

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

*На правах рукописи*

УДК 621.3.049.77-021.465

**ПЕТРОВСКИЙ**  
Евгений Владимирович

**ДИАГНОСТИКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ  
МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО АНАЛИЗА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

магистерской диссертации на соискание степени  
магистра техники и технологии

по специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии  
проектирования электронных систем»

Минск 2018

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **Петлицкая Татьяна Владимировна**,  
кандидат технических наук, доцент, начальник сектора ОАО «ИНТЕГРАЛ» Филиал «Белмикросистемы»

Рецензент: **Бондарик Василий Михайлович**,  
кандидат технических наук, доцент, декан факультета доуниверситетской подготовки и профессиональной ориентации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «27» января 2018 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 415, тел.: 293-20-80, e-mail: [kafpiks@bsuir.by](mailto:kafpiks@bsuir.by).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## ВВЕДЕНИЕ

Тенденции современного развития микроэлектроники требуют создания и внедрения в практику адекватных методов диагностики интегральных микросхем, в том числе методов анализа отказов микросхем, т.е. методов, позволяющих определить в готовых микросхемах дефекты, возникающие на стадии производства или в процессе их эксплуатации. Это привело к развитию в последние годы новых методов диагностики интегральных микросхем, получивших несколько названий: обратная инженерия, анализ отказов, депроцессинг, послойное профилирование микросхем. Применение каждого метода сопряжено с определёнными ограничениями и требованиями к исследуемой ИМС.

В связи с этим очень часто необходимо проанализировать кристалл «сверху донизу», т.е. внимательно проинспектировать все уровни металлизации, а их количество может достигать восьми, топологический слой с поликремниевыми затворами, кремниевую подложку с активными слоями.

В задачу анализа отказов микросхем входит последовательное «открытие» слоев металлической разводки с целью определения возможных дефектов, сформировавшихся в процессе изготовления микросхемы. Наиболее часто встречающимися дефектами при производстве ИМС являются электрические коротки, разрывы металлических соединений и искажения в топологическом рисунке. Конструктивной особенностью субмикронных микросхем с многоуровневой металлизацией является высокая степень планаризации межслойных диэлектриков для создания столбиковых контактов между металлизированными дорожками различных уровней. При этом не проводится планаризации пассивирующего (самого верхнего) диэлектрика.

Применение только методов плазмохимического и/или химического травления может приводить к нарушению целостности нижележащих слоев. Для предотвращения этого явления при препарировании образцов дополнительно необходимо использовать прецизионное механическое удаление топологических слоев.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы исследования**

Переход производства ИМС на субмикронные проектные нормы требует дальнейшего развития аналитических средств контроля и совершенствования методик по пробоподготовке образцов изделий электронной техники. Перед разработчиками Филиала НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕГРАЛ»—управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ» остро стоит вопрос по анализу качества производства и причин отказов ИМС глубокого субмикронного уровня.

Эффективным и важным приемом по анализу отказов микросхем и

оценки качества технологических этапов формирования изделий полупроводниковой техники является получение комплекта изображения топологических слоев субмикронных интегральных микросхем с многоуровневой металлизацией на основе оптической и электронной микроскопии.

Решение этого вопроса носит комплексный характер и включает в себя следующие этапы:

- создание линейки оборудования по пробоподготовке топологических слоев методами ХТ и ПХТ, ХМП;
- разработка ПО и методик по получению оцифрованных изображений топологических слоев на оптическом микроскопе Leica INM100;
- разработка ПО и методик по получению оцифрованных изображений топологических слоев РЭМ.

### **Степень разработанности проблемы**

На сегодняшний день существует достаточно большое количество работ в области микроэлектроники, в частности причин, видов и природы отказов микросхем.

Наиболее значимые результаты представили в своих работах белорусские и зарубежные ученые В.П. Бережной, Л.Г. Дубицкий, В.Л. Ланин, А.А. Хмыль, А. Ф. Вяткин, В.И. Зиненко, В.В. Лучинин, А.Ю. Савенко, А.М. Тагаченков, А.А.Петров, Д. Брандон, У. Каплан, Н.В. Плешивцев, R.A. Cleaver, R.J. Young.

