регионе;

– существует система стимулирования за научную и исследовательскую работу: надбавки к окладу за наличие ученой степени (надбавка 25 % к окладу за ученую степень), надбавки за стаж работы (надбавка 10 % к окладу за стаж работы более 20 лет);

– система материальной помощи сотрудникам предприятия: на материальную помощь в 2021 году предприятие выделило **1 641 000 р.** Сюда входят затраты на рождение детей, лечение, поощрение сотрудников;

– организация питания сотрудников: затраты на питание сотрудников в 2021 году составили **2 370 240 руб.;**

– забота о здоровье сотрудников: на противовирусные мероприятия для сотрудников в 2021 году было затрачено около **1 700 000 р.;**

– поддержка молодых ученых: расходы на обучение работающих в ООО ВТЦ «Баспик» магистрантов в 2021 году составили **1 100 000 р.;**

– транспорт для сотрудников: на содержание автобуса в 2021 году было затрачено **334 000 р.** и т. д.

Всё это помогает решать проблему повышения уровня жизни работников предприятия. ООО ВТЦ «Баспик» полностью вовлечен в работу по достижению восьмой цели ООН.

Цель 9. Индустриализация, инновации и инфраструктура. Предприятие активно работает над благоустройством инфраструктуры. Ежегодно проводится финансирование ремонтных и строительных работ социально значимых институтов и объектов в РСО-Алания:

– за 2020 год на ремонт и закупку оборудования для гимназии № 5 им. Луначарского г. Владикавказа было выделено **250 тыс. рублей;**

– на ремонт классов гимназии № 4 г. Владикавказа было выделено **126 тыс. рублей;**

– на ремонт и восстановление МБОУ СОШ пос. Мизур выделено **1 000 000 руб.** и т. д.

Всего на благотворительную помощь только в 2020–2021 году было потрачено почти **3 000 000 руб.**

Также в ООО ВТЦ «Баспик» действуют **18 объектов интеллектуальной собственности.** Причем только за период с 2019 по 2021 гг. создано 5 патентов и 7 свидетельств на ПР для ЭВМ.

На корпоративном уровне устойчивое развитие является двусторонним инструментом. Помимо организации достойных условий работы для сотрудников и оказания положительного влияния на окружающий мир, сама компания может получить определенные преференции: при прочих равных условиях инвест-приоритет будет направлен в такие организации, которые стараются реализовать ЦУР и придерживаются ценностей ESG. Кроме того, в странах, где вопросы устойчивого развития находятся в активной разработке, социально-ответственные компании могут получать «зеленые» кредиты⁵.

Подводя итог, необходимо отметить важность внесения устойчивого развития в повестку дня современной общественности. Причем сделать это необходимо на трех уровнях:

1) на государственном уровне – обеспечение поддержки тех отраслей и компаний, которые придерживаются ценностей устойчивого развития и внедряют их;

2) на корпоративном уровне – компаниям необходимо понять, какие выгоды может принести внедрение принципов устойчивого развития, понять угрозы отказа от устойчивого развития; кроме того, компании в вопросах устойчивого развития могут влиять на стейкхолдеров, что также будет являться положительным эффектом;

3) на личностном уровне – каждый отдельный человек должен хотя бы пытаться следовать возможным ЦУР, потому что и государственное, и корпоративное влияние на выполнение целей не будет иметь смысла, если обычные люди не будут прилагать усилий для достижения общего блага.

Приверженность ООО ВТЦ «Баспик» принципам устойчивого развития заметна уже сейчас. И хотя на данный момент это не является главным фактором, который выведет предприятие на потенциально новый уровень, но соблюдение ценностей устойчивого развития помогает создавать и улучшать отношения организации с сотрудниками, поставщиками, государством, а также потенциально может стать фактором повышения конкурентоспособности. Повышение уровня эффективности управления можно соотнести с учетом положений концепции устойчивого развития и ценностей ESG в системе управления проектами компании.

⁵ Кредиты, предназначенные для экологических и социальных проектов

Список источников

1. Аналитический центр при Правительстве РФ: Добровольный национальный обзор хода осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/dcbc39abeafbo41.8d9d48c06c958e454/obzor.pdf> (Дата обращения 20.03.22)
2. Our Common Future. The World Commission on Environment and Development (Наше общее будущее. Доклад Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию). Oxford University Press, 1987.
3. Грачев В. А.: Учение В. И. Вернадского о ноосфере как основа устойчивого развития // Юг России: экология, развитие. 2015. Т. 10. № 3.
4. Карасёв А. Почему концепция устойчивого развития с нами надолго? // Эксперт Юг. 2021. № 9. С. 24–26.
5. Поползина П. Понятие и содержание концепции устойчивого развития // Мировое и национальное хозяйство. 2019. № 1.
6. Конференция трудового коллектива ООО ВТЦ «Баспик». 9.04.2021 г.
7. Организация Объединенных Наций: сайт. URL: <https://www.un.org/ru/> (Дата обращения: 24.12.2021).
8. Федеральная служба государственной статистики: сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (Дата обращения: 24.12.2021).

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА
(на примере Республики Северная Осетия-Алания)**

Кривова Т. В.¹

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. Текущее состояние внешнеэкономической деятельности РСО-Алания свидетельствует о том, что объемы экспорта не могут обеспечить поступательное развитие экономики республики соответствующим притоком денежных средств. Структура экспортируемых республикой товаров носит в основном сырьевой характер и во многом определяется слабостью промышленной и научной базы республики, основательно разрушенных и деградировавших за годы рыночных реформ. В совокупности это оказывает негативное влияние на развитие международной торговли РСО-Алания высокотехнологичными наукоемкими товарами и услугами с высокой добавленной стоимостью.

Ключевые слова: внешнеэкономическая деятельность, экспорт, конкурентоспособность, высокотехнологичная продукция, промышленная политика, стратегические приоритеты.

**TOPICAL ISSUES OF INTERNATIONAL BUSINESS
ACTIVITIES OF A REGION
(based on the materials of the Republic of North Ossetia-Alania)**

Krivova T. V.

Abstract. The current state of the foreign economic activity of North Ossetia-Alania indicates that export volumes cannot ensure the progressive development of the economy of the republic with a corresponding cash inflow. The structure of goods exported by the republic is mainly of a raw material nature and in many ways is determined by the weakness of the industrial and scientific base of the republic, which were thoroughly destroyed and degraded over the years of market reforms. Together this has a negative impact on the development of international trade in North Ossetia-Alania with high-tech goods and services with high added value.

Keywords: foreign economic activity, export, competitiveness, high-tech products, industrial policy, strategic priorities.

