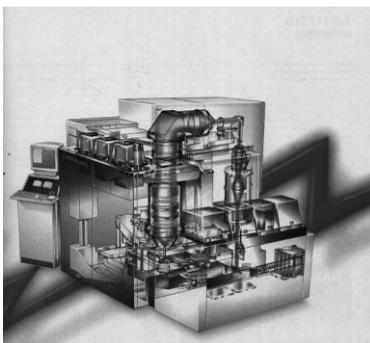


ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

Кафедра полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольной работы по дисциплине
«Основы лучевых и плазменных технологий»
для студентов направления подготовки бакалавров
210100 «Электроника и нанoeлектроника», профиля
«Микроэлектроника и твердотельная электроника»
заочной формы обучения



Воронеж 2014

Составитель канд. техн. наук Т.В. Свистова

УДК 621.382.2

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Основы лучевых и плазменных технологий» для студентов направления подготовки бакалавров 210100 «Электроника и наноэлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Т.В. Свистова. Воронеж, 2014. 19 с.

Методические указания включают содержание контрольной работы, варианты и порядок выполнения работы, общие пояснения к тексту заданий, библиографический список рекомендуемой литературы.

Методические указания предназначены для студентов четвертого курса.

Издание подготовлено в электронном виде в текстовом редакторе MSWORD и содержится в файле «Му_кр_ОЛиПТ.docx».

Табл. 8. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент канд. физ.-мат. наук, доц. Е.В. Бордаков

Ответственный за выпуск зав. кафедрой
д-р физ.-мат. наук, проф. С.И. Рембеза

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет», 2014

СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ, ВЫБОР ВАРИАНТОВ, ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ, ОБЩИЕ ПОЯСНЕНИЯ К ТЕКСТУ ЗАДАНИЙ

Микроэлектроника - наиболее бурно развивающаяся область электронной техники, катализатор научно - технического прогресса всех отраслей народного хозяйства. Современная техника предъявляет очень высокие требования к интегральным микросхемам (ИС) по надежности, быстродействию, информационной емкости и другим параметрам. Поэтому основной тенденцией развития микроэлектроники является непрерывное повышение степени интеграции и информационной емкости интегральных микросхем с одновременным уменьшением стоимости бита информации. Это достигается за счет перехода от больших интегральных схем к сверхбольшим и ультрабольшим, уменьшения размеров элементов микросхем. Если характерный размер элемента больших интегральных схем (БИС) составляет несколько микрон, то в ультрабольшим интегральных схемах (УБИС) размер элементов доведен до долей микрона. Уже разработаны технологии производства микросхем с размерами элементов 0,13 мкм и 0,09 мкм.

Жидкостные процессы технологической обработки материалов в процессе создания микроструктур в принципе не могут обеспечить изготовления ИС с субмикронными размерами, поэтому начиная с семидесятых годов XX века во всем мире ведутся поиски альтернативных технологических вариантов на базе так называемых «сухих» процессов.

Технологии с использованием низкотемпературной неравновесной газоразрядной плазмы в этом плане оказались наиболее перспективными. Первым плазменным процессом, используемым в промышленном производстве с 1968 г., было удаление фоторезиста в кислородной плазме. В этот период недостаточное понимание сущности плазмохимических процессов привело к ряду неудач и отказу от их использования

вплоть до 1972-1973 годов. Примерно в эти же годы начал проявляться интерес к плазменным методам получения пленок, в первую очередь диоксида кремния, и травлению неорганических металлов - кремния, нитрида кремния, диоксида кремния, алюминия и других. К настоящему времени разработаны и внедрены в производство изделий электронной техники целый ряд технологических процессов с использованием низкотемпературной плазмы - это обработка и удаление органических резистов, плазменное травление, плазменное получение различных пленок и слоев. Сравнение плазменных технологических процессов с жидкостными позволяет выделить следующие их преимущества:

- увеличение разрешающей способности с уменьшением размеров элементов ИС;
- обеспечение высокой селективности и анизотропии процессов;
- более высокий уровень безопасности работы и экологической чистоты производства;
- возможность непрерывного контроля хода и окончания процесса;
- возможность создания автоматизированных технологических циклов, не требующих участия оператора.

