

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

На правах рукописи

УДК 621.3.049.771.14

МУРАШКО
Сергей Сергеевич

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОДЗАТВОРНОГО ДИЭЛЕКТРИКА МДП-ИС**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра технических наук

по специальности 1-38 80 04 – Технология приборостроения

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: **Рудикова Лада Владимировна**,
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технологий программирования учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

Защита диссертации состоится «26» января 2018 года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

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

ВВЕДЕНИЕ

В технологии формирования ИС двуокись кремния используется для нескольких целей. Она служит в качестве маски при ионной имплантации или диффузии легирующей примеси в кремний, для пассивации поверхности структур, для изоляции приборов друг от друга, для обеспечения электрической изоляции в системах многослойной изоляции. Важнейшая функция двуокиси кремния заключается также в том, что она является ключевым компонентом в конструкции МДП-структур, являясь подзатворным диэлектриком.

Для создания надежных высококачественных ИС требуется не только понимать основной механизм окисления, но и обладать возможностью формировать высококачественный окисел контролируемым и воспроизводимым образом. Кроме того, чтобы гарантировать надежность ИС, нужно знать зависимость электрических свойств окисла от технологических параметров процесса окисления.

В связи с увеличением степени интеграции уменьшается и толщина подзатворного диэлектрика. В настоящее время она достигает единиц нанометров. Поэтому требования к качеству окисла все больше ужесточаются, изучению вопросам качества подзатворного окисла уделяется огромное внимание.

Основным фактором, определяющим деградацию полупроводниковых приборов на основе структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП), является дефектность подзатворного диэлектрика, что влияет на рабочие характеристики МДП-приборов. Изменение зарядового состояния подзатворного диэлектрика МДП-транзистора приводит к сдвигу порогового напряжения, изменению крутизны и дрейфу характеристик прибора. Зарядовая нестабильность диэлектрической пленки также ответственна за деградацию характеристик запоминающих устройств с плавающим затвором и приборов с зарядовой связью. Повышение интереса к исследованию процессов зарядовой нестабильности МДП-структур в условиях инжекции носителей в настоящее время связано с тем, что с повышением степени интеграции МДП-ИС происходит уменьшение длин каналов и толщин подзатворного диэлектрика интегральных МДП-транзисторов. Поэтому возрастает роль процессов в МДП-структурах, связанных с влиянием сильных электрических полей, которые по своей величине приближаются к инжекционным. Например, фирма Intel использует транзисторы с толщиной подзатворного диэлектрика 1,2 нм (1,4 нм у фирмы AMD) при рабочих напряжениях около 1 В. В таких диэлектриках величина электрического поля достигает значений 10 МВ/см. Инжекция «горячих» носителей в диэлектрик МДП-структур в таких полях приводит к изменению зарядового состояния диэлектрика, повышению плотности поверхностных состояний на границе раздела полупроводник-диэлектрик и, в конечном итоге, к необратимой деградации подзатворного диэлектрика.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Необходимость и актуальность исследования методов контроля основных характеристик подзатворного диэлектрика МДП–ИС основывается на том факте, что все производители ИС неминуемо стремятся к увеличению степени интеграции, т.к. это позволяет уменьшить энергопотребление и увеличить быстродействие ИС. Однако, значительное уменьшение размеров элементов топологии ведет к тому, что ширина и высота элементов становятся соизмеримы. Как следствие – значительно возрастает влияние конфигурации микрорельефа элементов топологии на их работоспособность и стабильность, многократно возрастают требования к контролю качества на каждом этапе производства, растет необходимость увеличения количества контрольных измерений в процессе изготовления ИС, а также возрастают затраты времени на проведение всех необходимых контрольных измерений. Именно поэтому важно использовать актуальные методы оценки основных характеристик подзатворного диэлектрика МДП–ИС.

В связи с вышесказанным, исследование методов контроля подзатворного диэлектрика МДП–ИС является актуальным.

