

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НАУКЕ И ИННОВАЦИЯМ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ
ВЛАДИКАВКАЗСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «БАСПИК»
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВЛАДИКАВКАЗСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН И ПРАВИТЕЛЬСТВА РСО-А

МАТЕРИАЛЫ

МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИИ И ФОТОЭЛЕКТРОНИКА

13-19 июля 2008

НАЛЬЧИК 2008

УДК 621: 531.91
ББК 31.21

Материалы Международной научно-технической конференции «Микро- и нанотехнологии и фотоэлектроника». – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т., 2008. – 79 с.

В сборнике публикуются материалы докладов, представленных на Международной научно-технической конференции «Микро- и нанотехнологии и фотоэлектроника». Конференция проходила в Эльбрусском учебно-научном комплексе Кабардино-Балкарского государственного университета с 13 по 19 июля 2008 г.

Материалы докладов воспроизведены с электронных макетов в авторской редакции.

ISBN 5-7558-0426-5

Редакционная коллегия

Кулов С.К. (ответственный редактор),
Молоканов О.А. (ответственный секретарь),
Кармоков А.М.,
Алкацева Т.Д.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатели

Мазуренко С.Н. – проф., руководитель Федерального агентства по науке и инновациям, г. Москва, РФ; **Борисов Ю.И.** – д.т.н., проф., зам. министра промышленности и торговли, г. Москва, РФ; **Карамурзов Б.С.** – д.т.н., проф., ректор КБГУ, г. Нальчик, РФ; **Кулов С.К.** — д.т.н., проф., Генеральный директор ВТЦ «Баспик», г. Владикавказ, РФ

Зам. председателя

Кармоков А.М. – д.ф.-м.н., профессор, КБГУ, г. Нальчик, РФ

Члены оргкомитета

Молоканов О.А. – к.т.н., КБГУ, г. Нальчик, РФ (ученый секретарь); **Алкацева Т.Д.** – к.т.н., ВТЦ «Баспик», г. Владикавказ, РФ; **Басиев К.Д.** – д.т.н., проректор по НРИД СКГМИ, г. Владикавказ, РФ; **Гугучкин В.И.** – Ген. директор ЗАО «Экран-ОС», г. Новосибирск, РФ; **Коноплев Б.Г.** – д.т.н., ТТИ ЮФУ, г. Таганрог, РФ; **Кусраев А.Г.** – д.ф.-м.н., председатель ВНИЦ РАН и Правительства РСО-А, г. Владикавказ, РФ; **Шебзухов А.А.** – д.ф.-м.н., проф., проректор по УВР КБГУ, г. Нальчик, РФ; **Лангхофф Н.** – проф., Institute for Scientific Instruments, г. Берлин, Германия

УДК 621: 531.91
ББК 31.21

ISBN 5-7558-0426-5

© Кабардино-Балкарский
государственный университет, 2008

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ,
ТЕХНОЛОГИИ И ПРИМЕНЕНИЯ МКП-ИЗДЕЛИЙ

С.К. Кулов

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

На базе ВТЦ «Баспик» в течение ряда лет развивается актуальное научное направление, связанное с исследованиями в области наукоемких МКП-продукций и технологий. Оно включает основные функциональные блоки: физика работы, надежность и характеристики МКП-изделий, интегральная и локальная диагностика в области МКП, теоретические и практические вопросы технологии МКП-изделий, разработки и освоение новых типов и поколений МКП-изделий, работы по созданию научного задела, развитие научной методологии и подготовка кадров исследователей.

Теоретически обоснован и практически отработан непрерывный научно-инновационный процесс «от идеи до производства и применения», на основе которого обеспечивается эффективное развитие новых поколений изделий и новых версий их технологии.

Научная проблематика направления весьма разнообразная: информационные и шумовые свойства МКП, теория электропроводности восстановленных свинцово-силикатных стекол, теория канального усиления, физика надежности и стойкости МКП, диффузионные явления в стеклянных спаях, теоретические вопросы механической прочности многоканальных стеклянных структур, физико-химические вопросы формирования резистивно-эмиссионного слоя каналов МКП, механизмы и факторы динамики характеристик МКП-изделий на хранении и при термофизико-химических воздействиях, влияние фотонной, электронной и ионной бомбардировки на свойства поверхности каналов и характеристики МКП, механизмы и факторы структурной однородности МКП, структурные и морфологические свойства рабочих поверхностей МКП, создание научно-теоретических основ новых типов и технологий МКП-изделий, включая ВОП, ПЧД, ЭОП новых поколений.

Серьезное внимание уделяется развитию и внедрению современных идей и методов менеджмента качества МКП, в том числе системному применению статметодов, применению информационных CALS-технологий, деятельности малых проблемных научных групп и кружков качества и других групповых форм решения проблем. Особо следует отметить многолетние творческие научные связи по решению актуальных проблем МКП-технологии с КБГУ, а также с другими организациями Северокавказского региона, России и Зарубежья.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

Переход к наноразмерным конструктивным элементам при создании современной элементной базы электронной техники стимулирует на новом уровне эволюцию вакуумной эмиссионной электроники. В качестве физического базиса такой эволюции могут быть определены:

- сверхмалые размеры активных зон (наноразмеры) и большая плотность элементов (более $10^8/\text{мм}^2$);
- сверхвысокие напряженности (более 10^8 В/см) электрических полей (сверхмалые межэлектронные расстояния, сверхбольшая кривизна);
- сверхвысокие плотности (более 10^9 А/см²) тока (нанолокализация воздействий);
- повышенные напряженности магнитных полей в условиях сверхмалых размеров (слабое проявление эффекта спада магнитного поля от расстояния, $\sim 1/R^6$);
- сверхмалые времена ($10^{-9} \div 10^{-12}$ секунд) протекания процессов (минимальные длины пробега, сверхмалые емкости из-за наноразмеров конструктивных элементов).

Данные особенности, проявляющиеся в условиях наноразмеров, открывают новые функциональные возможности у наноразмерных приборов на основе автоэлектронной эмиссии:

- детектирование и усиление сигналов на терагерцевых и рентгеновских частотах;
 - стимуляция локализованного рентгеновского излучения;
 - создание в малых локальных объемах сверхвысоких температур;
 - локализация и удержание плазмы в условиях сверхмалых объемов.
- Косвенными положительными эффектами при реализации ранее указанных направлений также являются:
- уменьшение массогабаритных показателей и снижение энергетических требований к источникам питания;
 - упрощение технологии создания изделий малых размеров с каскадным усилением потоков заряженных частиц;
 - повышение эффективности управления с помощью магнитных полей в условиях их локализации в сверхмалых объемах;
 - возможность реализации процессов не только в глубоком вакууме, но и в условиях низкого разряжения и даже при атмосферном давлении.

Практической иллюстрацией ранее изложенного является реализация матриц 2D- и 3D- наноразмерных матриц автоэмиссионных острий из вольфрама, кремния и карбида кремния с использованием нанотехнологии остро сфокусированного ионного пучка.

МЕЖФАЗНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В НАНОСИСТЕМАХ
А. А. Шебзухов, М. А. Шебзухова, А. М. Кармоков

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

В докладе рассматриваются теоретические аспекты термодинамики межфазных явлений в наносистемах, которые охватывают следующие вопросы.

Поверхностные свойства плоских (или слабо искривленных) границ в бинарных и многокомпонентных системах:

- межфазная сегрегация в контакте разнородных тел;
- межфазное натяжение на границе раздела двух растворов;
- адгезия, смачивание и растекание;
- новые качественные критерии межфазной активности малых добавок.

Поверхностные свойства искривленных границ (включая область наноразмеров):

- влияние искривления на свойства поверхности в однокомпонентных системах;
- поверхностное натяжение на границах с положительной кривизной в однокомпонентных системах;
- поверхностное натяжение на границах с отрицательной кривизной в однокомпонентных системах;
- поверхностное натяжение и параметр Русанова на сильно искривленных границах с различным характером кривизны;
- расчет толменовской длины и других характеристических расстояний на поверхности жидких металлов в локально-координационном приближении;
- изменение поверхностного натяжения и поверхностной энергии при фазовом переходе;
- краевые углы и треугольник Неймана для нанокапель на деформируемой, но не растворимой подложке;
- адгезия и растекание нанокапель по подложке.

Межфазные явления в бинарных системах с искривленной границей раздела (включая область наноразмеров):

- межфазное натяжение в бинарной системе с искривленной границей;
- межфазная сегрегация на искривленных границах в бинарных системах;
- адгезия, смачивание и растекание в наносистемах;
- новые качественные критерии межфазной активности малых добавок в наносистемах.

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

Приказом МО № 2398 от 04.06.2003 «Об эксперименте по созданию нового направления подготовки дипломированных специалистов «Нанотехнология» и специальностей «Нанотехнология в электронике» и «Наноматериалы», 12 вузам РФ, в том числе и КБГУ, в лице факультета микроэлектроники и компьютерных технологий, было разрешено вести подготовку в области нанотехнологии. С сентября 2003 года факультет ведет подготовку по специальности «Нанотехнология в электронике». На следующий год был издан приказ № 1922 от 23.04.2004 МО «Об эксперименте по созданию нового направления подготовки бакалавров и магистров «Нанотехнология» и факультет получил лицензию на право ведения образовательной деятельности по направлению «Нанотехнология» по четырем магистерским программам: физика наносистем, химия наносистем, материаловедение наносистем и методы нанодиагностики.

В 2007 г. сделан первый выпуск бакалавров по направлению «Нанотехнология», а в 2008 г. первый выпуск по специальности «Нанотехнология в электронике». По заключению председателя ГАК, директора центра микротехнологии и диагностики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета, д.т.н., проф. Лучинина В. В. общий уровень подготовки выпускников достаточно высокий.

НИР на факультете, способствующая улучшению учебного процесса, ведется по теоретическому и экспериментальному исследованию поверхностных характеристик наноструктур, технологии формирования и исследования полупроводниковых наноразмерных гетероструктур, а также по методам ионной, электронной и сканирующей зондовой и атомно-силовой микроскопии. В течение ряда лет сотрудниками кафедры материалов и компонентов твердотельной электроники ведется активная работа с ВТЦ «Баспик» по исследованию физико-химических и электрофизических свойств стекол, используемых при изготовлении МКП для ЭОП нового поколения. Результаты совместных исследований используются студентами при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Сотрудники факультета принимают участие и в международном эксперименте «PANDA» (г. Дармштадт), связанном с исследованием наноматериалов, разработкой нанотехнологий и нанодиагностики.

Несомненно, что проводимая научно-исследовательская работа способствует улучшению учебного процесса, обогащению содержания преподаваемых общепрофессиональных и специальных дисциплин, а также дисциплин специализаций.

Секция 1

Физико-химические свойства материалов электронной техники

УДК 621.383.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОВОДИМОСТИ МКП НА АТМОСФЕРЕ

В.И. Савенко

Владикавказский технологический центр «Баспик», г.Владикавказ, Россия

Электросопротивление МКП на атмосфере R_a меньше сопротивления в вакууме R_e из-за адсорбции влаги и возникновения на поверхности каналов тонкой шунтирующей пленки водного электролита вследствие выщелачивания. Характер изменения тока проводимости на атмосфере во времени и при переключении полярности указывает на поляризационные явления, связанные с разделением щелочных ионов и возникновением против-э.д.с. поляризации. Изучение изменения тока проводимости на атмосфере отношение $\delta=R_e/R_a$ МКП с различной технологической предысторией дает ценную информацию о поведении щелочной компоненты на поверхности резистивно- эмиссионного слоя каналов и влияния той или иной обработки МКП в процессе и после изготовления. Установлено, что обычно величина δ подчиняется нормальному распределению, в среднем равна $7 \div 7,5$ со среднеквадратическим отклонением $1,5 \div 2$. При хранении МКП в нормальных условиях на атмосфере полимолекулярная пленка влаги на поверхности формируется при влажности более 20%. При наличии щелочных соединений на поверхности и приповерхностном слое происходит выщелачивание, а на поверхности со временем образуется слой насыщенного щелочного раствора, что в дальнейшем стимулирует коагуляцию и рост посторонних частиц (ПЧ) величина которых может достигать $0,5 \div 5$ мкм - так называемый «налет от хранения». При пропускании тока на атмосфере происходит электролитическая очистка каналов от щелочных катионов, которые скапливаются на анодном участке каналов. При этом сопротивление МКП на воздухе возрастает и стремится к сопротивлению в вакууме. Однако спустя несколько дней вследствие диффузии щелочных металлов из толщи каналов на поверхность, исходная концентрация щелочной компоненты на поверхности и величина сопротивления МКП на атмосфере восстанавливаются. Установлено, что некоторые воздействия, например, электронная тренировка МКП в вакууме или обработка в растворах кислот, способствуют удалению щелочей с поверхности каналов. Сопротивление на атмосфере становится близким к сопротивлению в вакууме, а поляризационные явления исчезают. Однако подобные обработки приводят к кратковременному эффекту вследствие диффузии щелочных металлов из толщи (вероятно, из пор кремнеземного слоя на поверхности каналов) на поверхность. Надежное исключение щелочной компоненты с поверхности каналов требует иных более радикальных мер.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ
В КОНСТРУКЦИИ МИКРОКАНАЛЬНЫХ ПЛАСТИН

В.В. Агаев, Б.Ю. Мищерский

ВТЦ «Баспик», г. Владикавказ

В последнее время приборы ночного видения получили широкое распространение. В их состав входят микроканальные пластины, от физико-химических свойств которых и зависят в основном возможности и свойства этих приборов. Одной из важнейших проблем микроканальных пластин с монолитным обрамлением (МКПО) является обеспечение механической прочности и формоустойчивости конструкции. Эта проблема обусловлена термическими напряжениями, возникающими между стеклами с различными температурными коэффициентами линейного расширения (ТКЛР), используемыми при изготовлении МКПО.

Разность механических напряжений, возникающих в монолитном обрамлении, измерялась методом фотоупругости, а прогиб в пластинах измерялся интерференционным методом. Измерениями в вытравленных пластинах была определена средняя величина разности напряжений, которая составила $0,82 \text{ кг/мм}^2$, а средняя величина прогиба оказалась равной 247 мкм . При этом, в пластинах, в которых отсутствовал прогиб, величина разности напряжений достигала $(1,5 \div 2) \text{ кг/мм}^2$, т.е. недостающая величина разности напряжений в пластинах, имеющих прогиб, вероятно, релаксировалась в деформацию изгиба. Для проверки данного предположения прогнутая пластина выпрямлялась зажимом ее между двумя стеклами, а затем измерялась разность механических напряжений на границе с монолитным обрамлением. Результаты измерений показали, что, действительно, величина разности напряжений возрастала на $30 \div 50 \%$ при исчезновении изгиба и достигала величины среднего значения ее для вытравленных не прогнутых пластин.

Используя теорию устойчивости стержня при продольном температурном сжатии, получено выражение для прогиба пластины.

$$w^2 = \frac{9\ell^4 \Delta\alpha}{\pi^2 h^2} \left(\frac{t_{кр}}{t_p} - 1 \right) (t_{кр} - t)$$

где $\Delta\alpha$ – разность температурных коэффициентов вставки и монолитного обрамления, ℓ – диаметр вставки, h – толщина пластины, $t_{кр}$ – критическая

температура, при которой прогиб отсутствует, t_p – температурный параметр, определяемый напряжениями в прогнутой пластине.

Это выражение хорошо согласуется с экспериментальными зависимостями прогиба от температуры и позволяет прогнозировать возможный прогиб в пластине при соответствующей толщине пластины.

В работе показано, что одной из причин, приводящих к возникновению прогиба в МКПО, является различная толщина металлизации на входе и выходе пластины.

УДК 541.1

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ И ОТРАЖЕНИЯ СТЕКОЛ С87-2 И С78-5

Б. А. Белимготов¹, Т. В. Полина², З. И. Карданова¹, И. К. Азизов¹,
А. М. Кармоков¹

¹Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик.

²Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Проведены исследования спектров поглощения и отражения стекол С87-2 и С78-5, подвергнутых различным внешним воздействиям.

Образец стекла С87-2, не подвергнутый внешним воздействиям, имеет в спектре поглощения 4 максимума. Самый интенсивный – с энергией 3,0 эВ, три других максимума с энергиями 1,97, 1,77 и 1,30 эВ имеют одинаковые интенсивности.

Для образца, отожженного в течение двух часов при $T = 450$ °С, в спектре поглощения появились новые максимумы наряду с ростом имеющихся у неотожженного образца. Новые максимумы поглощения находятся в видимой (2,58, 2,34 и 1,82 эВ) и в инфракрасной областях (1,61, 1,57, 1,50, 1,41 и 1,34 эВ). Появление новых полос поглощения является свидетельством того, что образуются центры, способные поглощать в широком диапазоне длин волн.

При более длительном отжиге, происходит перераспределение, а также исчезновение некоторых максимумов. Исчезла полоса поглощения с энергией 1,61 эВ при заметном увеличении количества центров ответственных за полосы поглощения с энергиями 2,52, 2,38, 2,26, 2,04 и 1,88 эВ. Наличие у этого образца широкой спектральной области весьма интенсивного поглощения, ограниченной со стороны длинных волн резким краем,

обусловлено тем, что поглощение фотонов достаточно большой энергии сопровождается электронными переходами из валентной зоны в зону проводимости.

Увеличение температуры отжига до 480 °С приводит к распаду всех центров поглощения в одинаковой степени, на что указывает общее уменьшение интенсивности поглощения во всей измеряемой области спектра от 350 до 1050 нм.

Измерения спектров отражения тех же образцов показали, что у контрольного и других образцов имеются широкие устойчивые, не меняющиеся по интенсивности, во время отжига, и смещающийся в ИК-область максимумы с энергиями 1,55÷1,49 эВ.

Аналогично, в неотожженном образце стекла С78-5 в спектре поглощения имеются три максимума с энергиями 3,35, 2,48 и 2,38 эВ.

После обработки азотной кислотой образцов стекла С78-5 в течение 5 мин., интенсивности всех максимумов уменьшились примерно на 50 %.

УДК 539.315

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ НАНОКАПИЛЛЯРНЫЕ СТРУКТУРЫ ИЗ СТЕКЛА

А. А. Бжеумихов^{1,2}, Н. Лангхофф², З. Ч. Маргушев²

¹Институт информатики и проблем регионального управления КБНЦ РАН, г.Нальчик

²IFG-ISI – Institute for Scientific Instruments, г.Берлин

Проведено экспериментальное исследование процесса распространения синхротронного излучения длины волны 0,129 нм через капиллярные структуры из стекла с размерами каналов 200 нм и периодом структуры 1 мкм. Получены следующие основные результаты.

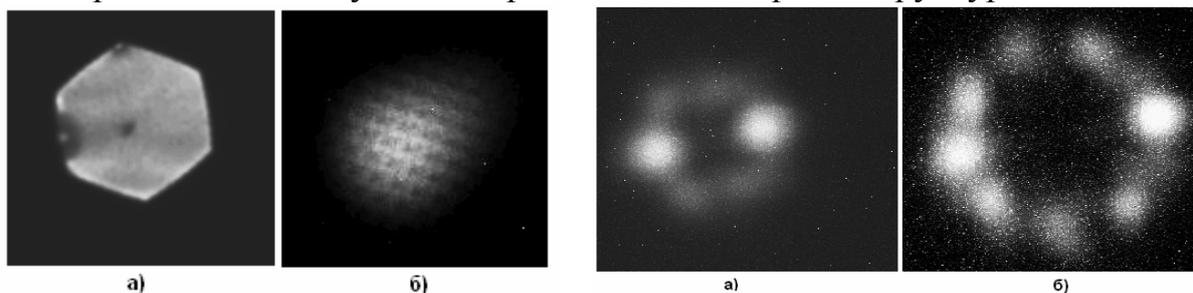
1. Распространение излучения через одиночные капилляры носит модовый характер;

2. Когерентность синхротронного излучения после прохождения через структуру сохраняется частично, в результате чего наблюдается интерференция пучков, прошедших через различные капилляры. На это указывает периодически модулированное распределение интенсивности в плоскости, удаленной от выхода капиллярной структуры;

3. Показано, что поликапиллярные наноструктуры из стекла могут найти применение в качестве интерференционных и дифракционных элементов в области рентгеновского диапазона энергий.



а – электронно-микроскопическое изображение поликапиллярной наноструктуры; **б** – экспериментальная схема измерения прохождения излучения через нанокапиллярные структуры



Изображения распределения интенсивности излучения на выходе наноструктуры: **а** – на расстоянии 12мм от выхода структуры; **б** - на расстоянии 450 мм от выхода структуры. На картинке четко проявляется периодическая модуляция интенсивности излучения

Изображения распределения интенсивности излучения на расстоянии 450 мм от капилляров при различных углах поворота структуры: **а** – 0,628 мрад; **б** – 1,112 мрад. Подтверждение эффекта модового режима распространения излучения в капиллярах

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НА ПРОЦЕСС ЛОКАЛЬНОГО АНОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ
НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ Si/SiO₂/Ti

О. А. Агеев, Б. Г. Коноплев, А. М. Светличный, В. А. Смирнов

Технологический институт ЮФУ, г. Таганрог

Одним из перспективных методов формирования элементов наноэлектроники является нанолитография с помощью локального анодного окисления (ЛАО). Последние исследования данного метода связаны с повышением однородности геометрических параметров оксидных наноразмерных структур (ОНС) за счет фотонного излучения, оказывающего дополнительное управляющее воздействие на процесс ЛАО, а также на характеристики формирующегося оксида. В настоящее время механизм получения ОНС, влияния поля и фотонного излучения на эти процессы достаточно не изучен. Поэтому проведение этих исследований актуально для получения ОНС и разработки элементной базы наноэлектроники зондовыми методами.

Нанолитография проводилась на сканирующем зондовом микроскопе Solver P47Pro (ЗАО «Нанотехнология-МДТ», г. Зеленоград) с использованием поставляемого в комплекте программного обеспечения. Методика исследования влияния фотонного излучения на формирование ОНС основана на облучении области, в которой проводилось ЛАО, УФ- и ИК-светодиодом, максимальные значения интенсивности излучения которых соответствовали длинам волн 395 и 900 нм. Влажность внутри технологической камеры контролировалась с помощью цифрового измерителя влажности Oregon Scientific ETHG913R и составляла (50, 70 и 90) ±1 %. Используя кремниевые кантилеверы с проводящим W₂C покрытием, при приложении импульсов напряжения амплитудой в диапазоне от 5 до 10 В и длительностью от 10 до 1000 мс на поверхности тонкой пленки титана формировались матрицы регулярных оксидных наноразмерных структур в виде точек. Затем по результатам статистической обработки полученных АСМ-изображений были построены зависимости высоты и диаметра ОНС от амплитуды и длительности импульсов приложенного к системе зонд-подложка напряжения как при воздействии УФ- и ИК-излучения, так и без него.

