

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
ГГУ имени Ф.Скорины

_____ И.В. Семченко

_____ (дата утверждения)

Регистрационный № УД _____ /уч.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности
1–31 04 03 Физическая электроника
специализации 1–31 04 03 09 Медицинская электроника

2018 г.

Учебная программа учреждений высшего образования составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 03-2013 Высшее образование. Специальность 1-31 04 03 Физическая электроника, утверждённого и введенного в действие постановлением МО РБ от 30.08.2013 и учебного плана УВО, регистрационный № G-31-05-13, дата утверждения 29.08.2013.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В. Сидский, доцент кафедры радиофизики и электроники, к.т.н.,

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиофизики и электроники
(протокол № 12 от 18.05.2018 г.);

Научно-методическим советом университета
(протокол № ____ от _____ г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная программа по дисциплине специализации «Технологические процессы микроэлектроники» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-31 04 03 Физическая электроника, утверждённого и введенного в действие постановлением МО РБ от 30.08.2013 и учебного плана УВО, регистрационный № G-31-05-13, дата утверждения 29.08.2013.

Актуальность изучения учебной дисциплины заключается в освоении принципов высокоэффективного проектирования элементов интегральных микросхем, формировании базовых технологических процессов и маршрутов изготовления биполярных, комплементарных металл-окисел-проводник (КМОП) технологий, биполярных комплементарных металл-окисел-проводник (БиКМОП) технологий и других, выборе методов контроля и анализа этих элементов интегральных микросхем в системе подготовки обучающихся по специальности 1-31 04 03 «Физическая электроника».

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью учебной дисциплины является: изучение основных (базовых) технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники и оптоэлектроники, включая наноэлементы и микроэлектромеханические системы, формирование знаний и навыков конструкторско-технологического проектирования элементов интегральных микросхем (ИС) для различных схемотехнических решений.

Задачи учебной дисциплины:

- освоение физических закономерностей, лежащих в основе способов создания технологических слоев;
- освоение современных методик анализа технологических процессов;
- изучение технологических и производственных маршрутов создания изделий микро- наноэлектроники, принципов высокоэффективного проектирования элементов интегральных схем (ИС);
- освоение технологических маршрутов изготовления биполярных, КМОП, БиКМОП и других микросхем, а также многокристальных модулей.

Дисциплина «Технологические процессы микроэлектроники» является одной из дисциплин, обеспечивающих подготовку специалистов специальности 1-31 04 03 Физическая электроника.

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины специализации «Технологические процессы микроэлектроники» студент должен обладать следующими компетенциями:

академические:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.
- владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации с использованием компьютерной техники;
- владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;

социально-личностные:

- обладать качествами гражданственности;
- быть способным к социальному взаимодействию;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- быть способным к критике и самокритике;
- уметь работать в команде;

профессиональные:

- организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей;
- анализировать и оценивать собранные данные;
- владеть современными средствами инфокоммуникаций;
- разрабатывать бизнес-планы создания новых технологий в области микро- и нанoeлектроники, спинтроники, молекулярной электроники;
- оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий и изделий;
- готовить документацию на выполнение научно-исследовательских работ и для совместной деятельности по освоению новых технологий и изделий;
- готовить проекты лицензионных договоров о передаче прав на использование объектов интеллектуальной собственности;
- выявлять патентную чистоту технических решений и готовить предложения по их патентной защите;
- организовывать работу по подготовке научно-технических статей, сообщений, рефератов и заявок на изобретения и лично участвовать в этой работе.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные физико-химические закономерности процессов, используемых при изготовлении интегральных микросхем;
- методы выращивания кристаллов полупроводников и разделения их на пластины;
- методы химической подготовки и обработки пластин и технологических слоев;
- методы формирования технологического слоя;
- способы создания полупроводниковых, диэлектрических и металлических пленок, методы микролитографии;
- общие правила проектирования технологических маршрутов изготовления интегральных микросхем;
- методы контроля и анализа элементов интегральных микросхем в процессе их формирования;
- принципы построения современных микроэлектронных устройств;
- конструктивно-технологические особенности изготовления многокристалльных модулей;

уметь:

- характеризовать качество проведенного технологического процесса;
- характеризовать уровень маршрутной технологии изготовления различных элементов интегральных микросхем;
- характеризовать роль и проблемы проектирования маршрутной технологии изготовления микросхем;
- характеризовать используемые для изготовления микроэлектронных устройств элементную базу и материалы;
- выбирать наиболее эффективные и экономичные варианты технологического маршрута;

владеть:

- методиками формирования физико-математических моделей, применяемых в проектировании технологических процессов;
- методиками проектирования технологических маршрутов изготовления интегральных микросхем.