Степень разработанности проблемы

Исследование методов контроля подзатворного диэлектрика МДП-ИС осуществлялось на основе анализа существующих методов, их опробирования и корректировки, с использованием работ российских и белорусских, а так же зарубежных ученых: Фолкенберри Л.М., Лонгботтон Р., Боуз Р., Ключев В.В., Пархоменко П.П., Путинцев Н.Д., Добров В.В., Каган Б.М., Кафанов Ю.Н., Увайсов С.У., Семин В.Г., Гродзенский С.Я., Дианов В.Н, Ерохов В.И.

Одним из недостатков исследований, представленных в современной технической литературе, является рассмотрение особенностей методов контроля подзатворного диэлектрика без выделения более приоритетных, позволяющих собрать наибольшее количество информации за короткое время, определить дефектность при неразрушающем методе контроля. Предложенное исследование направлено на устранение этого недостатка, основывается на исследовании и анализе наиболее актуальных методов контроля подзатворного диэлектрика, а так же опробование наиболее приоритетного из них.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является исследование методов контроля подзатворного диэлектрика МДП–ИС путем глубокого анализа современных и актуальных методов, их опробования и классификации.

Поставленная цель работы определяет следующие основные задачи:

1. Провести обзор и анализ современных требований к системе контроля качества при разработке и массовом производстве изделий микроэлектроники, видов, методов и средств контроля качества ИС, эксплуатационных показателей ИС.

2. Исследовать наиболее актуальные методики контроля подзатворного диэлектрика МДП–ИС.

3. Провести глубокий анализ, опробование и структуризацию наиболее актуальной методики контроля.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-38 80 04 «Технология приборостроения».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских, российских и зарубежных ученых в области исследования методов контроля подзатворного диэлектрика МДП–ИС и тестовых структур (ТС), а также анализ технических нормативных правовых актов по рассматриваемой тематике.

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

Научная новизна

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в исследовании методов контроля подзатворного диэлектрика МДП–ИС, путем сравнения современных подходов, выбора и обоснования более приоритетного метода контроля.

Теоретическая значимость работы заключается в детальном анализе методов контроля подзатворного диэлектрика МДП–ИС с учетом их особенностей.

Практическая значимость диссертации состоит в исследовании методов контроля подзатворного диэлектрика МДП–ИС, их анализе, структуризации и опробования.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Системная оценка качества МДП микросхем на этапах разработки, изготовления, испытаний и эксплуатации.

2. Методы контроля качества подзатворного диэлектрика в МДП микросхемах.

3. Оценка качества подзатворного диэлектрика МДП микросхемы 1644PC2T методом контроля заряда пробоя.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на международной научно-практической конференции «Проблемы и приоритеты развития науки в XXI веке» (Смоленск, Россия, 2017 г.), а так же на XV международной научно-практической конференции «Вопросы современных научных исследований» (Омск, Россия, 2017 г.).

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 7 печатных работах. В их числе 3 статьи в рецензируемых журналах: международный научно-практический сетевой журнал «Современные исследования», сборник научных статей «Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты», сборник научных статей «Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты», 4 статей в сборниках материалов научных конференций.

Общий объем публикаций по теме диссертационной работы составляет 0,7 авторских листа.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе приведен обзор современного состояния проблемы контроля качества при разработке и производстве изделий микроэлектроники, рассмотрены виды, методы и средства контроля полупроводниковых приборов и ИС, а так же рассмотрены основные эксплуатационные показатели ИС.

