

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОВ ОПТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления
«Электроника и наноэлектроника»

Томск 2018

Орликов Леонид Николаевич.

Специальные вопросы технологии приборов оптической электроники =
Специальные вопросы технологии приборов квантовой электроники:
Методические указания по самостоятельной работе для студентов
направления «Электроника и наноэлектроника» /Л.Н. Орликов.
Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2018. –
19 с.

Самостоятельная работа направлена на углубление знаний дисциплины и предполагает обобщение изучаемых тем, а темы для самостоятельной проработки обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи, возникающие при внедрении передовых технологий в производстве.

В результате изучения дисциплины студент приобретает адекватные современному уровню знаний научно обоснованные принципы производства приборов оптической электроники; основные приемы естественно научного подхода к построению физико-математических моделей технологических операций. Это позволяет приобретать умения в выборе критериев и аргументов при решении конкретных профессиональных задач; строить научно обоснованные простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники; определять оптимальные режимы проведения технологических операций; использовать для анализа процессов стандартные программные продукты; ориентироваться и владеть стандартными программными средствами компьютерного моделирования схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Электроника и наноэлектроника».

Содержание

| | |
|--|----|
| 1 Введение..... | 4 |
| 2 Общие положения | 4 |
| 3 Практические занятия..... | 5 |
| 4 Самостоятельная работа | 6 |
| 4.1 Общие положения | 6 |
| 4.2 Темы самостоятельных заданий | 7 |
| 4.3 Объем и примерная структура самостоятельного задания..... | 7 |
| 4.4 Методические указания по выполнению самостоятельного задания.... | 16 |
| 4.5 Защита самостоятельного задания | 16 |
| Список литературы | 17 |

1 Введение

Целью преподавания курса “Специальные вопросы технологии приборов оптической электроники” является достижение навыков овладения научными основами проектирования и управления технологическими процессами и оборудованием для производства приборов квантовой электроники. Изучение дисциплины также определяется тем, что при прохождении преддипломной практики и оформлении выпускной работы будущий специалист электронной техники приобретает навыки рационального подхода к расчету и конструированию приборов оптической электроники с учетом требований того или иного технологического процесса изготовления деталей, узлов и приборов.

В задачи изучения дисциплины входят изучение не только традиционных технологических процессов, но и основ проектирования технологической подготовки производства с применением ЭВМ. В задачи дисциплины входит построение алгоритмов, формализованных и математических моделей процессов и их автоматизация.

В результате изучения дисциплины студенты должны приобрести навыки проектирования и эксплуатации технологического оборудования, умение проводить научные исследования и эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты. Основная задача дисциплины - привить студентам навык в выполнении работ по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники, а также готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения дисциплины “специальные вопросы приборов квантовой электроники ”

Рабочая программа дисциплины базируется на знаниях полученных студентами при изучении таких дисциплин как “Физика”, “Теоретические основы электротехники” «Оптическая электроника».

2 Общие положения

Изучение дисциплины состоит из следующих разделов:

1. Введение
2. Технология интегральных микросхем, литография
3. Специальные вопросы технологии электровакуумных приборов оптической электроники

4. Вакуумная, электронно-лучевая, ионно-лучевая и плазменная технология
5. Автоматизация технологических процессов производства приборов оптической электроники
6. Числовое программное управление в производстве приборов оптической электроники
7. Моделирование технологических процессов производства приборов оптической электроники
8. Компьютеризация технологических процессов
9. Системы автоматического управления технологическими процессами

3 Практические занятия

Перед практическими занятиями студент должен повторить лекционный материал, ответив на вопросы для самоконтроля по необходимой теме, а также просмотреть рекомендации по решению типичных задач этой темы.

Темы практических занятий приведены ниже:

1. Технология интегральных микросхем, литография
2. Специальные вопросы технологии электровакуумных приборов оптической электроники
3. Вакуумная, электронно-лучевая, ионно-лучевая и плазменная технология
4. Автоматизация технологических процессов производства приборов оптической электроники
5. Числовое программное управление в производстве приборов оптической электроники
6. Моделирование технологических процессов производства приборов оптической электроники
7. Компьютеризация технологических процессов
8. Системы автоматического управления технологическими процессами

На практических занятиях также проводятся тестовые опросы и контрольные работы.