Внешнеэкономическая деятельность (далее – ВЭД), как фактор социально-экономического развития региона, ведет к качественным преобразованиям в сфере экономики, увеличивает приток иностранных инвестиций и бюджетные поступления. Успешная внешнеторговая деятельность определяется уровнем экспортной составляющей.

Исследованию ВЭД РСО-Алания посвящены диссертации О. Н. Бабуриной, Л. К. Болатовой, Ф. Р. Гадзаова, Л. К. Гуриевой, А. А. Кулиева, Т. Б. Кулиева, М. Т. Тогузова. Предложения и рекомендации, представленные в данных диссертационных исследованиях в части необходимости создания четкой нормативной и законодательной базы ВЭД региона, повышения качества инвестиционных проектов, улучшения структуры экспорта, обеспечения роста положительного сальдо с reinvestицией значительной части на закупку современных технологий, расширения номенклатуры производимых товаров в зоне прибыльности, являются обоснованными и актуальными в настоящее время. Данные исследования раскрывают необходимость разработки и реализации внешнеэкономической стратегии, учитывающей конкурентные преимущества и рыночные позиции конкретных предприятий. В диссертациях подчеркивается важность стратегической рационализации структуры экспорта и импорта в части перехода от обычной внешней торговли к кооперации на основе поставки продукции с высокой добавленной стоимостью.

В 2011 году Правительством РСО-Алания в целях улучшения качества жизни населения республики, а также интеграции региональной экономики в систему мирохозяйственных связей была принята Концепция внешнеэкономической деятельности РСО-Алания (далее – Концепция), направленная на оказание поддержки структурной перестройки и технологической модернизации экономики республики.

По состоянию на 2022 г. можно отметить, что установки, заложенные в указанную Концепцию, на практике не выполняются, в частности:

1. Отсутствуют Стратегия, программы, дорожные карты развития ВЭД РСО-Алания.

2. Отсутствует увязка со Стратегией социально-экономического развития СКФО до 2025 года и Стратегией социально-экономического развития РСО-Алания до 2030 года.

3. Расширение географии экспорта является крайне незначительным. Экспорт осуществляется преимущественно в страны СНГ. Стоимостной объем экспорта товаров в страны СНГ в два раза превышает объем экспорта в страны дальнего зарубежья.

4. Деятельность по разработке и совершенствованию нормативно-правовой базы в сфере ВЭД не проводится республиканскими органами государственной власти. Нормативные правовые акты по ВЭД РСО-Алания являются устаревшими и требуют пересмотра.

5. Отмеченная в Концепции принципиальная важность ее согласованности с основными участниками ВЭД и курирующими данный процесс органами государственной власти также не прослеживается на практике.

6. Отсутствуют программы стимулирования экспорта инновационной, высокотехнологичной и наукоемкой продукции.

Всего внешнеторговый оборот РСО-Алания в 2019–2021 гг. составил 455,52 млн долл. США. За период 2019–2021 гг. в РСО-Алания наблюдается «вялая стагнация» ВЭД, предполагающая увеличение внешнеторгового оборота и, в частности, его экспортной составляющей, которая лежит в плоскости роста объемов выпуска продукции агропромышленного комплекса и увеличения объемов вывоза минерально-сырьевых ресурсов. Так, основу экспорта в 2019–2021 гг. составили продовольственные товары и сырье (52,2 %), металлы и изделия из них (12,6 %) и минеральная продукция (13,9 %).

Таким образом, текущее состояние ВЭД РСО-Алания свидетельствует о том, что объемы экспорта не могут обеспечить поступательное развитие экономики республики соответствующим притоком денежных средств. Структура экспортируемых республикой товаров носит в основном сырьевой характер и во многом определяется слабостью промышленной и научной базы республики, основательно разрушенных и деградировавших за годы рыночных реформ. В совокупности это оказывает негативное влияние на развитие международной торговли РСО-Алания высокотехнологичными наукоемкими товарами и услугами с высокой добавленной стоимостью.

По нашему мнению, такое неблагоприятное положение обусловлено следующими причинами, которые являются актуальными проблемами для развития экономики РСО-Алания:

- управление ВЭД осуществляется не на должном уровне (не просматривается, кто отвечает за ВЭД);
- имеющийся в настоящее время ряд документов по ВЭД устарел и требует доработки;
- отсутствует четко выработанная республиканская промышленная политика;
- РСО-Алания является дотационным, депрессивным регионом, практически полностью потерявшим свой промышленный потенциал;
- отсутствует должное внимание ответственных органов государственной власти к теме ВЭД.

Таким образом, принимая во внимание необходимость усиления стимулирующего влияния ВЭД на экономику республики, целесообразно осуществить следующий комплекс мер:

1. Провести комплексное исследование внешнеэкономического потенциала республики, выявить перспективные внешние рынки.

2. Разработать документы по активной республиканской промышленной политике, направленной на создание современных экспортоориентированных производственных комплексов.

3. Актуализировать и систематизировать управление ВЭД республики в соответствии с новыми принципами, целями и задачами посредством реализации механизма «дорожных карт».

4. Оптимизировать географическую структуру внешней торговли, имеющей целью расширение круга торговых партнеров предприятий республики, а также выход на новые перспективных рынки.

5. Разработать целостную нормативно-правовую базу ВЭД в регионе, в т. ч. закон о внешнеэкономической деятельности республики, а также актуальную Концепцию, Стратегию и Программу развития ВЭД РСО-Алания.

6. Сформировать институциональную модель управления ВЭД РСО-Алания, наделив соответствующими полномочиями органы государственного управления.

7. Определить и обосновать этапы реализации политики привлечения иностранного капитала в экономику РСО-А.

8. Обеспечить поэтапное сближение внутренних и мировых стандартов качества продукции и создать условия для международной сертификации и расширения производств, показатели которых соответствуют мировому техническому уровню.

Список источников

1. Бабурина О. Н. Проблемы развития и рационализации внешнеэкономических связей субъектов Российской Федерации Северо-Кавказского экономического района: На примере Республики Северная Осетия-Алания: Дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.14. М., 2003.
2. Болатова Л. К. Внешнеэкономическая деятельность региона: современное состояние и пути совершенствования (на материалах Республики Северная Осетия-Алания): Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М., 2002.
3. Тогузов М. Т. Стратегическое управление внешнеэкономической деятельностью в регионе: На материалах Республики Северная Осетия-Алания: Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М., 2003.
4. Таможенная статистика внешней торговли РСО-Алания // Северо-Кавказское таможенное управление. Официальный сайт. Электронный ресурс. URL: <https://sktu.customs.gov.ru> (Дата обращения 20.03.22)

РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ В XX ВЕКЕ

Мурадян Б. А.¹

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. Промышленный потенциал Северной Осетии, который в основном был создан в период с 1930 по 1990-й год, был к началу XXI века в существенной степени ликвидирован. Это сказалось на развитии науки и образования в республике, так как промышленность являлась мощным катализатором для развития указанных сфер.