Необходимо отметить, что в настоящее время вакуумно-плазменные технологии вышли далеко за пределы электронной техники и используются в самых различных отраслях науки и промышленности. Широко известны применения плазменных технологий в машиностроении и приборостроении, текстильной и легкой промышленности, производстве строительных материалов и даже в медицине.

Общеизвестно, что современные интенсивные технологии являются основой технического процесса. К ним относятся и лучевые технологии, основанные на использовании концентрированных потоков энергии - лазерные, электронные и электронно-лучевые, ионные и ионно-лучевые. Их применение

ние позволяет получать совершенно новые эффекты и результаты, принципиально недостижимые при традиционных технологиях, или значительно повысить скорость и качество обработки. Принципиально важными особенностями этих технологий являются локальность и селективность вложения энергии при огромных плотностях мощности, достигающих $10^8 - 10^{12}$ Вт/см², отсутствие механических контактов инструмента и изделия в процессе обработки, простота и широкие возможности управления энергией и размерами энергонесущего пучка, возможность полной автоматизации технологического процесса. Применение этих технологий позволяет изменять форму и размеры обрабатываемых изделий, их механические, физические, химические, электрические, оптические, магнитные и другие свойства, как в массе материала, так и на поверхности, в нанометровых слоях. Кроме того, на основе взаимодействия излучения и потоков ионов и электронов с веществом разработаны многие методы прецизионного анализа и контроля.

Лазерные, электронные и ионные процессы и технологии, зародившись, в основном в недрах электронной промышленности, в настоящее время широко применяются в электронике, приборостроении, машиностроении, металлургии, химии, медицине, текстильной и легкой промышленности и ряде других отраслей. Сдерживающими факторами в применении этих технологий традиционно считаются высокая стоимость технологического оборудования и сложность его обслуживания. Но, несмотря на это, интенсивные технологии при правильном их использовании, дают, как правило, высокий экономический эффект.

Целями преподавания дисциплины «Основы лучевых и плазменных технологий» являются изучение студентами процессов взаимодействия потоков частиц и плазмы с конденсированными средами, используемых в лучевых и плазменных технологиях при производстве изделий электронной техники,

овладение методами расчета и проектирования технологических лучевых и плазменных модулей, получение первичных навыков работы на лучевых и плазменных технологических установках.

В результате изучения дисциплины студент должен знать: физико-химические процессы современных лучевых и плазменных технологий и оборудования; уметь: выбирать оптимальный технологический процесс и оборудование для его реализации по заданным требованиям; владеть: информацией о предельных возможностях лучевых и плазменных технологий, применяемых при производстве электронной компонентной базы.

Студенты направления подготовки бакалавров 210100 «Электроника и наноэлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» заочной формы обучения согласно рабочей программе дисциплины «Основы лучевых и плазменных технологий» выполняют одну контрольную работу. Контрольная работа состоит из 8 заданий. Каждое задание имеет десять вариантов. ***Студенты в заданиях №№ 1–4 выбирают номер варианта, соответствующий последней цифре номера зачетки, в заданиях №№ 5–8 выбирают номер варианта, соответствующий предпоследней цифре номера зачетки.*** Например, если номер зачетки оканчивается числом 72, то выбирается вариант 2 заданий №№ 1–4 и вариант 7 заданий №№ 5–8.

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради. На обложке указывается название дисциплины, фамилия и инициалы студента, номер зачетки, специальность и факультет, домашний адрес и телефон, а также варианты выполняемых заданий. Выполнение каждого задания желательно начинать с новой страницы. На каждой странице следует оставлять поля для замечаний. В заданиях после изложения текста задания указаны разделы учебных пособий, которые могут оказать помощь при их выполнении.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Задание № 1. Физические основы плазменной технологии. Дайте развернутый ответ на вопрос своего варианта.

Таблица 1

Вариант	Вопрос
0	Плазма: основные понятия и свойства. Основные характеристики технологической плазмы.
1	Элементарные процессы в плазме.
2	Взаимодействие частиц плазмы между собой. В чем отличие между упругими и неупругими соударениями электронов с атомами и молекулами?
3	Основные виды процессов под действием электронного удара и их кинетические характеристики.
4	Основные типы процессов генерации активных частиц плазмы и возможные механизмы их реализации.
5	Основные механизмы диссоциации молекул в условиях низкотемпературной плазмы.
6	Основные механизмы рекомбинации нейтральных и заряженных частиц.
7	Типы воздействия плазмы на обрабатываемый материал.
8	Газовые среды и химические реакции в плазме.
9	Средства и способы устойчивого поддержания плазмы.