4 Самостоятельная работа

4.1 Общие положения

Методические указания предназначены для студентов при работе над самостоятельным заданием и при подготовке к его защите. Они также могут использоваться консультантами при составлении заданий, в процессе проведения консультаций, для выработки единых критериев оценки заданий.

Цель задания - развитие инженерных навыков разработки и конструирования технологий, а также развитие навыков самостоятельной творческой работы, что способствует успешному решению конкретных производственных задач.

Задачи, решаемые в самостоятельном задании:

- 1) закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами в теоретических курсах и на производственной практике;
- 2) приобретение опыта работы с научно-технической, справочной патентной литературой, ГОСТами, технологической документацией;
- 3) практическое применение знаний, полученных при изучении общепромышленных и профилирующих дисциплин, использование вычислительной техники, инженерных методов расчета, а также конструкторских навыков для проектирования оснастки и узлов технологического оборудования;
- 4) выработка и закрепление навыков грамотного изложения результатов работы и их защитой перед комиссией.

Самостоятельное задание построено по многоуровневой схеме, и предполагает его выполнение исходя из различного стартового уровня знаний, возможностей по использованию ЭВМ или интереса студента к определенной области знаний. Приоритетными тематиками являются электрофизические методы обработки оптических материалов с применением электронов, ионов, плазмы или паров металлов. Особенность состоит в том, что электроны, ионы или пары металлов формируются в вакууме. Вследствие этого выбранный для обработки материал должен помещаться в вакуумную камеру. У нескольких студентов может быть одна тема, но дублирование исключается выбором размеров конкретного изделия и способа его обработки. В отдельных случаях задание может быть составлено с учетом практической научной деятельности студента.

При решении отдельных вопросов в связи с выполнением самостоятельного задания студент должен проявить самостоятельность и творческую инициативу, а сами принятые решения должны быть рациональными.

4.2 Темы самостоятельных заданий

Основной тематикой самостоятельных заданий является проектирование и расчет перспективных технологических процессов.

Тематика самостоятельных заданий формируется из банка запросов различных организаций на решение конкретных задач. Студент выбирает тему самостоятельно

На первом практическом занятии студент выбирает тему для проработки. Проводится семинар и обсуждается актуальность каждой темы и возможные пути ее практической реализации.

Такими темами могут быть следующие темы.

1. Формирование зеркал с внешним отражающим слоем
2. Изготовление акустоэлектронного элемента
3. Изготовление оптоэлектронного элемента
4. Формирование прозрачных теплообразующих покрытий на оконных стеклах
5. Формирование полупрозрачных покрытий под золото на конкретные изделия из алюминия, полиэтиленовой пленки, стекла и тд
6. Формирование просветляющих покрытий на ниобате лития
7. Ионное формирование антибликовых покрытий
8. Ионное травление ниобата лития.
9. Изготовление волноводов на основе цинка, висмута, свинца на стеклах.
10. Изготовление диффузионных волноводов на ниобате лития на основе титана.
11. Процесс легирования диффузионного волновода
12. Ионно-диффузионный метод изготовления оптического волновода на основе меди
13. Разработать процесс формирования просветляющего покрытия (Cu/MgF₂/LiNbO₃)
14. Разработать процесс ионного травления нанослоя MgF₂
15. Разработать процесс легирования поверхности ниобата лития железом
16. Разработать процесс получения эпитаксиальных пленок алюминия

4.3 Объем и примерная структура самостоятельного задания

Условно задание делится на несколько частей: литературный обзор, расчетная часть (моделирование процессов), технологическая часть (вариант практической реализации).

Перед выполнением самостоятельного задания целесообразно просмотреть фрагменты эмуляции лабораторных работ, отдельные подобные технические решения и методики расчета.

Задание выполняется по требованиям стандарта. В случае отсутствия стандартов следует обратить внимание на оформление методических описаний, статей в журналах, на представление материалов в книгах последних лет издания. Желательно (но необязательно) оформлять задание на компьютере 14 шрифтом через полтора интервала с рисунками. При отсутствии ЭВМ задание выполняется в рукописном или машинописном варианте. Объем работы не должен превышать 2 МГб.

4.3.1 Вводная часть

Вводная часть самостоятельного задания состоит из следующих разделов: задание, реферат, введение, литературный обзор, выводы из литературного обзора и постановка задачи исследования .