Определены взаимосвязи между повышением степени интеграции ИС и необходимостью увеличения количества контрольно-измерительных операций. **Во второй главе** проведен анализ актуальных методик контроля подзатворного диэлектрика МДП-структур, применяемых в ОАО «Интеграл». Проведен анализ методики контроля термополевой стабильности тонких диэлектрических слоев, методики контроля заряда пробоя подзатворного и тунельного диэлектриков, методики оценки надёжности подзатворного и тунельного диэлектрика микросхем в диапазоне температур, методики контроля времязависимого пробоя диэлектрических слоев, методики контроля геометрических размеров топологических элементов микросхем

методом растровой электронной микроскопии и методики контроля концентрации фосфора в диэлектрических пленках методом локального рентгеноспектрального анализа. Выявлены некоторые особенности применения данных методик, а так же им дана критическая оценка. **В третьей главе** углубленно проанализирована, структурирована и опробована методика контроля заряда пробоя подзатворного и туннельного диэлектриков.

Методика предназначена для:

– контроля величины заряда пробоя подзатворного и туннельного диэлектриков кремниевых интегральных микросхем с проектными нормами до 0,18 мкм;

– контроля скрытых дефектов, снижающих надежность подзатворного и туннельного диэлектриков.

В результате проведенного исследования была углубленно проанализирована, структурирована и опробована методика контроля заряда пробоя подзатворного и туннельного диэлектриков. Выделена область применения методики, её сущность, а так же необходимые средства измерения и вспомогательные материалы. Представлены практические результаты опробования разработанной методики. Проведена оценка качества подзатворного диэлектрика МДП микросхемы 1644РС2Т методом контроля заряда пробоя.

Разработанная методика позволит устанавливать факт улучшения или ухудшения качества и надежности подзатворного диэлектрика, а также выяснить предполагаемую причину изменения надежности подзатворного окисла.

В основу метода положен статистический подход на основе закона распределения Пуассона. Теоретически обоснован объем выборки тестовых структур для проведения измерений в зависимости от площади тестовой структуры при разных уровнях доверительной вероятности. Получены расчетные соотношения и построены графические зависимости для оценки реальной плотности дефектов подзатворного и туннельного диэлектриков. **В приложении** представлены публикации автора и акт внедрения в учебный процесс.

Общий объем диссертационной работы составляет 84 страницы. Из них 47 страниц основного текста, 18 иллюстраций на 13 страницах, библиографический список из 49 наименований на 4 страницах, список собственных публикаций соискателя из 9 наименований на 1 странице, 3 приложения на 31 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы контроля подзатворного диэлектрика МДП-ИС, связанное, с повышением степени интеграции ИС и как следствие — усложнением технологии производства полупроводниковых приборов. Указаны основные критерии, определяющие де-

градацию полупроводниковых приборов, а также описано обоснование актуальности темы.

В общей характеристике работы показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В первой главе приведен обзор современного состояния проблемы контроля качества при разработке и производстве изделий микроэлектроники, рассмотрены виды, методы и средства контроля полупроводниковых приборов и ИС, а так же рассмотрены основные эксплуатационные показатели ИС и качества, которыми должно обладать готовое изделие микроэлектроники.

Изготовленные изделия должны обладать высокими качествами и надежностью при воздействии на них различных механических и климатических факторов:

- ударов;
- вибрации;
- температуры;
- давления;
- влажности;
- радиации;
- электрической нагрузки.

Дефект есть любое отклонение в ИС от требований технических условий. Дефект может быть причиной отказа в будущем, но может и не быть (например, царапины на корпусе и т. д.). Дефекты различают как явные, так и скрытые (проявляемые со временем). Явные дефекты определяют выход годных изделий, скрытые – будущую надежность по трем ее составляющим (безотказности, долговечности и сохраняемости).

Различают три варианта тестового контроля:

- по тестовым ячейкам, встроенным в рабочие кристаллы;
- по тестовым кристаллам, занимающим определенные места — на подложке;
- по тестовым пластинам-спутникам, сопровождающим технологический процесс.

Выбор варианта тестового контроля зависит от необходимой информации и условий производства.

К основным видам контрольных испытаний интегральных микросхем относятся:

- параметрический контроль;
- функциональный контроль;
- диагностический контроль.