В результате проведенных исследований выявлено, что УФ- и ИК-излучение оказывает существенное влияние на процесс ЛАО пленки титана, повышает разрешающую способность и воспроизводимость данного метода. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и формировании элементной базы наноэлектроники.

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

Исследована электропроводность образцов невосстановленного свинцовосиликатного стекла С87-2. образцы представляли собой диски диаметром 24,8 мм и толщиной 0,42 мм. На торцовую поверхность дисков нанесены хромовые электроды. Измерительный электрод имеет диаметр 16,2 мм и окружен охранным электродом кольцевой формы. Измерения проводилась в вакууме 10^{-5} мм рт. ст., и охватывали температурную область от комнатной до $450\text{ }^{\circ}\text{C}$. Построены температурные зависимости и определены энергии активации проводимости на участке нагрева от 200 до $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на участке охлаждения от 450 до $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.).

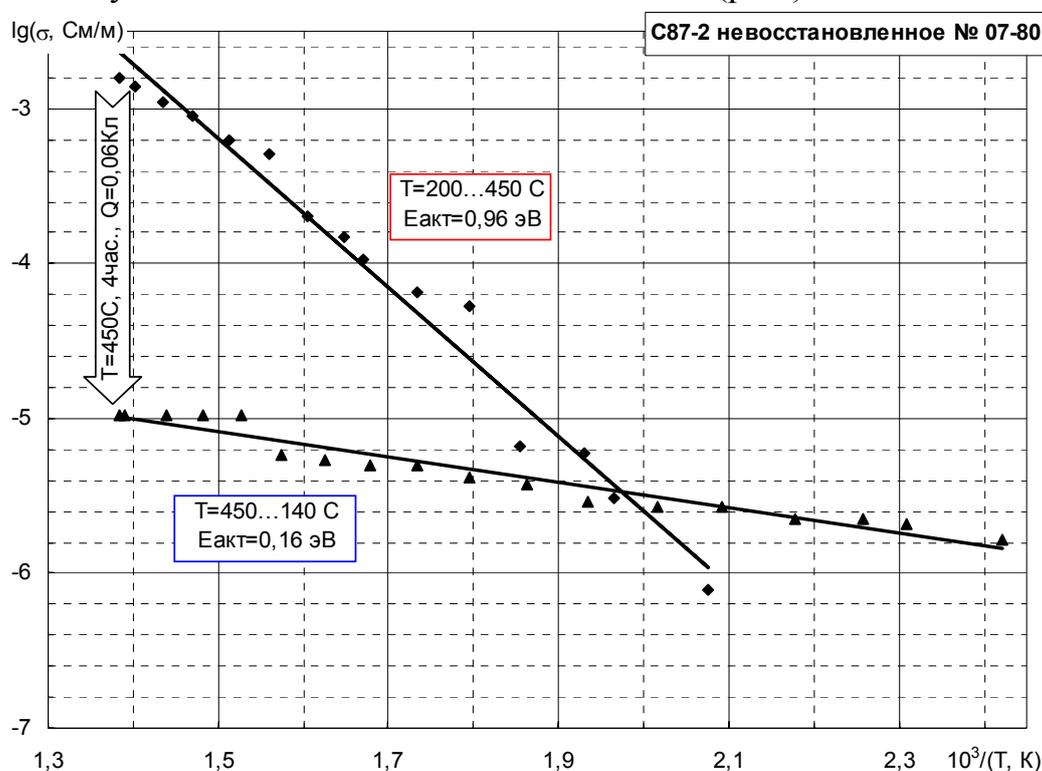


Рис. Температурная зависимость проводимости до и после изотермической выдержки под током

Измерительное напряжение прикладывалось к образцу в течение всего времени эксперимента. К моменту достижения температуры $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ через образец был пропущен заряд менее 10^{-6} Кл, а за время изотермической выдержки при этой температуре в течение 4 часов – 6×10^{-2} Кл. Падение проводимости за время высокотемпературной выдержки, вероятно, связано с электромассопереносом. При питании образца знакопеременным напряжением различие в энергиях активации существенно меньше.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЧ-ОБРАЗОВАНИЯ
ВТЕХНОЛОГИИ МКПС.К. Кулов, С.П. Широкова, Ю.В. Щапова

Владикавказский технологический центр «Баспик», г.Владикавказ

ПЧ – посторонние частицы на поверхности МКП субмикронных и микронных размеров. Наличие ПЧ на торцах и в каналах МКП нежелательно, так как при работе МКП в ЭОП напряженность поля в каналах составляет до 4-5 кВ/мм, а у поверхности торцов до 5÷15 кВ/мм, что может в этих условиях провоцировать паразитные автоэлектронные и разрядные явления. В течение ряда лет изучение ПЧ и ПЧ-образования являлось важным направлением научно-технологических работ «Баспик». Было установлено, что ПЧ обязаны самому технологическому методу, но не условиям производства. Материал ПЧ - это компоненты рабочих стекол и металлического покрытия контактного электрода (КЭ) МКП. ПЧ формируются в техпроцессе изготовления МКП и после изготовления МКП и соответственно делятся на ПЧ 1 и 2 рода. Виды и реквизиты-признаки ПЧ разнообразны. Они могут быть аморфными и кристаллическими, диэлектрическими и проводящими, стохастически распределенными по поверхности и концентрируемыми в виде налетов в определенных зонах (как правило, по границам спаев МЖС-МЖС и МКВ-МО). ПЧ могут быть связаны с извлечением технологического шлама из микропор (т.н. ПЧ типа «А») в стенках каналов. Исходя из химического состава, могут быть кремнеземные, силикатные, хроматные (хромитные) и иные по составу ПЧ. В подавляющем большинстве случаев формирование ПЧ связано с щелочной компонентой рабочих стекол МКП. Наиболее ответственная операция – термоводородное восстановление. ПЧ могут возникать также в результате операций химической обработки и при контакте МКП с воздушной средой. Особый класс ПЧ – это новообразования при химическом взаимодействии щелочных металлов с хромовым покрытием КЭ.

Радикальное решение проблемы ПЧ связано с удалением щелочной компоненты из МКП либо путем применения бесщелочных рабочих стекол и бесщелочных химреагентов в технологии, либо путем специальных операций по извлечению и удалению щелочных металлов. Последнее возможно на различных стадиях техпроцесса и различными способами. Удаление щелочной компоненты благоприятно сказывается также на термотоксовой стабильности МКП, способствует исключению побочных шумов, связанных с ионной обратной связью и достижению требуемой долговечности МКП, что особенно актуально для применения в ЭОП МКП без входной ионно-барьерной пленки.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ КАПИЛЛЯРНОЙ ОПТИКИ В РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОМ АНАЛИЗЕ МАТЕРИАЛОВ

А. А. Бжеумихов^{1,2}, З. В. Бжеумихова^{1,2}, Н. Лангхофф², З. Ч. Маргушев²

¹ Институт информатики и проблем регионального управления КБНЦ РАН,
г.Нальчик

²IFG-ISI – Institute for Scientific Instruments, г.Берлин

Поликапиллярные рентгеновские линзы представляют собой новый вид рентгеновской оптики и позволяют сконцентрировать в пятно малого размера на поверхности исследуемого образца большой поток возбуждающего первичного излучения. При этом достигается уровень интенсивности флуоресцентного излучения достаточный не только для проведения экспрессного элементного анализа с данной точки поверхности образца, но также для проведения измерения двумерного распределения элементов за разумное время.

Нами разработан новый способ реализации микрорентгенофлуоресцентного анализа с трехмерным разрешением 3D-микро-РФА. Он основан на использовании фокусирующей рентгеновской в сочетании с методом «края ножа» при регистрации вторичного рентгеновского излучения от образца энергодисперсионным детектором. При этом достигнуто разрешение по глубине 23 мкм.

Показано, что использование метода «края ножа» позволяет также измерять профиль поверхности сильно поглощающих рентгеновское излучение материалов с разрешением по глубине 7 мкм.

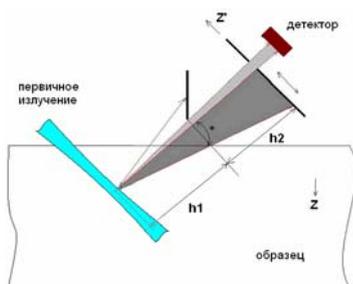


Рис. 1. Схематическое представление принципа измерения 3-D микро-РФА

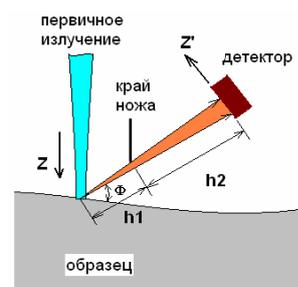


Рис. 2. Схема принципа измерения профиля поверхности

Технический результат: исключение использования дорогого и малодоступного источника синхротронного излучения, а также исключение сложной системы юстировки двух рентгенооптических элементов на одну и ту же точку образца.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЛИПРОПИЛЕНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Г.О. Молоканов, А.К. Микитаев, Н.А. Чуков

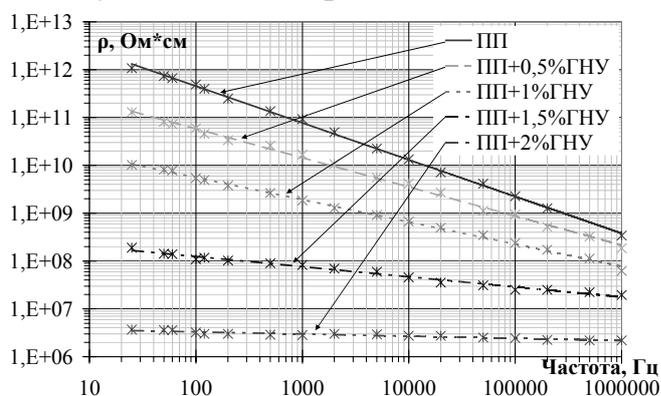
ГНЦ Научно-исследовательский физико-химический институт
им. Л. Я. Карпова, г. Москва

Изучены качественные и количественные особенности проводящих свойств полипропилена (ПП), модифицированного глобулярными наночуглеродными частицами (ГНУ).

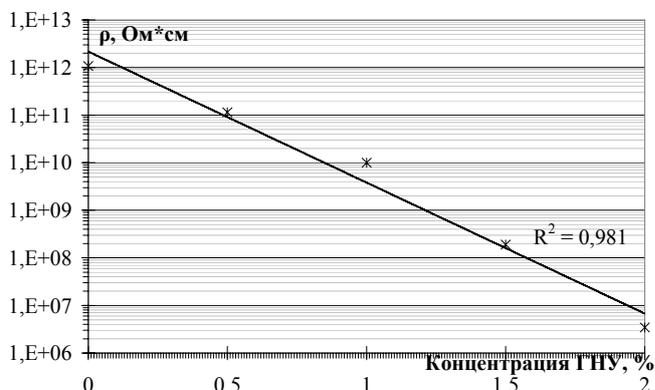
По оригинальной методике исследовались композиции ПП литевой марки, модифицированного ГНУ с удельной площадью частиц $1200 \text{ м}^2/\text{г}$. Концентрация ГНУ составляла от 0,5 до 2,0 масс. %. Для контроля немодифицированный полипропилен подвергался воздействию тех же условий, как при модификации, но без добавления модификатора.

Для измерения проводимости использовались измерительный мост Е7-20 и разработанная нами оригинальная измерительная ячейка. Температура образца при проведении эксперимента составляла $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Измеренная проводимости образцов G пересчитывалась в удельное сопротивление материала ρ .

На рис. представлены частотная и концентрационная для частоты 50 Гц зависимости удельного сопротивления ПП, модифицированного ГНУ.



а)



б)

Рис. Частотная а) и концентрационная (25 Гц) б) зависимости удельного сопротивления ПП, модифицированного ГНУ

Полученные данные свидетельствуют о наличии, в определенных случаях, возможности отвода статического заряда. В области низких частот материал ПП+ГНУ может применяться, как диэлектрик, при условии невысоких силовых потенциалов. В тоже время, при высоких частотах этот композит проявляет свойства проводника электрического тока, что обуславливает возможность его применения в высокочастотной технике и микроэлектронике в качестве высокоомных резисторов, например, в системах коррекции тока и модулях контролируемой его утечки.

УДК 539.216.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО КОНТАКТА НИКЕЛЯ К КРЕМНИЮ С. Ж. Гонов

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

Важную роль в производстве изделий электронной техники (ИЭТ) играет формирование переходных слоев кремний-металл, обладающих хорошей адгезией и низким переходным сопротивлением.

При изготовлении мощных транзисторов используются пленки никеля, напыляемые на кремниевые подложки. При этом, однако, указанные выше параметры оказываются неудовлетворительными.

В производстве данных изделия в настоящее время эта проблема решается вводом барьерного слоя между Si и Ni и введением в технологический маршрут процесса отжига. Однако формирование барьерного слоя хрома приводит к дополнительным материально-временным и другим затратам, а возможности термического отжига контактов для улучшения качества системы Ni-Si ограничены из-за низких значений предельно допустимых температур отжига.

Проведено исследование возможности использования контактного плавления системы Si-Ni, возникающего при электронно-лучевом отжиге, для улучшения адгезии Ni к Si и уменьшения удельного переходного сопротивления контакта. Для обработки композиции тонкая пленка Ni+Si (111) использован электронно-лучевой отжиг (ЭЛО), который обеспечивает высокую температурно-пространственную локальность. Параметры электронного пучка выбраны по результатам расчетов. Для нахождения работы адгезии измерялся краевой угол смачивания. Анализ межфазной границы проводился методом электронной оже-спектроскопии с послойным травлением (ионное распыление). В результате проведенных исследований найдены условия и выяснены факторы, способствующие увеличению адгезии никеля к кремнию и уменьшению удельного переходного сопротивления контакта «никель-кремний».

ПОВЕРХНОСТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО Si,
ЛЕГИРОВАННОГО ПРИ ВЫРАЩИВАНИИБ.Н. Нагоев, З.В. Шомахов, В.К. Люев

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

Изменение поверхностного потенциала на реальной и легированной различными металлами поверхности полупроводника зависит от множества различных факторов: состояния поверхности, способов легирования, индивидуальных свойств легирующего элемента и т. д. В данной работе проведены расчеты по экспериментальным данным состава поверхности при изменении температуры отжига монокристаллов в диапазоне 400÷650 К, полученным методом ЭОС, поверхностного потенциала атомарно чистой поверхности КЭФ, КЭМ, КЭС, легированных при выращивании. Расчеты проведены при по формуле

$$\Delta\varphi = \varphi^{(\sigma)} - \varphi = (2kT/q_1) \ln \left[1 + z/2(2q_1^2 x_1^{(\sigma)} n_1 / (\varepsilon\varepsilon_0 kTx_1))^{1/2} \right].$$

Величина z соответствует расстоянию от поверхности, в пределах которого потенциал изменяется от $\varphi^{(\sigma)}$ на поверхности до его объемного значения φ . Это расстояние намного больше толщины слоя поверхностной сегрегации и соответствует диффузионной длине, проходимой сегрегирующими ионами в течение времени t_0 , за которое достигается равновесная концентрация примеси на поверхности.

Методом температурной зависимости поверхностной фотоэдс при большом уровне генерации электронно-дырочных пар исследованы электронные свойства реальной и обработанной в десятипроцентном растворе HF поверхности (111) КЭФ, КЭС и КЭМ.

Результаты измерений поверхностного потенциала на реальной поверхности свидетельствуют о том, что обработка в 10 % растворе HF, удаляющая оксидный слой, приводит к уменьшению концентрации поверхностных электронных состояний (ПЭС), находящихся на границах раздела Si с поверхностными пленками. Кроме того, меняется концентрация электронных состояний в самих пленках. Обработка в HF и последующая промывка водой уменьшают концентрацию ловушек, захватывающих неравновесные дырки, что формирует фотопамять поверхностного потенциала.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРОВ
СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ СВИНЦА В СОЛЕВОМ РАСПЛАВЕ

М. Х. Абрегов, М. М. Кармоков, А. Х. Дышекова

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

Получение особо чистых материалов с контролируемым содержанием примесей является важной задачей в современных технологических процессах создания приборов и устройств нового поколения в различных отраслях промышленности, таких как электроника, космическая техника, атомная энергетика и др.

В настоящей работе сделана попытка оценить распределение примесей в свинце, находящегося в солевом расплаве. Для данной задачи предполагается, что: 1) солевой расплав однороден, обладает постоянной во всем объеме плотностью ρ и кинематической вязкостью ν ; 2) массоперенос происходит за счет диффузии, которая описывается уравнением Фика. В сферической системе координат данный процесс имеет вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \left(r^2 D \frac{\partial C}{\partial r} \right), \quad 0 < r < R, \quad (1)$$

где $D = \begin{cases} D_1, & \text{при } 0 \leq r \leq R_1 \\ D_2, & \text{при } R_1 \leq r \leq R_2 \end{cases}$, R_1 – радиус свинцового шара, R_2 – радиус солевого расплава, D_1 и D_2 – коэффициенты диффузии примеси в свинце и солевом расплаве.

На линии разрыва $r = R_1$ предполагается условие сопряжения (решение C и поток $D \frac{\partial C}{\partial r}$ непрерывны). При $r = 0$ становится условие

$$r^2 \frac{\partial C}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0, \quad (2)$$

эквивалентное условию ограниченности C при $r = 0$, а при $r = R_2$ становится условие

$$\frac{\partial C}{\partial r} \Big|_{r=R_2} = 0, \quad (3)$$

означающее отсутствие потока через границу R_2 . Для приближенного решения задачи (1)–(3) применялся конечно-разностный метод. По программе, реализующей данный метод, просчитаны распределения основных примесей содержащихся в свинце со временем. Для большинства примесей наблюдается уменьшение концентрации примесей в свинце со временем и увеличение их концентрации в солевом расплаве. Данный процесс наблюдается до определенной концентрации, ниже которой уменьшение примеси не наблюдается.

О МЕХАНИЗМЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ
ПОЛЯРИЗАЦИИ В АНИЗОТРОПНЫХ СМЕСЯХ

В.А. Соцков

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

При рассмотрении механизмов поляризации в твердом диэлектрике обычно рассматривается три механизма: электронная, атомная и дипольная. В этом случае атомы и молекулы находятся под действием локального поля, состоящего главным образом из приложенного поля, модулированного поляризацией окружающей среды. При накоплении объемных зарядов на поверхности раздела диэлектриков локальное поле значительно искажается. Таким образом, объемная поляризация играет наиболее важную и до конца не выясненную роль в явлении электрической поляризации. В работе исследовались комплексная диэлектрическая проницаемость $\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$, где ϵ' – действительная часть, ϵ'' – мнимая для композита диэлектрик – полупроводник: парафин – Fe_2O_3 ; [$\text{A}^8\text{B}^6 - (\text{Fe}_2\text{O}_3)$]. Методика изготовления образцов заключалась в перемешивании порошка Fe_2O_3 в расплаве парафина. Полученный расплав, разливался в формы, обкладками которых служили обкладки конденсатора. Методы определения диэлектрической проницаемости, тангенса угла диэлектрических потерь соответствовали ГОСТ 22372-77. Поскольку парафин – насыщенный углеводород, а температура образца в процессе изготовления не превышала 328 К, то в исследуемой системе не возникают промежуточные соединения, которые в рассматриваемых композитах не обнаружены методом рентгенофазового анализа. На основании вышеизложенного считалось, что рассматриваемые системы – это макроскопические неоднородные системы. Экспериментально исследованы зависимости $\epsilon' = f(x)$ и $\epsilon'' = f(x)$ и обнаружено, что они не монотонны и имеют максимум в диапазоне концентраций 0,3÷0,35 и минимум при $x = 0,4$. На основании опытов по модифицированию проводимости матрицы обнаружено, что эффект сохраняется при изменении удельного сопротивления матрицы от $1 \cdot 10^{11}$ Ом·м до 10^6 Ом·м при $\rho = 1 \cdot 10^5$ Ом·м для Fe_2O_3 . Таким образом, эффект сохраняется, когда удельное сопротивление матрицы и наполнителя различаются на порядок. Полученные результаты позволяют предположить поверхностную (Максвелл-Вагнеровскую) релаксацию. Частотные зависимости $\epsilon' = f(f)$ и $\epsilon'' = f(f)$ указывают на дебаевский механизм релаксации. Поскольку, перемещение заряженных макрочастиц в твердом теле исключена, то в качестве модели предлагается качественно новый механизм релаксации – перемещение зарядов по поверхности макрочастиц.

Секция 2

Современные фотоэлектронные материалы и технологии их получения

УДК 621.383.8

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ГАЗООТДЕЛЕНИЯ МКП В ЭОП НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

С.К. Кулов

Владикавказский технологический центр «Баспик», г.Владикавказ, Россия

Современные бипланарные микроканальные ЭОП обладают огромной поверхностью ($1 \div 2 \text{ м}^2$) и очень маленьким объемом. При наличии высокочувствительного и крайне уязвимо к материальному обмену через вакуум ОЭС-фотокатода это предопределяет чрезвычайно жесткие требования к уровню газовой выделению всех внутренних поверхностей конструкции, а прежде всего, МКП и люминесцентного экрана. Уровень остаточного газоотделения МКП в вакууме при комнатных температурах достаточно мал и обычно не превышает по порядку 10^{-14} лтор/см²с. Однако для целей применения его требуется снизить еще примерно на два порядка. Это достигается, прежде всего, глубоким термообезгаживанием в вакууме или в инертной среде (аргон, азот), которое может проводиться в процессе изготовления МКП при температурах $480 \div 520 \text{ }^\circ\text{C}$. Основными выделяющимися газами являются CO, CO₂, H₂O, H₂, CH₄, причем углеродосодержащие газы преобладают, что указывает на термолит углеродосодержащих соединений (вероятно, карбонатов щелочных и щелочноземельных металлов) на поверхности.