Одним из недостатков в работах вышеназванных авторов является недостаточно полное описание методов диагностики дефектов ИМС, связанных с последовательным удалением слоев методами химического травления и плазмохимического травления, химико-механической полировки.

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертации является изучение современных методов диагностики интегральных микросхем с субмикронными проектными нормами, позволяющими достоверно определить причину отказа.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

1. Анализ существующих методов неразрушающего и разрушающего контроля параметров интегральных микросхем.
2. Изучение методов и средств диагностики причин брака и отказов серийно выпускаемых изделий полупроводниковой техники на ОАО «ИНТЕГРАЛ».
3. Применение методик для поиска причины отказа субмикронной интегральной микросхемы, выполненной по КМОП-технологии с четырьмя уровнями металлизации.

### **Область исследования**

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

### **Теоретическая и методологическая основа исследования**

В основу диссертации легли результаты известных исследований белорусских и зарубежных ученых, а также практический опыт разработчиков Филиала НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕГРАЛ» в области исследования и диагностики природы отказов интегральных микросхем.

**Информационная база** исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров в данной области.

### **Научная новизна**

Получены результаты, показывающие возможности аналитического оборудования ОАО «ИНТЕГРАЛ» по поиску причин отказа в микросхемах памяти с многоуровневой (более двух уровней) металлизированной разводкой.

На основе существующих методик и имеющегося парка аналитического оборудования был найден дефект микросхемы памяти 8652, расположенный в слое «активная структура».

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Анализ современных высокоточных методов исследования параметров материалов микро- и нанoeлектроники, субмикронных интегральных микросхем и др. изделий полупроводниковой техники.

2. Методы и средства диагностики причин брака и отказов серийно выпускаемых изделий полупроводниковой техники на ОАО «ИНТЕГРАЛ», том числе и для микросхем с проектными нормами 0,35 мкм.

3. Установление причины отказа микросхемы 8652, выполненной по КМОП-технологии и имеющей 4 уровня металлизации и проектные нормы 0,35 мкм. Работа по выявлению причины отказа проведена с использованием послойного анализа. Анализ шести топологических слоев интегральной схемы: четыре уровня металлизированной разводки, слой поликремниевых затворов и слой «активная структура».

**Теоретическая значимость** диссертации заключается в том, что в ней рассмотрены методики обнаружения отказов ИМС разрушающим и неразрушающим методами, также рассмотрены средства, с помощью которых произ-

водится диагностика микросхем.

**Практическая значимость** диссертации состоит в том, что на основе одной из методик разрушающего контроля интегральных схем был произведен анализ структуры микросхемы памяти, имеющей 4 уровня металлизации, и в результате обнаружен дефект на одном из слоев.

#### **Апробация и внедрение результатов исследования**

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на следующих республиканских и международных конференциях и семинарах: II Международная открытая конференция «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложения в технике и технологиях» (Воронеж, Россия, 18-20 сентября 2017 г.), 53-ей научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2017 г.), LXI Международной научно-практической конференции «Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ» (Россия, г. Новосибирск, 15 января 2018 г.), XVI Международная научно-практическая конференция «Вопросы современных научных исследований», (Омск, Россия, 30 января 2018 г.).

Результаты диссертационной работы были использованы при проведении НИР в ФГУП «МРТИ РАН», основные результаты вошли в научно-технические отчеты.

#### **Опубликование результатов диссертации**

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 6 печатных работах, которые были опубликованы в сборниках материалов научных конференций.

Общий объем публикаций по теме диссертационной работы составляет 0,64 авторских листа.

**Структура и объем работы.** Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 87 страниц. Работа содержит 36 рисунков. Библиографический список включает 52 наименования.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы связанное со сложностью диагностирования дефектов ИМС в связи с переходом производства микросхем на субмикронные проектные нормы, определены основные направления исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

**В общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также структура и объем диссертации.

**В первой главе** представлен анализ разрушающих и неразрушающих методов диагностики и поиска дефектов микросхем: диагностика микротомографическим методом, диагностика с использованием физического ионного распыления, сверхлокальное избирательное ионно-лучевое препарирование ИМС, применение растровой электронной микроскопии для обеспечения контроля электронной компонентной базы, метод лазерной микроинтерферометрии и лазерная фотоакустическая микроскопия.