Параметрический контроль используется для микросхем с малой интеграцией и включает в себя измерения основных параметров на постоянном токе. Кроме того, данный вид предусматривает проведение проверки правильности выполнения несложных логических функций, которая проводится одновременно с последовательным измерением выходных электрических сигналов после подачи определенной комбинации калиброванных сигналов тока или напряжения на входы интегральной схемы.

Следует отметить, что эффективность параметрического вида контроля с точки зрения оценки работоспособности микросхемы в целом с повышением степени интеграции уменьшается, а измерение некоторых процессов, таких, как время нарастания и спада сигнала, становится нецелесообразным.

Функциональный контроль используется для проверки интегральных схем с высокой степенью интеграции и включает в себя проведение статистических и динамических измерений на базе контрольной тестовой таблицы, составленной, например, с помощью ЭВМ с учетом минимизации количества входных кодовых комбинаций. Функциональный контроль позволяет проводить проверку больших интегральных микросхем в условиях, близких к эксплуатационным.

Диагностический контроль наиболее эффективен при проведении испытаний гибридных интегральных микросхем, в которых в принципе возможна замена неисправных элементов, расположенных на общей подложке.

Условно дефекты в зависимости от размеров и возможности обнаружения их в производственных условиях, можно подразделить на грубые, или макроскопические, и мелкие, или микроскопические, которые часто еще называют случайными. Конструктивные элементы, полупроводниковые структуры и готовые структуры, содержащие грубые дефекты, в результате межоперационного и выходного контроля удаляются из дальнейшего технологического процесса и из партии готовых приборов как технологический брак.

При этом степень «чистоты» готовых приборов от грубых дефектов определяется отлаженностью и стабильностью технологического процесса и чувствительностью контрольного оборудования а также его способностью либо непосредственно наблюдать грубые дефекты, либо давать возможность объективно судить об их наличии или отсутствии по косвенным признакам, связанным с электрофизическими параметрами конструктивных элементов, полупроводниковых структур и готовых приборов.

Определены взаимосвязи между повышением степени интеграции ИС и необходимостью увеличения количества контрольно-измерительных операций. Определены основные эксплуатационные показатели ИС. Так же выделены основные виды контрольных испытаний интегральных микросхем (параметрический, функциональный, диагностический). **Во второй главе** проведен анализ актуальных методик контроля подзатворного диэлектрика МДП-структур, применяемых в ОАО «Инте-

грал». Проведен анализ методики контроля термополевой стабильности тонких диэлектрических слоев, методики контроля заряда пробоя подзатворного и тунельного диэлектриков, методики оценки надёжности подзатворного и тунельного диэлектрика микросхем в диапазоне температур, методики контроля времязависимого пробоя диэлектрических слоев, методики контроля геометрических размеров топологических элементов микросхем методом растровой электронной микроскопии и методики контроля концентрации фосфора в диэлектрических пленках методом локального рентгеноспектрального анализа. Выявлены некоторые особенности применения данных методик, а так же им дана критическая оценка. **В третьей главе** углубленно проанализирована, структурирована и опробована методика контроля заряда пробоя подзатворного и тунельного диэлектриков. В результате проведенного исследования была выделена область применения методики, её сущность, а так же необходимые средства измерения и вспомогательные материалы. Представлены практические результаты опробования разработанной методики. Проведена оценка качества подзатворного диэлектрика МДП микросхемы 1644РС2Т методом контроля заряда пробоя.

Полученные результаты представлены графиком распределения Вейбулла (рисунок 1), по которой выявляются две ветви.