Однако в процессе работы МКП электронное облучение поверхности каналов стимулирует электронное разложение и десорбцию разнообразных продуктов, прежде всего, катионов щелочных металлов. Эти процессы развиваются преимущественно на выходе каналов, где величина электронных лавин максимальная. При работе ЭОП это является причиной ионной обратной связи, увеличения уровня многоэлектронных сцинтилляций и шумов и ускоренной деградации фотокатода вследствие ионного распыления. Кроме того, в условиях зарядки поверхности каналов на их выходе, тонкого кремнеземного эмиссионного слоя резистивно-эмиссионного слоя каналов, образующиеся на поверхности щелочные катионы втягиваются поперечным полем в толщу, где нейтрализуются и повышают электропроводность материала. Это приводит к искажению электрического поля на выходе каналов и снижению эффективности электронного размножения. Поэтому термическое обезгаживание МКП должно дополняться электронным

обезгаживанием для удаления щелочной компоненты с поверхности каналов. Однако это дает лишь частичный эффект, поскольку на сроке службы ЭОП щелочные катионы постепенно диффундируют из толщи на поверхность каналов. Поэтому решение проблемы качества и долговечности современных микроканальных ЭОП требует полного удаления свободной щелочной компоненты из стенок каналов МКП, что должно обеспечиваться выбором соответствующей технологии их изготовления.

УДК 621.3.032

ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ МИКРОКАНАЛЬНЫХ ПЛАСТИН
ПРИ МЕДЛЕННОМ НАГРЕВЕ

И.Н. Сергеев¹, О.О. Молоканова¹, С.К. Кулов²,
О.А. Молоканов¹, А.М. Кармоков¹

¹Кабардино-Балкарский госуниверситет, г. Нальчик,

²Владикавказский технологический центр Баспик, г. Владикавказ

Надежность и долговечность микроканальных пластин (МКП) в значительной степени зависит от их газосодержания, поэтому изучение газовой выделенности МКП при термовакуумной обработке является актуальной задачей. В настоящей работе масс-спектрометрическим методом изучены особенности газовой выделенности микроканальных пластин при медленном ступенчатом нагреве в диапазоне температур 340...550°C. Исследования проводились на сверхвысоковакуумной установке, которая позволяет измерять интегральный и парциальные газовые потоки при непрерывной откачке камеры или по методу накопления. Давление в камере в процессе измерения может поддерживаться в диапазоне от $\sim 10^{-8}$ до $\sim 10^{-4}$ мм рт. ст.

Медленный нагрев образца проводился ступенчато с шагом по температуре, равным 10 °С, а время выдержки при каждой температуре оценивалось по имеющимся литературным данным о коэффициентах диффузии. Переход на следующую температурную полку осуществлялся после достаточного истощения потоков газовой выделенности. В процессе выдержки на каждой температурной полке периодически снимались дифференциальные масс-спектры накопления. В ходе эксперимента по масс-спектрам анализировалась интенсивность 10 масс-пику, соответствующих ионам ${}^2(\text{H}_2)^+$,

$^{12}\text{C}^+$, $^{14}(\text{CH}_2)^+$, $^{15}(\text{CH}_3)^+$, $^{16}(\text{CH}_4)^+$, $^{18}(\text{H}_2\text{O})^+$, $^{40}(\text{C}_3\text{H}_4)^{2+}$, $^{28}(\text{CO})^+$, $^{40}(\text{C}_3\text{H}_4)^+$ и $^{44}(\text{CO}_2)^+$.

В изученном интервале температур наблюдаются несколько точек интенсивных выбросов различных газовых компонентов: 360, 370, 390, 400, 490 и 540 °С. Максимальным является выброс по компоненту СО, и он наблюдается при температурах 360...370°С. Содержание этого компонента в общем потоке составляет ~ 80 %. При этих же температурах наблюдается интенсивный выброс компонента СН₂, и его содержание можно оценить как ~ 10 %. Анализ проведенных исследований позволяет предположить, что выделения газов при температурах 490 и 540 °С связаны со структурными изменениями в стекле, а при меньших температурах – с газами, адсорбированными в поверхностном слое и растворенными в объеме. Исходя из результатов исследования можно предположить, что термовакуумное обезгаживание МКП возможно проводить при температуре 410...420 °С и времени 4...6 часов.

УДК 621.3.032

ОСОБЕННОСТИ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ
ЭЛЕКТРОННОМ ОБЛУЧЕНИИ КАНАЛОВ МКП
О.О. Молоканова¹, С.К. Кулов², О.А. Молоканов¹,
А.М. Кармоков¹, И.Н. Сергеев¹

¹Кабардино-Балкарский госуниверситет, г. Нальчик,

²Владикавказский технологический центр Баспик, г. Владикавказ

Как известно, электронное облучение каналов МКП позволяет эффективно удалять примеси, оставшиеся на их поверхности после ТВО. Кроме того, состав газа при электронно-стимулированной десорбции дает ценную информацию о чистоте каналов. В настоящей работе масс-спектрометрическим методом исследовано электронно-стимулированное газовыделение образца, предварительно обезгаженного в сверхвысоком вакууме при T=410 °С в течение 12 часов. В процессе облучения ток электронной лавины на выходе МКП поддерживался постоянным и равным 2 мкА, при этом за время эксперимента через образец был пропущен электрический заряд 93,6 мКл.

В начальный период электронно-стимулированного обезгаживания (ЭСО) преобладает выделение оксида углерода и легких углеводородов CH_4 и CH_3 . В течение первых 1,5 часов поток CO составлял $\sim 4,5 \times 10^{-7}$ л \times тор/с. В последующем к концу эксперимента интенсивность этого пика плавно уменьшилась в ~ 150 раз. Начальная интенсивность масс-пика, соответствующего метану CH_4 , равна интенсивности CO . Однако поведение потока метана отличается от поведения CO — спад происходит быстрее и к 8-и часам практически завершается. Поток CH_3 нарастает от нуля до $\sim 4,5 \times 10^{-7}$ л \times тор/с к 1,5 часам облучения, после чего к 8...9-и часам спадает до нуля.

Поток водорода достигает максимума $\sim 5 \times 10^{-7}$ л \times тор/с через $\sim 1,5$ часа от начала облучения. При электронной бомбардировке помимо молекулярного водорода $^2(\text{H}_2)$ наблюдался масс-пик атомарного водорода ^1H с максимумом, соответствующим потоку $\sim 3 \times 10^{-8}$ л \times тор/с. При ЭСО масс-пик воды $^{18}(\text{H}_2\text{O})$ не регистрируется, однако наблюдается пик $^{17}(\text{OH})$ с интенсивностью в начале процесса, соответствующей $q \sim 1,3 \times 10^{-8}$ л \times тор/с

Таким образом, при электронном облучении каналов МКП, прошедшей ТВО, максимальное газовыделение происходит по компонентам CO , H_2 , CH_4 и CH_3 . Наиболее интенсивное газовыделение происходит в течение первых ~ 2 -х часов. Спад интенсивности CO происходит быстрее, чем для углеводородов и H_2 , а суммарное количество углеводородов приблизительно вдвое превышает CO . За ~ 10 часов облучения интенсивность основных выделяющихся газов снижается в ~ 10 раз, а через 12...13 часов выделение всех газов уменьшается более чем на 2 порядка.

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Явление сотовой структуры (СС) МКП может быть обязано совокупному действию эмиссионного, структурно-геометрического (калибрового), резистивного и «грязевого» факторов. Визуальное обнаружение СС на электронном изображении МКП характеризуется порогом обнаружения по входному току МКП (I_{cc}). Существование порога СС может быть связано с улучшением условий обнаружения относительно низкоконтрастной сетки с увеличением входного тока вследствие снижения маскирующего влияния временных шумов и улучшение контрастной чувствительности глаза при росте яркости экрана. С другой стороны, порог СС может быть связан с увеличением контраста самой сетки вследствие активизации резистивного фактора в условиях, когда каналы входят в режим токового насыщения. При этом в зависимости от соотношения сопротивления пограничных (ПК) и внутренних (ВК) каналов микроканальных сот (МКС) может формироваться темная, или светлая сетка. Предметом исследований являлась оценка весомости резистивного фактора СС МКП. Известно, что порог СС имеет, вообще говоря, тенденцию к увеличению с уменьшением сопротивления МКП, что свидетельствует в пользу влияния резистивного фактора. Однако, во-первых, эта тенденция не носит достаточно устойчивого характера, во-вторых, пороговая сетка, как правило, имеет комбинированный характер. В-третьих, как установлено, каждая граница МКС имеет собственный порог СС, причем более 90% границ имеют порог около 10^{-9} А, тогда как до 10 % границ имеет в несколько раз меньший порог, который и определяет фиксируемый контролером порог СС МКП. Это свидетельствует о том, что помимо резистивного фактора имеют достаточный вес и другие вышеуказанные факторы, прежде всего, как мы полагаем, эмиссионно-грязевой. Для уяснения вклада резистивного фактора был спланирован и проведен специальный эксперимент по изготовлению МКП из одной блок-партии с различным сопротивлением. При этом было однозначно получено, что МКП с меньшим сопротивлением имели больший порог СС. Однако через некоторое время хранения изготовленных МКП разница в значениях порога МКП с различным сопротивлением заметно нивелировалась. Таким образом, резистивный фактор СС действительно имеет место. И с этой точки зрения оптимальным было бы применение МКП в ЭОП с сопротивлением не более 1×10^8 Ом. Однако не следует недооценивать других независимо действующих факторов порога СС, которые требуют оптимизации с точки зрения получения требуемого высокого порога СС МКП.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОХИМИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК ЗАГОТОВОК
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МКПС.К. Кулов, Т.В. Полина

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Различные виды технохимической обработки используют в технологии МКП в целях: очистки, вытравливания опорной жилы, специальной обработки рабочих поверхностей для придания им нужных свойств, реставрации параметров МКП и пр. Химические процессы используют самостоятельно и в комбинации с другими видами физико-химических воздействий (термообработка в вакууме и газовых средах, фотонная, электронная и ионная обработка). В техпроцессе потребителя с целью удаления поверхностных загрязнений также применяется химическая обработка. ВТЦ «Баспик» в течение более 10-и лет ведет систематические исследования технохимических воздействий на МКП и заготовки. Было проведено более 100 целевых НИР и технологических работ. Было установлено, что технохимические воздействия в ряде случаев весьма существенно влияют на характеристики МКП. Детально исследованы процессы на вытравливании опорной стеклянной жилы из каналов: механизм травления, влияние режимов и условий, различные структурно-функциональные схемы проведения процессов с применением различных кислотных и щелочных и иных реагентов. Глубоко и систематически исследованы химические и химико-термические реставрационные процессы получения МКП и заготовок, их влияние на параметры пластин, в том числе на хранения и у потребителя. Детально исследованы различные варианты дополнительной химической и физико-химической очистки МКП перед применением. Исследовано влияние введения в техпроцессы новых реагентов, в том числе плавиковой кислоты. Проведены исследования процессов химической зенковки отверстий каналов на торцах пластин с целью увеличения прозрачности МКП. Установлено влияние химической обработки исходных комплектующих на конечные параметры МКП. Разработаны методы диагностики поверхности путем контролируемого травления в растворах плавиковой кислоты и на этой основе получены ценные сведения о морфологии поверхности в области спаев МЖС-МЖС, МКВ-МО, структурных и морфологических неоднородностях различного вида и происхождения. Для исследований поверхности МКП и заготовок широко использовались современные физико-аналитические методы локальной диагностики. В результате исследований в большинстве случаев получены новые оригинальные научные результаты, значительно способствующие пониманию и объяснению ряда принципиальных вопросов технологии МКП. Практические результаты исследований использованы для разработки новой версии базовой технологии высококачественных мелкоструктурных МКП для ЭОП новых поколений.

ОБРАЗОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЗ
В СТЕКЛАХ ДЛЯ МКПА.М Кармоков¹, О.А. Молоканов¹, Д.Г Самканашвили², К.Ю. Ахполов²¹Кабардино-Балкарский госуниверситет, г. Нальчик²Владикавказский технологический центр Баспик, г. Владикавказ

Образование наноразмерных кристаллических частиц при технохимических и термических обработках оказывает влияние на электрофизические характеристики функциональных стекол. В настоящей работе рассматривается образование наноразмерных кристаллитов в стеклах для микроканальных пластин (МКП).

На рисунке приведены рентгеновские дифрактограммы восстановленного свинцово-силикатного стекла, полученные от образцов микроканальных пластин, восстановленных в водороде в течение 2,5 часов при различных температурах. Рентгенодифракционные максимумы испытывают в зависимости от температуры восстановления смещения по углу рассеяния 2θ . Эти эффекты, вероятно, обусловлены как малыми (нанометровыми) размерами образующихся кристаллов, так и частичным наложением пиков различных кристаллических фаз.

Ввиду малых размеров кристаллических образований их рентгеновские пики испытывают размытие и взаимное перекрытие, что делает проблематичной идентификацию кристаллических фаз. Однако, независимо от этого, для пиков, относящихся к одним значениям углов рассеяния, разных образцов площадь под пиком пропорциональна содержанию данной кристаллической фазы (или нескольких фаз с близкими значениями углов рассеяния) в образце. Таким образом, для пиков одинаковой ширины количество кристаллической фазы каждого типа пропорционально высоте соответствующего дифракционного пика.

В спектрограммах выявляются спектральные линии следующих кристаллических фаз содержащих свинец: PbO, Pb₂O, Pb. Общее количество различных модификаций и политипов этих фаз равно 10. Как видно из рисунка рентгенодифракционные пики испытывают значительные уширения и смещения по величине угла рассеяния. Это приводит к тому, что под один максимум попадают пики нескольких фаз.

Рентгенодифракционные пики, получаемые в экспериментах, хорошо описываются суперпозицией плотностей вероятности Лоренца (Коши) и Гаусса, при этом небольшой асимметрией рентгенодифракционных пиков можно пренебречь.

Результаты оценок показывают, что наноразмерные кристаллы оксида свинца PbO и свинца Pb, имеют линейные размеры от 3 до 17 нм. При этом происходит искажение параметров кристаллической решетки более

чем в два раза. При температуре 400 °С формируется фаза оксида свинца PbO, при повышении температуры восстановления до 500 °С наблюдается возрастание доли фазы чистого свинца, и, наконец, в случае восстановления при температуре 550 °С опять наблюдается преобладания фазы оксида свинца.

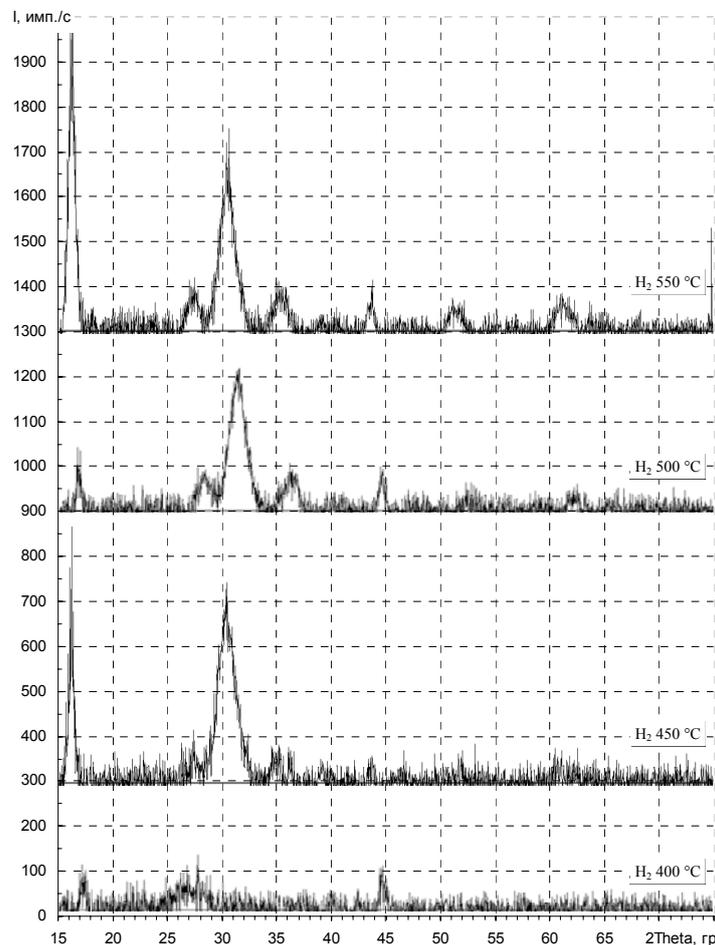


Рис. Рентгенодифракционные спектрограммы образцов МКП, восстановленных в водороде при температурах 400, 450 500 и 550 °С

Следует также отметить, что прослеживается корреляция между температурой водородного восстановления и общим количеством кристаллических фаз в образцах. А именно, с увеличением температуры восстановления суммарное количество кристаллического вещества увеличивается. Однако, ни для какого рентгенодифракционного пика монотонная зависимость интенсивности пика от температуры восстановления не выявляется. То же самое относится и к общей сумме всех пиков, отражающей суммарное количество вещества в кристаллическом состоянии. Это обстоятельство свидетельствует о многоступенчатых процессах фазовых преобразований в ходе водородного восстановления свинцово-силикатного стекла.

АМПЛИТУДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ
Д.В. Бестфатер, Л.А. Македонова

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Создана аппаратура, разработана методика и проведено исследование амплитудных характеристик канального вторично-электронного умножителя ВЭУ-6, ВЭУ-7-сборки «шеvron» на основе двух микроканальных пластин (МКП 33-10У), а также фотоэлектронного умножителя ФЭУ-130 с бищелочным фотокатодом и первым динодом на основе фосфида галлия с отрицательным электронным средством. Исследовалось одноэлектронное амплитудное распределение и скорость счета темных импульсов в зависимости от напряжения питания U , вариантов включения изделий. Получено, что все умножители при определенных условиях имеют одноэлектронное распределение, аналогичное гауссовому распределению вероятностей. Амплитудное распределение R ВЭУ-6 при оптимальном напряжении питания составляет $36 \div 38$ % при скорости счета N_j темновых импульсов $0 \div 0,4$ с⁻¹ в одноэлектронном пике. Это характерно для работы ВЭУ в режиме зарядового насыщения, когда U равно $2300 \div 2400$ В, а коэффициент усиления M порядка $(8 \div 10) \cdot 10^7$. При снижении напряжения питания и усиления и выхода из режима зарядового насыщения, например, при $U = 900$ В и $M = 2 \cdot 10^7$ амплитудное разрешение ухудшается, а величина $R = 110$ %. Исходя из вида амплитудного распределения, можно заключить, что в канале могут иметь место паразитные явления: ионная обратная связь, автоэлектроника. Для их исключения требуется оптимизация технологии и тренировки изделий.

Сборка из двух МКП ВЭУ-7 составная часть позиционно-чувствительных детекторов, позволяет регистрировать входные события с координатной привязкой.

Исследовались варианты «А» и «Б» подключения МКП, отличающиеся (при напряжении питания делителя 2300 В): величиной напряжения в промежутке между пластинами ± 90 В и напряжения питания МКП (1037 В и 1128 В). В зависимости от этого менялось общее усиление сборки, величина амплитудного разрешения и скорости счета темновых им-

пульсов. В наилучших условиях (схема «А») величина R около 70 %. При этом усиление сборки равно $2 \cdot 10^7$, а скорость счета темновых импульсов около 10 с^{-1} .

Вид амплитудного распределения в области пика приближенно аналогичен гауссовому. МКП работают в режиме зарядового насыщения. При этом усиление растет примерно линейно с напряжением питания. По виду распределения идентифицируются паразитные явления в каналах, которые активизируются с ростом напряжения на МКП. Предполагается, что за счет оптимизации технологии МКП и всей сборки, а также путем тренировки и подбора оптимального режима питания можно заметно уменьшить значения R и N_j . ФЭУ-130 имеет четко выраженный одноэлектронный пик гауссового вида. Отношение пик долина достигает 5, скорость счета темновых импульсов весьма низкая – $0,4 \div 6,3 \text{ с}^{-1}$ для различных экземпляров прибора. Темновые импульсы имеют отрицательно-экспоненциальное распределение, что указывает на термоэлектронный характер (термоэмиссия фотокатода) и малый вклад побочных явлений. Для бищелочного фотокатода по данным литературы при комнатной температуре величина термотока порядка 10^{-18} А/см^2 , или примерно 20 электронов/ $\text{см}^2 \cdot \text{с}$. Из результатов данной работы следует, что плотность термотока фотокатода не превышает величины $10^{-19} \div 10^{-20} \text{ А/см}^2$.

УДК 621.315.592

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРИСТЫХ СЛОЕВ КРЕМНИЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ В ПЕРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

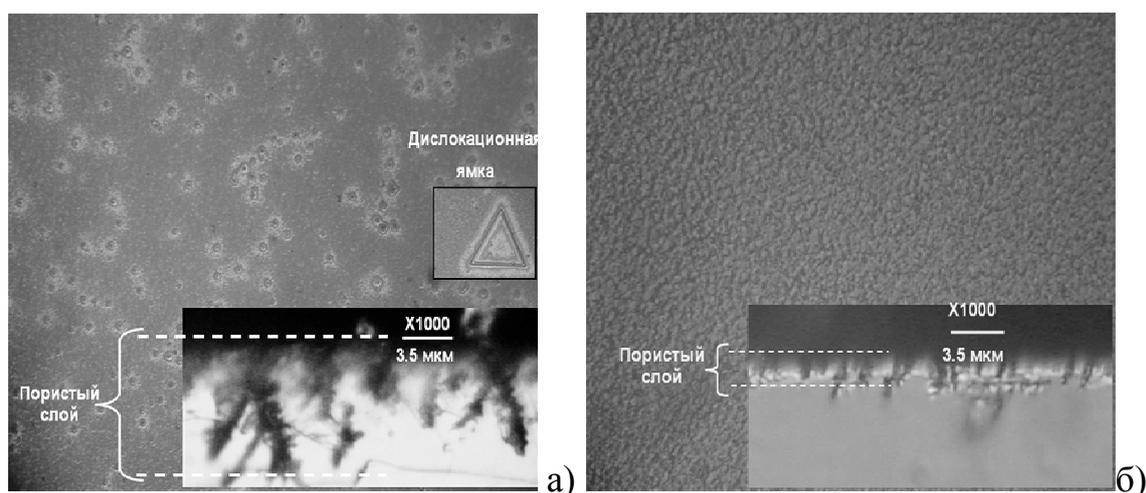
Д. С. Гаев, Е. Н. Несменова, Ю. Ю. Деревянкина

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

Известно, что наноструктурированный пористый кремний (ПК) представляет практический интерес для изделий интегральной, квантовой и оптической электроники.

В работе рассмотрена возможность получения ПК методом электрохимического травления в переменных электрических полях. Для получения экспериментальных структур ПК использовались монокристаллические пластины кремния марки КДБ-10 (111). Электрохимическое травление производилось в растворе плавиковой кислоты с этиловым спиртом в соотношении 1:1. Плотность тока выдерживалась в процессе травления на уровне 30 мА/см^2 . Подсветка образца осуществлялась галогенной лампой мощностью 9 Вт. Частота переменного тока через электрохимическую ячейку изменялась в интервале от 0,5 до 50 Гц.