Компьютерная микротомография — один из наиболее универсальных и представительных методов для изучения объемного строения практически любых материалов и объектов. Данный метод является неразрушающим и позволяет получать данные с разрешением до сотни нанометров

Микротомография в отраженных электронах базируется на детектировании части обратнорассеянных электронов энергий. Энергия отраженных электронов подбирается такой, чтобы соответствовать глубине исследуемого слоя микроструктуры. Для анализа электронов ученые использовали оригинальный спектрометр с тороидальными электродами, который был адаптирован к растровому микроскопу для получения качественных изображений. Он требует меньших рабочих напряжений, чем анализатор с тормозящим потенциалом, и позволяет выделять необходимую полосу энергий электронов из суммарного спектра. Конструкция всего спектрометра аксиально симметрична с допустимыми размерами по окружности и с возможно малыми габаритами по высоте — это необходимо для сохранения стандартного рабочего расстояния микроскопа, чтобы не ухудшать его пространственного разрешения.

Диагностика отказов интегральных микросхем с использованием физического ионного распыления обеспечивает доступ к локализованным участкам ИМС в любой точке по глубине, но только в одной вертикальной плоскости сечения. Физическое распыление ионными пучками, в частности распыление при скользящих углах падения ионов, давно рассматривается как перспективная технология создания плоских поверхностей с высотой шероховатостей  $\sim 1$  нм.

Экспериментальная установка для исследования процессов ионно-лучевого травления различных материалов и разработки технологии послыонного удаления структурообразующих слоев кристаллов ИМС представляет собой вакуумную камеру с размещенными в ней источником ионов аргона и измерительным блоком.

Целью сверхлокального избирательного ионно-лучевого препарирования интегральных схем является представление возможностей современной

ионно-лучевой технологии для решения задач не только сверхлокального наноразмерного, но и избирательного селективного препарирования ИМС с переходом к ранее невозможным операциям послойной локальной реконструкции (ремонта и модификации) сложных гетерогенных объектов.

Особенностью ионно-лучевого препарирования и реконструкции микро- и наноразмерных объектов является также то, что наряду с реализацией чисто технологических операций с использованием «жестких» (ионное фрезерование) или «мягких» (селективное ионно-стимулированное травление или осаждение) методов воздействия на объект, процесс обработки можно наблюдать в реальном масштабе времени в микроскопическом режиме, а также возникает возможность проводить электрические зондовые измерения непосредственно в камере препарирования при нанометровой точности механического позиционирования электрического зонда.

Основные этапы препарирования ИМС включают в себя выбор интересующего участка на поверхности, получение поперечного сечения методом локального жесткого ионно-лучевого травления (при ускоряющем напряжении 30 кВ), съемку интересующего фрагмента с оптимальным увеличением, создание последовательности поперечных сечений (срезов). При необходимости возможно частичное или полное восстановление фрагмента топологии ИМС с топологической нормой на уровне 100 нм, однако это сопряжено с большими временными затратами. С помощью поперечных сечений, выполняемых остросфокусированным ионным пучком, можно выявить дефекты, возникающие при производстве или эксплуатации микросхемы

Применение растровых электронных микроскопов для обеспечения контроля электронной компонентной базы с момента преодоления микроэлектронными приборами топологического рубежа в несколько микрон стал неотъемлемой частью оборудования для контроля и диагностики сложных многослойных, морфологически развитых гетерогенных объектов. Фото микроскопа Hitachi S-4800, используемого на ОАО «ИНТЕГРАЛ», приведено на рисунке 1.

До настоящего времени отсутствует какая-либо реальная альтернатива данному микроскопическому методу наблюдения поверхности с точки зрения комплексности решения задач получения высокого пространственного разрешения (в современных приборах до единиц ангстрем), значительной глубины резкости при чрезвычайно высокой скорости формирования изображения за счет развертки электронного пучка по поверхности исследуемого объекта.