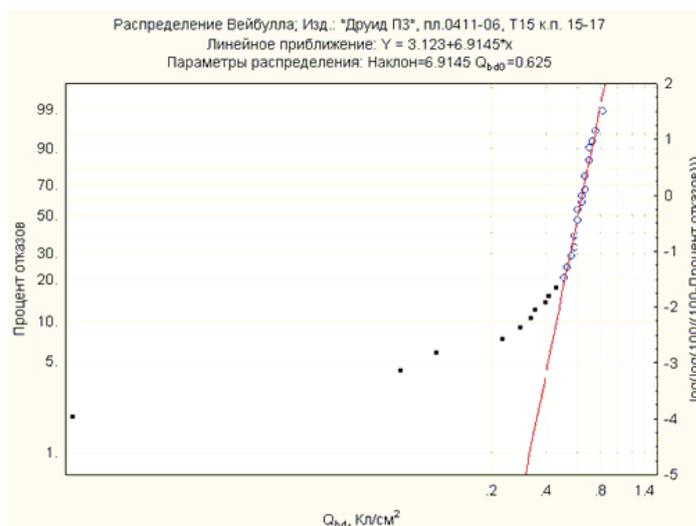


Рисунок 1 – Вид распределения Вейбулла с дефектной и собственной ветвью пробоя

Левая ветвь характеризует область пробоя структур с дефектами и по ней определяется процент дефектных структур.

Наклон данной ветви свидетельствует о природе дефектов. Правая ветвь характеризует область собственного пробоя диэлектрика. По ней определяется средняя величина заряда пробоя и его разброс.

Предложена и опробована форма представления результатов измерений в виде распределения величины заряда пробоя по поверхности пластины в виде

цветовой топограммы – контурной диаграммы, рисунок 2, наглядно отражающей распределение заряда пробоя по пластине и расположение дефектных областей на пластине.

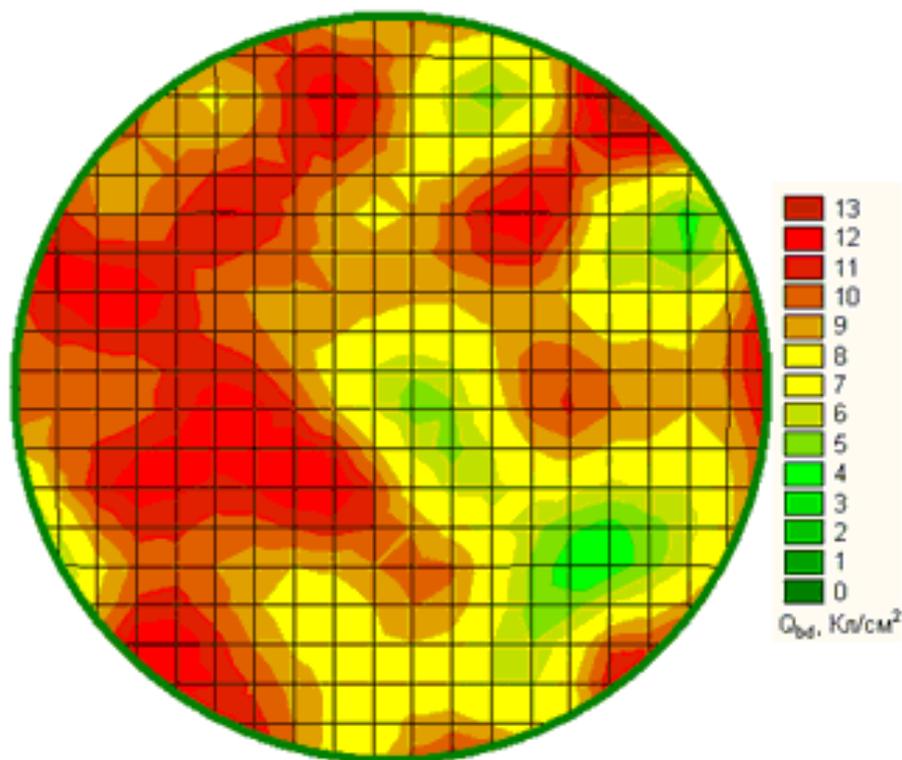


Рисунок 2 – Контурная диаграмма распределения заряда пробоя $Q_{bd}, \text{Кл/см}^2$, по пластине ИМС «1644РС2Т» с дефектной и собственной ветвью пробоя

Разработанная методика позволит устанавливать факт улучшения или ухудшения качества и надежности подзатворного диэлектрика, а также выяснить предполагаемую причину изменения надежности подзатворного окисла. Если реальная плотность дефектов меньше допустимой плотности, тогда диэлектрик считается надёжным, а если реальная плотность больше допустимой плотности, тогда диэлектрик считается ненадёжным.