Методами световой и атомно-силовой микроскопии были исследованы поверхности травления и сколов экспериментальных структур, а весовым способом оценивалась их пористость структур. На рис. ниже приведены типовые снимки планарной и торцевой поверхности полученных структур ПК при травлении с переменным током частотой 0,5 Гц (а) и 50 Гц (б).



В работе показано, что использование переменного поля способствует образованию однородных слоев микропористого кремния. Установлено, что с повышением частоты воздействующего переменного поля скорость формирования пористого слоя уменьшается, а степень пористости увеличивается.

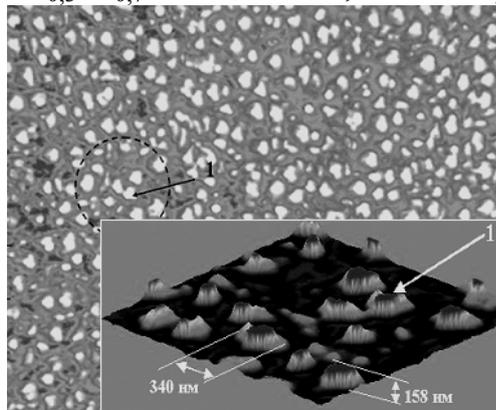
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТРОВКОВЫХ СТРУКТУР НА
ОСНОВЕ СЕЛЕНИДА СВИНЦА ИЗГОТОВЛЕННЫХ
МЕТОДОМ ИНКОНГРУЭНТНОГО ИСПАРЕНИЯ ПЛЕНОК

Д. С. Гаев, А. Г. Столяров

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

В известной мере, в островковых пленках могут наблюдаться эффекты обусловленные проявлением наномасштабных факторов. Поэтому решение задач, ориентированных на создание технологий управляемого синтеза островковых пленок с заданным комплексом структурных, электрофизических и физико-химических свойств, представляет практический интерес для интегральной, квантовой и оптической электроники.

В настоящей работе представляются результаты исследования островковых пленок на основе селенида свинца полученных методом инконгруэнтного испарения пленок заданного состава в условиях трехфазного равновесия. Экспериментальные структуры островковых пленок селенида свинца получены на подложках монокристаллического кремния марки КДБ-10 (111) посредством инконгруэнтного испарения пленок состава $Pb_{0,3}Se_{0,7}$ толщиной 0,15 мкм при температуре 680 °С в вакууме.



В работе были получены экспериментальные структуры островковых пленок при различных режимах их формирования. Экспериментальные структуры были исследованы методами световой и атомно-силовой микроскопии. На рисунке приведено изображение поверхности островковой пленки, полученной при скорости испарения $1,2 \cdot 10^{-6}$ г/(см²с) и температуре 690 °С с указанием средних значений максимальной высоты и характеристического диаметра основания островков.

По результатам исследования экспериментальных структур, полученных при различных режимах, установлено, что с увеличением скорости инконгруэнтного испарения увеличивается плотность островковых образований. При увеличении скорости испарения с $1,2 \cdot 10^{-6}$ до $2,1 \cdot 10^{-6}$ г/(см²с) плотность островков изменяется с $1,03 \cdot 10^9$ до $1,71 \cdot 10^{10}$ см⁻² при температуре подложки в зоне испарения 680 °С. Понижение температуры испарения с 690 до 680 °С приводит к увеличению плотности островков селенида свинца с $1,71 \cdot 10^{10}$ до $4,9 \cdot 10^{11}$ см⁻². Показано, что в качестве параметров эффективного управления характеристиками островковых структур в процессе роста методом инконгруэнтного испарения могут быть выбраны температура подложки и скорость испаре-

ния.УДК 539.21

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОСТРОВКОВЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ ИНКОНГРУЭНТНОГО ИСПАРЕНИЯ ПЛЕНОК ЗАДАННОГО СОСТАВА

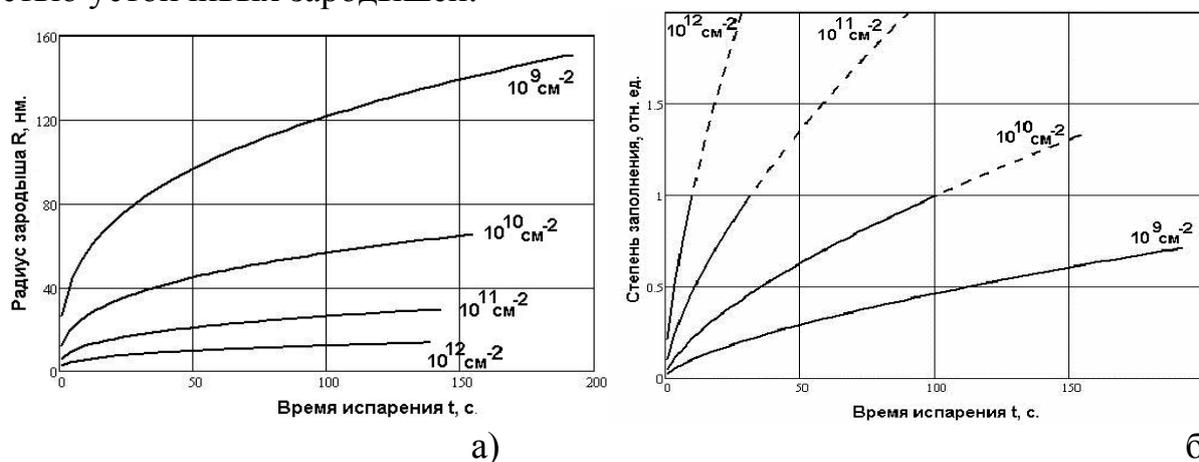
Д. С. Гаев, А. Г. Столяров, Р. К. Кучмезов

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

В настоящей работе представлены результаты теоретического исследования процесса формирования островковых структур методом инконгруэнтного испарения пленок в условиях трехфазного испарения с заданной толщиной и составом.

На основе закона сохранения моментов масс в условиях трехфазного равновесия получены аналитические зависимости изменения брутто-массы формируемой островковой фазы в процессе испарения.

Разработана феноменологическая модель процесса роста зародышей островковой фазы в стадии оствальдовского созревания. Получены выражения, позволяющие оценить характеристические размеры островков через параметры исходных пленок и режимов проведения инконгруэнтного испарения. В частности, ниже на рисунке(а) приведены зависимости изменения радиуса зародыша островковой фазы и степени заполнения поверхности островками от времени испарения для структур с различной плотностью устойчивых зародышей.



Определены предельные параметры исходных пленочных структур, позволяющие в рамках метода инконгруэнтного испарения получать островковые пленки.

Проведено сравнение результатов численного моделирования формирования островковых пленок на основе диселенида олова с характеристиками, полученными на экспериментальных структурах.

Показано, что наиболее прогнозируемым параметром в рамках разработанного подхода является максимальная высота зародыша островковой фазы.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ
З. В. Шомахов¹, Б. Н. Нагоев¹, А. М. Кармоков¹, У. Яркуллов²

¹Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

²Самаркандский государственный университет, г. Самарканд

В последнее десятилетие наметилось направление исследований, в котором ультразвук используется как инструмент, позволяющий эффективно влиять на дефектный состав полупроводниковых материалов. Этот вопрос особенно актуален для кремневой микроэлектроники, поскольку достигаемые на сегодняшний день степени интеграции требуют возможности направленного изменения дефектного состава используемого материала. В данной работе нами продемонстрирована влияния ультразвуковой обработки на температурную зависимость фотоэлектрических свойств кремния.

Исследования проводились на монокристалле *n*-типа (полученного методом Чохральского) кремния. Образцы вырезались из центральной части слитка (50×20×20 мм), шлифовали на абразивных порошках и химически полировали.

Для проведения ультразвуковой обработки (УЗО) использовались пьезокерамические преобразователи в виде колец (ЦТС 19 толщиной 0,3 мм и диаметром 10 мм), собственные частоты которых находились выше спектрального состава сигнала – отклика. Для улучшения акустического контакта использовалось вакуумное масло ВМ-6.

В качестве величины, чувствительной к УЗО, в работе измерялось время жизни неосновных носителей заряда (ННЗ) методом затухания фотопроводимости. Для этих целей была собрана экспериментальная установка с измерительным стендом.

Сложный вид зависимости времени жизни ННЗ от времени действия УЗО и от температуры, сводящего в итоге к его возрастанию, свидетельствует о сложных процессах, происходящих в материале под действием УЗО.

Изменение потенциала на образце отражает закономерности процессов рекомбинации и диффузии носителей заряда и дает возможность определить ряд параметров полупроводникового материала, а также изменение распределения примесей на поверхности полупроводника.

Следует подчеркнуть, что предложенная методика является весьма схематичной. Для установления истинной картины происходящего в кремнии под действием УЗО процессов требуются дальнейшие исследования.

УДК 544.344.015.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО РАЗРАБОТКЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ
МИКРО- И НАНОДИСПЕРСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
ПОРОШКОВ ОКСИДНЫХ ВОЛЬФРАМОВЫХ БРОНЗ
С ОСОБЫМИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

М.Б. Шурдумов, А.Б. Шурдумов, Б.К. Шурдумов

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик.

Научно-технический прогресс в химии, медицине, энергетике, авиации и автостроении, атомной промышленности и в других областях зависит от успешного применения новых материалов на основе редких металлов, в частности молибдена и вольфрама.

Одним из соединений вольфрама для создания новых материалов с микро- и наноразмерами частиц, обладающих уникальными физическими и химическими свойствами является оксид вольфрама (VI).

В структуре оксида вольфрама (VI) между расположенными по типу ReO_3 октаэдрами WO_6 имеются пустоты, окруженные двенадцатью атомами кислорода, куда без искажения решетки может поместиться ион, размером меньший или равный кислородному.

Такие ионы, как Li^+ , Na^+ и K^+ , имеющие размеры меньше чем ион кислорода, внедряясь в решетку оксида вольфрама (VI) образуют так называемые оксидные вольфрамовые бронзы, впервые полученные Веллером в 1824 г.

Этот класс соединений с общей формулой Me_xWO_3 (Me - Li, Na и K; $0 < x < 1$) относятся к нестехиометрическим соединениям.

В зависимости от значения "х" оксидные вольфрамовые бронзы обладают металлическими, полупроводниковыми, электродными, электрохромными и каталитическими свойствами, а также устойчивы к воздействию кислот и щелочей.

В лаборатории «Физической химии ионных расплавов и физико-химических основ синтеза высокочистых соединений молибдена и вольфрама в конденсированных средах» разработаны новые химические способы синтеза в среде высоковязких расплавах вольфрамат-фосфат(борат)-оксидных систем порошки оксидных вольфрамовых бронз с размерами частиц $5 \cdot 10^2 \div 1 \cdot 10^3$ нм.

Оксидные вольфрамовые бронзы обладают относительно высокой плотностью $6,5 \div 7$ г/см³ и их можно разделить методом ступенчатой седиментации на фракции, имеющие в среднем одинаковый состав по размерам частиц и приготовить из них раствор наносuspension.

Результаты этих исследований защищены патентами РФ № 2312068, и № 2138445.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ – грант № 06-03-96643.

СИНТЕЗ ВЫСОКОЧИСТОГО И ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО
ВОЛЬФРАМАТА МЕДИ И ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
С КОМПОНЕНТАМИ СИСТЕМ $Me_2WO_4-WO_3$
В ГЕТЕРОГЕННОЙ СРЕДЕ (ME-LI,NA,K,RB,CS)

Г.К. Шурдумов, Ю.Л. Карданова

Кабардино-Балкарский государственный университет, г.Нальчик

Вольфрамат меди обладает комплексом практически важных физических и физико-химических свойств. Несмотря на это свойства данного соединения остаются малоисследованной областью химии меди и вольфрама, что очевидно, объясняется отсутствием рационального метода его синтеза в высокочистом состоянии. В настоящей работе дан критический анализ известных способов синтеза вольфрамата меди и с учетом выявленных при этом их недостатков, предлагается новый подход к решению проблемы, основанный на реакции сульфата меди с компонентами эвтектик $Li_2WO_4-Na_2WO_4$ при температурах $480\div 490$ °С. Глубокая направленность реакции в сторону $CuWO_4$ получает подтверждение значениями Δ_rG_T и K -процессов $CuSO_4 + Li_2WO_4 = CuWO_4 + Li_2SO_4$, $CuSO_4 + Na_2WO_4 = CuWO_4 + Na_2SO_4$, которые соответственно равны $94,70$ кДж/моль, $K(Li)=3,98\cdot 10^{16}$ и $99,34$ кДж/моль, $K(Li)=2,57\cdot 10^{17}$. Практически синтез вольфрамата меди производится в фарфоровых чашках, медленно повышая температуру до 490 °С ($t_{пл}$ эвтектики $Li_2WO_4-Na_2WO_4$) выдерживая при ней $2\div 2,5$ часа с последующим охлаждением и выщелачиванием спека. Молярное отношение $CuO:WO_3 = 1,01:1$, т. е. содержание $CuWO_4$ в продукте $99,74$ %. Его выход $95\div 96$ %. Размеры частиц $7\cdot 10^{-5}$ м. С другой стороны, поиски путей оптимизации твердофазного способа синтеза привели авторов к системе $CuSO_4-Na_2CO_3-WO_3$, дающей возможность ввести CuO в реакцию с WO_3 в момент его образования - активном состоянии (теория пересыщения Рогинского). Изучена кинетика и термодинамика реакции в указанной системе и показано, что данный вариант является оптимальным среди твердофазных способов синтеза $CuWO_4$. На его основе удалось синтезировать высокочистый и высокодисперсный $CuWO_4$ с нанометрическими размерами частиц и высоким выходом продукта реакции при относительно низких температурах. В работе представлен материал по изучению взаимодействия $CuWO_4$ с компонентами систем $Me_2WO_4-WO_3$ с целью поиска практически полезных фаз. В результате установлено (по данным ВПМ) существование фаз $Li_2WO_4\cdot CuWO_4$ (765 °С), $3Li_2W_2O_7\cdot CuWO_4$ (730 °С), $2Na_2WO_4\cdot CuWO_4$ (760 °С), $3Na_2W_2O_7\cdot CuWO_4$ (750 °С), $K_2WO_4\cdot CuWO_4$ (690 °С), $2K_2W_2O_7\cdot CuWO_4$ (720 °С), $Rb_2WO_4\cdot 2CuWO_4$ (770 °С), $Cs_2WO_4\cdot CuWO_4$ (820 °С), каталитически активных в процессах разложения H_2O_2 и окисления CH_3OH .

СИНТЕЗ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ВОЛЬФРАМАТОВ
КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ В РАСПЛАВАХ СИСТЕМ

$(K_2WO_4 - KCl)_{эвт.} - Co(Ni)SO_4 (K, Co(Ni)||Cl, SO_4, WO_4)$

Г.К. Шурдумов, Е.Х. Тлимахова

Кабардино-Балкарский государственный университет, г.Нальчик

Вольфраматы кобальта и никеля обладают ценными свойствами и широко используются в различных отраслях науки и техники. Однако известные способы синтеза этих фаз, основанные на их осаждении из водных растворов или же на твердофазном процессе взаимодействия эквимольных смесей оксидов Co, Ni и W, обладают целым рядом недостатков, связанных с гидролитическими процессами в растворах, высокой температурой (1000÷1150 °С), длительностью реакций между твёрдыми оксидами (8÷45 часов) и др., что может ограничить масштабы применения $CoWO_4$ и $NiWO_4$. Поэтому разработка рациональных способов получения $CoWO_4$ и $NiWO_4$ позволяющих синтезировать их в высокодисперсном состоянии с высокой чистотой и выходом основного продукта представляют научный и практический интерес.

В плане решения этой проблемы в настоящей работе, в отличие от других авторов, мы воспользовались обменными реакциями в расплавах систем $(K_2WO_4 - KCl)_{эвт.} - Co(Ni)SO_4 (K, Co(Ni)||Cl, SO_4, WO_4)$. Ниже, в таблице приводятся данные по термодинамике реакций в этих системах, химическому анализу целевых продуктов и их выходу.

Реакции в системах $(K_2WO_4 - KCl)_{эвт.} - Co(Ni)SO_4$ $(K, Co(Ni) Cl, SO_4, WO_4)$	$\Delta G,$ кДж/моль, 293К	Содерж. основн. в-ва в синтез-м прод-те, %	Выход основн. вещества, %	Температурый интервал реак- ции и продолж- ть их протека- ния
$K_2WO_4 + CoSO_4 = CoWO_4 + K_2SO_4$ $K_2WO_4 + CoCl_2 = CoWO_4 + 2KCl$ $2KCl + CoSO_4 = CoCl_2 + K_2SO_4$	-263,48 -252,61 -10,10	99,8	97,00	620–680 °С, 10 мин.
$K_2WO_4 + NiSO_4 = NiWO_4 + K_2SO_4$ $K_2WO_4 + NiCl_2 = NiWO_4 + 2KCl$ $2KCl + NiSO_4 = NiCl_2 + K_2SO_4$	-137,33 -134,07 -1,47	99,7	97,00	670÷730 °С, 15 мин.

Как видно, во-первых вероятными являются реакции, ведущие к образованию $CoWO_4$ и $NiWO_4$, во-вторых процессы быстротечны, характеризуются высокой производительностью и, наконец, продукты синтеза отличаются высоким содержанием основного вещества и высокой дисперсностью. Средний размер частиц $CoWO_4$ и $NiWO_4$ по данным седиментационного анализа составляет $3,92 \cdot 10^{-6}$ м и $4,34 \cdot 10^{-6}$ м соответственно.

Кабардино-Балкарский государственный университет, г.Нальчик

Молибдаты щелочноземельных металлов обладают рядом ценных свойств и являются перспективными материалами новой техники (катализаторы, защитные материалы и др.). Однако известные способы получения этих веществ, основанные на реакциях осаждения из водных растворов или же на твердофазном взаимодействии оксида молибдена (VI) с оксидами щелочноземельных металлов характеризуются рядом недостатков (плохая фильтруемость осадков, высокая температура процесса и малая скорость реакции между оксидами и др.) и не гарантируют получения высококачественных соединений. В целях оптимизации технологии получения $\text{Ca}(\text{Sr}, \text{Ba})\text{MoO}_4$ в основу синтеза авторами положены реакции взаимодействия $\text{Na}_2\text{Mo}_n\text{O}_{3n+1}$ с $\text{Ca}(\text{Sr}, \text{Ba})\text{CO}_3$ в расплавах, протекающих при достаточно низкой температуре (500°C) с относительно большой скоростью (20÷30 мин) процесса. Дано термодинамическое обоснование реакций в указанных системах и показано, что они направлены в сторону образования молибдатов щелочноземельных металлов, что коррелируется с основными представлениями теории кислотно-основных равновесий Люкса-Льюиса. Дан кинетический анализ процессов в системах $\text{Na}_2\text{Mo}_n\text{O}_{3n+1}$ - $\text{Ca}(\text{Sr}, \text{Ba})\text{CO}_3$ —по данным термогравиметрического анализа по уравнениям Ерофеева-Колмогорова и Саковича вычислены константы скорости реакций и их энергии активации. Идентификацию синтезированных молибдатов щелочноземельных металлов проводили методами химического, рентгенофазового (РФА) и рентгенофлуоресцентного элементного анализов, из результатов которых следует, что содержание основного вещества в полученных препаратах составляет в среднем 99,5 % с их 97,55 % выходом от теоретического. Ниже, в таблице приводятся данные седиментационного анализа синтезированных $\text{Ca}(\text{Sr}, \text{Ba})\text{MoO}_4$, из которых следует, что наиболее вероятнейшие размеры частиц молибдатов кальция, стронция и бария составляют $5,65 \times 10^{-6}$, $5,21 \times 10^{-6}$ и $5,82 \times 10^{-6}$ м, соответственно.

CaMoO_4		SrMoO_4		BaMoO_4	
r÷r	$\Delta Q, \%$	r÷r	$\Delta Q, \%$	r÷r	$\Delta Q, \%$
0,75÷10,00	61,81	2,28÷10,00	64,14	2,48÷10÷00	57,48
10,00–20,00	29,85	10,00÷20,00	28,88	10,00÷20,00	33,00
20,00–37,95	7,23	20,00÷35,01	5,87	20,00÷39,09	8,46

СИНТЕЗ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ МОЛИБДАТА И
 ВОЛЬФРАМАТА КАЛЬЦИЯ И ИХ ИЗОМОРФНЫХ СМЕСЕЙ
 В РАСПЛАВАХ СИСТЕМ $[\text{NaNO}_3 - \text{Ca}(\text{NO}_3)_2]_{\text{ЭВТ}} - \text{Na}_2\text{Mo}(\text{W})\text{O}_4$
 И $\text{Na,Ca}/\text{NO}_3, \text{MoO}_4, \text{WO}_4$

З.В. Шурдумова, Г.К. Шурдумов, А.М. Кармоков, З.А. Черкесов

Кабардино – Балкарский государственный университет, г. Нальчик, Россия

Молибдат и вольфрамат кальция и их изоморфные смеси обладают ценными свойствами и являются перспективными материалами. В частности вольфрамат кальция применяется в качестве люминофора, катодолуминофора в рентгеноскопии, индикатора γ – излучения в сцинтилляционных счетчиках. Люминесцентные свойства проявляют и изоморфные смеси вольфрамата и молибдата кальция. Однако, к сожалению известные в настоящее время способы синтеза молибдата и вольфрамата кальция и их изоморфных смесей, основанные на реакциях их осаждения из водных растворов или же на твердофазных процессах обладают рядом недостатков, мешающих получению этих фаз в высокодисперсном и высокочистом состоянии. В этой связи в настоящей работе для оптимизации процесса синтеза CaMoO_4 и CaWO_4 и их изоморфных смесей, мы, в отличие от других авторов, воспользовавшись обменными реакциями в расплавах систем $\text{Na,Ca}/\text{NO}_3, \text{MoO}_4(\text{WO}_4)$ и $\text{Na,Ca}/\text{NO}_3, \text{MoO}_4, \text{WO}_4$, значения изобарных потенциалов которых составляют соответственно для молибдатных и вольфраматных систем $-75,94$ и $-101,10$ кДж/моль (673 К), т.е. обменные процессы в указанных системах глубоко смещены в сторону образования искоемых фаз. Как следует из качественного состава систем, использованных для синтеза CaMoO_4 и CaWO_4 и их изоморфных смесей и анализа процессов в них протекающих, чистота образующихся в них фаз определяется исключительно качеством исходных веществ, что подтверждается приводимыми ниже данными по химическому анализу CaMoO_4 и CaWO_4 .