4.3.2 Задание

Задание оформляется в виде типового бланка, содержащего название темы, наименование изделия для обработки, тип устройства для синтеза оптических нанослоев и перечень вопросов, подлежащих разработке. Форма бланка приведена ниже на примере конкретного выполнения самостоятельного задания.

Содержание индивидуального самостоятельного задания должно содержать темы, рассматриваемые в данной дисциплине. А именно: проектирование технологических процессов с применением высоких электронно-лучевых и плазменных технологий, моделирование процесса обеспечения вакуума и основных электрофизических параметров. В задании должен предлагаться вариант практической реализации процесса.

Выполнение задания начинается с обоснования актуальности задачи, обзора литературы по периодике и патентам. (Книги не учитываются).

Министерство образования Российской Федерации

Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра электронных приборов

ЗАДАНИЕ

по дисциплине _____ Специальные вопросы приборов
оптической электроники

студенту _____

Фамилия, имя, отчество (полностью) _____

группа _____ Факультета электронной техники

1. Тема самостоятельного

задания _____

2.Срок сдачи студентом законченного

самостоятельного задания _____

3.Исходные данные к заданию _____

объем рабочей камеры м^3 _____

рабочее давление 10^{-2} Па; рабочий газ аргон (азот) _____

вакуумная система масляная (безмасляная); площадь подложек $0,25 \text{ м}^2$

время проведения процесса не более 40 минут

4.Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих
разработке

вопросов): Заполняется согласно глав содержания _____

Приложение: программа конкретного процесса на C^{++} (и т.д.) _____

5.Перечень графического материала (с точным указанием обязательных
чертежей): _____

Схема вакуумной системы, схема источника частиц

Схема последовательности технологических операций,

Кривые согласования откачных средств _____

6.Дата выдачи задания _____

Руководитель _____

Должность, фамилия, имя, отчество _____

Задание принял к исполнению _____

(подпись студента)

4.3.3 Аннотация

В аннотации приводится суть решаемой проблемы.

Пример аннотации

Объектом исследования является адаптивный голографический интерферометр, основанный на отражательных голограммах в кристалле титаната висмута.

Цель исследования – оптимизация схемы адаптивного голографического интерферометра, основанного на отражательных голограммах в кристалле титаната висмута.

Предмет исследования: адаптивный интерферометр на отражательных голограммах

Актуальность работы. Необходимость лазерной дефектоскопии подвижного рельсового транспорта.

Идея решения проблемы. Обнаружение искажения интерферометрической картины после отражения от дефекта на колесе вагона.

Решаемые задачи

1. Исследовать амплитудную характеристику адаптивного голографического интерферометра.

2. Исследовать поляризационную характеристику голографического интерферометра.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований амплитудной и поляризационной характеристик адаптивного голографического интерферометра, основанного на отражательных голограммах в кристалле титаната висмута.

Оригинальность: приводится компьютерный анализ 3D изображения дефекта.

Новизна:

Обнаружено неоптимальное соотношение рабочих параметров интерферометра. **Проведена** оптимизация рабочих параметров интерферометра, настройка и юстировка элементов схемы. **Проведено** исследование амплитудной и поляризационной характеристик адаптивного голографического интерферометра. **Продемонстрирована** возможность улучшения параметров интерферометра.

Реализованы следующие режимы...

Погрешность расчета представлена в разделе.... составляет..% и обусловлена погрешностью первоначальных данных, вводимых в ЭВМ и погрешностью приборов измерения. При снятии осциллограмм уменьшение

погрешности достигается калибровкой. Погрешность визуального съема сигнала на осциллографе в зависимости от угла зрения достигает 15%. При одинаковом шаге интегрирования выбранный численный метод расчета Эйлера (Рунге-Кутта 1-го порядка) обладает большей погрешностью по сравнению с методом Рунге-Кутта 4-го порядка, но он наиболее прост. Метод выбран исходя из количества итераций.

Перспективы развития работы (что делать дальше)

Работа может найти применение при лазерной дефектоскопии подвижного рельсового транспорта.

4.4.4 Реферат

В реферате описывается суть решения проблемы. Указывается объем рабочей камеры, используемые откачные средства, тип устройства для обработки материала, рабочее давление, число использованных литературных источников. Желателен перевод реферата на английский язык.

4.4.5 Введение

Во введении проводится посвящение в суть проблемы. Описывается как решается данный вопрос на основании литературных источников. Дается критика недостатков. Следует отметить, что критикуются только те недостатки, которые устраняются в данном задании. Рассказывается как можно более качественно и быстро решить проблему. Объем введения составляет 2-3 страницы.