Для обеспечения оперативного контроля на практике наиболее приемлемым количеством измерений (объём выборки) составляет от 50 до 100 шт. В технологическом процессе изготовления микросхем измерения величины заряда пробоя производится на ТС, расположенных в тестовых модулях на товарной пластине или на периферии кристалла микросхемы. Площадь подзатворного диэлектрика на реальных схемах может в тысячу раз превышать площадь тестовой структуры и результаты измерения величины заряда пробоя на тестовой структуре и микросхемы будут существенно отличаться. Большое различие в площадях требует моделирования величины заряда про-

боя подзатворного диэлектрика микросхемы по результатам измерения параметров тестовых структур.

При проведении контроля необходимо в помещении соблюдать следующие требования к параметрам воздушной среды:

- температура с 1 октября по 30 апреля должна поддерживаться в диапазоне (20 ± 2) °С, с 1 мая по 30 сентября в диапазоне (23 ± 3) °С;
- относительная влажность – (50 ± 10) %.

В основу метода положен статистический подход на основе закона распределения Пуассона. Теоретически обоснован объем выборки тестовых структур для проведения измерений в зависимости от площади тестовой структуры при разных уровнях доверительной вероятности. Получены расчетные соотношения и построены графические зависимости для оценки реальной плотности дефектов подзатворного и туннельного диэлектриков. Выделена область применения методики, её сущность, а так же необходимые средства измерения и вспомогательные материалы. Представлены практические результаты опробования разработанной методики. Проведена оценка качества подзатворного диэлектрика МДП микросхемы 1644РС2Т методом контроля заряда пробоя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнен обзор и анализ белорусских и зарубежных источников по тематике современных требований к системе контроля качества при разработке и массовом производстве изделий микроэлектроники, видов, методов и средств контроля качества ИС и эксплуатационных показателей.

2. Проведен анализ актуальных методик контроля подзатворного диэлектрика МДП-структур применяемых в ОАО «Интеграл».

3. В результате проведенного исследования была углубленно проанализирована, структурирована и опробована методика контроля заряда пробоя подзатворного и туннельного диэлектриков. Выделена область применения методики, её сущность, а так же необходимые средства измерения и вспомогательные материалы. Представлены практические результаты опробования разработанной методики. Проведена оценка качества подзатворного диэлектрика МДП микросхемы 1644РС2Т методом контроля заряда пробоя.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно–компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1] Мурашко, С.С. Анализ методики оценки надёжности подзатворного и тунельного диэлектрика микросхем в диапазоне температур/ С.С. Мурашко, С.А. Пансеич, Е.В. Петровский, Т.В. Петлицкая // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. – 2018. – № 21. – С. 23–24.

[2] Мурашко, С.С. Исследование методики подготовки образцов субмикронных интегральных микросхем для исследования их с помощью растровой электронной микроскопии / С.С. Мурашко, Т.В. Петлицкая // Проблемы и приоритеты развития науки в XXI веке. – 2018. – № 17. – С. 26–27.

[3] Мурашко, С.С. Анализ методики контроля геометрических размеров топологических элементов интегральных микросхем методом растровой электронной микроскопии/ С.С. Мурашко, Т.В. Петлицкая // Современные исследования. – 2017. – № 4. – С. 59–60.

[4] Мурашко, С.С. Исследование методов контроля заряда пробоя подзатворного и тунельного диэлектриков / С.С. Мурашко, Т.В. Петлицкая // Современные исследования. – 2017. – № 4. – С. 61–62.