Соединение	Содержание, масс. %				Сод. основного вещества в продуктах реакции, %	Выход продукта реакции, %
	М	MoO ₃	WO ₃			
CaMoO_4	20,05	20,08	71,72	71,99	99,74	96,34
CaWO_4	13,89	13,90	80,42	80,55	99,89	95,69

Индивидуальность синтезированных фаз, наряду с химическим анализом, подтверждена методами РФА и рентгенофлуоресцентным элементным анализом, а средние размеры их частиц лежат в пределах $8 \times 10^{-7} \div 14,2 \times 10^{-6}$ м.

Секция 3 Фото- и вторичноэлектронные приборы и устройства

УДК 621.383.8

МКП И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов, Е.Н. Макаров

Владикавказский технологический центр «Баспик», г.Владикавказ

Благодаря комплексу уникальных свойств МКП находят все более широкое применение в различных областях науки и техники для регистрации и преобразования пространственно-организованных потоков заряженных частиц и излучений. Основное применение МКП связано с техникой ночного видения, с электронно-оптическими преобразователями (ЭОП), где МКП выполняет функции усилителя электронных изображений. В составе ЭОП МКП работает в токовом (аналоговом) линейном одноэлектронном режиме. Совершенствование МКП для ЭОП идет в направлении увеличения разрешения, снижения уровня собственных шумов, улучшения чистоты поля зрения, повышения времени минимальной наработки, снижения оптического отражения со стороны входа. МКП различных типов находят все более широкое применение в составе сборок, позиционно-чувствительных детекторов (ПЧД), различных электронно-оптических звеньев с электрическими выходами для регистрации входных событий частиц (квантов) с координатной привязкой. При этом МКП работают в импульсном режиме регистрации и в режиме зарядового насыщения по отношению к заряду на выходе каналов.

ВТЦ «Баспик» - ведущий в России разработчик и промышленный изготовитель всех типов современных МКП. Технический уровень и качество МКП для ЭОП в основном удовлетворяют требованиям текущего применения. На стадии НИОКР и промышленного освоения находятся мелкоструктурные МКП с каналами $4\div 5$ мкм и повышенным уровнем параметров, а также новая версия базовой технологии этих МКП. Детекторы с МКП, разрабатываемые и выпускаемые ВТЦ «Баспик» в содружестве с заводом «Гран», по разнообразию типов и уровню параметров находятся на уровне продукции ведущих мировых изготовителей. Создана производственно-технологическая база и обеспечивающая техническая инфраструктура разработок и производства всех типов, современных МКП и МКП-устройств на базе традиционных технологий. Ведутся поисковые и прикладные НИР в области разработки альтернативных канальных структур, МКП на основе материалов с объемной проводимостью и пр. Наука и производство обеспечены современными средствами технического контроля, диагностики, специзмерений и испытаний. На ближайшие $3\div 5$ лет предусмотрено резкое, в $5\div 10$ раз увеличение объемов производства и закрепление на мировых рынках продажи МКП-продукции.

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ МКП ДЛЯ ЭОП

Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов, Д. Г. Самканашвили, Ю.В. Щапова

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

В рамках развития МКП-направления ВТЦ «Баспик» в течение ряда лет осуществляет мониторинг зарубежных аналогов МКП для техники ночного видения. За последние 10 лет предметом изучения были МКП ведущих мировых фирм США, Франции, Японии, Китая: *Galileo*, *Hamamatsu*, *Photonis*, китайских изготовителей, а также МКП ранних выпусков фирм *Litton*, *Varian* и др. Полученная информация в целом достаточно полно характеризует состояние и тенденции развития МКП и их технологии, а также сравнительный уровень параметров отечественных и зарубежных МКП. Можно сделать следующие выводы.

1. За последние 30 лет существенных изменений в конструкции и технологии МКП не произошло. Базовые конструкции и базовый технологический метод, включая основные рабочие материалы, не претерпели изменений.

2. Обращает внимание отсутствие прогресса в промышленном освоении мелкоструктурных МКП с каналами 4÷5 мкм. Другие новшества (антирефлекторные покрытия на входе, входные высокоэффективные вторично-эмиссионные покрытия, «воронки» на входе каналов, сложные металло-диэлектрические покрытия на выходе каналов и пр.), о которых ранее сообщалось, не нашли применения в промышленной продукции.

3. Зарубежные изготовители применяют три типа основных рабочих стекол матрицы МКП: аналогичные внедренным в 70–80 г.г. фирмами *Varian* и *Galileo (Corning8161uL²)*, на основе рецептов высокотемпературных стекол, запатентованных в 90-х г.г. фирмой *Zircon*, и на основе разработанного в 70-х гг. стекла фирмой *Mallard*. В качестве стекла растворимой жилы зарубежные изготовители используют лантаново-боратное стекло.

4. Для решения возникающих проблем с механической прочностью пластин зарубежные фирмы вынуждены применять те или иные варианты сложного составного монолитного обрамления. Однако это не решает проблему с треском изготовленных пластин на хранении или в процессе высокотемпературного обезгаживания.

5. Все зарубежные изготовители в той или иной степени имеют проблемы с обеспечением надлежащей структурной и морфологической однородностью, чистотой рабочих поверхностей, ликвидацией дефектов электронного изображения (разнояркость, сотовая структура, точки). Параметры усиления и шумовые свойства пластин разных изготовителей близки.

6. Для всех МКП характерно наличие «щелочной» проблемы.

В целом конструктивные решения, нашедшие применения в отечественных МКП «Баспик», оцениваются как прогрессивные. Параметрический уровень зарубежных и отечественных пластин близок. Отечественные пластины отличаются лучшей механической прочностью и меньшим прогибом, высоким разрешением, хорошим ЧПЗ по темным и светлым точкам и разнояркости, но несколько уступают лучшим зарубежным аналогам по порогу сотовой структуры. Отметим, что в последние годы по этому показателю МКП «Баспик» существенно приблизились к зарубежному уровню. В отличие от пластин ряда зарубежных изготовителей МКП «Баспик» допускают повторное использование после проведения определенной химико-термической реставрации. В целом МКП «Баспик» с учетом имеющегося научного задела имеют хорошие перспективы дальнейшего конструктивно-технологического и параметрического совершенствования.

ПРИМЕНЕНИЕ МКП-ДЕТЕКТОРОВ ПРОСТРАНСТВЕННО-ОРГАНИЗОВАННЫХ ПОТОКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И ИЗЛУЧЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В.М. Доев, Н.В. Лешневская, Г.В. Федотова, А.Б. Попугаев

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

МКП – компактные стеклянные многоканальные вакуумные преобразователи и вторично-электронные усилители пространственно-организованных потоков заряженных частиц и излучений – находят все более широкое применение в современных информационных технологиях.

Если информация об объекте представлена фотонами видимой и ближними ИК-, УФ-областями спектра, то главной целью является усиление изображений, их преобразование и визуализация для пользователя. Это осуществляется в микроканальных электронно-оптических преобразователях (ЭОП), которые широко применяются для передачи и воспроизведения изображений в условиях пониженной освещенности и сложных условиях наблюдений (туман, пыль) и, прежде всего, в технике ночного видения.

Благодаря высокой детектирующей способности входа или с помощью специального входного конвертера МКП может регистрировать входные события различной физической природы, в том числе ультрафиолетовое и рентгеновское излучение, проникающие ядерные излучения: потоки протонов, нейтронов и пр. и преобразовывать их в электронные потоки, которые усиливаются в каналах МКП. Усиленные электронные потоки с МКП собирают на люминесцентном экране, поверхности ПЗС-матрицы или многосекционном коллекторе того или иного типа. При этом осуществляется координатная привязка объекта излучения на местности. На этой основе созданы и интенсивно развиваются многочисленные виды позиционно-чувствительных детекторов (ПЧД) и детекторов высокоинтенсивных излучений. Только фирма *Hamamatsu* (Япония) выпускает более 50 типов ПЧД, которые в составе аппаратуры решают специфические и уникальные задачи обнаружения, идентификации радиоактивных объектов, управления в атомных технологиях, диагностике объектов по их экзoeлектронной эмиссии, в составе сложных компьютерных систем, в том числе с применением активно-импульсных режимов с лазерной подсветкой, для наблюдения в Космосе, в целях обнаружения различных локальных космических и наземных объектов по их характерному излучению.

Технопарк «Баспик-Гран» выпускает широкий перечень различных ВЭУ, КЭУ, ПЧД, применение которых в различных областях науки и техники непрерывно расширяется. Это также требует опережающего развития научно-технологических основ МКП-детекторов, в том числе новых принципов детектирования, новых материалов, конструкций и технологий, новых принципов обработки информации в аппаратуре с МКП-устройствами.

ФАКТОР ШУМА МКП И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОТНОШЕНИЕ
СИГНАЛ-ШУМ НА ВЫХОДЕ ЭОП

Д.В. Бестфатер, С.К. Кулов, Л.А. Македонова, Г.В. Федотова

Владикавказский технологический центр «Баспик», г.Владикавказ

Дальность действия ПНВ в конечном итоге ограничивается величиной отношением сигнал/шум выходного изображения $\psi_{\text{ВЫХ}} = \psi_{\text{ВХ}} / \sqrt{F}$, где $\psi_{\text{ВХ}}$ – отношение сигнал/шум во входном фотонном сигнале, $F = F_{\phi} \cdot F_{\text{МКП}}$ – фактор шума ЭОП, $F_{\phi} = 7,68 \cdot 10^3$, ϕ – фактор шума фотокатода, ϕ – интегральная (к источнику типа «А») чувствительность фотокатода (мкА/Лм), $F_{\text{МКП}}$ – фактор шума МКП. Можно показать, что $\psi_{\text{ВХ}} = 2,2 \cdot 10^8 (E \cdot S \cdot \tau)^{1/2}$, где E – входная освещенность (лк), S – площадь засвеченного на фотокатоду элемента (м^2), τ – постоянная интегрирования глаза (с).

Шумы МКП можно разделить на «нормальные» статистические и избыточные, связанные с обратной ионной связью и автоэлектроникой в каналах. Методом производящих функций можно показать, что фактор шума статистических шумов равен $F_{\text{М}} = [1 + \delta^2(M)] / \omega$. Здесь: ω – прозрачность входа МКП, $\delta^2(M)$ – относительная дисперсия коэффициента усиления каналов МКП. Теория и опыт показывают, что закон распределения вероятностей случайной величины «М» аналогичен экспоненциальному, и тогда $\delta^2(M) = 2/\sigma_1$, где σ_1 – коэффициент вторичной электронной эмиссии (КВЭЭ) каналов при первом соударении электрона. Приняв типичные значения $\sigma_1 = 4$, $\omega = 0,6$, получим $F_{\text{М}} = 2,5$.

Согласно ГОСТ 21815.19-90 и MIL-стандарту США, элемент изображения на фотокатоду берут в виде кружка диаметром 0,2 мм, освещенность равна $1 \cdot 10^{-4}$ лк, а постоянную интегрирования глаза принимают равной 0,05 с. В этом случае $\psi_{\text{ВХ}} = 88$. При чувствительности фотокатода $1000 \div 2000$ мкА/Лм фактор шума фотокатода равен 7,68 и 3,84, а отношение сигнал/шум на выходе $\psi_{\text{ВЫХ}}$ будет равно 20 и 27. При работе в условиях ЭОП физическая прозрачность входа больше геометрической и может достигать величины 0,9. В этом случае Фактор шума МКП соответствует 1,67, отношение сигнал/шум на выходе ЭОП для указанной чувствительности фотокатода будет равно 24,6 и 34,7. Дальнейшее увеличение отношения сигнал/шум на выходе ЭОП может быть связано с увеличением σ_1 ; путем нанесения на вход каналов МКП подходящего высокоэффективного вторично-электронного пленочного эмиттера. Для $\sigma_1 = 8$ фактор шума МКП равен в условиях ЭОП величине около 1,4, что дает на выходе ЭОП отношение сигнал/шум соответственно 27 и 38. Предельный случай соответствует $\delta^2(M) \sim 0$, когда в условиях ЭОП фактор шума МКП будет порядка 1,1, а отношение сигнал/шум на выходе ЭОП будет равно 30 и 43. Ранее

С. К. Куловым было показано, что для $8^2(M) \sim 0$, МКП в составе ЭОП должна работать в режиме зарядового насыщения усиления, что не представляется нереальным для современных мелкоструктурных МКП с повышенным калибром каналов и достаточно высоким напряжении на МКП.

УДК 621.383.8

УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОКАТОДОВ

В.В. Агаев, Г.В. Федотова, Б.Ю. Мищерский, Е.И. Сенцова, Д.В. Аксенов.

ВТЦ «Баспик», г. Владикавказ

Одной из основных характеристик фотокатодов является чувствительность фотокатода, зависящая от длины волны. Для измерения спектральных зависимостей была разработана универсальная установка на базе монохроматора МДР-23, которая позволяла в широком диапазоне длин волн измерять относительные и абсолютные величины чувствительности фотокатодов, она же позволяла определять и другие оптические характеристики - коэффициенты отражения и пропускания, толщину фотокатода. Блок схема спектральной установки показана на рисунке.

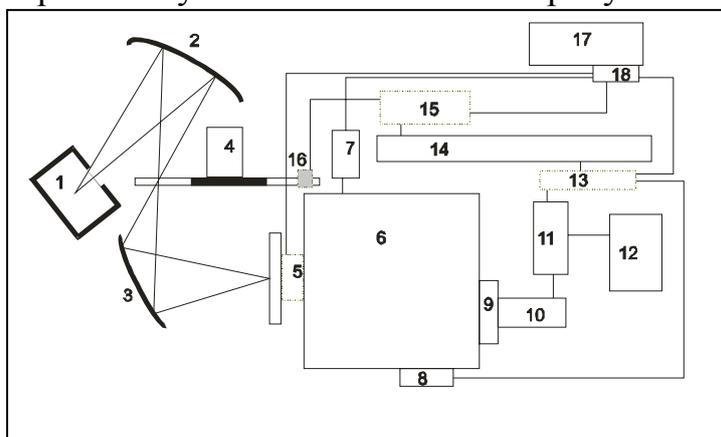


Рис. 1 – осветительная лампа; 2, 3 – сферические зеркала; 4 – модулятор; 5 – блок смены входных фильтров; 6 – монохроматор МДР-23; 7 – контроллер управления шаговым двигателем монохроматора; 8 – выходная щель с опорным фотоприемником (в качестве опорного фотоприемника использовали германиевый фотодиод); 9 – вторая выходная щель; 10 – исследуемый ЭОП; 11 – блок нагрузочных сопротивлений; 12 – источник питания ЭОП.; 13 – блок коммутатора; 14 – селективный усилитель; 15 – синхронный детектор; 17 – компьютер; 18 – микроконтролер АТmega 8535 со встроенный в него АЦП

Применение встроенных перепрограммируемых микроконтроллеров позволяет создавать очень гибкие, малогабаритные, мобильные, обладающие высоким быстродействием системы автоматизации. Кроме того системы, построенные на базе микроконтроллеров, могут без применения внешнего управляющего компьютера производить накопление и обработку данных и выбирать определенный алгоритм работы, что существенно уменьшает поток данных и ограничивает нагрузку на шину, по которой происходит взаимодействие систем управления и сбора данных. Используемые интерфейсы RS485, RS232, IC2, PCI, USB обеспечивают оптимальный режим обмена данными между компонентами системы.

Данная установка позволяла измерять параметры спектральной чувствительности на переменном сигнале. Применение метода синхронного детектирования и компьютерной обработки сигналов позволило также существенно расширить диапазон измеряемых сигналов (почти на шесть порядков). Зная величину спектральной чувствительности опорного фотоприемника и абсолютную величину интегральной чувствительности фотокатода, можно определить абсолютное значение спектральной чувствительности фотокатода.

УДК 621.383.8

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ НОВОГО СПЕЦТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И АСУ ТП ПРОИЗВОДСТВА МКП, ВОП, ЭОП

Э.Г. Кулаев, К.Э. Кулаев, С.К. Кулов

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Основное спецтехнологическое оборудование производства МКП, ВОП и ЭОП было разработано в СССР в начале-середине 80-х г.г. Оно, частично модернизированное, используется до сего времени, однако представляется достаточно устаревшим и не соответствующим новым требованиям к технологии и новым техническим и информационным возможностям. Отдел АСУ ТП ВТЦ «Баспик» последовательно реализует концепцию технологического обновления производства МКП, ВОП, ЭОП. В порядке реализации этой концепции ведется разработка нового поколения оборудования для спекания микроканальных блоков в технологии МКП и ВОП и оборудования вакуумного «переноса» в технологии ЭОП нового поколения. Прорабатываются требования к оборудованию для

термогазовой обработки, включая термоводородное восстановление. Основные подходы и отличительные особенности проектируемого оборудования:

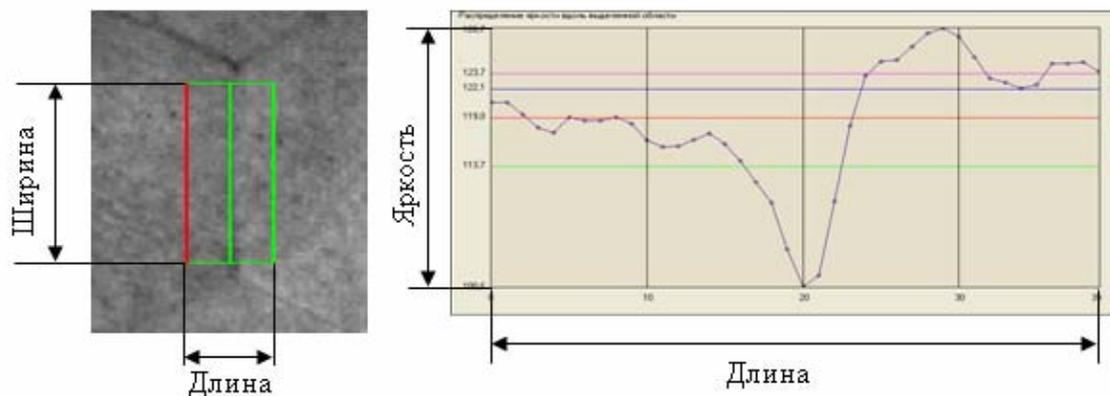
1. Учет требований технологии.
2. Учет требований достаточного управления.
3. Учет требований по производительности.
4. Учет требований по технологической точности.
5. Учет требований по надежности.
6. Учет требований по охране труда.
7. Учет требований по экологии.
8. Учет требований по эргономике.

УДК 621.383.8

ИССЛЕДОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА
ДЕТАЛЬНОГО КОНТРАСТА И ХАРАКТЕРНЫХ
НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ МКП
В.В. Агаев, Г.В. Федотова, Б.Ю. Мищерский

ВТЦ «Баспик», г. Владикавказ

Для выяснения физики процессов, происходящих в каналах МКП, и причин, приводящих к появлению сотовой структуры (СС), необходимо исследовать зависимость детального контраста сотовой структуры от величины входного тока. Для этого можно использовать яркомер типа «ЯРМ» с диаметром диафрагмы менее 10 мкм, однако, измерение такой зависимости сопровождается определенными сложностями. Поэтому для исследования этой зависимости решено было использовать высокочувствительную цифровую камеру DSI, которая позволяла производить съемку электронного изображения МКП при низких величинах (порядка 10^{-12} А) входных токов. Для измерения контраста была разработана компьютерная программа, позволяющая измерять величину контраста сотовой структуры по ее цифровому изображению. Для этого на фотографии электронного изображения выделялась область, в которой определялась яркость каждого пикселя, образуя двухмерный массив данных. Обработав статистически этот массив, на экране получали график распределения яркости на выделенной области.



Кроме этого, данная программа позволяла определять не только величину контраста в выбранной области, но и определять геометрические размеры неоднородностей на полученном изображении. Использование разнояростного клина позволило сравнить величину детального контраста полученного, с помощью цифровой камеры с величиной контраста, замеренной с помощью яркомера. Сравнимые величины контрастов практически совпадали.

Использование цифровой камеры с компьютерной программой обработки изображения позволило также исследовать зависимость величины детального контраста по границам МЖС от величины входного тока при постоянном напряжении на пластине (750 В), и сопротивление пластины, равное $1,29 \cdot 10^{-8}$ Ом.

Полученные результаты показывают, что величина контраста в начальной области измеряемых входных токов постоянна, а затем возрастает с увеличением величины входного тока на МКП. Область, где контраст не изменяется, является линейной областью работы МКП, и в этой области, каждый канал одинаково передает яркость, (но при этом пограничные каналы не находятся в области насыщения, а имеют другие коэффициенты умножения и поэтому выглядят темными). При величине входного тока, близкой к величине 10^{-10} А, коэффициент умножения начинает падать, пограничные каналы входят в насыщение и контраст начинает расти с ростом величины входного тока. Причина такого насыщения, возможно, связана с тем, что у пограничных каналов сопротивление больше и заряд внутри каналов не успевает стекать, что приводит к уменьшению каскадов усиления и уменьшению коэффициента умножения.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ВТОРИЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ
Ю. А. Аккизов, А. М. Кармоков, О. А. Молоканов

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

Вторичная электронная эмиссия (ВЭЭ) является одной из важнейших характеристик материалов. Экспериментальные установки для изучения ВЭЭ состоят из приборной части (устройства) и схемы питания. Схемы питания имеют существенные различия в зависимости от того, какие материалы исследуются – проводники или диэлектрики.

Стандартных установок для изучения ВЭЭ нет, поэтому в каждом случае они разрабатываются и изготавливаются силами самих исследователей и под конкретную задачу. На рис. представлено устройство для изучения ВЭЭ стекол. Устройство рассчитано на образцы в форме тонкого диска диаметром 20÷25 мм. Устройство содержит триодный электронный прожектор, фокусирующий электрод, коллектор вторичных электронов, подложку с исследуемым образцом и сетку.