В этой связи особый интерес представляет исследование процессов становления и развития промышленного комплекса республики с целью определения потенциала отраслей, которые могут быть элементами будущей современной конкурентоспособной промышленной базы.

Ключевые слова: промышленный потенциал, наука и образование, промышленный комплекс, промышленная база.

DEVELOPMENT OF THE INDUSTRIAL COMPLEX OF NORTH OSSETIA IN THE XXth CENTURY

Muradyan B. A.

Abstract. The industrial potential of North Ossetia, which was mainly created in the period from 1930 to 1990, was largely eliminated by the beginning of the 21st century. This affected the development of science and education in the republic, as industry was a powerful catalyst for the development of these areas.

In this regard, of particular interest is the study of the processes of formation and development of the industrial complex of the republic in order to determine the potential of industries that can be elements of a future modern competitive industrial base.

Keywords: the industrial potential, science and education, industrial complex, industrial base.

Зарождение промышленности и появление первых промышленных рабочих в Северной Осетии в начале 50-х годов XIX века в основном связано с промышленной разработкой Садонского рудника и пуском серебро-свинцового завода «Ала-

гир». В 1875 г. во Владикавказском округе насчитывалось 145 промышленных предприятий, в основном мелких, кустарно-ремесленного характера. В 1872 г. началось строительство «Ростово-Владикавказской железной дороги», протяженностью свыше 700 км, которая стала важным фактором промышленного освоения Северного Кавказа.

В 90-х годах XIX века основной отраслью промышленности в Северной Осетии являлась добыча цинка, свинца и серебра. В начале XX века многие полукустарные предприятия превратились в крупные промышленные заводы и фабрики, оснащенные передовой техникой.

С началом первой мировой войны экономика Северной Осетии пришла в упадок. Значительно сократились объемы производства в промышленности, что стало результатом мобилизации части рабочих на фронт.

В октябре 1917 г. с победой социалистической революции советское государство сосредоточило в своих руках командные высоты в экономике.

Была провозглашена новая экономическая политика, рассчитанная на преодоление разрухи, создание фундамента и развитие крупной промышленности.

В этот период по плану ГОЭЛРО была построена первая в стране высоконапорная Гизельдонская ГЭС, а также была расширена Военно-Осетинская дорога.

Ведущее предприятие цветной металлургии – завод «Алагир» – получило название «Кавцинк», а в 1934 г. – «Электроцинк», который первым в стране освоил производство электролитного цинка.

В годы первых пятилеток на базе Садонских рудников и Мизурской обогатительной фабрики был образован Садонский комбинат – крупное предприятие горнодобывающей промышленности.

Ведущим предприятием пищевой промышленности республики стал Бесланский маисовый комбинат. Высокие темпы развития получила пищевая, легкая и деревообрабатывающая промышленность.

С началом Великой Отечественной войны экономика Северной Осетии была переведена на военные нужды. Все предприятия гражданской промышленности переводились на выпуск продукции, удовлетворяющей нужды фронта.

На долю руководства республики и всего народа легли тяготы по восстановлению промышленности после войны. Заводы и фабрики, в том числе «Электроцинк», «Стеклотара», были восстановлены и модернизированы, а также был запущен Цалыкский обводнительный канал. Летом 1946 года запустили ДзаугЭС, а также открылось первое машиностроительное предприятие союзного значения – ОЗАТЭ, началось строительство завода «Победит».

Развитие электроники в республике было заложено в середине 50-х гг. XX века. С начала 1960-х годов начался выпуск продукции на вновь введенных предприятиях: «Рубин», «ФЭУ», «Кристалл», «Бином», «Магнит», Алагирский завод сопротивлений. Во Владикавказе был введен первоклассный научно-исследовательский институт высокомолекулярных материалов, от которого впоследствии отпочковались заводы «Крон», «Полимаш», «Кетон». Появились специализированные строительные и снабженческие организации «Электронстрой» и «Электронкомплекс», техникум электронных приборов, спецПТУ и др. Было создано более 25 000 высококачественных рабочих мест. Ведущие вузы республики готовили кадры физиков, химиков, металлургов и других специалистов, поддерживались разносторонние плодотворные связи вузов с электронными предприятиями.

В результате к концу 80-х гг. XX века в Северной Осетии произошла коренная структурная перестройка экономики: на первый план уверенно выходили современная обрабатывающая промышленность, машиностроение, приборостроение, электроника, высокие наукоемкие технологии.

С развалом Советского Союза и системы экономики социализма, предприятия оказались не готовы работать в рыночных условиях и стали деградировать, вследствие чего развалились. Сократилось число мастеров, инженеров и других специалистов.

Следует констатировать, что производительные силы РСО-Алания со времен распада СССР существенно деградировали, что, в свою очередь, привело к серьезным социально-экономическим проблемам. Существенная дотационность республики указывает на общую неэффективность экономической политики региона.

Опираясь на опыт советского периода, в РСО-Алания нужно провести достаточно серьезные системные мероприятия по

возрождению промышленного комплекса на основе всесторонней поддержки развития современной электронной отрасли промышленности (в лице ее флагмана – ООО ВТЦ «Баспик») как наиболее конкурентоспособной из всех отраслей промышленности республики в XXI веке и наиболее полно отвечающей требованиям 6-го технологического уклада.

Список источников

1. Кабисов К. А., Гуссалов А. М. Экономическая история Северной Осетии. Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2012.
2. Кобегкаев Э. М. Экономика Северной Осетии во второй половине XIX – начале XX веков. Автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.01. М., 2001.
3. Кулов С. Д. Социально-экономическое развитие Северной Осетии в конце XIX и в начале XX в. Владикавказ, 1966.
4. Голик В. И., Мельков Д. А., Логачев А. В. К истории горно-металлургической отрасли Северной Осетии // Горный информаналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009.
5. Кобахидзе Е. И., Гутиева Э. Ш. Из истории профессионального образования в Осетии второй половины XIX в. Известия СОИГСИ. История. Экология. Этнология. Археология. 2017. № 26(65).

**ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТЕХНОПАРК «МАЛАХИТ»
КАК ДРАЙВЕР ИННОВАЦИОННОЙ
РЕИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ РЕГИОНА
(на примере Республики Северная Осетия-Алания)**

Пущина О. А.^{1,2}

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,

г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет),

г. Владикавказ

Аннотация. В актуальных экономических условиях вопросы формирования и развития сетевой промышленной инфраструктуры приобретают особую стратегическую значимость и являются приоритетной задачей региональной промышленной политики. К важным инструментам привлечения инвестиций, содействия индустриализации, создания высокотехнологичных рабочих мест относятся парки различных типов, объединенных территориальным фактором, наличием развитой промышленной инфраструктуры, льгот и регулятивных норм. В настоящей статье представлены особенности создания промышленных технопарков на примере Республики Северная Осетия-Алания.

Ключевые слова: технопарк, промышленный технопарк, управляющая компания, региональная инновационная система, модель тройной спирали, инновационная политика, научно-инновационный цикл.

**INDUSTRIAL TECHNOLOGY PARK «MALAKHIT»
AS A DRIVER OF INNOVATIVE RE-INDUSTRIALIZATION
OF THE REGION
(Using the Example of the Republic of North Ossetia-Alania)**

Pushchina O. A.

Abstract. In the current economic conditions, the issues of formation and development of the network industrial infrastructure are of particular strategic importance and are a priority task of the regional industrial policy. Important tools for attracting investment, promoting industrialization, and creating high-tech jobs include parks of various types, united by a territorial factor, the presence of a developed industrial infrastructure, benefits and regulatory standards. This article presents the features of the creation of industrial technology parks on the example of the Republic of North Ossetia-Alania.

Keywords: technopark, industrial technopark, management company, regional innovation system, triple helix model, innovation policy, scientific and innovation cycle.

Технопарки. Типология

Технопарковые сетевые структуры являются одним из эффективных инструментов генерации, продвижения и коммерциализации инноваций. Создание и развитие технопарков в последние несколько десятилетий является действенным инструментом инновационной политики. А саму структуру технопарка можно рассматривать как необходимый элемент инновационных систем, как национальных (НИС), так и региональных (РИС).

Технопарк как элемент инновационной инфраструктуры представляет собой искусственно организованную среду, обеспечивающую коммерциализацию технологий и создание технологических продуктов, в результате взаимодействия возникают инновационные синергетические эффекты.

В России технопарки появились в начале 1990-х годов. Они представляли собой структурные подразделения вузов (1-ый технопарк был создан на базе Томского государственного института систем управления и радиоэлектроники).

В соответствии с ГОСТ Р 56425-2021 «Технопарки. Требования» от 1.09.2021 г. выделяются следующие виды технопарков: технопарк в сфере высоких технологий, промышленный технопарк, агропромышленный технопарк.

Промышленные технопарки создаются и функционируют в соответствии с Федеральным законом «О промышленной политике в РФ» с 2018 года в целях улучшения условий для реализации инвестиционных проектов в высокотехнологичных секторах российской промышленности, имеющих высокий потенциал роста (в соответствии с поручением Президента Российской Федерации от 22.09.2015 № Пр-1918).

Промышленный технопарк – сетевая структура

Деятельность промышленных технопарков охватывает весь научно-производственный цикл: от исследований и разработок до вывода на рынок готовой продукции. Форма управления структуры может быть с государственным участием или частной.

По данным на 1.08.2021 г. в России расположено 73 объекта действующих и создаваемых промышленных технопарков, общая площадь которых превышает 1,7 млн кв. м подготовленных площадей (инжиниринговые центры, чистые комнаты, центры коллективного пользования оборудованием и др.), резиденты технопарков специализируются на производстве промышленной продукции, оказании технологических услуг, исследованиях и разработках.

Промышленный технопарк представляет собой объекты промышленной и технологической инфраструктуры, предназначенные для осуществления субъектами деятельности в сфере промышленности, промышленного производства, научно-технической или инновационной деятельности в целях освоения производства промышленной продукции и коммерциализации полученных научно-технических результатов и управляемые управляющей компанией – коммерческой или некоммерческой организацией, созданной в соответствии с российским законодательством.

Управляющая компания промышленного технопарка – коммерческая или некоммерческая организация, созданная в соответствии с законодательством РФ, осуществляющая деятельность по управлению промышленным технопарком и заключившая соглашение о реализации проекта по созданию и развитию промышленного технопарка.

Нормативно-правовая база по вопросу функционирования промышленных технопарков включает следующие основные документы:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2019 г. № 1863 «О промышленных технопарках и управляющих компаниях промышленных технопарков».

2. Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 23 июня 2020 г. № 3221 «Об утверждении Перечня требований к объектам технологической инфраструктуры промышленных технопарков».

3. Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 22 июля 2020 г. № 2363 «Об утверждении Порядка ведения реестра промышленных технопарков и управляющих компаний промышленных технопарков».

Особенностью промышленного технопарка является наличие зданий производственного назначения, оснащенных произ-

водственным и технологическим оборудованием, площадь которых превышает 5 000 кв. м, площадь земельного участка начинается от 1,5 га.

В зависимости от формы и расположения промышленные технопарки разделены на следующие бизнес-модели: инфраструктурная, девелоперская, кооперационная, смешанная.

Для целей развития промышленного технопарка в Республике Северная Осетия-Алания приоритетная модель развития промышленного технопарка – кооперационная, согласно которой рассматривается развитие производственной модели с имеющейся промышленной и технологической инфраструктурой для создания и развития промышленных производств, направленных на локализацию производства ресурсов и комплектующих для включения в производственную цепочку действующей компании.

Инновационный промышленный технопарк «Малахит» в РСО-Алания

В программных документах федерального уровня формирование сетевой инфраструктуры технологического развития промышленности регионов обозначено как ключевой фактор экономического прогресса.

В то же время Республика Северная Осетия-Алания является депрессивным дотационным регионом, с низким уровнем конкурентоспособности. Зачастую в депрессивных регионах промышленная база находится в фазе устойчивого спада, что не допускает возникновения новых импульсов развития. Тем не менее на данной стадии экономического цикла возникают «точки роста» трансформации текущего процесса.

Замысел возрождения в новом формате высокотехнологического сектора промышленности РСО-Алания заключается в приоритетной реализации проектов якорной компании – технологического центра «Баспик», приобщения к ним предприятий электронно-приборостроительного профиля, учреждений науки, образования, сервисных партнеров и консолидации их в наукоемкий инновационный высокотехнологичный промышленный технопарк.

В принятой Стратегии социально-экономического развития Республики до 2030 года приоритетным направлением развития комплекса отраслей промышленности выделено формирование

и развитие промышленной инфраструктуры, в том числе промышленных технопарков. Создание промышленных технопарков как конкурентное направление регионального развития соответствует утвержденной перспективной экономической специализации республики по производству электронных и оптических изделий в утвержденной Стратегии Пространственного развития Российской Федерации до 2025 года.