Рекомендуемая литература: [1], стр. 6 –147.

Плазма представляет собой частично или полностью ионизированный газ, состоящий из смеси стабильных и возбужденных атомов и молекул и продуктов распада молекул: радикалов, положительно и отрицательно заряженных ионов, электронов. Концентрация заряженных частиц в плазме достигает 10^{17} см^{-3} и по своей электропроводности плазма приближается к проводникам. Плазму нельзя представлять как механическую смесь компонент - все частицы плазмы находятся в непрерывном взаимодействии друг с другом, и плазма в целом обладает рядом специфических свойств, которые вовсе не присущи отдельным её составляющим.

Плазма образуется при внешнем воздействии на вещество с помощью различного рода газовых разрядов или в сильных переменных и постоянных электрических и магнитных полях. Основными процессами, приводящими к образованию активных частиц плазмы, являются неупругие столкновения электронов с атомами и молекулами.

Задание № 2. Процессы и технологии плазменной обработки. Дайте развернутый ответ на вопрос своего варианта.

Таблица 2

Вариант	Вопрос
0	Место плазменных процессов в технологии микроэлектроники. Классификация плазменных технологических процессов по механизму воздействия на обрабатываемую поверхность.
1	Технологические требования и параметры, характеризующие процесс травления.

Вариант	Вопрос
2	Рабочие газы для плазменного травления.
3	Плазменное травление(ПТ).
4	Радикальное травление (РТ).
5	Ионно-плазменное травление(ИПТ).
6	Реактивное ионно-плазменное травление (РИПТ).
7	Ионно-лучевое травление(ИЛТ).
8	Реактивное ионно-лучевое травление(РИЛТ).
9	Радиационно-стимулированное травление(РСТ).

Рекомендуемая литература: [1], стр. 148 - 214; [2], стр. 21 –80.

С точки зрения возможностей низкотемпературной газовой плазмы(НГП) для проведения гетерогенных физико-химических процессов обработки на границе раздела газ(газовая плазма) - твердое тело можно выделить три случая.

1. НГП является одновременно средой проведения, источником участвующих в процессе частиц и стимулятором(активатором) процесса.

2. НГП служит только источником участвующих в процессе частиц.

3. НГП используется только для активации участвующих в процессе частиц, поверхностей или для стимуляции самого процесса.

В первом случае обрабатываемая поверхность твердого тела находится в контакте с плазмой, во-втором- вне плазмы, а в третьем- возможны оба варианта. В зависимости от вида плазмообразующего газа и природы поверхности твердого тела в каждом из трех перечисленных случаев с помощью НПП могут быть реализованы различные процессы обработки. Эти процессы можно объединить в три большие группы:

1) удаление материала с поверхности твердого тела (все виды распыления, травления и очистки);

2) нанесение материала на поверхность твердого тела (химическое- из газовой фазы, физическое- из материала мишени, физико-химическое- из материала мишени, модифицируемого в газовой фазе);

3) модификация поверхностного слоя твердого тела (окисление, анодирование, нитризация, легирование другими элементами, гетерирование, отжиг, текстурирование).

Задание № 3. Физические основы лазерных технологий. Дайте развернутый ответ на вопрос своего варианта.

Таблица 3

Вариант	Вопрос
0	Физические основы генерации лазерного излучения.
1	Устройство и принципы работы лазеров.
2	Свойства лазерного излучения.
3	Твердотельные лазеры.

Вариант	Вопрос
4	Газовые лазеры.
5	Атомные лазеры. Лазеры на парах металлов. Ионные лазеры.
6	Молекулярные лазеры.
7	Приведите примеры газовых смесей, в которых могут образовываться эксимерные молекулы.
8	Полупроводниковые лазеры.
9	Лазеры на красителях.

Рекомендуемая литература: [3], стр. 5–29.

Лазер— источник когерентного во времени и в пространстве электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного излучения атомов и молекул.