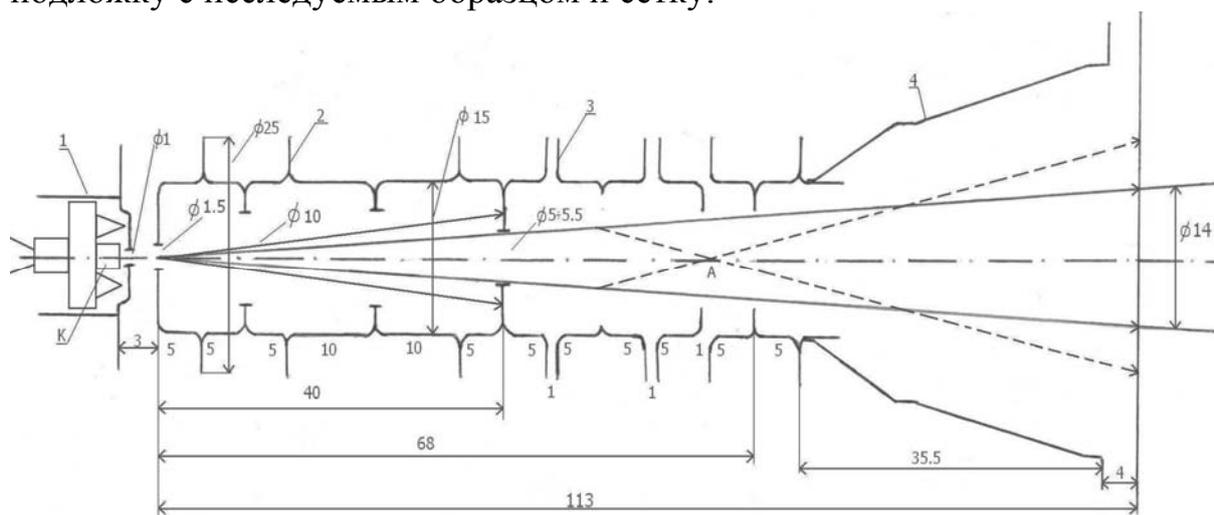


Рис. Устройство для изучения вторичной электронной эмиссии

В устройстве предусмотрен сменный катодный узел. Электронный пучок может фокусироваться до диаметра 25 мм при неравномерности плотности тока падающего пучка на поверхности мишени не более 6%. Для исключения паразитных токов от вторичной эмиссии электронов предусмотрена специальная сетка перед образцом. Минимальные плотности тока на образец соответствуют значениям плотности входного тока микроканальных пластин. Устройство позволяет исследовать вторичную эмиссию как при комнатной температуре, так и при нагреве образца.

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Проведены систематические исследования факторов пространственного разрешения МКП: структурно-геометрических (СГФ), электронно-полевых (ЭПФ), шумовых (ШФ), методические (МФ). Установлены особенности и механизм влияния на разрешение основных СГФ, в том числе: параметры микроструктуры (диаметр каналов и шаг структуры), калибр каналов и угол их наклона, глубина, геометрия и толщина слоя металлизации каналов на выходе и входе, разброс диаметров каналов. Среди ЭПФ рассматривались: величина однородного поля на входе и выходе МКП, величина зазоров фотокатод-вход МКП и выход МКП-экран и напряжений между этими электродами. ШФ включает влияние пространственных и временных шумов, фактор шума МКП. К методическим факторам относятся: энергия и угол влета (вылета) электронов на входе и выходе МКП, напряжение на МКП, величины входного тока, разрешение экрана, оптическое увеличение окуляра.

Разработана и подтверждена на практике теория пространственного разрешения МКП, учитывающая основные из вышеуказанных факторов. Показано, что МКП ВТЦ «Баспик», при оптимальных условиях и параметрах выходного промежутка (ширина 0,45 мм, напряжение экран-МКП $6\div 7$ кВ) имеют разрешение, которое практически равно геометрическому пределу, причем МКП с каналами 4–5–6 мкм имеют разрешение на уровне 80–90–100 пар лин/мм.

Показано, что минимизация структурных шумов и повышение пространственной однородности усиления каналов повышает реализуемое разрешение МКП. Рассмотрены причинные факторы характерных неоднородностей электронного изображения, таких, как «апельсиновая кожура». Установлено, что некоторые термо-физико-химические воздействия могут приводить к занижению разрешения, по-видимому, вследствие изменения электрического поля в канале, изменений условий размножения и выхода электронов из каналов, а также вследствие повышенного рассеяния на нанонеровностях поверхности канала.

Изучены особенности передачи изображения дискретных объектов (мира) дискретной системой (МКП), влияющие на формирование выходного контраста на экране, в частности, «муаровые эффекты», которые могут затушевывать полезное изображение. Установлена связь между характером и интенсивностью муара и некоторыми параметрами МКП (угол наклона каналов, напряжение на МКП, характер входной металлизации и пр.). Разрабатывается теория электронного муара МКП.

СИММЕТРИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ МИКРОКАНАЛОВ И ВТОРИЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ

А.Л. Горбушин, О.А. Молоканов, О.О. Молоканова

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

Начиная от стадии вытяжки ОЖС в структуре МКП закладываются механические напряжения. Обусловлены эти напряжения, в частности, различием температурных коэффициентов расширения материалов оболочки и опорной жилы ($9, 2 \times 10^{-6}$ и $7,9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, соответственно). Это различие формирует при охлаждении после спекания сложное поле напряжений. Так как каналы МКП располагаются в узлах гексагональной сетки, имеющей ось симметрии 6-го порядка, в каждом канале по осям симметрии формируются зоны напряжений, в которых происходит изменение условий кристаллизации, что создает неоднородность коэффициентов вторичной электронной эмиссии.

Любая зона напряжений в материале изменяет показатель преломления n . Таким образом, по длине окружности микроканала формируется 12 знакопеременных зон, коррелированных с неоднородностью показателя преломления, по шесть с $n + \delta n_1$ и $n - \delta n_2$ (рис.).

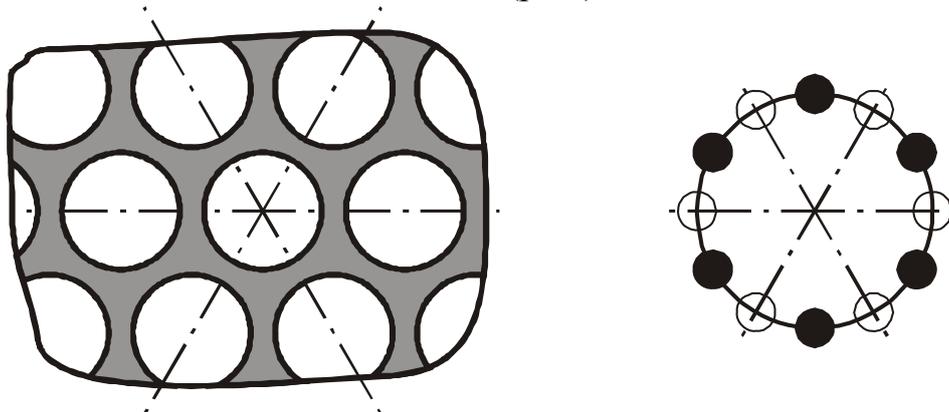


Рис. К расположению зон напряжений на поверхности каналов: слева – оси симметрии 6-го порядка; справа чередование зон напряжений по окружности канала

Поскольку показатель преломления зависит от напряжений, для исследования распределения напряжений перспективным представляется использование оптических методов. Одним из таких методов может стать лазерная интерферометрия. Для решения этой задачи нет стандартных интерферометров. Создание двухрежимного специализированного интерферометра для исследования внутренней поверхности единичного канала диаметром $5 \div 10$ мкм на просвет и отражение представляется целесообразным и возможным.

**ЛАЗЕРНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ МИКРОКАНАЛОВ**
А. Л. Горбушин¹, О. А. Молоканов¹, О. О Молоканова¹, И. С. Ташлыков²

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик
Белорусский государственный политехнический университет, г. Минск

Каналы МКП располагаются в узлах гексагональной сетки, имеющей ось симметрии 6-го порядка. Начиная со стадии вытяжки ОЖС в каждом канале формируются зоны механических напряжений. В дальнейшем эти зоны являются концентраторами неоднородностей оптического показателя преломления и вторичноэмиссионных свойств. Поскольку обе эти характеристики имеют общую причину, распределение их неоднородностей должны коррелировать друг с другом.

Для исследования распределения показателя преломления, а следовательно, и механических напряжений по окружности канала предложен двухрежимный лазерный интерферометр на просвет и отражение (рис.).

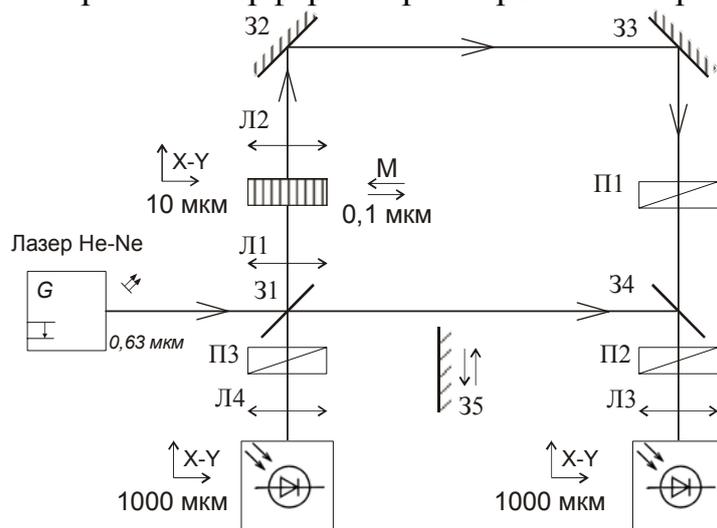


Рис. Оптическая схема двухрежимного лазерного интерферометра на просвет и отражение для изучения поля напряжений

Источником излучения в интерферометре является лазер с достаточно большой длиной когерентности, например, гелий-неоновый. Зеркала 31 и 34 являются полупрозрачными, а 32, 33 и 35 – глухими. Подвижное зеркало 35 переключает режимы «отражение» (35 введено в пучок, работает левый по схеме приемный канал) и «просвет» (35 выведено из пучка, работает правый по схеме приемный канал). Схема содержит также поляризаторы П1-П3 и коллимирующие линзы Л1-Л4. Образец устанавливается на пьезомодуляторе М, который, в свою очередь, установлен на двухкоординатном позиционере с ходом по каждой координате не менее шага структуры МКП.

Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

При изучении электропроводности стекол для МКП величины измеряемых токов составляют $10^{-15} \dots 10^{-9}$ А. При этом объект измерения, как правило, располагается в вакууме, а предусилители стандартных электрометрических приборов не совместимы с размещением их в вакууме. Предлагаемый преобразователь малых токов имеет в своем составе выносной предусилитель, размещаемый в вакууме (рис.).

Преобразователь строится на основе полевого транзистора с изолированным затвором КП305Е и прецизионного операционного усилителя ОР07 (Texas Instruments).

Предусилитель на полевом транзисторе КП305Е размещается в вакууме непосредственно на объекте измерения. Там же размещаются Герконовые ключи и резисторы вакуумного исполнения (КВМ), определяющие поддиапазоны измерения. Температурный дрейф устраняется знакопеременным питанием объекта измерения.

Питание преобразователя осуществляется от двуполярного источника ± 15 В, при токе потребления не более 30 мА. Динамический диапазон измеряемых токов охватывает значения от 10^{-15} до 10^{-9} А в трех поддиапазонах, переключаемых герконами.

Схема преобразователя показана на рис. Элементы, обведенные пунктирной линией, как и образец, размещаются в вакууме.

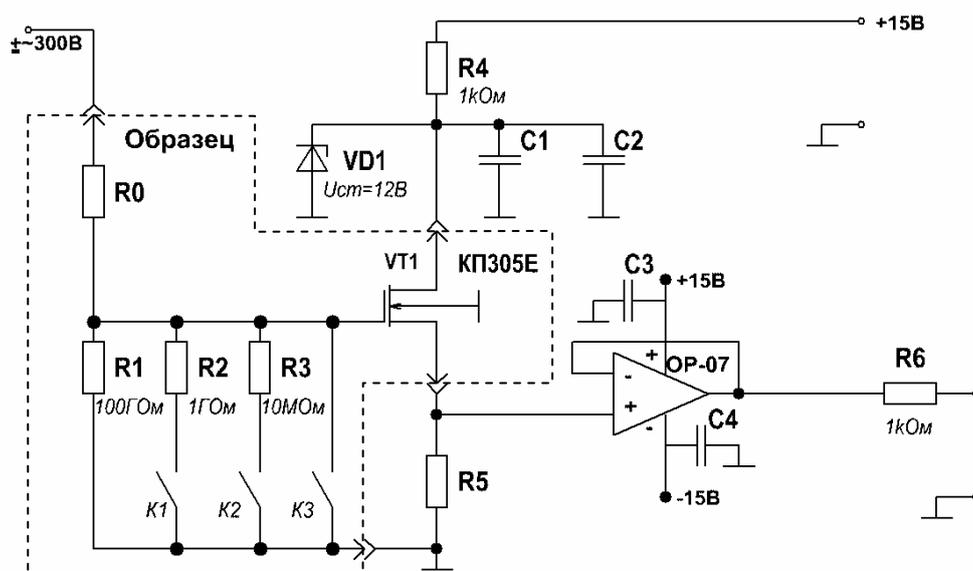


Рис. Схема электрометрического преобразователя

Секция 4
Технологии изготовления современных ЭОП

УДК 621.383.8

ЭЛЕКТРОНООПТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ
НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

С.К. Кулов, Г.В. Федотова

ВТЦ «Баспик», г. Владикавказ

Развитие направления ЭОП происходит в тесной связи с направлением ПНВ. Факторами являются: требования сферы применения, технологические возможности и ограничения, конкуренция с функциональными аналогами. Развитие направления происходит на основе известных законов диалектики путем смены поколений. Поколения ЭОП, использующие ВОП и МКП, относят к новым поколениям: 2 (инверторные), 2+ (бипланарные), 2++ (бипланарные улучшенные), 3 (с ОЭС-фотокатодом, бипланарные), 3+ (улучшенные 3 поколения). Поколения 2+, 2++, 3, 3+ развиваются в течение последних 25 лет. Сегодня мировой технический уровень ЭОП определяют изделия фирм PHOTONIS-DEP и ПТ. Европейский рынок ЭОП представлен, в основном приборами PHOTONIS-DEP, которая традиционно развивает направление 2+, 2++. Благодаря высокой чувствительности используемого многощелочного фотокатода (порядка 800÷900 мкА/лм) и отсутствию ионно-барьерной плёнки на МКП сигнал/шум этих изделий сравним, а иногда и превосходит сигнал/шум ЭОП 3 поколения, при этом ЭОП 2+ имеют более низкую стоимость. Но достижением последних лет стал ЭОП 4 поколения. После дискуссий, проводимых с 2000 г., о признаках принадлежности к 4 поколению появилась определённость в этом вопросе: к 4 поколению ЭОП по данным последних каталогов относят ЭОП с фотокатодом AzV_5 , без плёнки на МКП и с импульсным источником питания. Такой ЭОП имеет повышенное отношение сигнал/шум (порядка 33) и расширенный до 1000 лк диапазон рабочих освещённостей, что улучшает дальность видения ЭОП в экстремально низких условиях освещённости и позволяет вести эффективное наблюдение в условиях динамично изменяющейся освещённости, в том числе в городских условиях.

Среди других тенденций необходимо отметить интерес и прогресс в области гибридно-модульных преобразователей (ГМП) и, в первую очередь, со встроенной внутрь вакуумного объёма ЭОП электронно-возбуждаемой матрицей ПЗС. В таком ГМП отсутствуют потери, связанные с преобразованием электронного потока в излучение экрана ЭОП, потери излучения и разрешения в оптике переноса, а также влияние инерционности и шумов люминофора экрана.

Очевидна тенденция к росту параметров ЭОП новейших поколений, в частности, значительно (до 64÷84 штр/мм) возрос уровень разрешающей способности, в первую очередь благодаря применению более мелкоструктурных МКП; срок службы ЭОП возрос до 10000÷15000 часов.

Качество ЭОП в последние годы принято оценивать показателем FOM, равным произведению отношения сигнал/шум на предел разрешающей способности. К качественным ЭОП в настоящее время относят ЭОП с FOM = 1200÷1500. Следует отметить возросший за последние годы FOM отечественных ЭОП 2+ и 3 поколений, который, однако, уступает показателям лучших зарубежных аналогов.

УДК 621.383.8

ПРИНЦИПЫ НОВОЙ ВЕРСИИ БАЗОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ МКП

С.К. Кулов, Е.Н. Макаров

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Совершенствование МКП для техники ночного видения и других применений в составе оптико-электронной аппаратуры требует развития их технологии. Анализ показывает, что все основные задачи улучшения качества и надежности МКП могут быть решены в рамках базового технологического метода путем его модернизации и разработки новой версии базовой технологии. Эта версия предусматривает структурную и параметрическую оптимизацию основных технологических операций, а также введение новых методов обработки.

Необходимым условием является корректировка состава и характеристик рабочих стекол, а также конструкции базовых элементов ОЖС (одножильный световод), МЖС (многожильный световод), МКБ (микроканальный блок) и технологии их изготовления. Это должно гарантировать достаточное совершенство структуры и качество спаев в конструкции МКПО: МКС-МКС (микроканальные соты), а также МКВ-МО. (микроканальная вставка - монолитное обрамление). Сдвиг МЖС в структуре МКВ должен быть сведен к минимуму.

За счет применения новых материалов, реагентов и технологических сред, новых режимов и условий модернизируются физико-химические процессы на вытравливании опорной жилы и термоводородного восстановления. В результате достигается требуемая структурная однородность МКПО, что исключает характерные дефекты ЧПЗ типа «точки», «разнояркость», «сотовая структура».

Особое внимание придается удалению щелочной составляющей из стекла стенок каналов, что может достигаться применением комплекса специальных физико-химических обработок при изготовлении и после изготовления МКП. Важное значение имеет повышение термостабильности (до 500–550 °С) конструкции и минимизации газосодержания материала МКПО, что также обеспечивается технологией.

Разработка новой версии базовой технологии опирается на реализуемую ВТЦ «Баспик» технологическую парадигму о целенаправленном изменении характеристик рабочих стекол в ходе техпроцесса. Это позволяет, в частности, обеспечить высокую механическую прочность и формоустойчивость (малый прогиб) мелкоструктурных МКП с каналами до 4 мкм при толщине пластины 250 мкм.

Новая версия технологии предусматривает также специальные меры по обеспечению минимального уровня шумов, высокого пространственного разрешения, чистоты и гладкости рабочих поверхностей, высокой долговечности и термостойкости при обезгаживании МКПО.

УДК 621.383.8

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА МКП ДЛЯ ТЕХНИКИ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов, Е.Н. Макаров

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Развитие приборов ночного видения (ПНВ) на микроканальных электронно-оптических преобразователях (ЭОП) идет в направлении увеличения дальности действия, снижения весовых, габаритных и энергетических характеристик, повышения помехозащищенности и надежности. Это требует улучшения параметрических характеристик ЭОП и МКП, в частности, увеличения пространственного разрешения (до 80÷90 пар лин/мм), отношения сигнал-шум на выходе (до 25÷30), минимальной наработки (до 15000 ч.), улучшения чистоты поля зрения (ЧПЗ), механической прочности конструкции МКП в реальных условиях эксплуатации.

Анализ показывает, что применительно к МКП все эти требования могут быть реализованы в рамках совершенствования базовой технологии. На практике реализация их связана с разработкой и освоением мелкоструктурных МКП с диаметром каналов 4–5–6 мкм и повышенным уровнем параметров. Эти МКП должны быть механически прочными и формоустойчивыми (стрела прогиба не более 20 мкм), в рабочих режимах применения не иметь сотовой структуры и разноярокости микроканальных сот, в пределах рабо-

чей площади не иметь точек размером более 50 мкм, допускать эксплуатацию при внешних электрических полях до 15÷17 кВ/мм, иметь геометрическую прозрачность входа не менее 70÷75 %, выходной темновой ток не более 1×10^{-14} А/см², иметь фактор шума не более 1,2÷1,3, обладать уровнем газоотделения на сроке службы не более 1×10^{-14} лтор/с при полном отсутствии обратной ионной связи.

В настоящее время ВТЦ «Баспик» успешно реализует программу разработки и внедрения новой версии базовой технологии, мелкоструктурных МКП с каналами 4÷6 мкм. На этой основе в несколько раз повышен порог СС. Достигнут предел разрешения 100 пар лин/мм. Увеличена прозрачность входа МКП. Реализация специальных мероприятий по улучшению структурной однородности, чистоты и гладкости рабочих поверхностей МКП и оптимизации состава и структуры резистивно-эмиссионного слоя (РЭС) каналов позволит обеспечить необходимые требования по шумам, наработке, ЧПЗ при сохранении требуемой механической прочности конструкции. С 2008 года ВТЦ «Баспик» практически осуществляет переход на новую версию технологии МКП. Ведется научная работа по созданию МКП с каналами порядка 100 нм и разрешением свыше 1000 пар лин/мм.

УДК 621.383.8

СОТОВАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ МКП

Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов, Е.Н. Макаров, Д.Г. Самканашвили,
А.Б. Попугаев А.К. Уртаев

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Сотовая структура (СС) - объективное свойство электронного изображения (ЭИ) микроканальных пластин (МКП). Порог СС - величина входного тока МКП, при которой уже визуально регистрируется наличие СС. По условиям применения МКП в составе электронно-оптических преобразователей (ЭОП) СС выходного изображения должна отсутствовать при входных токах до $(2-5)10^{-10}$ А. Сложное явление СС – предмет систематических исследований в ВТЦ «Баспик» за последние 10 лет. Проведено более 100 работ в области физики, диагностики, идентификации и оптимизации влияющих конструктивно-технологических факторов СС. Наиболее важные результаты:

СС – сложное многофакторное свойство, детерминированное принятым технологическим методом изготовления МКП. Основные факторы – эмиссионный, резистивный, геометрически-структурный – действуют относительно независимо, корпоративно и (или) конкурентно, что определя-

ет тип, характерные реквизиты-признаки и поведение СС. Существование порога СС по входному току объясняется улучшением условий регистрации и также возможным увеличением контраста СС за счет резистивного фактора. Первостепенное значение имеет так называемый эмиссионно-грязевой фактор СС, связанный со структурными дефектами по границам спекания многожильных световодов (МЖС) и концентрацией в их пределах загрязнений. На это, в частности, указывает статистический характер величины порога СС по рабочему полю МКП: большинство (90% и более) границ спекания МЖС имеет порог $(0,5 \div 1) \times 10^{-9}$ А, а существенно более низкий порог имеет лишь около 5 % границ, которые обычно отличаются и наличием тех или иных приграничных структурных дефектов. Вместе с тем усиление и сопротивление пограничных (ПК) и внутренних (ВК) каналов микроканальных сот (МКС) вследствие их несколько различной геометрии и технологической предыстории также может быть различным. Это детерминирует зависимость величины и поведения порога СС от режимов и условий ряда формирующих технологических операций (вытравливания жилы, термоводородного восстановления), дополнительных термо-физико-химических обработок (термовакuumный и термогазовый отжиг, электронная и ионная обработка) и на хранении МКП.