4.4.6 Литературный обзор

В этом разделе дается краткая характеристика литературных источников, в которых описаны схемы устройств для нанесения покрытий или обработки материалов. Число описанных аналогов должно быть около 30. Предпочтение следует отдавать периодической литературе после 2000 года издания, описаниям патентов или авторских свидетельств.

4.4.7 Анализ исходных данных

В этом разделе обосновывается выбранный метод решения проблемы, выбор объема рабочей камеры, выбор типа откачных средств (масляные или безмасляные), выбор рабочего давления. Обычно объем рабочей камеры

составляет от 0,1 до 3 м³. Чаще устройства для обработки оптических материалов содержат источник частиц на основе вакуумной дуги, магнетрона или источник паров металлов на основе термического испарения в вакууме. Все эти устройства чаще работают при давлениях 10^{-2} Па.

1. Вакуумная часть самостоятельного задания

Расчет вакуумной системы

Расчет вакуумной системы заключается в определении производительности откачных средств, необходимых для проведения процесса. Вместе с этим рассчитывается время откачки, проводимость трассы к откачному средству. Следует отметить, что расчет является упрощенным, а для соответствия реальным условиям в нем предусмотрены элементы коррекции. Начинать расчет следует с рисунка схемы вакуумной системы.

Для определения производительности высоковакуумного откачного средства необходимо определить суммарный поток выделения газов и разделить его на рабочее давление. Суммарный поток газовой выделенности « Q » определяется произведением площади рабочей камеры « A » и площади изделий « A_i » на коэффициент удельного газовой выделенности материала « g ». В первом приближении $g=4,5 \cdot 10^{-5}$ для большинства материалов. Значения удельных газовой выделенности приводятся в литературе по вакуумной технике. Если процесс связан с напуском рабочего газа, например аргона при ионной обработке материала, или азота при формировании оптических или декоративных покрытий, то следует добавить поток напуска газа равный $(30-80) \times 2,4 \cdot 10^{-4}$ торл/с. Найденную производительность высоковакуумного средства следует увеличить на коэффициент « X_0 » равный 2 для высоковакуумных откачных средств. В итоге находится ближайший типоразмер откачного средства с производительностью равной 500, 2000, 5000, 7000 л/с. Обычно берется большее значение, поскольку в ходе проведения процесса происходит стимулированное выделение газов под действием электронного или ионного пучка, температуры и т.п. Если значение производительности выпадает из этих значений, то следует изменить рабочее давление на порядок, либо изменить поток натекания газа.

Высоковакуумный насос не может работать самостоятельно. К выходу высоковакуумного насоса подсоединяется форвакуумный насос, обеспечивающий требуемое давление на его выходе. Большинство электрофизических установок укомплектованы диффузионными насосами, выходное давление которых составляет 10 Па (10^{-1} мм рт ст). Разделив суммарный поток на выходное давление, получим требуемую

производительность форвакуумного насоса. Следует учесть, что производительность насоса зависит от давления. Полученная величина производительности форвакуумного насоса соответствует давлению 10 Па. Требуемая производительность будет больше на коэффициент запаса, равный 1,25 для форвакуумных насосов. Завод-изготовитель указывает максимальную производительность насоса. Для форвакуумных насосов максимальная производительность достигается при 1 мм рт.ст. Поэтому для определения истинной производительности требуется увеличить полученное значение в 5-10 раз или ориентировочно построить зависимость производительности насоса от давления. Таким образом, получатся форвакуумные насосы марок 2НВР5ДМ, НВПр-16, НВПр-40, АВЗ-90 с истинной производительностью 5,16,40,90 л/с. Если при расчете получаются более высокие значения, то следует проверить используемую систему единиц.

При расчете времени откачки следует учесть, что с уменьшением давления сильно возрастают газовыделения (от 10 до 10^{-2} Па на 3 порядка). В формулах для расчета времени высоковакуумной откачки используется приведенный к давлению объем, и соответственно приведенная величина объема камеры

(V^1) должна быть увеличена на 3 порядка. В итоге величина времени высоковакуумной откачки должна получиться в пределах 20-40 минут, что соответствует реальным условиям производства. Коррекция времени проводится порядком приведенного объема (до трех порядков) и коэффициентом увеличения поверхности (до порядка).