По типу активного элемента существуют следующие разновидности лазеров - оптических квантовых генераторов:

- твёрдотельные с кристаллическим и стеклянным активным элементом;
- полупроводниковые(в частности на арсениде галлия, интимониде индия ит. д.);
- жидкостные на кристаллах и неорганических растворах;
- газовые лазеры, которые по типу возбуждаемой квантовой системы делятся на атомные, ионные и молекулярные.

Последние из них имеют разновидности: газостатические, газодинамические и непрерывные.

В технологии, т. е. для целей обработки материалов, нашли применение импульсные твёрдотельные и непрерывные газовые лазеры, поскольку они могут создать необходимую плотность мощности на поверхности материала для реализации фазовых изменений структуры материала.

Задание № 4. Лазерные технологии. Дайте развернутый ответ на вопрос своего варианта.

Таблица 4

Вариант	Вопрос
0	Лазерные технологические установки.
1	Термическая обработка и закалка.
2	Лазерная пайка.
3	Лазерная сварка.
4	Лазерная резка.
5	Прошивка отверстий.
6	Размерная обработка материалов и получение пленок.
7	Лазерные микротехнологии.
8	Лазерное осаждение тонких плёнок.
9	Применение лазеров в химической технологии.

Рекомендуемая литература: [3], стр. 30–73.

Лазерная технология– это процессы обработки и сварки материалов излучением лазеров. В лазерной технологии применяют твердотельные и газовые лазеры импульсного и непрерывного действия. В большинстве процессов лазерной технологии используется термическое действие света, вызываемое его поглощением в обрабатываемом материале. Для увеличения плотности потока излучения и локализации зоны обработки применяют оптические системы. Особенности лазерных технологий: высокая плотность потока излучения в зоне обработки, дающая необходимый термический эффект за короткое время (длительность импульса 1 мсек и менее); локальность воздействия излучения, обусловленная возможностью его фокусировки в световые пучки предельно малого диаметра (порядка длины волны излучения); малая зона термического влияния, обеспечиваемая кратковременным воздействием излучения; бесконтактный ввод энергии в зону обработки и возможность ведения технологических процессов в любой прозрачной среде (вакуум, газ, жидкость, твёрдое тело), через прозрачные окна технологических камер, оболочки электровакуумных приборов и т.д. Наиболее изучены и освоены процессы сварки, сверления и резки.

Задание № 5. Физические основы электронно-лучевых технологий. Дайте развернутый ответ на вопрос своего варианта.

Таблица 5

Вариант	Вопрос
0	Общая характеристика и особенности электронно-лучевых технологий.
1	Процессы, происходящие при бомбардировке вещества электронами, и возможности их использования в технологии.

Вариант	Вопрос
2	Движение ускоренных электронов в твердом теле.
3	Что такое глубина проникновения электронов в твердое тело, чем она отличается от траектории пробега?
4	Тепловые эффекты при взаимодействии ускоренных электронов с твердым телом.
5	Общие принципы построения электронно-лучевых установок.
6	Источники электронов
7	Электронные пушки.
8	Система обеспечения вакуума.
9	Система сканирования.

Рекомендуемая литература: [3], стр. 74–90.

Электронный пучок – это поток электронов, движущихся по близким траекториям в одном направлении, имеющих размеры, значительно большие в направлении движения, чем в поперечной плоскости.

Электронному пучку присущи следующие характерные особенности:

- малый диаметр. Для осуществления термических процессов изготовления ИС электронные пучки можно фокусировать от долей микрометров до десятков миллиметров, при нетермических процессах – до 0,5 нм. Теоретически электронный пучок может иметь диаметр 0,01 нм;

- высокая плотность концентрированной энергии. Высокая концентрация электронов в пучке малого диаметра даёт возможность получать удельные мощности порядка $10^8 - 10^9 \text{ Вт/см}^2$;

- большая скорость модуляции мощности. Подачей отрицательного напряжения на управляющий электрод можно изменять время воздействия пучка на обрабатываемое изделие в очень широком диапазоне: от долей микросекунд до непрерывного режима;

- высокая маневренность перемещения с помощью электрических магнитных полей. Используя программное управление, пучок можно перемещать по подложке со скоростью выше 100 м/с практически по любому запрограммированному закону;

- чистота в процессе обработки благодаря использованию вакуума.