[5] Петровский, Е.В. Применение растровой электронной микроскопии для диагностики интегральных микросхем / Е.В. Петровский, С.С. Мурашко, С.А. Пансеич, Т.В. Петлицкая // XI Студенческая междунар. науч.-практ. конф. «Научное сообщество студентов XXI столетия» —2018г. – С. 183–186.

[6] Пансеич, С.А. Технология изготовления КМОП БИС с целью повышения стойкости к ионизирующему излучению / С.А. Пансеич, С.С. Мурашко, Т.В. Петлицкая // МК-267 –2018. – С. 29–30.

[7] Пансеич, С.А. Проведение испытаний на наработку до отказа методом ускоренных испытаний / С.А. Пансеич, С.С. Мурашко, Е.В. Петровский, Т.В. Петлицкая // IX международная научно-практическая конференция –2018. – С. 31–32.

РЕЗЮМЕ

Мурашко Сергей Сергеевич

Методы исследования основных характеристик подзатворного диэлектрика МДП-ИС

Ключевые слова: МДП-ИС, подзатворный диэлектрик, туннельный диэлектрик.

Цель работы: исследование методов контроля подзатворного диэлектрика МДП-ИС.

Полученные результаты и их новизна: выполнен анализ белорусских и зарубежных источников по тематике контроля дефектности при производстве интегральных микросхем, который показал, что на настоящий момент актуальным является вопрос систематизации и усиления контроля дефектности при производстве ИС с целью повышения выхода годных.

Проведен анализ актуальных методик контроля подзатворного диэлектрика МДП-структур, применяемых в ОАО «Интеграл».

Проведен анализ методики контроля термополевой стабильности тонких диэлектрических слоев, методики контроля заряда пробоя подзатворного и туннельного диэлектриков, методики оценки надёжности подзатворного и туннельного диэлектрика микросхем в диапазоне температур, методики контроля времязависимого пробоя диэлектрических слоев, методики контроля геометрических размеров топологических элементов микросхем методом растровой электронной микроскопии и методики контроля концентрации фосфора в диэлектрических пленках методом локального рентгеноспектрального анализа. Выявлены некоторые особенности применения данных методик, а так же им дана критическая оценка.

В результате проведенного исследования была углубленно проанализирована, структурирована и опробована методика контроля заряда пробоя подзатворного и туннельного диэлектриков. Выделена область применения методики, её сущность, а так же необходимые средства измерения и вспомогательные материалы. Представлены практические результаты опробования разработанной методики. Проведена оценка качества подзатворного диэлектрика МДП микросхемы 1644РС2Т методом контроля заряда пробоя.

Разработанная методика позволит устанавливать факт улучшения или ухудшения качества и надежности подзатворного диэлектрика, а также выявить предполагаемую причину изменения надежности подзатворного окисла.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств».

Область применения: производство интегральных микросхем.

РЭЗІЮМЭ
Мурашка Сяргей Сяргеевіч
Метады даследавання асноўных характарыстык падзатворнага
дыэлектрыка МДП-ІС

Ключавыя словы: МДП-ІС, падзатворны дыэлектрык, тунельны дыэлектрык.

Мэтапрацы: даследаванне метадаў кантролю падзатворнага дыэлектрыка МДП-ІС.

Атрыманыя вынікі і іх навізна : выкананы аналіз беларускіх і замежных крыніц па тэматыцы кантролю дэфектнасці пры вытворчасці інтэгральных мікрасхем, які паказаў, што на цяперашні момант актуальным з'яўляецца пытанне сістэматызацыі і ўзмацнення кантролю дэфектнасці пры вытворчасці ІС з мэтай павышэння выхаду здольных.

Праведзены аналіз актуальных метадык кантролю падзатворнага дыэлектрыка МДП-структур, якія выкарыстоўваюцца ў ААТ «Інтэграл».