В настоящее время по существу развивается системный подход в развитии Промышленного технопарка «Малахит» как важного базового элемента региональной инновационной системы в рамках реализации комплексного проекта «Звезда». Территория создаваемого промышленного технопарка – 8,0 тыс. кв. м промышленно-производственных площадей. На данном этапе созданы и успешно действуют подразделения полного научно-инновационного цикла, обеспечивающие выпуск продукции высокого уровня качества и конкурентоспособности.

«Малахит» можно представить как интегральную комплексную систему науки, образования, производства и реализации профильной продукции. В рамках системы проводятся научные исследования, разработки, маркетинговые исследования подготовка производства, реализация профильной продукции. Целевая функция системы: генерация новшеств, их производственное освоение, привлечение партнеров и вывод на рынок уже в виде инноваций.

Профильная продукция промышленного технопарка – микроканальные, волоконно-оптические, металло-волоконные преобразователи изображений в фотонах, электронах, нейтронах, ультразвуке и устройства на их основе.

Предполагается, что на базе парка «Малахит», начиная с 2022 года, на основе реализации принципов «тройной спирали» (власть–бизнес–наука), современной системы менеджмента качества к взаимодействию в реализации стратегических проектов ВТЦ «Баспик» будут привлечены предприятия ОПК на территории республики. Дальнейшее развитие получат партнерские отношения с ведущими высшими учебными заведениями РСО-Алания, СКФО и других регионов РФ в части целевой подготовки кадров, организации базовых кафедр, выполнения совместных НИОКР и инновационных проектов.

Положительные эффекты для компаний резидентов состоят в значительном снижении барьеров выхода на рынки сбыта про-

дукции и поставок сырья и материалов. Технологическая инфраструктура даст резидентам возможность осуществлять проектную деятельность на всех стадиях научно-производственного цикла. За счет эффекта масштаба деятельности при кооперации резидентов будет достигнута экономия издержек для потенциальных участников до 40 %.

Деятельность Промышленного технопарка «Малахит» ориентирована на освоение и технологическую разработку конкурентоспособной инновационной продукции, усиление кооперационных связей между малыми предприятиями и индустриальным лидером и внедрение новейших производственных технологий.

В период с 2023 по 2025 гг. проектная мощность по выпуску продукции составит до 5,0 млрд руб. Развитие промышленного технопарка «Малахит» позволит повысить уровень производительности на 20 % в течение 5 лет.

Новые вызовы

Актуальность развития промышленных технопарков для национальной и региональной экономик неоспорима. Такая форма территориальной организации производства представляет собой тот тип бизнеса, доходы от деятельности которого непосредственно влияют на улучшение инвестиционного климата площадки. Это один из эффективных инструментов локализации производства, диверсификации экономики и развития механизмов кооперации и интеграции основных участников структуры.

В 2015 году странами ООН в рамках «Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» сформирован 15-летний план, обязывающий мировых лидеров способствовать достижению целей устойчивого развития. При прочих равных условиях инвестиционный приоритет будет направлен на такие площадки, которые придерживаются экологических, социальных и управленческих факторов.

С учетом приоритетов устойчивого развития открывается возможность реализации проектов промышленного технопарка «Малахит» с соблюдением самых высоких социальных, экологических и управленческих стандартов, а также деятельности по реализации проектов в цепочках добавленной стоимости.

Активизация взаимодействия между государством, бизнесом и научным сектором через механизм «тройной спирали»

Инновационная политика в региональном аспекте направлена на формирование и развитие региональной инновационной системы, базирующейся на принципах механизма тройной спирали. Концепцию взаимодействия сторон в формате «тройной спирали» можно рассматривать как приоритетную модель, на которую следует ориентироваться при развитии РИС и промышленного технопарка, как базового элемента системы. В перспективе функционирование технопарка целесообразно рассматривать с учетом модели четверной спирали, принимая во внимание элемент «гражданского общества», а конкретно – потребителей результатов деятельности инновационной структуры.

Постановление правительства № 1325 от 10.08.2021 г. определяет правила поддержки частных промышленных технопарков путем возмещения части затрат управляющей компании парка. Компенсации предусмотрены для депрессивных субъектов РФ, геостратегических территорий (РСО-Алания входит в перечень таких территорий), в моногородах. Объем финансирования будет определен в рамках текущего бюджетного цикла.

В соответствии с утвержденным Правительством Планом первоочередных действий по обеспечению развития российской экономики в условиях внешнего санкционного давления принят Перечень дополнительных мер, согласно которым 4,3 млрд рублей будет направлено на докапитализацию региональных фондов поддержки промышленности.

Решение проблемы депрессивности может быть осуществлено в условиях перехода на инновационную модель региональной промышленной политики путем приоритетного развития высокотехнологичного сектора республики на базе прогрессивной сетевой структуры «Промышленный технопарк «Малахит» на принципах модели «четверной спирали».

Таким образом, промышленный технопарк как стратегическая форма развития территории может стать драйвером инновационной реиндустриализации, чему будут способствовать перспективные федеральные меры поддержки.

Список источников

1. Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации».

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2019 г. № 1863 «О промышленных технопарках и управляющих компаниях промышленных технопарков».

3. Бухарова М. М., Данилов Л. В., Кашинова Е. А., Кравченко Е. И., Лабудин М. А., Махаева М. А., Шипугин А. Г., Шпиленко А. В. Технопарки России: ежегодный обзор // Ассоциация развития кластеров и технопарков России. Том 6. М.: АКИТ РФ, 2020. 110 с.

4. Киселева Н. Н., Данченко Н. В., Браткова В. В. Государственная региональная политика: учебное пособие. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. 159 с.

5. Егорова А. А. Кластеры, технологические и индустриальные парки как особые правовые режимы привлечения инвестиций в экономику региона // Право и экономика. 2019. № 4 (374). С. 60–66.

ОСОБЕННОСТИ КАЗНАЧЕЙСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ РАСХОДОВ В РАМКАХ СОГЛАШЕНИЙ О ПРЕДОСТАВЛЕНИИ СУБСИДИЙ ОРГАНИЗАЦИЯМ НА ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАТРАТ

Уруймагов М. В.^{1,2}

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,

г. Владикавказ

² Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет),

г. Владикавказ

Аннотация. Актуальность темы статьи определена возрастающей в текущих условиях ролью государственных источников финансирования инновационного развития высокотехнологичных организаций в форме предоставления субсидий на возмещение затрат. В статье приводятся основные определения процесса казначейского сопровождения расходов, виды средств, подлежащие казначейскому сопровождению, а также ограничения на определенные виды направлений расходов средств субсидий предприятием с лицевого счета, открытого ему в территориальном органе федерального казначейства (ТОФК). Также наглядно показан процесс открытия лицевого счета участнику казначейского сопровождения.