Дисциплина специализации изучается студентами 4 курса специальности «Физическая электроника» специализации «Медицинская электроника» на 4 курсе в объеме 136 часов (4 зачетных единицы).

Программа рассчитана на 136 учебных часов, из них – 66 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекций – 38 часов, лабораторных занятий – 28 часов. Форма отчетности – экзамен в 8 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение. Раздел 1. Входной контроль полупроводниковых материалов, химических реактивов и основных полуфабрикатов.

Тема 1 Введение. Современные требования к системе контроля качества при разработке и массовом производстве изделий микроэлектроники. Виды, методы и средства контроля. Чистые помещения

Тема 2. Химическая обработка поверхности полупроводниковых пластин в процессе изготовления многослойных структур и микроэлектронных изделий.

Раздел 2. Получение рисунка интегральных схем

Тема 3. Фотолитография. Способы экспонирования. Фотошаблоны и технология их получения. Методы и технология формирования рисунка интегральных микросхем.

Тема 4. Получение рисунка интегральных схем

Раздел 3. Технологические основы пленочной микроэлектроники

Тема 5. Термическое испарение в вакууме. Вакуумные напылительные установки. Формирование молекулярного потока. Испарение вещества. Скорость конденсации. Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения. Практические рекомендации.

Тема 6. Ионно-плазменное распыление. Физика ионного распыления. Модель ионного распыления. Скорость осаждения пленок. Получение пленок ионно-плазменным распылением.

Раздел 4. Элементы тонкопленочных интегральных микросхем

Тема 7. Подложки пленочных ИМС. Материалы подложек. Свойства подложечных материалов. Очистка подложек. Тонкопленочные резисторы. Выбор материалов.

Тема 8. Технологические погрешности резисторов. Тонкопленочные конденсаторы. Параметры тонкопленочных конденсаторов. Диэлектрические материалы

Тема 9. Выбор материала обкладок. Тонкопленочные индуктивности. Проводники и контактные площадки

Тема 10. Типовые технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС

Раздел 5. Конструктивно-технологические особенности и элементы полупроводниковых ИМС

Тема 11. Структуры элементов полупроводниковых ИМС. Выбор материала подложек полупроводниковых. Технологические особенности изготовления полупроводниковых ИМС

Раздел 6. Легирование полупроводников

Тема 12. Легирование полупроводников диффузией. Расчет режимов диффузии. Расчет профилей распределения примеси. Технология получения диффузионных $p-n$ -переходов. Контроль параметров диффузионных слоев. Ионное легирование полупроводников

Раздел 7. Эпитаксиальное наращивание полупроводниковых слоев

Тема 13. Эпитаксия химическим осаждением из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия

Раздел 8. Технология получения диэлектрических пленок

Тема 14. Диэлектрические слои для полупроводниковых ИМС. Термическое окисление кремния. Химическое осаждение диэлектрических пленок

Раздел 9. Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых ИМС

Тема 15. Классификация процессов. Изготовление биполярных ИМС с изоляцией р – n –переходом. Изготовление биполярных ИМС с диэлектрической изоляцией. Изготовление биполярных ИМС с комбинированной изоляцией. Изготовление МДП ИС

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Раздел 1. Входной контроль полупроводниковых материалов, химических реактивов и основных полуфабрикатов.	8	-	-	4	-	-	-
2	Тема 1 Введение. Современные требования к системе контроля качества при разработке и массовом производстве изделий микроэлектроники. Виды, методы и средства контроля. Чистые помещения	2	-	-	-	-	-	
3	Тема 2. Химическая обработка поверхности полупроводниковых пластин в процессе изготовления многослойных структур и микроэлектронных изделий.	6	-	-	4	-	-	Защита отчета по лаб. работе
7	Раздел 2. Получение рисунка интегральных схем	6	-	-	4	-	2	
8	Тема 3. Фотолитография. Способы экспонирования. Фотошаблоны и технология их получения. Методы и технология формирования рисунка интегральных микросхем.	2	-	-	4	-	-	Защита отчета по лаб. работе
9	Тема 4. Получение рисунка интегральных схем	4	-	-	-	-	2	
10	Раздел 3. Технологические основы пленочной микроэлектроники	4	-	-	4	-	2	
11	Тема 5. Термическое испарение в вакууме. Вакуумные напылительные установки. Формирование молекулярного потока. Испарение вещества. Скорость конденсации.	2	-	-	4	-	-	Защита отчета по лаб. работе

	Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения. Практические рекомендации.							
12	Тема 6. Ионно-плазменное распыление. Физика ионного распыления. Модель ионного распыления. Скорость осаждения пленок. Получение пленок ионно-плазменным распылением.	2	-	-	-	-	2	
13	Раздел 4. Элементы тонкопленочных интегральных микросхем	8	-	-	4	-	2	
14	Тема 7. Подложки пленочных ИМС. Материалы подложек. Свойства подложечных материалов. Очистка подложек. Тонкопленочные резисторы. Выбор материалов.	2	-	-	-	-	-	
15	Тема 8. Технологические погрешности резисторов. Тонкопленочные конденсаторы. Параметры тонкопленочных конденсаторов. Диэлектрические материалы	2	-	-	4	-	-	Защита отчета по лаб. работе
16	Тема 9. Выбор материала обкладок. Тонкопленочные индуктивности. Проводники и контактные площадки	2	-	-	-	-	2	
	Тема 10. Типовые технологические процессы изготовления тонкопленочных имс	2	-	-	-	-	-	
17	Раздел 5. Конструктивно-технологические особенности и эле-менты полупроводниковых имс	4	-	-	-	-	2	
18	Тема 11. Структуры элементов полупроводниковых ИМС. Выбор материала подложек полупроводниковых. Технологические особенности изготовления полупроводниковых ИМС	4	-	-	-	-	2	
19	Раздел 6. Легирование полупроводников	2	-	-	4	-	-	
20	Тема 12. Легирование полупроводников диффузией. Расчет режимов диффузии. Расчет профилей распределения примеси. Технология получения диффузи-онных р – n –переходов. Контроль параметров диффузионных слоев. Ионное легирование полупроводников	2	-	-	4	-	-	Защита отчета по лаб. работе
21	Раздел 7. Эпитаксиальное наращивание полупроводнико-	2	-	-	4	-	-	

	ВЫХ СЛОЕВ							
22	Тема 13. Эпитаксия химическим осаждением из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия	2	-	-	4	-	-	Защита отчета по лаб. работе
23	Раздел 8. Технология получения диэлектрических пленок	2	-	-	4	-	-	
24	Тема 14. Диэлектрические слои для полупроводниковых ИМС. Термическое окисление кремния. Химическое осаждение диэлектрических пленок	2	-	-	4	-	-	Защита отчета по лаб. работе
25	Раздел 9. Типовые технологические процессы изготовления по-лупроводниковых имс	2	-	-	-	-	-	
26	Тема 15. Классификация процессов. Изготовление биполярных ИМС с изоляцией р – n –переходом. Изготовление биполярных ИМС с диэлектрической изо-ляцией. Изготовление биполярных ИМС с комбинированной изоляцией. Из-готовление МДП ИС	2	-	-	-	-	-	
	Текущая аттестация	-	-	-	-	-	-	Экзамен
	Итого	30	-	-	28	-	8	-

Доцент кафедры радиофизики и электроники

В.В.Сидский

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Учебная программа УСП

Тема 1. СБОРКА И ИСПЫТАНИЯ МКМ

Структура технологического процесса сборки. Автоматизация и механизация сборки и монтажа. Схема типового процесса сборки. Пайка, приклеивание, сварка. Испытания, контроль и сертификация МКМ.

Тема 2. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МКМ

Мировые тенденции развития изделий микроэлектроники, в том числе создание двух- и трехмерных многокристальных модулей. Керамикополимерные сверхминиатюрные корпуса типа CSP.

Тема 3. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА КОМПОНЕНТОВ

Тема 4. КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА Пассивные компоненты: постоянные резисторы, переменные резисторы, конденсаторы постоянной емкости, подстроечные конденсаторы, индуктивные элементы. Активные компоненты. Технологические особенности монтажа компонентов. Знакомство для компонентов. Эффект «надгробного камня».