Метод лазерной микроинтерферометрии контроля качества монтажа и оценки напряженно-деформированного состояния кристаллов ИМС применяется для контроля рельефа поверхности и оценки размера дефектов на поверхности. Основным прибором, использующим интерферометрический принцип при измерениях высоты, глубины, профиля элементов микроструктур и толщины пленок, является лазерный микроинтерферометр.



Метод лазерной интерференции основан на регистрации интерференции отраженных от подложки с пленкой когерентных лучей света с известной длиной волны и определении толщины наносимой пленки по интенсивности суммарного светового потока.



Рисунок 1 – РЭМ Hitachi S-4800

Принцип действия фотоакустического микроскопа основан на явлении генерации и распространения в объекте тепловых волн, возбуждаемых зондирующим лазерным излучением или электронным пучком, модулированными по интенсивности. Поглощенное излучение приводит к нагреву освещенной области и генерации периодических тепловых потоков, распространяющихся соответственно в объекте и от его границы в окружающую газовую среду.

Вследствие периодического нагрева и тепловой деформации локальной области объекта в нем также возбуждаются и распространяются акустические волны той же частоты, что и температурные волны. Это явление получило название фотоакустического эффекта в твердом теле. Акустические колебания объекта регистрируются датчиком. Фотоакустический сигнал, снимаемый с датчика, для каждой выделенной области объекта зависит от ее локальных физических свойств. При сканировании лазерным лучом в двух взаимно ортогональных направлениях формируется фотоакустическое изображение объекта.

**Во второй главе** приведен анализ метода плазмохимического травления и устройств, используемых на ОАО «Интеграл». В настоящее время на пред-

приятии используются следующие устройства для поиска дефектов ИМС: система плазменного травления Mini Lab Plasma Pod, прецизионная шлифовально-полировальная система полировки MultiPrep, оптический микроскоп Leica INM 100, растровый электронный микроскоп Hitachi S-4800.

При плазмохимическом травлении обрабатываемый образец помещается непосредственно в область химически активной плазмы, располагаясь на специальном подложкодержателе и находится обычно под плавающим потенциалом. Основными частицами, участвующими в процессе плазменного травления и влияющими на него, являются свободные атомы, радикалы, ионы и электроны. Вклад этих частиц в плазменное травление различен: химически активные частицы, т. е. свободные атомы и радикалы, вступают в химическую реакцию с поверхностными атомами материалов и удаляют поверхностные слои в результате образования летучих продуктов реакции, а электроны и ионы активируют эту реакцию, увеличивая скорость травления

В **третьей главе** представлены результаты практического задания, которое заключалось в поиске неисправности микросхемы. В качестве испытуемого была взята микросхема 8652, имеющая 4 уровня металлизации и КМОП-структуру. Отказ ячейки произошел в 22 блоке памяти.

При поиске отказа использовались следующие методы:

- визуально-оптическое исследование поверхности кристаллов;
- исследование поверхности кристалла на РЭМ;
- послойное прецизионное химическое и плазмохимическое травление топологических слоев.