При расчете проводимости вакуумных коммуникаций рассчитывается только форвакуумный тракт. Предполагается, что для ликвидации огромных потерь в проводимости высоковакуумный насос подключен непосредственно к вакуумной камере. Из анализа произведения давления на размер следует, что режим течения газа в тракте молекулярно-вязкостный. Величина диаметра тракта выбирается в пределах 40-100 мм. Полученная величина проводимости должна превышать производительность форвакуумного насоса.

2. Электрофизическая часть самостоятельного задания

Электрофизическая часть предполагает выбор схемы или конструкции устройства для напыления или травления покрытий, а также расчет параметров проводимых процессов.

Выбор источника частиц

В качестве конструкции может быть чертеж или схема источника электронов, ионов, паров металлов или плазмы. Конструкция имеет более высокий рейтинг и предполагает возможность практического изготовления по сборочному чертежу. В качестве исходных конструкций могут быть выбраны схемы их лекционного материала или лабораторного практикума.

Первоначально, исходя из особенностей проведения процесса, следует выбрать тип используемого источника на основе зарубежных и отечественных аналогов. Следует сделать вывод о достоинствах и недостатках этих устройств применительно к рассматриваемому технологическому процессу. После выбора конструкции следует описать какие элементы она содержит. После этого описывается как это устройство работает и какие физические эффекты применяются для улучшения параметров изделий.

Следующим этапом проводится проработка конструкции источника с учетом электрической прочности изоляторов, тепловой и механической прочности, стойкости элементов к агрессивным газам и газовому разряду. В ходе конструирования целесообразно провести расчеты мощности устройства. Дополнительные расчеты являются необязательными, но поднимающими авторитет самостоятельного задания: это тепловой расчет охлаждения, расчет магнитных линз, расчет перванса и т.п.

Расчет параметров электрофизического процесса

В ходе выполнения самостоятельного задания обязательны один из электрофизических расчетов: расчет массопереноса, расчет коэффициентов распыления, расчет неравномерности и др.

3 Технологическая часть самостоятельного задания

В технологической части рисуется схема последовательности технологических операций с указанием времени проведения процесса, давления и температуры. Число каналов должно быть больше или равно числу участников процесса. Например, участниками процесса напыления пленки в вакууме являются камера, испаритель, навеска, подложка, свидетель, напыляемый материал и т.д. В ходе построения последовательности операций следует предусмотреть обратную связь на случай устранения брака.

4.5 Экспериментальная часть

В экспериментальной части описывается на какой установке можно воспроизвести тот, или иной фрагмент процесса. Приводится схема эксперимента и условия его выполнения. В качестве экспериментальной части могут быть использованы фрагменты лабораторных работ. Особенность экспериментальной части состоит в том, что в ней указываются конкретные размеры устройств, токи, давления, расходы газа, напряжение, используемое оборудование и тд. Полученные экспериментальные данные сравниваются с литературными источниками и данными, приведенными в реферате или аннотации.

4.6 Заключение

В заключении следует отметить преимущества предлагаемого процесса перед известными, виды на возможные применения, рискованные и сомнительные предположения. Следует указать, что делать для усовершенствования процесса. Объем заключения должен составлять не менее 2/3 страницы.

Пример заключения

Проведен литобзор

Определены задачи исследования: теоретические, экспериментальные

Проведены расчеты

Собрана установка

Проведены экспериментальные исследования

Проведены измерения с погрешностью...

Проанализированы результаты

Получено соответствие теории и эксперимента

Предстоит

Подобные работы рассмотрены [электронные ресурсы] (нужен перевес изданий после 2000)

4.7 Список литературы

Число ссылок в задании должно быть не менее 30. Важно выдержать соотношение иностранной литературы (30-40%), интернет ресурсов, патентов.

По требованиям ГОСТ устанавливается следующий порядок ссылок.

Ссылка на журнал: Фамилия, И.О. Название статьи, / И.О. Фамилия и др. соавторы, название журнала, год, номер, том, страницы.

Ссылка на книги: Фамилия, И, О. Название книги / И.О. Фамилия и др. соавторы, город, издательство, год, конкретная страница или номер рисунка в этой книге.

Ссылка на патент или авторское свидетельство: Фамилия, И,О. Название. Номер патента или авторского свидетельства, номер и год бюллетеня патентной информации. Желательно использование зарубежных источников. Ссылки приводятся на том языке, на котором напечатан материал. Данные по обзору литературы также входят в ссылки.