В качестве финальных выводов автором статьи упорядочены особенности казначейского сопровождения расходов в рамках соглашений о предоставлении субсидий.

Ключевые слова: казначейское сопровождение, бюджетные мониторинг, субсидия, лицевой счет.

SPECIFIC FEATURES OF TREASURY SUPPORT OF EXPENSES UNDER AGREEMENTS ON PROVISION OF SUBSIDIES TO ORGANIZATIONS FOR FINANCIAL SUPPORT OF COSTS

Uruimagov M. V.

Abstract. The relevance of the topic of the article is determined by the growing role of state sources of financing the innovative development of high-tech organizations in the form of subsidies for cost recovery in the current conditions. The article provides the main definitions of the process of treasury support of expenses, types of funds subject to treasury support, as well as restrictions on certain types of spending of subsidy funds by an

enterprise from a personal account opened for it in the territorial body of the federal treasury (TOFK). The process of opening a personal account for a participant in treasury support is also clearly shown.

As a final conclusion, the author of the article streamlined the features of treasury support of expenses within the framework of agreements on the provision of subsidies.

Keywords: treasury support, budgetary monitoring, subsidy, personal account.

ООО ВТЦ «Баспик» по соглашениям с Минпромторгом РФ реализует комплексные проекты по созданию электронной компонентной базы и модулей в рамках Постановления Правительства РФ от 24.07.2021 № 1252. Предоставление из федерального бюджета субсидии на финансовое обеспечение части затрат по проектам осуществляется через механизм казначейского сопровождения целевого расходования бюджетных средств.

ООО ВТЦ «Баспик» занимается реализацией комплексных проектов по соглашениям с Минпромторгом РФ по созданию электронной компонентной базы и модулей в рамках Постановления Правительства РФ от 24 июля 2021 г. № 1252 [1]. Процесс субсидирования расходов на финансовое возмещение части затрат из федерального бюджета по комплексным проектам осуществляется через механизм казначейского сопровождения целевого расходования бюджетных средств.

К нормативно-правовым актам, регулирующим деятельность Федерального казначейства по контролю за расходованием целевых средств, относятся [2, 3, 4, 5].

Основные понятия, определяющие процесс казначейского сопровождения расходов:

Казначейство – федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий в соответствии с законодательством РФ функции по надзору и контролю в сфере финансово-бюджетных отношений, исполнения федерального бюджета посредством контроля за ведением операций со средствами федерального бюджета распорядителями и получателями средств, а также функции по кассовому обслуживанию исполнения бюджетов бюджетной системы РФ.

Казначейское сопровождение представляет собой процесс проведения казначейством операций с денежными средствами предприятий и организаций, являющихся участниками казначейского сопровождения.

Участники казначейского сопровождения – предприятия и организации – производители товаров, работ, услуг (юрлица, ИП), а также физлица, получающие средства из бюджета.

Мониторинг в системе казначейских платежей – деятельность органов казначейства по своевременному предупреждению и предотвращению финансовых нарушений предприятий и организаций – участников казначейской системы сопровождения платежей.

Казначейскому сопровождению подлежат установленные федеральным законом о федеральном бюджете средства в форме:

- субсидий юрлицам, а также инвестиций из бюджета юрлицам;
- субсидий из федерального бюджета учреждениям, предоставляемые в целях приобретения ими товаров, работ и услуг;
- поступлений в форме взносов в уставные капиталы юрлиц, а также вкладов в имущество юридических лиц;
- поступлений в форме авансовых платежей по госконтрактам о поставке товаров (выполнении работ, оказании услуг) на сумму свыше ста тысяч рублей;
- расчетов по госконтрактам, которые заключаются с единственными поставщиками на сумму, превышающую шестьсот тысяч рублей;
- расчетов по госконтрактам, которые заключаются в целях реализации гособоронзаказа на сумму, превышающую шестьсот тысяч рублей;
- средств, направляемых в адрес юрлиц и ИП в случаях, определенных постановлениями Правительства РФ.

Режим лицевого счета, т. е. положение об условиях ведения и использования лицевого счета, устанавливающее мораторий на перечисление средств, подразумевает **ограничение перевода средств со счета, открытого в ТОФК:**

- в форме взносов (вкладов) в уставный (складочный) капитал другого юридического лица;
- в целях размещения средств на депозитах, а также в иные финансовые инструменты;
- на счета, открытые в банке, за *исключением* оплаты обязательств в соответствии с валютным законодательством РФ; оплаты обязательств по оплате труда; оплаты фактически поставленных товаров, выполненных работ, оказанных услуг собственными силами;

- в виде компенсации фактически осуществленных предприятиями и организациями расходов, предусмотренных условиями заключенных государственных или муниципальных контрактов (Г(М)К), договоров и соглашений;

- для оплаты коммунальных услуг, затрат электроэнергии, услуг связи, расходов на проживание в гостиницах, затрат на грузо- и пассажиро-перевозки, для оплаты авиационных и железнодорожных билетов, подписки на печатную продукцию, аренды зданий и помещений, проведения работ по присоединению инженерных сетей, страхования имущества, государственной экспертизы проектной документации.

С целью недопущения финансовых нарушений предприятиями и организациями – участниками казначейского сопровождения казначейство проводит бюджетный мониторинг и применяет меры реагирования при открытии лицевых счетов и осуществлении определенных операций в системе казначейского сопровождения.

Меры реагирования, применяемые ТОФК:

- отказ в открытии лицевого счета (за исключением головного исполнителя по Г(М)К);

- приостановление открытия лицевого счета (за исключением головного исполнителя по Г(М)К);

- запрет на осуществление расходных операций с лицевого счета;

- отказ в осуществлении расходных операций с лицевого счета;

- приостановление расходных операций с лицевого счета;

- предупреждение (информирование) участника казначейского сопровождения.