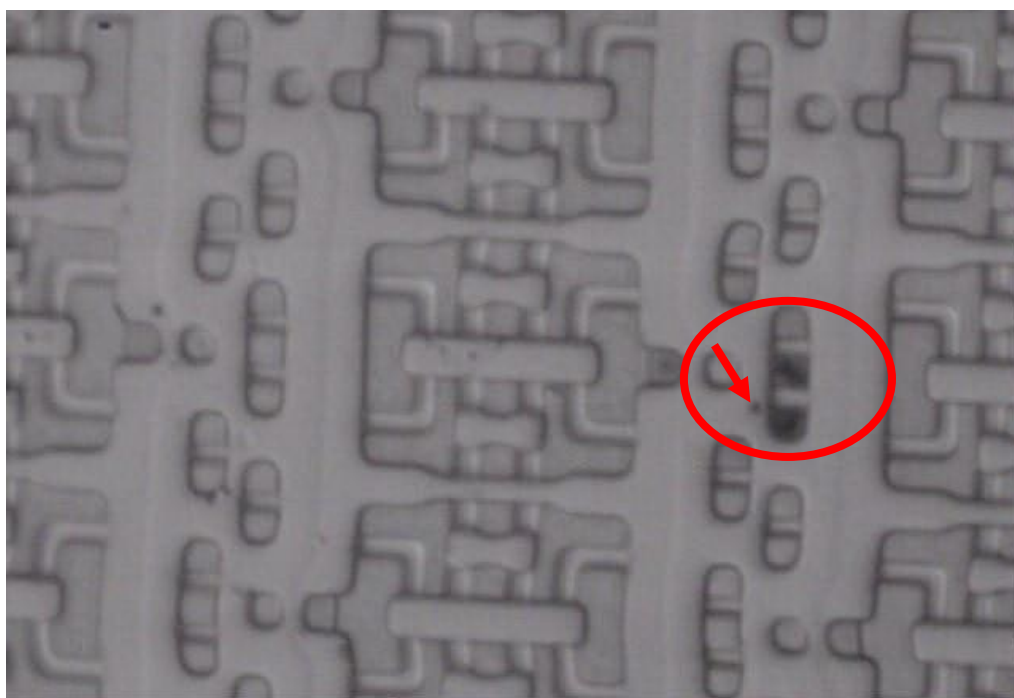


Рисунок 2 – Фото фрагмента топологии «декорированный кремний» области отказавшей ячейки (увеличение 6000х)

Метод проверки заключался в последовательном удалении слоев диэлектриков и металлизации с одновременным фотографированием результатов при помощи растрового и оптического микроскопов. В результате исследований было выявлено нарушение в кремниевой подложке в области отказавшей ячейки (см. рисунок 2) Кругом обведен отказавший р-канальный транзистор, стрелкой указан локальный дефект в кремниевой подложке

После дополнительного декорирования в травителе Секко (в течение четырех секунд) наблюдается anomальное окрашивание одного из р-канальных транзисторов ячейки (рисунок 3).