4.4 Методические указания по выполнению самостоятельного задания

Рекомендации по использованию ЭВМ

Обязательным является приложение программы, написанной на любом из используемых в технологии языках. Это может быть компьютерная графика, таймерные программы, базы данных оборудования или последовательности технологических операций.

Задание предполагает разный уровень компьютерной подготовки студента. Самостоятельная инициатива в использовании ЭВМ поднимает рейтинг самостоятельного задания. В ходе выполнения самостоятельного задания оценивается уровень использования ЭВМ.

Рекомендации по составлению презентации

В настоящее время разработано достаточно много требований по соблюдению стандартов, которым трудно удовлетворить. Основное требование ГОСТ- это понятливость и удобство чтения. Компьютерный набор текста решает многие проблемы. Высота букв на экране должна быть не менее 5 см. На рисунки, таблицы или формулы должны быть ссылки, с какой страницы они взяты. Оси координат должны быть подписаны с простановкой единиц измерения и погрешности измерения. Рисунок должен содержать расшифровку нарисованных элементов или спецификацию. Ссылки на литературу делаются в квадратных скобках. Приложение должно иметь название и прилагаться сразу, либо перед списком литературы.

4.5 Защита самостоятельного задания

Первая часть самостоятельного задания принимается на проверку при наличии задания, введения, реферата, обзора литературы более 10 наименований, схемы вакуумной системы, расчета откачных средств,

расчета вакуумных коммуникаций, расчета времени откачки, заключения, списка литературы более 10 наименований.

Вторая часть самостоятельного задания принимается при наличии схемы источника частиц и описания принципа его работы, расчета мощности источника, расчета одного из параметров процесса, наличие последовательности технологических операций, наличие экспериментальной части, наличие программы для ЭВМ.

Оценка самостоятельного задания

Система оценок предполагает обязательную и творческую инициативную часть.

Оценка удовлетворительно ставится в случае выполнения самостоятельного задания в срок при обязательном выполнении всех пунктов самостоятельного задания и правильности расчетов.

Уровень ЭВМ – текстовый с наличием программы

Уровень математического аппарата- арифметический.

Уровень графики- рисунки сканированы.

Ссылки на книги более 3

Отсутствие ссылок на иностранные издания

Общее число ссылок менее 20

Оценка хорошо предполагает минимум инициативы при выполнении самостоятельного задания. Это может быть выполнение расчетов с применением дифференциального и интегрального вычисления, прорисовка конструкций непосредственно на компьютере, наличие новизны в решении проблемы, расчет вакуумной системы с учетом нелекционного материала и т.п. Учитывается число математических формул в электрофизической части, а также число ссылок на английском языке.

Оценка отлично предполагает участие в конкурсе самостоятельных заданий. Из нескольких самостоятельных заданий выбираются лучшие. Задание предполагает положительный отзыв от предприятия, проявившего интерес к работе или отзыв преподавателя, предоставляющего задание на конкурс с обоснованием новизны самостоятельного задания и перспектив его опубликования.

Список литературы

1 Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы: учебное пособие для вузов / А. А. Барыбин - М.:

Физматлит, 2006. – 423 с.

2 Данилина Т.И., Смирнова К.И., Илюшин В.А., Величко А.А. Процессы микро - и нанотехнологий. Томск, 2005, 400 с.

3 Данилина Т.И. Технология СБИС : учебное пособие / Т. И. Данилина, В. А. Кагадей ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, - Томск : ТУСУР, 2007. - 287 с..

4 Готра З.Ю. Технология микрoeлектронных устройств: Справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 525 с. ISBN 5-03-003432-3

5 Молекулярно-лучевая эпитаксия : учебное пособие / Л. Н. Орликов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 107 с :

6 Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. И. Данилина [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2005. - 316 с ISBN 5-86889-244-5:

Периодическая литература (за последние 5 лет).

Журналы: “Физика и химия обработки материалов”, “Известия вузов, серия физика”, “Автоматика и вычислительная техника” и др. реферативные журналы: ”Электроника”, “Физика”, “Химия”, описания патентов и авторских свидетельств по классам H01J, H01S, H05H, C23C.

Учебно-методическое пособие

Орликов Л.Н.

Специальные вопросы технологии приборов оптической электроники

Методические указания по самостоятельной работе

Усл. печ. л. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40