С помощью электронного пучка можно осуществлять следующие термические и нетермические процессы при изготовлении ИС:

- выращивание монокристаллов;
- электронно-лучевая полировка поверхности;
- очистка поверхности подложек;
- испарение однокомпонентных и многокомпонентных материалов;

- микрофрезерование; перекристаллизация;
- ускорение процессов диффузии;
- присоединение выводов;
- герметизация корпусов;
- бесконтактные методы контроля;
- электронно-лучевая литография.

Перечисленные процессы выполняют в специальных установках, изготовленных по сходным схемам, основным блоком которых является электронно-лучевая пушка.

Задание № 6. Электронно-лучевые технологии. Дайте краткий ответ на вопрос своего варианта.

Таблица 6

Вариант	Вопрос
0	Электронно-лучевое испарение материалов (ЭЛИ).
1	Нанесение покрытий из сплавов и химических соединений.
2	Обработка несфокусированным пучком.
3	Электронно-лучевая обработка.
4	Термическая размерная электронно-лучевая обработка.
5	Размерная обработка массивных образцов.
6	Размерная обработка тонких слоев.
7	Реакции, индуцированные радикалами.
8	Электронно-стимулированное травление.
9	Электронно-лучевая литография.

Рекомендуемая литература: [3], стр. 91–114

Электроннолучевая обработка осуществляется потоком электронов высоких энергий (до 100 кэВ). Таким путём можно обрабатывать все известные материалы (современная электронная оптика позволяет концентрировать электронный пучок на весьма малой площади, создавать в зоне обработки огромные плотности мощности).

Обработка материалов электронным пучком основана на использовании кинетической энергии свободных электронов, разгоняемых высоким напряжением до скоростей в десятки и сотни километров в секунду. При соударении электронов с обрабатываемой поверхностью происходит их резкое торможение, и кинетическая энергия движения преобразуется в тепловую, что вызывает интенсивный локальный нагрев поверхности. Степень нагрева определяется скоростью движения электронов, их концентрацией, временем взаимодействия электронов с обрабатываемой поверхностью и физико-химическими свойствами нагреваемых материалов.

Задание № 7. Физические основы ионно-лучевых технологий. Дайте краткий ответ на вопрос своего варианта.

Таблица 7

Вариант	Вопрос
0	Движение ускоренных ионов в веществе.
1	Пробеги ионов в твердом теле и их распределение.
2	Взаимодействие ионов с монокристаллами, каналирование.
3	Образование радиационных дефектов при ионной бомбардировке, отжиг радиационных дефектов.
4	Изменение электрических свойств твердых тел при ионной бомбардировке.
5	Ионно-лучевые установки. Источники ионов.
6	Система вытягивания и ускорения ионов.

Вариант	Вопрос
7	Система сепарации ионов.
8	Системы фокусировки и сканирования.
9	Вакуумные системы, приемные камеры, устройства контроля.

Рекомендуемая литература: [3], стр. 121– 139.

Взаимодействие ионов с твердыми телами приводит к возникновению взаимосвязанных процессов, основные из которых - рассеяние бомбардирующих частиц (в том числе и с изменением их зарядового состояния), эмиссия заряженных и нейтральных частиц и их комплексов (ионно-ионная эмиссия, ионно-электронная эмиссия, распыление, ионно-стимулированная десорбция поверхности твердого тела), испускание электромагнитного излучения с широким спектром частот (ионно-фотонная эмиссия, ионнолюминесценция, рентгеновское излучение), различные радиационные процессы, в том числе, образование дефектов как в объеме твердого тела, так и на его поверхности.

Первым этапом всех этих процессов является элементарный акт столкновения иона с атомом твердого тела, результатом которого является перераспределение энергии и импульса бомбардирующего иона между рассеянным ионом и атомом отдачи (англ. "recoil") мишени. Акт столкновения может привести к возникновению каскада атомных столкновений, а также процессов, сопровождающих перестройку электронных оболочек партнеров столкновения, что обуславливает всю совокупность вторичных процессов, вызванных взаимодействием ионов с твердым телом. Другими словами, результирующими являются упругие процессы, вызывающие выход электронов из

твердого тела, зависят как от кинетической, так и потенциальной энергии бомбардирующих частиц.