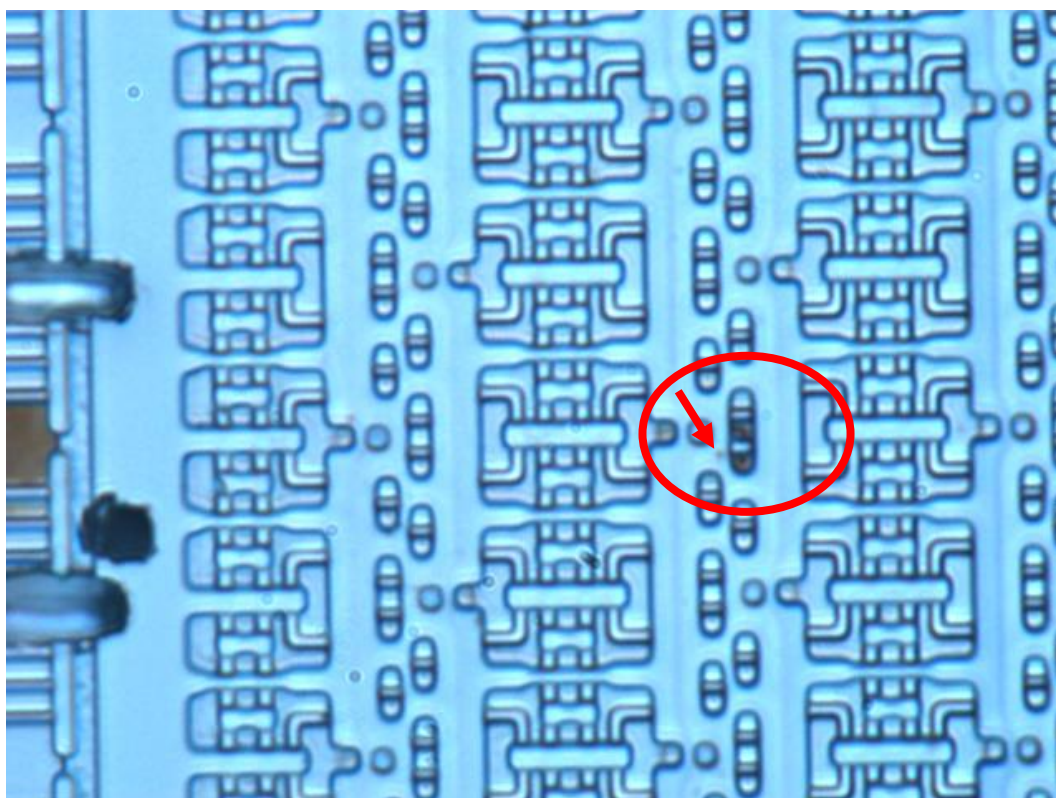


Рисунок 3 – Фото фрагмента топологии «декорированный кремний» области отказавшей ячейки после травителя (увеличение 4000х)

В приложениях приведены акт внедрения результатов работы в учебный процесс, графический материал и копии публикаций соискателя.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Была обоснована необходимость развития диагностических и аналитических средств контроля ИМС. Выполнен анализ методов послойной диагностики интегральных микросхем (разрушающих и неразрушающих). Представлено описание диагностики микросхем микротомографическим методом, диагностики с использованием физического ионного распыления, сверхлокального избирательного ионно-лучевого препарирования ИМС, применение

растровой электронной микроскопии для обеспечения контроля электронной компонентной базы, метод лазерной микроинтерферометрии и лазерная фотоакустическая микроскопия.

2. Приведены доводы в пользу использования прецизионного механического удаления топологических слоев микросхемы помимо методов плазмохимического и/или химического травления. Также представлено описание метода плазмохимического удаления топологических слоев с описанием последовательности работы установки плазменного травления Mini Lab Plasma Pod. Также приведено описание прецизионной шлифовально-полировальной системы полировки MultiPrep, ее внешний вид и особенности. Ко всему прочему присутствует описание оптического микроскопа Leica INM 100 и растрового электронного микроскопа Hitachi S-4800, их внешний вид, краткое описание и технические характеристики.

3. Была изучена микросхема 8652, выполненная по КМОП – технологии, имеющая 4 уровня металлизации. Использовались методы послойного прецизионного химического и плазмохимического травления топологических слоев микросхемы, визуально-оптическое исследование поверхности кристаллов и исследование поверхности кристалла на РЭМ. В результате работы было подтверждено наличие дефекта в 22 боке памяти микросхемы. Данный дефект располагался в кремниевой подложке в области отказавшей ячейки. Приведены снимки указывающие на наличие отказавшего р-канального транзистора вследствие наличия локального дефекта в кремниевой подложке.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Шкляр, Е.В. Принцип контроля вертикальной структуры интегральных схем методом косоугольного шлифа / Е.В. Шкляр, И.С. Сидореня, Е.В. Петровский // II Международная открытая конференция «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложения в технике и технологиях», Воронеж, Россия, 18-20 сентября 2017 г. / ФГБОУ ВО «ВГЛУ» – Воронеж, 2017. – 153–156.

[2] Петровский, Е.В. Диагностика микросхем микротомографическим методом / Е.В. Петровский, Е.В. Шкляр // материалы 53-ей науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 02-06 мая 2017 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2017. – 57–58.

[3] Петровский, Е.В. Методы и средства для диагностики интегральных схем / Е.В. Петровский, Е.В. Шкляр // материалы 53-ей науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 02-06 мая 2017 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2017. – 59–61.

[4] Петровский, Е.В. Применение растровой электронной микроскопии для диагностики интегральных микросхем / Е.В. Петровский, С.С. Мурашко,

С.А. Пансевич, Е.В. Шкляр // LXI Студенческая международная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ» сб. ст. по мат. LXI междунар. студ. науч.-практ. конф. № 1(60), Новосибирск, Россия, 19 января 2018 г. / АНС «СибАК» – Новосибирск, 2018. – 87–92.