Тема 5. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МКМ

Плотность межсоединений. Плотность сборки. Удельная рассеиваемая мощность. Предельная рабочая частота синусоидального и цифрового сигналов. Многопараметрическая характеристика как интегральный метод сравнения различных технологий.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Высокотемпературная диффузия.
2. Ионное легирование.
3. Термическое окисление кремния.
4. Газофазная эпитаксия кремния.
5. Химическое осаждение из газовой фазы углеродных алмазоподобных пленок.
6. Взрывная фотолитография.
7. Химическое травление металлических и диэлектрических пленок.
8. Глубокое химическое травление кремния.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ И НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Компьютерные программы, входящие в математическое обеспечение универсальных ЭВМ:
 - пакет программ MS Office;
 - пакет математического моделирования MATLAB;
 - программа MathCAD;
 - программа ElectronicsWorkbench;
2. Пакет прикладных учебных программ для ЭВМ, разработанных для проведения лабораторных работ.
3. Программа АСРН – программа автоматизированного расчета надежности электрорадиоизделий: электронный справочник показателей безотказности электрорадиоизделий (разработан при участии Российского НИИ «Электрон-стандарт», г. С.-Петербург).
4. Система АРИОН – программный комплекс автоматизированного расчета и обеспечения надежности электронных устройств. Разработана УВО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в 2010 году по заказу Минпрома Республики Беларусь.
5. Технические средства обучения:
 - компьютерная техника для проведения лабораторных и практических занятий, показа слайдов и видеоинформации на лекционных занятиях;
 - мультимедийный проектор.

Рекомендуемая литература

ОСНОВНАЯ

1. Зи, С. Технология СБИС: В 2 т./ С.Зи. – М. : Мир, 1986. - Т. 1-2.
2. Степаненко, И. П. Основы микроэлектроники : [учебное пособие] / И. П. Степаненко. - 2-е изд. – М. : Лаборатория базовых знаний, 2004. – 488 с. : ил. - (Технический университет). - ISBN 5-93208-045-0 : 24485-00.
3. Рындин, Е. А. Субмикронные интегральные схемы: элементная база и проектирование. /Е. А. Рындин, Б.Г. Коноплев. – Таганрог, 2001. – 146 с.
4. Моро, У. Микролитография. В 2-х ч. / У. Моро. Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. Ч 1– 605 с., Ч 2 – 632 с.
5. Плазменная технология в производстве СБИС. Пер. с англ. под ред. Н. Айспрука, Д. Брауна. – М.: Мир, 1987. – 470 с.
6. Черных, А. Г. Технологические маршруты изготовления ИС [+ электр. вариант] : лаб. практикум по курсам "Маршрутная технология ИС" и "Технологические процессы микроэлектроники" для студ. спец. 1-41 01 02 "Микро- и нанoeлектронные технологии и системы" и 1-41 01 03 "Квантовые информационные системы" всех форм обучения / А. Г. Черных, С. В. Ригольд. – Мн. : БГУИР, 2006. – 35 с. - (Кафедра микро- и нанoeлектроники). - ISBN 985-488-016-8 : б/ц.
7. Черных, А. Г. Технология изготовления КМОП-транзисторов [+ электр. вариант] : метод. пособие по дисц. "Технологические процессы микроэлектроники" для студ. спец. 1-41 01 03 "Квантовые информационные системы" дневной формы обучения / А. Г. Черных, Д. А. Котов. – Мн. : БГУИР, 2008. – 47 с.: ил. - (Кафедра микро- и нанoeлектроники). - ISBN 978-985-488-351-9 : 6544-
8. Моро У. Микролитография : принципы, методы, материалы : в 2 ч. Ч. 1 / У. Моро ; пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 606 с. : ил. - ISBN 5-03-001716-X : 8100-00.
9. Моро У. Микролитография : принципы, методы, материалы : 2 в ч. Ч. 2 / У. Моро ; пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 639 с. : ил. - ISBN 5-03-001717-8 : 5-00.
10. Технология СБИС : в 2 кн. Кн. 1 / под ред. С. Зи ; пер. с англ. Ю. Д. Чистякова. – М. : Мир, 1986. – 404 с. : ил.
11. Технология СБИС : в 2 кн. Кн. 2 / под ред. С. Зи ; пер. с англ. Ю. Д. Чистякова. – М. : Мир, 1986. – 453 с. : ил.
12. Борисенко В. Е. Нанoeлектроника : учебное пособие [доп. МО РБ] / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 223 с. : ил. - (Нанотехнология). - ISBN 978-5-94774-914-4 :30416-00.
13. Плазменная технология в производстве СБИС / под ред. Н. Айспрука, Д. Брауна ; перевод с англ. Ю. М. Золотарева, В. В. Юдина ; под ред. Е. С. Машковой. – М. : Мир, 1987. – 469 с. : ил.
14. Технологические процессы микроэлектроники [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : 1-14 01 03. – Мн. : БГУИР, 2012. - (Кафедра микро- и нанoeлектроники). - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Систем. требования: IBM PC/AT, совмест. с процессором i80486 и выше; 8 Мб ОЗУ; 4x CD-ROM; Windows 95 или Windows NT 3.51 и выше. - б. ц.