Праведзены аналіз метадыкі кантролю тэрмапалевай стабільнасці тонных дыэлектрычных слаёў, метадыкі кантролю зарада прабоў падзатворнага і тунельнага дыэлектрыкаў, метадыкі ацэнкі надзейнасці падзатворнага і тунельнага дыэлектрыка мікрасхем у дыяпазоне тэмператур, метадыкі кантролю времязависимого прабоў дыэлектрычных слаёў, метадыкі кантролю геаметрычных памераў тапалагічных элементаў мікрасхем метадам растравай электроннай мікраскапіі і метадыкі кантролю канцэнтрацыі фосфару ў дыэлектрычных плёнках метадам лакальнага рэнтгенаспектральнага аналізу. Выяўлены некаторыя асаблівасці прымянення дадзеных метадык, а так жа ім дадзена крытычная ацэнка.

У выніку праведзенага даследавання была паглыблена прааналізавана, структуравана і апрабавана метадыка кантролю зарада прабоў падзатворнага і тунельнага дыэлектрыкаў. Выдзелена вобласць ужывання метадыкі, яе сутнасць, а гэтак жа неабходныя сродкі вымярэння і дапамагальныя матэрыялы. Прадстаўлены практычныя вынікі апрабавання распрацаванай метадыкі. Праведзена ацэнка якасці падзатворнага дыэлектрыка МДП мікрасхемы 1644РС2Т метадам кантролю зарада прабоў.

Распрацаваная метадыка дазволіць ўсталёўваць факт паляпшэння або пагаршэння якасці і надзейнасці падзатворнага дыэлектрыка, а таксама высветліць меркаваную прычыну змены надзейнасці падзатворнага вокісла.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс на «кафедра праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм» ўстанова адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі» ў навучальны курс «Фізічныя асновы праектавання радыёэлектронных сродкаў».

Вобласць ужывання: вытворчасць інтэгральных мікрасхем.

SUMMARY

Murashko Sergey Sergeevich

Methods for controlling of basic characteristics of the gateway dielectric of MIS-IC

Keywords: MIS-IC, gate insulator, tunnel dielectric.

The object of study: a study of methods for controlling the gate insulator MIS-IC.

The results and novelty: The analysis of Belarusian and foreign sources on the issues of defect management in the production of integrated circuits was carried out. It showed that at the moment the issue of systematization and strengthening of the control of defects in the production of IP in order to improve the yield is relevant.

The analysis of actual methods for controlling the gate dielectric of MIS structures used in JSC «Integral» is carried out.

The analysis of the method for monitoring the thermal field stability of thin dielectric layers, the technique for controlling the charge of breakdown of gate and tunnel dielectrics, the technique for estimating the reliability of the gate and tunnel dielectric of microcircuits in the temperature range, the method for monitoring the time-dependent breakdown of dielectric layers, the method for controlling the geometric dimensions of the topological elements of microchips by the raster electronic method microscopy and methods for controlling the concentration of phosphorus in dielectric films by the local method of X-ray analysis. Some features of the application of these methods are revealed, and they are given a critical assessment.

As a result of the study, the technique for controlling the breakdown charge of the gate and tunnel dielectrics was thoroughly analyzed, structured, and tested. The area of application of the methodology, its essence, as well as the necessary means of measurement and auxiliary materials are singled out. Practical results of testing the developed methodology are presented. The evaluation of the quality of the gate-type dielectrics of the MDA chip 1644PC2T by the method of controlling the charge of the breakdown.

The developed technique will allow to establish the fact of improvement or deterioration of quality and reliability of the gate dielectric, and also to find out the prospective reason for the change in the reliability of the gate oxide.

Degree of use: the results are implemented in the educational process on the design of information and computer systems for the establishment of education "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics in the training course "Physical Basics of Design of Radioelectronic Facilities".

Sphere of application: production of integrated circuits.