Задание № 8. Ионно-лучевые процессы и технологии. Дайте краткий ответ на вопрос своего варианта.

Таблица 8

Вариант	Вопрос
0	Ионное легирование материалов.
1	Ионно-лучевая литография.
2	Ионный синтез, ионная металлургия, ионная эпитаксия.
3	Ионное распыление материалов.
4	Ионное травление поверхности.
5	Ионно-лучевые методы осаждения покрытий.
6	Ионное распыление и получение тонких пленок.
7	Технология и оборудование магнетронного распыления.
8	Высокочастотное распыление.
9	Вакуумно-дуговое осаждение покрытий из плазмы материала электродов.

Рекомендуемая литература: [3], стр. 140– 180.

Ионно-лучевая технология - это комплекс способов обработки материалов энергетическими потоками ионов, в результате воздействия которых изменяется форма, физико-химические, механические, электрические и магнитные свойства обрабатываемых изделий.

Несмотря на высокую стоимость технологического оборудования и относительную сложность его обслуживания, все больше новейшего оборудования ионно-лучевой технологии появляется в цехах и лабораториях современных производств.

Ионное легирование материалов, или другими словами, **ионное внедрение** и **ионная имплантация**, в настоящее время становится основным технологическим процессом из применяемых для модификации электрофизических, химических, оптических, механических и других свойств поверхностных слоев материалов. Метод ионного легирования основан на контролируемом внедрении в материал (твердое тело) ускоренных ионизированных атомов и молекул. Особенно перспективным методом ионного легирования оказался для полупроводниковой электроники. Этот метод обладает преимуществами: универсальность, т.е. возможность введения любой примеси в любой материал; локальность воздействия; отсутствие нагрева подложки; возможность строгого дозирования примесей; простота управления; высокая чистота вводимых примесей и т.д.

Тонкие и толстые пленки и покрытия с воспроизводимыми и заранее заданными свойствами можно получать в условиях высокого вакуума осаждением из сепарированных ионных пучков. Осаждение тонких пленок из сепарированных ионных пучков - самый «чистый» способ, хотя его производительность и невелика. Для микро- и оптоэлектроники, функциональной электроники возможность получения строго контролируемых по составу, практически беспримесных, однородных по структуре тонких пленок открывает новые перспективы создания устройств с уникальными эксплуатацион-

ными характеристиками. Однако этому методу присущи и недостатки. Так, продолжительность осаждения пленок заметно превышает время всех других известных процессов нанесения покрытий. Сложность и высокая стоимость оборудования, необходимость в обеспечении сверхвысокого вакуума в рабочей камере - все это ограничивает применение метода.

Развитие микроэлектроники требует разработки методов формирования элементов интегральных схем с размерами меньше одного миллиметра. Такие методы являются основой нового направления «субмикронной технологии», т. е. технологии создания устройств с высокой плотностью элементов, имеющих размеры до 0,1 мкм. Процесс формирования рисунка в слое резиста с помощью ионных пучков получил название - *ионная литография*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефремов, А.М. Вакуумно-плазменные процессы и технологии [Текст]: учеб. пособие / А.М. Ефремов, В.И. Светцов, В.В. Рыбкин. - Иваново, 2006. - 260 с.
2. Голишников, А.А. Плазменные технологии в нанoeлектронике [Текст]: учеб. пособие / А.А. Голишников, М.Г. Путря. - М.: МИЭТ, 2011. - 172 с.
3. Светцов, В.И. Корпускулярно-фотонные процессы и технологии [Текст]: учеб. пособие / В.И. Светцов, С.А. Смирнов. - Иваново, 2002. - 192 с.
4. Сушков, А.Д. Вакуумная электроника: Физико-технические основы [Текст]: учеб. пособие / А.Д. Сушков. - СПб: Лань, 2004. - 464 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольной работы по дисциплине
«Основы лучевых и плазменных технологий»
для студентов направления подготовки бакалавров
210100 «Электроника и наноэлектроника»,
профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника»
заочной формы обучения

Составитель
Свистова Тамара Витальевна

В авторской редакции

Подписано к изданию 30.10.2014
Уч.-изд. л. 1,2

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14