15. Черных, А.Г. «Технологические процессы микроэлектроники» Часть 2. «Технология изготовления элементов ИС» «Маршрутная технология интегральных и больших гибридных интегральных схем», для студентов специальностей 1-41 01 03, всех форм обучения: электронный учебно-методический комплекс / А.Г.Черных. – Мн.: БГУИР, 2012.

16. Сокол, В.А. Электрохимическая технология гибридных интегральных микросхем : монография / В. А. Сокол. – Мн. : Бестпринт, 2004. – 360 с. - ISBN 985-6767-04-0 : 8000-00.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

17. Сокол, В.А. Технология БГИС В 4 ч., Ч.1: лабораторный практикум для студентов специальности «Микроэлектроника» / В.А. Сокол, А.Г. Черных, В.В. Шульгов – Мн.: БГУИР. – 2000.

18. Сокол, В.А., Шульгов В.В. Лабораторный практикум по курсу «Технология БГИС» для студентов специальности «Микроэлектроника», В 4 ч., Ч.2. – Мн.: БГУИР. – 2002.

19. Дорошевич, К.К. Многокристальные модули – новое конструктивно-технологическое направление в развитии комплектующих изделий / К.К.Дорошевич, В.К.Дорошевич, В.А.Телец. – Технологическое оборудование и материалы. – 1998. - № 4. – С. 29–32.

20. Телец, В.А. Многокристальные модули – новое конструктивно-технологическое направление / В.А.Телец. – Петербургский журнал электроники. – 2000. - № 3–4. – С. 109–113.

21. Бражник, В.А. Проблемы выбора монтажных подложек для многокристальных модулей / В.А.Бражник, М.В.Хохлов, А.А. Чернышов. – Электронная пром. – 2006. - № 2. – С. 10–17.

22. Хохлов, М.В., Чернышов А.А. Сверминиатюрные корпуса интегральных схем. – Электрон. Пром. – 2005.- № 4. – С. 64–71.

23. Глухов, А.С. Кремниевые МКМ – приоритетное направление развития быстродействующей РЭА / А.С. Глухов и др. – Электрон. Пром. – 1994. - Вып. 4–5. – С. 61–65.

24. Ферри, Д. Электроника ультрабольших интегральных схем / Д. Ферри, Л. Эйкерс, Э. Гринич. - М.: Мир. – 1991. – 328 с.

25. Campbell, S. The science and engineering of microelectronic fabrication. /S. Campbell.—New York: Oxford university press. – 2001. – 603 p.

26. Goddard, W. Handbook of nanoscience, engineering, and technology. / W. A. Goddard, et. al. — New York: CRC Press. – 2003. – 709 p.

27. Bhushan, V. Handbook of nanotechnology / V. Bhushan. — Berlin: Springer-Verlag. – 2004. – 1222 p.

28. Чернышов, А.А. Производство и применение стеклокерамических корпусов для сборки ИС / А.А. Чернышов и др. – Электрон. техн. - Сер. 6 (материалы). – 1991. - Вып. 10 (64). – С. 3–20.

29. Lall P., Bhagath S. An overview of multichip modules. – Solid state technology / P.Lall, S.Bhagath. – 1993. - V.36, № 9. – PP. 65–67, 70, 72, 74, 76.

30. Нано- и микросистемная техника: журн. Аннотации статей – [Электронный ресурс]. – 2008. – режим доступа: <http://www.microsystems.ru>.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ	Кафедра оптики	Утверждена без изменений	Протокол № 12 от 18.05.2018 г.);
ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА	Кафедра радиофизики и электроники	Утверждена без изменений	Протокол № 12 от 18.05.2018 г.);
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ	Кафедры радиофизики и электроники	Утверждена без изменений	Протокол № 12 от 18.05.2018 г.);

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на ____ / ____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
радиофизики и электроники
(протокол № ____ от ____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой
радиофизики и электроники
к.ф.-м.н., доцент _____ В.Н. Мышковец

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета физики и ИТ УО «ГГУ им. Ф. Скорины»
к.ф.-м.н., доцент _____ Д.Л. Коваленко