Таким образом, ключевыми особенностями действующей системы казначейского сопровождения расходов в рамках заключенных соглашений о предоставлении предприятиям и организациям из федерального бюджета субсидий на финансовое возмещение произведенных затрат являются:

- контроль целевого использования средств федерального бюджета;

- открытие отдельных лицевых счетов участников / неучастников бюджетного процесса в ТОФК;

Предоставление получателем субсидии (бюджетной инвестиции), вклада (взноса), исполнителем (соисполнителем) по контракту (договору) в ТОФК документов, необходимых для открытия лицевого счета УКС:

- Заявление на открытие лицевого счета;
- Карточка образцов подписей к лицевому счету;
- Договор (соглашение), контракт (договор)

не позднее 3-го рабочего дня ТОФК:

в случае положительного результата проверки – осуществляет открытие лицевого счета УКС;

в случае отрицательного результата проверки – приостанавливает открытие лицевого счета УКС и направляет Уведомление о приостановлении открытия лицевого счета ГРБС, главному исполнителю, исполнителю – заказчику

не позднее 2-го рабочего дня ГРБС, головной исполнитель, исполнитель – заказчик направляет в ТОФК Информацию о подтверждении (отказе) открытия лицевого счета

не позднее следующего рабочего дня после поступления в ТОФК от ГРБС, головного исполнителя, исполнителя – заказчика информации:
о подтверждении открытия лицевого счета – ТОФК осуществляет открытие лицевого счета;
об отказе в открытии лицевого счета – ТОФК - возвращает УКС документы

не позднее следующего рабочего дня после открытия лицевого счета или отказа в его открытии ТОФК направляет в Росфинмониторинг Уведомление об открытии (отказе открытия) лицевого счета УКС

Рис. 1. Процесс открытия лицевого счета участника казначейского сопровождения [6]

- осуществление взаимодействия с участниками / неучастниками бюджетного процесса через ТИС ЭБ;
- согласование Сведений об операциях с целевыми средствами на текущий и плановый периоды;
- санкционирование либо запрет на осуществление конкретных видов расходов с лицевого счета.

Список источников

1. Постановление Правительства РФ от 24.07.2021 № 1252 (ред. от 30.10.2021) «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на создание электронной компонентной базы и модулей».

2. Федеральный закон от 01.07.2021 № 244-ФЗ (ред. от 29.11.2021) «О внесении изменений в Бюджетный кодекс Российской Федерации и о приостановлении действия пункта 4 статьи 242.17 Бюджетного кодекса Российской Федерации» (вступил в силу 1 января 2022 года).

3. Постановление Правительства РФ от 01.12.2004 № 703 (ред. от 17.12.2021) «О Федеральном казначействе».

4. Постановление Правительства РФ от 15.12.2020 № 2106 (ред. от 23.12.2021) «Об утверждении Правил казначейского сопровождения средств в случаях, предусмотренных Федеральным законом «О федеральном бюджете на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов».

5. Приказ Минфина РФ от 17 декабря 2021 г. № 214н «Об утверждении Порядка осуществления территориальными органами Федерального казначейства санкционирования операций со средствами участников казначейского сопровождения».

6. Карпенко В. М. Основные новации Бюджетного кодекса Российской Федерации и нормативных правовых актов в части казначейского сопровождения и бюджетного мониторинга. URL: <https://chuvashia.roskazna.gov.ru/upload/iblock/266/1.Osnovnye-novatsii-Byudzhethno-kodeksa-Rossiyskoy-Federatsii-i-normativnykh.pptx>

АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Царикаев Х. Т.¹

¹ Владикавказский технологический центр «Баспик»,
г. Владикавказ

Аннотация. В Российской Федерации проблема низкой динамики производительности труда играет важную роль. Наша страна в значительной мере отстает от промышленно развитых стран по уровню ПТ. Начиная с 2012 г. вопрос о повышении производительности труда ставится на уровне Президента РФ. На протяжении многих лет показатели производительности труда в ряде отраслей экономики России были в десятки раз меньше аналогичных показателей американских и европейских. В настоящее время Россия достаточно сильно отстает от развитых стран по уровню производительности труда. В статье рассмотрены актуальные меры и показатели динамики роста производительности труда в РФ. Особое внимание уделено актуальному состоянию национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости».

Ключевые слова: производительность труда, высокопроизводительные рабочие места, нацпроект, Российская Федерация, РСО-Алания.

CURRENT STATE OF LABOUR PRODUCTIVITY IN THE RUSSIAN FEDERATION

Tsarikaev Kh. T.

Abstract. The problem of low labor productivity dynamics plays an important role in the Russian Federation. Our country significantly lags behind the industrialized countries by the level of labor productivity. Since 2012 the issue of labor productivity improvement has been raised at the level of the President of the Russian Federation. For many years labor productivity indicators in a number of sectors of Russian economy were dozens of times less than similar indicators of American and European ones. At the present time Russia lags behind the developed countries by the level of productivity. In the article the actual measures and dynamics indexes of the labor productivity growth in the Russian Federation are considered. The special attention is given to the actual state of the national project «Labor productivity and employment support».

Keywords: labor productivity, high-performance workplaces, national project, Russian Federation, RNO-Alania.

Производительность труда (ПТ) представляет собой продуктивность производственной деятельности людей, выражаемую отношением результата труда и его затрат. Измеряется объемом работ (продукции, оборота, услуг), производимых одним работником в единицу времени (час, смену, неделю, месяц, квартал, год).

На протяжении многих лет показатели производительности труда в ряде отраслей экономики России были в десятки раз меньше аналогичных показателей американских и европейских компаний. В настоящее время Россия достаточно сильно отстает от развитых стран по уровню производительности труда.

В Российской Федерации проблема низкой динамики производительности труда носит характер национальной проблемы в области экономики. Начиная с 2012 г. вопрос о повышении производительности труда ставится на уровне Президента РФ.

По последним данным ОЭСР, Российская Федерация по показателю производительности труда находится на 38 месте, по информации сайта «Our World in Data» за 2019 г., 43 место среди 66 государств.

Но при любой методике труд в России действительно менее эффективен в сравнении как с ведущими экономиками мира, так и с европейскими странами.

Повышение темпов экономического роста и обеспечение их устойчивости, увеличение реальных доходов граждан, достижение технологического лидерства российской экономики обозначено в Указах Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. в качестве целей долгосрочной экономической политики. Достижение этих целей связано, прежде всего, с увеличением производительности труда, ростом уровня образовательной и профессиональной подготовки рабочей силы, повышением уровня жизни работающего населения.

Одним из ключевых условий повышения производительности труда является создание и модернизация **высокопроизводительных рабочих мест (ВПРМ)**.

В соответствии «майским» указом от 2012 г. «О долгосрочной государственной экономической политике» Правительству Российской Федерации необходимо было обеспечить к 2020 г.

создание и модернизацию 25 млн высокопроизводительных рабочих мест, принять меры для обеспечения к 2018 г. роста производительности труда в 1,5 раза относительно 2011 г. В соответствии «майским» указом 2012 г. «О мероприятиях по реализации государственной социальной политики» Правительству Российской Федерации необходимо было обеспечить увеличение числа высококвалифицированных работников до трети от общего числа квалифицированных работников и повышение уровня реальной заработной платы в 1,4–1,5 раза.