Различия в геометрически-структурных и электрических характеристиках ПК и ВК формируются в основном на стадии изготовления МЖС и спекания микроканальных блоков (МКБ). Все дальнейшее поведение порога СС в зависимости от факторов технологии и эксплуатации, так или иначе, связано с этими первопричинами. Реализованная с учетом этого комплексная оптимизация технологии привела к существенному, в несколько раз, увеличению порога СС, что привело к снижению доли брака и улучшению качества ЭОП применения.

УДК 621.383.8

ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ СТРУКТУРНОГО СОВЕРШЕНСТВА МКПО

К.Ю. Ахполов, А.Б. Попугаев, Д.Г. Самканашвили, А.К. Уртаев

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ, Россия

Структурный фактор играет большое значение в обеспечении требуемого параметрического уровня современных МКП. К структурным единицам МКПО относятся: монолитное обрамление (МО) и микроканальная вставка (МКВ), МКС (микроканальные соты) и их прототипы МЖС (многожильные стеклянные стержни) и конечные структурные

единицы - каналы. Общее число структурных единиц МКПО достигает $(5\div 10)\times 10^6$. Такой же порядок имеет количество стеклянных спаев между структурными единицами. Спай МКВ-МО отвечает за механическую прочность и формоустойчивость (величина прогиба) пластин, а также за неоднородность усиления пограничных каналов спая, которые на электронном изображении МКП трансформируются в полосы (дуги) по границе МКВ. Несколько тысяч спаев между МЖС ответственны за сотовую структуру электронного изображения, а также светлые или темные точки по углам МЖС. Внутри МЖС могут быть локальные дефекты структуры (т. н. «межканальные отверстия – МКО»), отвечающие за темные и светлые пятна на электронном изображении. Наконец, в стенках каналов, как пограничных, так и внутри МЖС, могут быть протяженные субмикрокапилляры, в том числе и сквозные.

Следует учесть, что любые структурные дефекты типа микроотверстий (микропор) всегда частично забиты технологическими загрязнениями, в последующем являются источником интенсивного газоотделения, центрами автоэмиссии, либо «слабыми» местами, с точки зрения механической и электрической прочности МКП. Кроме того, выход структурных дефектов на торцы пластин и поверхность каналов является фактором чистоты рабочих поверхностей и их функциональных характеристик.

Решение структурной проблемы – необходимое условие высокого качества МКП, причем важность и сложность структурной проблемы возрастает при переходе к мелкоструктурным МКП. Ответственные операции – изготовление ОЖС, МЖС, МКБ. Основные факторы структурного совершенства МКП, которые следует рассматривать совместно и которые нужно оптимизировать только совместно: а) параметры (вязкость, ТКЛР, взаимодиффузия, совместимость) рабочих стекол, б) конструктивные особенности структурных элементов и заготовок (ОЖС, МЖС, МКБ), в) принятые технологические методы изготовления ОЖС, пучка ОЖС, МЖС, МКБ, г) технологические параметры, режимы и условия на вытяжке ОЖС и МЖС, сборке и спекании МКБ.

Требуют теоретического осмысливания и развития вопросы формирования совершенных структур из дискретных элементов с учетом принципов самоорганизации, механизмы формирования совершенных МЖС при перетяжке достаточно рыхлого пучка ОЖС и спекания МЖС в составе МКБ, оптимальных температурно-скоростных режимов на вытяжке и температурно-барически-временных режимов на спекании.

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ СПАЯ ЖИЛА-ОБОЛОЧКА
В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХЭ.А. Дзидзоева, С.К. Кулов, Е.Н. Макаров, Л.А. Помазова, А.Б. Попугаев,
Д.Г. Самканашвили, А.К. Уртаев

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Качество стеклянного спая жила-оболочка – неперемнная и важнейшая научно-технологическая проблема волоконной оптики и, в частности, технологии МКП и ВОП. Это связано с тем, что граница спая жила-оболочка в волоконно-оптических изделиях, или поверхность и резистивно-эмиссионный слой каналов в технологии МКП по всем своим характеристикам, несомненно, генетически зависят от качества спая жила-оболочка, которое в свою очередь определяются тремя группами факторов: а) физико-химическими свойствами рабочих стекол, б) принятым технологическим методом изготовления световодов, в) конкретными режимами и условиями техпроцессов. К основным процессам дефектообразования в спае жила-оболочка относятся: а) микрорастрескивание в спае из-за неблагоприятной разницы ТКЛР стекол, возникновения коэффициентных и (или) закалочных напряжений, б) дефекты в спае, связанные с дефектностью исходных стекол (камни, пузыри, кристаллы, свили), в) вжигание в спай посторонних частиц и реагентов, г) выделение в спае газов и пузырность, д) кристаллизация, микрорасплаивание (ликвация) и опалесценция в спае, е) взаимодиффузия компонент через границы спая. Принципиальным вопросом является совместимость рабочих стекол жила-оболочка, т.е. их способность образовывать границы с минимумом вышеуказанных дефектов, приводящих к частичной или полной потере световодных или электронно-умножительных свойств, а также к разрушению световода. Анализ показывает, что традиционные подходы, критерии и методы определения совместимости световодных стекол являются недостаточными в технологии современных МКП и ВОП. Стандартные требования минимизации дефектности в спае являются лишь необходимым условием. Достаточным условием совместимости являются достижение требуемых конечных функциональных характеристик изделия. Отсюда вытекает требование итеративной адаптации и «подгонки» свойств стекол, технологии и качества спая жила-оболочка к технологическому методу изготовления конечного изделия и, прежде всего, к парадигме, лежащей в основе этого метода. На основе этих принципов создана система объективных требований к качеству спая жила-оболочка в технологии МКП, включая требования и к исходным рабочим стеклам.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ВХОДНОГО ФОТОКАТОДА ЭОПС.К. Кулов, Г.В. Федотова

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

В современных ЭОП используют полупрозрачные фотокатоды на основе полупроводниковых соединений A_1B_5 (многощелочной МЩ-фотокатод на основе системы сурьма-натрий-калий-цезий) и A_3B_5 (на основе GaAs - цезий-кислород) р-типа проводимости и отрицательного электронного сродства, достигаемого путем активации поверхности цезием и кислородом. При ширине запрещенной зоны $1,35 \div 1,4$ эВ эти фотокатоды имеют красную границу фотоэффекта около $900 \div 950$ нм, интегральную (к источнику типа «А») чувствительность до $800 \div 900$ мкА/лм (МЩ-фотокатод) и $1000 \div 2000$ мкА/лм (GaAs-фотокатод). Плотность темнового тока (термотока) при комнатной температуре не превышает величины порядка 10^{-15} А/см². Толщина фотокатода составляет порядка $120 \div 150$ нм (МЩ-фотокатод) и $1 \div 3$ мкм (GaAs-фотокатод). МЩ-фотокатод формируют непосредственно на поверхности плоского катодного стекла или ВОП. Слой арсенида галлия выращивают на слое фосфида галлия, который термокомпрессорной сваркой прикрепляется к входному плоскому катодному стеклу или поверхности ВОП. Формирование МЩ-фотокатода и активация GaAs-фотокатода производится в сверхглубоковом и чистом вакууме, в котором они только и могут устойчиво существовать и функционировать. С точки зрения простоты технологии и устойчивости в вакуумной среде преимущество имеет МЩ-фотокатод. Однако он имеет недостаточную по сравнению с GaAs -фотокатодом чувствительность, хотя несколько большую граничную длину волны фотоэффекта.

На основе разработанной (С. К. Куловым) математической функциональной модели полупрозрачного МЩ-фотокатода можно заключить, что интегральная чувствительность этого фотокатода может быть увеличена как минимум вдвое, если будут решены задачи: а) снижения скорости поверхностной рекомбинации на тыловой (со стеклом) границе фотослоя, б) увеличения толщины фотослоя до 180 или 360 нм, в) улучшения структурной однородности слоя с целью увеличения средней длины диффузии электронов L до величины, соизмеримой с толщиной слоя, г) увеличения вероятности выхода электронов до уровня не менее $0,6 \div 0,8$. Требуется также принятие системных мер по повышению чистоты применяемых материалов и вакуумных условий формирования фотокатода.

Актуальное значение имеет также разработка и внедрение в ЭОП технологии узкозонных полупроводниковых фотокатодов с отрицательным электронным сродством на основе тройных соединений A_3B_5 с целью

увеличения красной границы фотоэффекта до 1,2 мкм. Большое значение имела бы разработка полупрозрачного фотокатода на основе *p*-типа Ge с отрицательным электронным сродством и красной границей фотоэффекта свыше 1,5 мкм при чувствительности не менее 2500 мкА/лм.

УДК 591.2:621.383.8

ПРИНЦИПЫ *TQM* В МЕНЕДЖМЕНТЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Принципы «тотального менеджмента качества» *TQM* являются основой современных систем менеджмента качества и шире - менеджмента организации. К ним относятся: ориентация на потребителя, лидерство руководителей, вовлеченность персонала, процессный подход, системный подход, постоянное улучшение, принятие решений, основанное на фактах и установление взаимовыгодных отношений с поставщиками. Базовым принципом, из которого следуют все остальные, является системно-процессный (точнее, системно-функциональный) подход, когда организация рассматривается как большая, сложная, динамичная, частично стохастическая, целевая и управляемая система определенного функционального назначения с соответствующим применением системной философии, идеологии и инструментария для управления и развития системы.

Подход на основе *TQM* предполагает, что, во-первых, любой процесс в организации оценивается с точки зрения качественных критериев, т.е. степени соответствия присущих этому процессу характеристик установленным или предполагаемым требованиям. Во-вторых, любой элемент системы, ее входов и выходов (персонал, средства, предметы и продукты производства и пр.) также оценивается с привлечением качественных критериев. В-третьих, менеджмент качества распространяется на все стадии и этапы «жизненного цикла»: маркетинг на рынке, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, промышленное производство, продажи, послепродажное обслуживание.

Последовательное развитие *TQM* на основе системно-процессного подхода с необходимостью требует качественной перестройки всей системы управления предприятия, включая подходы, структуру, методы, инструментарий, стиль. Более того, требуется глубокое изменение всей системы корпоративной культуры предприятия. Принципиальным являет-

ся освоение командных форм решения проблем, включая многофункциональные команды, проблемные группы, кружки качества, в случае необходимости – матричные схемы управления при реализации программно-целевого (проектного) подхода.

УДК 621.383.8

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ВОП ДЛЯ ЭОП НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

С.К. Кулов, А.Б. Попугаев

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ, Россия

Отечественные волоконно-оптические пластины (ВОП) для электронно-оптических преобразователей (ЭОП) разрабатывались в 80-х годах XX века в ГОИ им. С.И. Вавилова и промышленно осваивались в НПО «Оптик» (заводы в г.г. Лыткарино и Лида). Ныне ВОП по ранее принятым техническим требованиям производит практически только завод в г.Лида (Республика Беларусь). При этом ВОП (в том числе ВОП-180) для ЭОП 2+ и 3 поколения закупаются в Китае. Таким образом, задача обеспечения ЭОП нового поколения высококачественными отечественными ВОП стоит достаточно остро. Основываясь на системном подходе, проблема разработки и освоения отечественных ВОП связана с решением следующих основных задач.

- Разработка системы объективных требований к характеристикам ВОП.
- Решение вопроса оптимальной конструкции ВОП, включая рабочие стекла.
- Анализ и обоснование базового технологического метода и оптимального маршрута изготовления ВОП.
- Обеспечение производства ВОП спецтехнологическим и контрольно-измерительным и испытательным оборудованием с необходимыми характеристиками.
- Создание производственно-технологической системы выпуска ВОП с научным сопровождением.
- Подготовка производства и освоение выпуска ВОП

В настоящее время работа ведется по всем этим направлениям. Создана научно-разрабатывающая лаборатория ВОП, формируется материально-техническая база производства, уточняются требования к характеристикам и рассматриваются варианты конструкции ВОП, отрабатываются элементы технологии. Начало промышленного производства ВОП предусмотрено в 2009 г.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ ВХОДА МКП

С.К. Кулов, Э.А. Дзидзоева, Е.Н. Макаров, Ю.Л. Пергаменцев,
Т.В. Полина, Л.А. Помазова, А.К. Уртаев, Ю.В. Шапова

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Прозрачность входа МКП ω - отношение площади, занятой отверстиями каналов к общей рабочей площади входного торца. Для гексагональной укладки круглых каналов $\omega = 0,9065(d/h)^2$, где d , h - средние значения диаметра каналов и шага структуры каналов. В такой интерпретации мы имеем дело по существу с *геометрической прозрачностью* ω_g . Современный уровень прозрачности (геометрической) входа МКПО «Баспик» составляет $0,58 \div 0,60$ ($58 \div 60$ %), что соответствует $(d/h) = 0,8 \div 0,81$. Дальнейшее увеличение этого отношения следует производить с осторожностью, чтобы не ухудшить механическую прочность конструкции МКПО. При работе МКП в составе ЭОП значение имеет *физическая прозрачность* — доля попадающих в каналы электронов по отношению к потоку электронов на вход МКП. В инверторных ЭОП 2 поколения, например, ЭП-10 «Канал», физическая прозрачность равна геометрической. В бипланарных ЭОП 2⁺ и 3 поколения при наличии ионнобарьерной пленки (ИБП) на входе МКП физическая прозрачность также равна геометрической. Если же ИБП нет (т.н. «беспленочные» МКП), то физическая прозрачность может быть больше геометрической и достигать величины 0,9-1 за счет использования в возвратном режиме вторичных и отраженных электронов с перемычек каналов на входе МКП.

От величины прозрачности входа ω_f непосредственно зависит доля электронного тока с фотокатода ЭОП, который поступает в каналы МКП, а, следовательно, эффективность регистрации входного сигнала и фактор шума МКП. От фактора шума МКП, очевидно, зависит фактор шума ЭОП и величина основного параметра ПНВ - дальность действия (обнаружения, опознавания, идентификации). Кроме того, увеличение прозрачности входа, очевидно, увеличивает и коэффициент электронного усиления МКП и уменьшает коэффициент оптического отражения входа МКП. Следовательно, *увеличение прозрачности (физической) входа МКП имеет большое значение для прогресса МКП и техники ночного видения на микроканальных ЭОП*. При этом увеличение прозрачности, естественно, не должно иметь каких-либо негативных параметрических, конструктивных или технологических следствий для МКП, или для применения МКП в составе ЭОП. Поставленная таким образом задача представляет собой сложную проблему.

Теоретически и экспериментально рассматривались следующие направления и методы решения проблемы прозрачности:

1) Повышение геометрической прозрачности входа МКП.

2) Переход к «беспленочным» МКП в составе ЭОП с достижением физической прозрачности на уровне 0,9 и выше.

Повышение геометрической прозрачности входа МКП может быть достигнуто следующими методами и их комбинацией:

1) Применение исходных комплектующих трубок (ТИМО) с меньшей толщиной стенки, что предотвратит увеличение прозрачности не только входа, но всей структуры МКП.

2) Использование явления «разбухания» микроканального блока (МКБ) на спекании, что также приводит к увеличению прозрачности всей структуры МКП.

3) Получение тем или иным способом (химическими, физико-химическими, теплофизическими воздействиями) «воронок» на входе МКП.

4) Переход на гексагональные в сечении каналы при гексагональной их укладке.

5) Переход на квадратные каналы и квадратную их укладку.

Перспективными для дальнейшей отработки признаны методы 1) и 2). При этом достигнутый уровень геометрической прозрачности составляет на сегодня $0,65 \div 0,75$, что соответствует мировому техническому уровню.

Переход к беспленочным МКП для увеличения физической прозрачности и применение антирефлекторного покрытия на входе МКП сулит заметное улучшение параметров ЭОП (снижение фактора шума, уменьшение интенсивности паразитных ореолов вокруг изображения ярких объектов, повышение пространственного разрешения системы). Однако этот переход связан с решением сложных задач повышения чистоты поверхности каналов, снижения газовыделения и интенсивности обратной ионной связи МКП на сроке службы ЭОП. При этом повышение КВЭЭ торца и входа каналов МКП приводит и к увеличению физической прозрачности.

С учетом изложенного, можно ожидать, что в ближайшее время будут освоены в производстве усовершенствованные МКПО с геометрической прозрачностью $0,7 \div 0,75$, которые можно будет использовать без ИБП с достижением в условиях ЭОП физической прозрачности на уровне $0,9 \div 1$.

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Менеджмент качества (МК) в XX веке развивался, главным образом, в связи с развитием производственного менеджмента (менеджмента организации) как синтетическая дисциплина, сочетающая науку, практику и творческий опыт передовых предпринимателей. Среди видных теоретиков и практиков МК следует отметить Тейлора, Форда, Файоля, Шухарта, Деминга, Кросби, Ишикаву, Марита и др. Существенное значение в 30-х г.г. имело развитие в МК статистических методов, а с созданием общей теории систем (Беталанфи) и основ теории информации и кибернетики (Шеннон, Винер) – разработка и внедрение (60–80-е г.г.) системных концепций и систем менеджмента качества (СМК). Во второй половине XX века на основе идей Деминга и других «гуру» качества в Японии получили развитие СМК на основе принципов «тотального управления качеством» (TQM). В СССР значительное распространение получили различные комплексные системы управления качеством продукции и труда (КС УКП) и статистические методы контроля и анализа техпроцессом, которые впрочем в условиях социалистической системы не дали должной отдачи. С конца XX века мировую известность приобрела концепция СМК на основе стандартов ИСО серии 9000. Большое распространение получили также системы 5S, 6 «сигма», 0-дефектов, Leen, TPM и другие. На основе концепции CALS осуществляется компьютеризация управления по всему жизненному циклу изделий. Существенное значение придется системному, процессному и ситуационному подходам. Тем не менее, ряд принципиальных вопросов все еще является предметом дискуссий. С начала XXI века развитие получает концепция перехода от менеджмента качества к качественному менеджменту, что представляется правильным, но не достаточным. Следует ориентироваться на концепцию «тотального менеджмента производительности», причем под производительностью мы понимаем результативность + эффективность + качество. Всякая функция на предприятии должна реализовываться с максимальной производительностью. Важнейшая задача менеджмента - всемерное повышение производительности на базе внедрения передовой техники, технологии, организации производства и управления. Менеджмент производительности с необходимостью требует перехода к инновационной организации и организации - обществу знаний, поскольку производительность можно повышать только на основе новейших научно-технических инновационных достижений. Центральный вопрос - формирование нового облика корпоративной культуры организации, основанной на миссии, видении, балансе интересов заинтересованных сторон, учета личных и коллективных интересов.

СИСТЕМНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ (ПРОЦЕССНЫЙ) ПОДХОД
В МЕНЕДЖМЕНТЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов

Владикавказский технологический центр «Баспик», г.Владикавказ

Процессный подход является основой современных систем менеджмента качества. Однако сама терминология и смысл, вкладываемые в понятие «процессный подход», нуждаются в существенном уточнении. Исходя из принципов системологии, процессный подход - это системно-функциональный подход, который рассматривает систему с точки зрения ее функционирования: «что» делает система, «как и каким образом» она это делает. Всякая искусственная система - целевая система (целеобусловленная, целенаправленная, целесообразная), специально созданная как инструмент решения определенной задачи, связанной с замыслом и потребностями человека и общества. Для выполнения генеральной целевой функции (ГЦФ), система должна выполнять множество различных функций - главных и обеспечивающих. Реализация ГЦФ F_0 связана с преобразованием определенных входов системы X в выходы системы Y , что символически представляется как: $F_0: X \rightarrow Y$, или $Y = R[X]$. Здесь R - оператор преобразования «вход-выход», описание которого равносильно функциональному описанию системы. Для производственно-технологических систем (ПТС) оператор R - алгоритм преобразования системой «вход-выход» в соответствии с принятым технологическим методом. Функционально-структурное описание системы сводится к декомпозиции, в соответствии с принятым технологическим методом, ГЦФ на множество целесообразных подфункций: $F_0 = \{f_j\}$ и соответствующих им операторов $R = \{r_j\}$. Декомпозиция производится сверху вниз по правилам дедуктивной логики. В соответствии с декомпозицией ГЦФ весь техпроцесс делится на стадии, затем на этапы, комплексы операций, на последнем уровне - на относительно неделимые далее операции. Функциональная структура системы S_f представляет собой множество операций $a_i(f_{i1})$ с их взаимными материально-энергетическими и информационными связями. Наряду с морфологической структурой («из чего» состоит система) и структурой в отношении управления, функциональная структура относится к важнейшим структурам любой целевой системы.

Отметим также, что выполнение любой функции сопряжено с протеканием в системе определенного процесса, суть которого состоит в целесообразном, в соответствии с принятым оператором преобразования изменении определенных внутренних (физико-химических) и структурных па-

раметров системы. При этом потребляются материально-вещественные, энергетические и информационные ресурсы. Существенно, что рабочие процессы выполняются циклично, т.е. после окончания одного цикла система вновь возвращается к исходному состоянию для осуществления следующего цикла. При этом однако, наряду с полезным рабочим выходом Y систем «сбрасывает» в окружающую среду материально-энергетические отходы, а также информацию, которую необходимо использовать для управления в контуре обратной связи. Система также постепенно «изнашивается», и в ней накапливаются деграционные изменения, которые необходимо парировать управлением. При анализе функциональной структуры системы необходимо также учитывать системные свойства операций, причем каждая операция выполняет три функции: предписанную операционную, функцию внесения определенных негативов в формируемый выход, функцию исправления негативов, внесенных в ходе предшествующих операций. Всякая операция, ее операционная функция и ее оператор оцениваются с точки зрения критерия производительности — результативность, качество, эффективность. Оптимизация единичной операции в отрыве от других возможна только в ограниченных пределах. На практике речь должна идти о множественной оптимизации комплекса операций, существенно влияющих на оптимизируемое свойство продукции. При этом учитываются три функциональные роли операций. Необходимо специально проверять функциональные операторы на надежность и устойчивость к внешним воздействиям. Функциональная структура системы должна отвечать *принципом функциональной организации*: в системе не должно быть бесполезных или паразитных функций, каждая функция должна быть необходимой и целесообразной с точки зрения выполнения ГЦФ, функции должны быть согласованы между собой во времени и в пространстве, в системе для обеспечения надежности должно быть заложено дублирование и резервирование функций. Наконец, структура системы с точки зрения управления должна быть построена на основе функциональной структуры, а не наоборот.