[5] Пансевич, С.А. Проведение испытаний на наработку до отказа методом ускоренных испытаний / С.А. Пансевич, С.С. Мурашко, Е.В. Петровский // XVI Международная научно-практическая конференция «Вопросы современных научных исследований», Омск, Россия, январь 2018 г. / Научный центр «Орка» – Омск, 2018.

[6] Мурашко, С.С. Анализ методики оценки надёжности подзатворного и туннельного диэлектрика микросхем в диапазоне температур / С.С. Мурашко, С.А. Пансевич, Е.В. Петровский // Сборник научных статей «Актуальные вопросы развития территорий: теоретические и прикладные аспекты», Пермь, Россия, 2018.

## РЕЗЮМЕ

**Петровский Евгений Владимирович**

**Диагностика интегральных микросхем методом послойного анализа**

**Ключевые слова:** интегральная микросхема, диагностика, плазмохимическое травление, дефект.

**Цель работы:** изучение современных методов диагностики интегральных микросхем с субмикронными проектными нормами, позволяющими достоверно определить причину отказа, а также поиск причины отказа субмикронной интегральной микросхемы, выполненной по КМОП-технологии с 4-мя уровнями металлизации.

**Полученные результаты и их новизна:** получены результаты, показывающие возможности аналитического оборудования ОАО «ИНТЕГРАЛ» по поиску причин отказа в схемах памяти с многоуровневой (более 2-х уровней) металлизированной разводкой.

На основе существующих методик и имеющегося парка аналитического оборудования был найден дефект схемы памяти 8652, расположенный в слое «активная структура».

**Степень использования:** результаты внедрены в учебный процесс Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники в лекционный курс «Проектирование интегральных схем».

**Область применения:** микроэлектронная промышленность.

## РЭЗІЮМЭ

Пятроўскі Яўгеній Уладзіміравіч

Дыягностыка інтэгральных мікрасхем метадам папластовага аналізу

**Ключавыя словы:** інтэгральная мікрасхема, дыягностыка, плазмахімічнае тручэнне, дэфект.

**Мэта працы:** вывучэнне сучасных метадаў дыягностыкі інтэгральных мікрасхем з субмікроннымі праектнымі нормамаі, якія дазваляюць дакладна вызначыць прычыну адмовы, а таксама пошук прычыны адмовы субмікроннай інтэгральнай мікрасхемы, выкананай па КМОП-тэхналогіі з 4-мя ўзроўнямі металізацыі.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** атрыманы вынікі, якія паказваюць магчымасці аналітычнага абсталявання ААТ «Інтэграл» па пошуку прычын адмовы ў схемах памяці з шматузроўневай (больш за 2-х узроўняў) металізаванай разводкай.

На аснове існуючых метадык і існуючага парку аналітычнага абсталявання быў знойдзены дэфект схемы памяці 8652, размешчаны ў пласце «актыўная структура».

**Ступень выкарыстання:** вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс Беларускага дзяржаўнага універсітэта інфарматыкі і радыоэлектронікі ў лекцыйны курс «Праектаванне інтэгральных схем».

**Вобласць ужывання:** мікраэлектронная прамысловасць.

## SUMMARY

**Piatrouski Yauheni Uladzimiravich**

### **Diagnostics of integrated microcircuits by the method of layer analysis**

**Keywords:** integrated microcircuit, diagnostics, plasma chemical etching, defect.

**Objective:** to study modern diagnostic methods for integrated microcircuits with submicron design standards that allow to reliably determine the cause of failure, and also to search for the cause of failure of a submicron integrated microcircuit, made using CMOS technology with 4 levels of metallization.

**The results and their novelty:** results are obtained showing the capabilities of the analytical equipment of OJSC INTEGRAL to search for the causes of failure in memory circuits with a multilevel (more than 2 levels) metallized wiring.

Based on existing techniques and the existing fleet of analytical equipment, a memory defect of 8652, located in the «active structure» layer, was found.

**Use degree:** results are introduced in the educational process of the Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics in the «Design of integrated circuits» lecture courses.

**Field of application:** microelectronic industry.