Но после известных событий 2014 г. и введенных вслед за этим западных санкций начался экономический кризис, который стал причиной падения ВВП, а вслед за ним и показателя производительности труда. По данной причине результативность предпринятых мер по повышению эффективности производства оказалась слабой.

Таким образом, планам высшего руководства по увеличению производительности труда не удалось осуществиться. Рост производительности был зафиксирован только по российской методике, а по методике ОЭСР произошел даже небольшой спад, что связано с резкой девальвацией рубля в 2014 г.

В Указе Президента РФ от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» Правительству РФ было поручено обеспечить повышение национальной конкурентоспособности, существенно увеличить конкурентоспособность продукции, производимой в национальной экономике, повысить эффективность и потенциал российской экономики.

С этой целью в 2018 г. был создан национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости», который и поставил главную цель – рост производительности труда в базовых несырьевых отраслях экономики на 5 % к 2024 г. Осуществить данный план было решено посредством ежегодного подключения к нацпроекту субъектов РФ через средние и крупные предприятия базовых и несырьевых отраслей экономики.

В 2019 г. производительность труда в России доросла в среднем до \$30,3 в час (по подсчетам ОЭСР). В 2017 г., по данным того же ОЭСР, российский работник производил продукции в час на \$26,4, а это вдвое ниже, чем в среднем по странам ОЭСР. Для сравнения: в США этот показатель составляет \$77 в час. По данным Росстата, производительность труда в нашей

стране росла и в 2018-м, и в 2019-м в среднем на 2 с лишним процента.

В то же время в 2019 г. Россия вошла в пятерку самых работающих стран мира – по количественному показателю труда. По данным доклада ОЭСР, россияне в среднем провели за работой 1965 часов (средний показатель по ОЭСР – 1726 часов). При этом в России, по данным Росстата, средняя годовая зарплата за 2019 г. составила около \$9000, а среднегодовая зарплата в странах ОЭСР – \$48 600. То есть, работая больше европейцев, россияне зарабатывали в разы меньше.

Однако за последние два года пандемия внесла коррективы и в данный показатель. Правительство скорректировало темпы роста ПТ: в 2021 г. – на 3,1 %, в 2022-м – 3,6 %, в 2023-м – 4,1 %. Только в 2024 году, когда необходимо будет подвести итоги реализации национального проекта «Производительность труда», будет предположительно достигнут уровень роста в 5 %.

Результаты проекта в цифрах:

Общая динамика производительности труда в РФ с 2016–2019 гг. возросла с 100,1 до 102,6, но в 2020 году показатель уменьшился на 3 пп., причиной чему является пандемия COVID-19. Однако данные по производительности труда в отрасли обрабатывающего производства показывают незначительный рост – на 0,7 %.

Доля пяти отраслей экономики, на рост которых направлен нацпроект, составляет 43 % от всего объема валовой добавленной стоимости в России. На 1-м месте – обрабатывающая промышленность с долей 15 %, торговля – 12 %, строительство и транспорт – по 6 %, доля сельхозпредприятий составляет 4 %. В проекте участвует более 3000 предприятий, а количество заявок на участие в 2 раза больше.

По состоянию на начало 2022 г. республиканская программа РСО-Алания по производительности труда не разработана

Говоря о показателях производительности труда в РСО-Алания, были рассмотрены данные официальной статистики по индексу производительности труда и количеству высокопроизводительных рабочих мест. По этим данным можно сделать вывод о том, что РСО-Алания показала самую высокую динамику роста производительности труда за весь рассматриваемый период. По итогам 2019 г. значение показателя составило 108,4 %, увеличившись на 12,4 пп. по сравнению с предыдущим годом. В

целом по РФ индекс производительности труда по за 2019 г. уменьшился на 0,5 пп. и составил 102,6 %.

По данным Росстата, прирост ВПРМ в РСО-Алания за 2020 г. составил 1 тыс. единиц по сравнению с 2019 годом. В целом по СКФО наблюдается рост на 45,2 % за тот же промежуток времени, что и в других округах, что является относительно небольшим показателем.

Таким образом, можно констатировать, что РСО-Алания, наряду с другими субъектами СКФО, отстает от других регионов РФ по показателям роста производительности труда и создания ВПРМ.

В конечном счете, РСО-Алания должна будет войти в число участников Национального проекта «Производительность труда» только в 2023 году.

В заключение можно сказать, что вопросу производительности труда в РФ вновь уделяется повышенное внимание на государственном уровне. Отставание от развитых стран достаточно серьезное, однако у РФ есть все предпосылки, для того чтобы догнать лидеров по данному показателю. Для этого необходимо, учитывать опыт СССР, практику и методологию развитых стран, а также выделять финансирование на проекты, направленные на повышение производительности труда, способствовать внедрению наиболее современных и инновационных технологий эффективного производства на предприятиях.

Наконец, в условиях действующих санкций Запада и ограничительных мер только рост производительности труда станет основополагающим фактором укрепления экономики нашей России.

Список источников

1. Анализ уровня и динамики выработки добавленной стоимости на одно рабочее место в экономике России в 2011–2017 гг. / Институт экономики роста им. Столыпина П. А. URL: <http://stolypin.institute> (Дата обращения: 13.12.2021).

2. Верников В. А. Критерии, показатели и уровни производительности труда работников предпринимательских структур // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. 2020. № 2 (51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriterii-pokazateli-i-urovni-proizvoditelnosti-truda-rabotnikov-predprinimatelskih-struktur> (Дата обращения: 09.12.2021).

3. Мкртычан З. В. Разработка концептуальной модели прогнозирования производительности труда в промышленности // Экономические и гуманитарные науки. 2021. № 7. С. 68–79.

4. Производительность труда в современной экономике // URL:

https://studwood.ru/1957150/ekonomika/proizvoditelnost_truda_sovremennoy_ekonomike (Дата обращения: 09.12.2021).

5. Производительность труда/Заместитель руководителя Федеральной службы государственной статистики И. Д. Масакова. Москва, июль 2019. URL:

<https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prez010719.pdf> (Дата обращения: 17.12.2021).

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции,
посвященной итогам Года науки и технологии
и Дню советской науки

Редактор: *Ф. А. Боцьева*
Компьютерная верстка: *Т. С. Цишук*
Дизайн обложки: *С. К. Аккалаев*

Подписано в печать 28.11.2022. Формат бумаги 60x84/16 .
Бумага «Снегурочка». Гарнитура «Таймс». Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 9,00. Уч. изд. л. 5,5. Тираж 25 экз. Заказ № 169.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет).
Редакционно-издательский отдел.
362021 г. Владикавказ, ул. Николаева, 44.

Отпечатано ИП Цопановой А.Ю.
362002, г. Владикавказ, пер. Павловский, 3