Изложенные принципы на наш взгляд исчерпывающим образом определяют процессный подход в современном менеджменте организации и в том числе в менеджменте качества

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Одним из условий перехода России на инновационную модель развития с опорой на новейшие наукоемкие продукты и технологии является внедрение ИПИ (CALS)-технологий в управлении. В эпоху постиндустриальной экономики внедрение ИПИ (CALS)-технологий является революцией в сфере повышения эффективности промышленного производства. ИПИ (CALS)-технологии относятся к современным компьютерным информационным технологиям (КИТ) обеспечения управления по всему жизненному циклу (ЖЦ) изделий - от идеи до разработки продукции, промышленного производства и насыщения рынка. Назначение их - обеспечение и повышение производительности управления, как необходимой предпосылки обеспечения и повышения производительности по жизненному циклу изделий. История развития информационных технологий (ИТ) насчитывает столько же лет, что и история развития управления. Многие века в управлении человек использовал ручные информационные технологии, начиная с наскальных живописных картинок. Развитие письменности и книгопечатания привнесли революционные преобразования в ИТ. Начиная со второй половины XX века развитие кибернетики и компьютерной техники создали основу для новой информационно-управленческой революции. Если в СССР ЭВМ использовались главным образом для решения научно-инженерных задач, то в США ЭВМ с самого начала использовались в бизнесе (биржи, торги, банки, менеджмент предприятий, менеджмент сферы обслуживания, финансовый менеджмент, менеджмент материально-технического снабжения). Изобретение транзистора, развитие полупроводниковой интегральной элементной базы изменил ситуацию с техническими средствами ИП кардинальным образом. Выход в Космос, создание глобальных информационных сетей, глобализация в широком плане человеческого общества - вывели проблему ИТ на совершенно иной уровень. В СССР на технической базе, разработанной и освоенной в 60-70 гг. (ЭВМ типа БЭСМ, семейства ЕС и пр.), наступила «эра» АСУ различных типов:

АСУТП - автоматизация отдельных технологических процессов, АСУОТ (организационно-технического вида) - автоматизация технологических и некоторых управленческих производственных функций на уровне цеха:

АСУП (автоматизация некоторых производственно-управленческих функций),

САПР - автоматизация проектирования оснастки, некоторых видов изделий, АСНИ - автоматизированная система управления научными исследованиями и разработками, АСУК - автоматизированная система качества, Различные виды АС контроля исполнения,

ГПС - гибкие производственные системы, включающие компьютерное управление и применение промышленных роботов,

ИАСУ - интегрированные АСУ, включающие в единый комплекс ряд выше указанных систем. АСУ предприятий, отраслей, областей.

Развитию всем этим направлениям в СССР был придан большой размах. На каждом уважающем себя предприятии создавались подразделения АСУ, которые оснащались фондируемой ВТ. Так продолжалось 15-20 лет, а затем наступило неприятное отрезвление: многочисленные АСУ никак не прибавляли в эффективности и качестве советской экономики. Причины эти многообразны на всех уровнях советской административно-бюрократической системы, начиная от предприятия и кончая высшими органами государства. Одна из общих причин — примитивность средств ВТ. Другая причина – отсутствие экономической заинтересованности субъектов экономики на всех уровнях. Следующая причина – отсталость науки управления, менеджмента, которую сводили по существу к политэкономии и реалиям административно-командной системы.

Масса профессоров, которые никогда, ничем и никем не руководили, учили, как надо управлять. Если взять уровень предприятия, то главные причины краха эпохи АСУ следующие:

1). «Невозможно сочленишь компьютер с телегой и кучером». Система управления предприятий эпохи «застоя» почти полностью повторяла систему управления начала XX века и первых пятилеток (Форд, Крупп, Тейлор). Такую систему в принципе бесполезно было автоматизировать.

2). Отсутствие рыночных отношений в экономике и самостоятельности предприятий.

Примитивность управления и отсутствие конкуренции.

3). Низкая подготовка первых руководителей,

4). Примитивный подход и недостаточный уровень работников подразделений АСУП, которые, как правило, о производстве знали только понаслышке,

5). Незаинтересованность, нежелание, сопротивление даже скромным мероприятиям по компьютеризации всей массы персонала (боязнь сокращений, очень низкая квалификация)

В рамках ИПИ (CALS)-технологий проблемы комплексной компьютеризации управления организации поставлены на качественно иной

основе по сравнению с АСУ. Приоритеты развития ИПИ-технологий в ВПК, в соответствии с национальными программами:

- Создание правовой базы,
- Развитие нормативной базы,
- Обучение и подготовка специалистов,
- Создание базовых принципов и технологий ИПИ,
- Разработка отечественных версий ИПИ-технологий,
- Создание системы информационной безопасности в сфере ИПИ-технологий.

Особое значение придается реализации пилотных проектов по разработке, промышленной апробации и тиражированию ИПИ-технологий применительно к различным видам наукоемкой продукции, а именно:

- 1). Электронного описания изделий, в т.ч. электронной КД, ТД, производственной и эксплуатационной документации (*PDM*- технологии),
- 2). Компьютерного менеджмента качества (*KMK*-технологии).
- 3). Интегрированной логистической поддержки (*ИЛП*-технологии).
- 4). Электронного управления производством (*ERP*-технологии),
- 5). Интеграции систем *CAM-PDM-KMK-ERP*- ИЛП и др.,
- 6). Информационного взаимодействия «разработчик-производитель-потребитель».

К настоящему времени в России разработаны концепция и стратегия *CALS*. Концепция *CALS* - повышение эффективности процессов ЖЦ изделия за счет повышения эффективности управления информацией об изделии. Стратегия *CALS* - это путь реализации концепции, которая предполагает создание единого информационного пространства (*ЕИП*) для всех участников ЖЦ. Стратегия предусматривает двухэтапный план создания *ЕИП*: а) автоматизация отдельных процессов (или этапов) ЖЦ изделия и представление данных на них в электронном виде, б) интеграция автоматизированных процессов и относящихся к ним данных уже представленных в электронном виде в рамках *ЕИП*.

На этой основе на предприятии в настоящее время проводятся необходимые работы по поэтапной разработке и внедрению пилотного проекта по ИПИ (*CALS*) -технологиям ЖЦ МКП-продукции.

Владикавказский технологический центр «Баспик», г. Владикавказ

Контактные электроды (КЭ), наносимые термическим испарением металла (хром, нихром и др.) на торцы МКП, выполняют весьма ответственные функции и являются важными элементами конструкции МКП. Заглубления КЭ на входе и выходе МКП оказывают значительное влияние на параметры МКП, в том числе в условиях работы МКП в составе ЭОП применения.

К характеристикам КЭ относятся: материал, толщина покрытия, адгезия покрытия, плотность покрытия, дефектность покрытия, конфигурация покрытия на торцах, конфигурация и глубина слоя КЭ на входе и выходе каналов, электропроводность покрытия, оптический коэффициент отражения и коэффициент вторичной электронной эмиссии (КВЭЭ), стойкость к окислению на атмосфере при комнатных и повышенных температурах и параметры окисного слоя (оптическое отражение, КВЭЭ), химическая стойкость на атмосфере и при действии различных реагентов, характер химического взаимодействия с щелочными металлами, а также некоторые другие, например, характер механических напряжений возникающий на границе покрытие КЭ – стеклянная подложка МКП, электрическая прочность в сильных электрических полях и пр.

Систематические исследования различных по материалу, конфигурации, толщине, технологии напыления и обработки и прочим характеристикам покрытий КЭ проводились в течение ряда лет в ВТЦ «Баспик». Установлено влияние на разрешение, усиление, фактор шума МКП, стабильность внешнего вида на хранении, деформацию МКП. Оптимизация ряда параметров хромового покрытия КЭ позволила повысить предел разрешения МКП до теоретического предела, определяемого микроструктурой каналов пластины. Установлена важная роль химического взаимодействия хромового покрытия с выходящими на поверхность щелочными металлами с образованием налетов частиц щелочных хроматов. Показаны особенности алюминиевого покрытия КЭ. Разработаны методы снижения оптического отражения хромового покрытия на входе МКП, что необходимо для уменьшения размера «гало» на экране ЭОП при наблюдении с помощью ПНВ ярких точечных объектов. Рассматриваются вопросы композиционных покрытий различного функционального назначения, в том числе для снижения фактора шума, повышения разрешения, повышения устойчивости работы МКП в сильных электрических полях и пр.

УДК 621.383.8

ГИБРИДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМО-ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МКП

С.К. Кулов, Ю.А. Борисова, Ю.В. Щапова

Владикавказский технологический центр «Баспик», г.Владикавказ

В типовом технологическом маршруте изготовления МКП после технохимической обработки (ТХО) на вытравливании опорной жилы вытравленные заготовки (ВЗ) подвергают термоводородному восстановлению (ТВВ), затем «очувствленные» заготовки (ОВЗ) металлизуют, после чего изготовленные МКП проходят выходной контроль качества.

В течение ряда последних лет в технологии «Баспик» исследовались различные варианты маршрута изготовления МКП, которые отличались:

- исключением операции атмосферной прокалки ВЗ после ТХО,
- сочетанием процессов восстановления, термодезгазации и термостабилизации структуры на ТВВ,
- химической обработки (ХО), химико-термической обработки (ХТО) ОВЗ, термовакуумной обработки (ТВО) ОВЗ перед металлизацией,
- специальной термогазовой обработкой ВЗ перед и в процессе ТВВ, комбинированной термогазовой и технохимической обработкой заготовок на ТВВ.

Неоднократное применение термofизических и технохимических методов обработки на протяжении одной стадии техпроцесса получило название «гибридная» технология. Эта технология была направлена на решение следующих физико-химических задач: стабилизации структуры и механических свойств пластин; снижения газосодержания пластин; повышения качества рабочих поверхностей МКП и улучшения характеристик резистивно-эмиссионного слоя каналов; предотвращения или ликвидации образования налетов микронных частиц на поверхности; ликвидации вредного воздействия щелочной компоненты материала каналов на характеристики МКП; повышения термостойкости при обезгаживании МКП. В свою очередь, решение этих задач приводит к улучшению характеристик качества и надежности МКП в соответствии с требованиями и условиями применения в составе ЭОП.

На базе большого числа проведенных экспериментов выявлены наиболее перспективные пути, по которым и проводится отработка промышленной технологии, как составной части новой версии базовой технологии МКП.

О ВОЗМОЖНОСТИ РТУТНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НОВЫХ СПОСОБАХ
ИХ ДЕМЕРКУРИЗАЦИИ

С. Т. Шапиев¹, Р. Т. Успажиев¹, Н. И. Мокаева², Т. С. Шапиев²

¹Кабардино-Балкарский государственный университет, г. Нальчик

²Комплексный НИИ Российской Академии наук, г. Грозный,

Ртуть, её пары и соединения, согласно Международной классификации особо токсичных химических веществ, относятся к веществам I-ой категории опасности и представляют реальную угрозу. Несмотря на сокращение использования в промышленности, сельском хозяйстве, военном деле и др. сферах жизнедеятельности, ртуть и её соединения все еще остаются фактором, серьезно угрожающим окружающей среде и, в первую очередь, человеку.

На предприятиях электронной промышленности как бывшего СССР, так и сейчас, в Российской Федерации, также применяются ртуть и приборы ртутного заполнения. Это, как показывает опыт, влечет за собой систематические ртутные аварии на технологических линиях или проливы ртути. В таких случаях, на местах, как правило, либо обходятся собственными «доморощенными» знаниями по ртути (демеркуризации), либо обращаются в органы Санэпиднадзора или, что еще хуже, зачастую скрывают эти факты.

Однако, ни то, ни другое не дает должного эффекта, т.к. средства демеркуризации, применяемые в этих случаях, устаревшие и, следовательно, неэффективные: практика показывает, что в таких случаях ртуть и особенно ее пары, вновь проявляют себя, спустя какое-то время после проведения подобным образом демеркуризационных работ.

Между тем, нами разработан и запатентован ряд демеркуризирующих средств (способы и химические составы), хорошо зарекомендовавшие себя на самых различных объектах, пораженных ртутью, в т.ч. на предприятиях авиационной, оборонной и электронной промышленности. Некоторые из этих средств директивно рекомендованы в последние годы МЧС РФ для применения на всей территории Российской Федерации.

Разработанные нами демеркуризирующие средства, в отличие от известных, не корродируют, нетоксичны и имеют высокую эффективность – их однократное применение позволяет довести концентрацию ртути до нормативных пределов. Эти средства сертифицированы, и для них разработан весь комплект необходимой нормативной документации.

СОДЕРЖАНИЕ

Основные направления развития научных исследований в области физики, технологии и применения мкп-изделий. С.К. Кулов	3
Вакуумная автоэмиссионная наноэлектроника. В.В. Лучинин.....	4
Межфазные явления в наносистемах. А.А. Шебзухов, М.А. Шебзухова, А.М. Кармоков.....	5
О подготовке специалистов в области нанотехнологии. Р.Ш. Тешев, А.М. Кармоков.....	6
<i>Секция 1. Физико-химические свойства материалов электронной техники</i>	7
Исследование проводимости МКП на атмосфере. В.И. Савенко	7
Теоретические и экспериментальные исследования механических напряжений в конструкции микроканальных пластин. В.В. Агаев, Б.Ю. Мищерский	8
Исследование спектров поглощения и отражения стекол С87-2 и С78-5. Б.А. Белимготов, Т.В. Полина, З.И. Карданова, И.К. Азизов, А.М. Кармоков.....	9
Особенности распространения рентгеновского излучения через нанокapиллярные структуры из стекла. А.А. Бжеумихов, Н. Лангхофф, З.Ч. Маргушев.....	10
Исследование влияния фотонного излучения на процесс локального анодного окисления наноструктур на основе Si/SiO ₂ /Ti. О.А. Агеев, Б.Г. Коноплев, А.М. Светличный, В.А. Смирнов.....	12
Электропроводность свинцовосиликатного стекла С87-2. А.М. Кармоков, Х.Х. Лосанов, О.А. Молоканов, О.О. Молоканова, Б.Н. Нагоев, З.В. Шомахов.....	13
Физико-химические основы ПЧ-образования в технологии МКП. С.К. Кулов, С.П. Широкова, Ю.В. Щапова	14
Применение рентгеновской капиллярной оптики в рентгенофлуоресцентном анализе материалов. А.А. Бжеумихов, З.В. Бжеумихова, Н. Лангхофф, З.Ч. Маргушев	15
Электропроводность полипропилена, модифицированного углеродными наночастицами. Г.О. Молоканов, А.К. Микитаев, Н.А. Чуков.....	16
Исследование влияния электронно-лучевой обработки на качество контакта никеля к кремнию. С.Ж. Гонов.....	17
Поверхностный потенциал монокристаллического Si, легированного при выращивании. Б.Н. Нагоев, З.В. Шомахов, В.К. Люев.....	18

Распределение примесей в зависимости от размеров сферических частиц свинца в солевом расплаве. М.Х. Абрегов, М.М. Кармоков, А.Х. Дышекова	19
О механизме поверхностной поляризации в анизотропных смесях. В.А. Соцков.....	20
Секция 2. Современные фотоэлектронные материалы и технологии их получения	21
Требования к уровню газоотделения МКП в ЭОП нового поколения. С.К. Кулов	21
Газовыделение микроканальных пластин при медленном нагреве. И.Н. Сергеев, О.О. Молоканова, С.К. Кулов, О.А. Молоканов, А.М. Кармоков.....	22
Особенности газовыделения при электронном облучении каналов МКП. О.О. Молоканова, С.К. Кулов, О.А. Молоканов, А.М. Кармоков, И.Н. Сергеев.....	23
О Резистивном факторе сотовой структуры МКП. Т.Д. Алкацева, Ю.А. Борисова, С.К. Кулов, Е.Н. Макаров.....	25
Влияние теххимических обработок заготовок на характеристики МКП. С.К. Кулов, Т.В. Полина.....	26
Образование нанокристаллических фаз в стеклах для МКП. А.М Кармоков, О.А. Молоканов, Д.Г Самканашвили, К.Ю. Ахполов.....	27
Амплитудные характеристики электронных умножителей. Д.В. Бестфатер, Л.А. Македонова	29
Исследование особенностей формирования пористых слоев кремния методом электрохимического травления в переменных электрических полях. Д.С. Гаев, Е.Н. Несменова, Ю.Ю. Деревянкина	31
Исследование островковых структур на основе селенида свинца изготовленных методом инконгруэнтного испарения пленок. Д.С. Гаев, А.Г. Столяров.....	32
Теоретическое исследование процессов формирования островковых структур методом инконгруэнтного испарения пленок заданного состава. Д.С. Гаев, А.Г. Столяров, Р.К.Кучмезов	33
Влияние ультразвукового воздействия на фотоэлектрические свойства материалов. З.В. Шомахов, Б.Н. Нагоев, А.М. Кармоков, У. Яркулов	34
Исследование по разработке физико-химических основ микро- и нанодисперсной технологии получения порошков оксидных вольфрамовых бронз с особыми многофункциональными свойствами. М.Б. Шурдумов, А.Б. Шурдумов, Б.К. Шурдумов.....	35
Синтез высокочистого и высокодисперсного вольфрамата меди и его взаимодействие с компонентами систем $Me_2WO_4-WO_3$ в гетерогенной среде (Me-Li,Na,K,Rb,Cs). Г.К. Шурдумов, Ю.Л. Карданова	36

Синтез высокодисперсных порошков вольфраматов кобальта и никеля в расплавах систем $(K_2WO_4 - KCl)_{ЭВТ} - Co(Ni)SO_4$ (К, Co(Ni) Cl, SO_4 , WO_4). Г.К. Шурдумов, Е.Х. Тлимахова	37
Синтез молибдатов бария (кальция, стронция) в расплавах систем $Na_2MO_NO_{3N+1} - Ca(Sr, Ba)CO_3$. Г.К. Шурдумов, Р.Р. Газаева	38
Синтез высокодисперсных порошков молибдата и вольфрамата кальция и их изоморфных смесей в расплавах систем $[NaNO_3 - Ca(NO_3)_2]_{ЭВТ} - Na_2Mo(W)O_4$ и $Na, Ca/NO_3, MoO_4, WO_4$. З.В. Шурдумова, Г.К. Шурдумов, А.М. Кармоков, З.А. Черкесов	39
Секция 3. Фото- и вторичноэлектронные приборы и устройства	40
МКП и их применение в науке и технике. Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов, Е.Н. Макаров.....	40
Анализ параметрических и конструктивно-технологических особенностей зарубежных аналогов МКП для ЭОП. Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов, Д.Г. Самканашвили, Ю.В. Щапова	41
Применение МКП-детекторов пространственно-организованных потоков заряженных частиц и излучений в информационных технологиях. В.М. Доев, Н.В. Лешневская, Г.В. Федотова, А.Б. Попугаев.....	43
Фактор шума МКП и его влияние на отношение сигнал-шум на выходе ЭОП. Д.В. Бестфатер, С.К. Кулов, Л.А. Македонова, Г.В. Федотова	44
Универсальная установка для измерения оптических и спектральных параметров фотокатодов. В.В. Агаев, Г.В. Федотова, Б.Ю. Мищерский, Е.И. Сенцова, Д.В. Аксенов.	45
Перспективы разработки нового спецтехнологического оборудования и АСУ ТП производства МКП, ВОП, ЭОП. Э.Г. Кулаев, К.Э. Кулаев, С.К. Кулов	46
Исследование и компьютерная обработка детального контраста и характерных неоднородностей электронного изображения МКП. В.В. Агаев, Г.В. Федотова, Б.Ю. Мищерский	47
Устройство для изучения вторичной электронной эмиссии. Ю.А. Аккизов, А.М. Кармоков, О.А. Молоканов	49
Факторы пространственного разрешения МКП. Ю.Л. Пергаменцев, С.К. Кулов, Д.В. Бестфатер, В.В. Агаев, Б.В. Мищерский.....	50
Симметрия неоднородностей на поверхности микроканалов и вторичная электронная эмиссия. А.Л. Горбушин, О.А. Молоканов, О.О. Молоканова.....	51
Лазерный интерферометр для изучения неоднородностей на поверхности микроканалов. А.Л. Горбушин, О.А. Молоканов, О.О. Молоканова, И.С. Ташлыков.....	52
Вакуумный электрометрический преобразователь. А.Л. Горбушин, О.А. Молоканов	53

Секция 4. Технологии изготовления современных ЭОП	54
Электроннооптические преобразователи новых поколений: тенденции развития. С.К. Кулов, Г.В. Федотова	54
Принципы новой версии базовой технологии МКП. С.К. Кулов, Е.Н. Макаров	55
Состояние и перспективы улучшения качества МКП для техники ночного видения. Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов, Е.Н. Макаров	56
Сотовая структура электронного изображения МКП. Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов, Е.Н. Макаров, Д.Г. Самканашвили, А.Б. Попугаев А.К. Уртаев	57
Пути достижения структурного совершенства МКПО. К.Ю. Ахполов, А.Б. Попугаев, Д.Г. Самканашвили, А.К. Уртаев	58
Требования к качеству спая жила-оболочка в волоконно-оптических технологиях. Э.А. Дзидзоева, С.К. Кулов, Е.Н. Макаров, Л.А. Помазова, А.Б. Попугаев, Д.Г. Самканашвили, А.К. Уртаев	60
Перспективы повышения эффективности входного фотокатода ЭОП. С.К. Кулов, Г.В. Федотова	61
Принципы <i>TQM</i> в менеджменте организации. Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов	62
Состояние и перспективы разработки ВОП для ЭОП нового поколения. С.К. Кулов, А.Б. Попугаев	63
Повышение прозрачности входа МКП. С.К. Кулов, Э.А. Дзидзоева, Е.Н. Макаров, Ю.Л. Пергаменцев, Т.В. Полина, Л.А. Помазова, А.К. Уртаев, Ю.В. Щапова	64
Эволюции систем менеджмента качества в XX веке. Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов, Ю.А. Годжиев	66
Системно-функциональный (процессный) подход в менеджменте организации. Т.Д. Алкацева, С.К. Кулов	67
ИПИ (CALS) - технологии в менеджменте «Баспик». Ю.А. Годжиев, Д.В. Галузин, С.К. Кулов	69
Влияние контактных электродов на качество МКП. С.К. Кулов, Ю.Л. Пергаменцев	72
Гибридная технология термо-физико-химической обработки МКП. С.К. Кулов, Ю.А. Борисова, Ю.В. Щапова	73
О возможности ртутных загрязнений на предприятиях электронной промышленности и новых способах их демеркуризации. С.Т. Шапиев, Р.Т. Успажиев, Н.И. Мокаева, Т.С. Шапиев	74

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИИ И ФОТОЭЛЕКТРОНИКА

Компьютерная верстка О.А. Молоканова

В печать 10.07.2008. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Печать трафаретная. Бумага офсетная. 4,65 усл.п.л. 5 уч.-изд.л.
Тираж 300 экз. Заказ 5445.
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

Полиграфический участок ИПЦ КБГУ
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.