	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижнегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева»
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по научной работе

А.А. Куркин

«29» июня 2022 г

**Кафедра «Нанотехнологии и биотехнологии»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛОВ И**  
**ПРИБОРОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ»**

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.2. Электроника, фотоника, приборостроение и связь

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

технические науки

Научная специальность

2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники

Форма обучения

очная

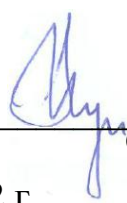
Нижний Новгород 2022

Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» для аспирантов специальности 2.2.3 «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»/авт. В.М. Воротынцев – Нижний Новгород: НГТУ, 2022. - 20 с.

Рабочая программа предназначена для методического сопровождения преподавания дисциплины (модуля) «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» аспирантам очной формы обучения по специальности 2.2.3 «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники».


Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре - приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951.
2. Паспорт научной специальности 2.2.3 «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники», разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры научных специальностей, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 г. № 118.
3. Учебный план НГТУ по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.2.3 «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники».
4. Программа кандидатского экзамена по специальности 2.2.3 «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники».

Автор  В.М. Воротынцев  
(подпись)


12 мая 2022 г.



	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

## СОДЕРЖАНИЕ

		стр
1	Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
2	Место дисциплины в структуре программы аспирантуры.....	4
3	Структура и содержание дисциплины (модуля).....	4
3.1	Структура дисциплины (модуля).....	5
3.2	Содержание дисциплины (модуля).....	5
3.2.1	Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий.....	5
3.2.2	Содержание разделов дисциплины (модуля).....	5
3.3	Практические занятия (семинары).....	10
3.4	Лабораторные работы.....	10
3.5	Самостоятельная работа аспиранта при изучении разделов дисциплины	10
4	Образовательные технологии.....	12
5	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	12
6	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины ...	13
6.1	Основная литература.....	13
6.2	Дополнительная литература.....	14
6.3	Периодические издания.....	15
6.4	Интернет-ресурсы.....	15
6.5	Нормативные документы.....	15
6.6	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта	16
7	Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	16
	Лист согласования рабочей программы дисциплины.....	18
	Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины .....	19

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

## 1 Цель и задачи освоения дисциплины

**Цель освоения дисциплины:** формирование и развитие у аспирантов компетенций в области специфических современных основ технологии производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники; обоснование выбора метода получения материалов, уяснение количественных связей между параметрами технологических процессов и свойствами материалов; знакомство с типовыми передовыми технологиями производства важнейших классов материалов, а также с новым технологическим оборудованием.

### Задачи:

- формирование навыков и умений в области основных типов технологических процессов;
- изучение современных методов расчета процессов получения полупроводников, материалов и приборов электронной техники;
- освоение количественных расчетов технологических процессов.

## 2 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры


Дисциплина (модуль) «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» включена в блок обязательных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных аспирантами в результате освоения образовательной программы высшего образования (магистратура, специалитет).

Наименование блока	Семестр, в котором преподается дисциплина	Трудоемкость дисциплины				Вид промежуточной аттестации
		Зачетные единицы	Часы			
			Общая	В том числе		
		Аудиторная		СРО		
Обязательная дисциплина	6	3	108	24	84	
<b>ИТОГО</b>		3	108	24	84	Экзамен

## 3 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

### 3.1 Структура дисциплины (модуля)

Дисциплина преподается в 6 семестре.

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
1	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	108	24	24	-	-	-	84	Экзамен

### 3.2 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.2.1 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ раздела	Наименование раздела Дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа (СР)
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Физические и физико-химические основы электронной техники	6	-	-		21
2	Материалы электронной техники и технологии их получения	6	-	-		21
3	Физические основы приборов электронной техники	6	-	-		21
4	Технология получения структур микроэлектроники	6	-	-		21
<b>ИТОГО:</b>		24	-	-		84

#### 3.2.2 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	2	3	4
1	Физические и физико-химические основы электронной техники	Основы кристаллографии. Симметрия кристаллов и анизотропия их свойств. Атомные и ионные радиусы. Химическая связь. Соотношение ионных радиусов и структура кристаллов. Типы структур кристаллов. Структура и симметрия идеальных и реальных кри-	Лекции



НГТУ

Рабочая программа дисциплины

СК-РП-15.1-04-22

Рабочая программа дисциплины  
«Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

		<p>сталлов; основные типы дефектов кристаллической структуры. Политипизм и полиморфизм. Термодинамика дефектов кристаллической решетки. Собственные и примесные дефекты в элементарном кристалле; точечные и протяженные дефекты. Температурная зависимость равновесных концентраций дефектов. Влияние дефектов на физические и химические свойства кристаллов – параметры решетки, плотность, пластичность, диффузию, электропроводность, оптические и магнитные свойства, теплопроводность, теплоемкость, коррозионную устойчивость и др.</p> <p>Дефекты, вызванные инородными примесями. Влияние примесей на равновесие собственных дефектов. Физико-химические основы процессов легирования. Изменение валентности примесных ионов. Взаимосвязь ионной и электронной разупорядоченности в кристаллах. Взаимное влияние примесей на их растворимость в кристаллической фазе. Современные методы исследования концентрации и распределения дефектов, вызванных нарушениями стехиометрии кристалла. Взаимодействие дефектов.</p> <p>Механизмы диффузии. Элементы математического описания диффузионных процессов. Особенности диффузии по вакансиям, дислокациям и по поверхности кристаллов. Связь между подвижностью носителей заряда и коэффициентом диффузии. Проявление зависимости: электропроводность – концентрация дефектов – давление -температура. Процессы, контролируемые дефектами при спекании кристаллов. Кинетика гетерогенных процессов и ее методы в технологии получения кристаллов с дефектами. Основные закономерности топохимических реакций. Методы определения кинетических констант.</p> <p>Дифракция в кристаллах и обратная решетка; упругие колебания в кристаллах, оптические и акустические фононы; тепловые свойства кристаллов; модель свободных электронов, основы зонной теории, классификация твердых тел, статистика электронов.</p>	
2	Материалы электронной техники и технологии их получения	Общая классификация материалов по составу, свойствам и техническому назначению. Физическая природа электропроводности металлов, сплавов, полупроводников, диэлектриков и композиционных материалов; сверхпроводящие металлы и сплавы; характеристика проводящих и резистивных материалов во взаимосвязи с их применением в электронной техни-	Лекции



		<p>ке.</p> <p>Элементарные полупроводники. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Современные методы выращивания монокристаллов элементарных полупроводников. Принципы выращивания структурно-совершенных монокристаллов. Микродефекты в монокристаллах кремния. Механическая, химико-механическая, химическая обработка и очистка поверхности полупроводников.</p> <p>Полупроводниковые соединения <math>A^{III}B^V</math>. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Синтез и выращивание объемных монокристаллов соединений <math>A^{III}B^V</math> в связи с Р-Т-Х диаграммами. Методы кристаллизации и легирования. Тройные диаграммы состояния <math>A^{III}B^V</math> – примесь. Компенсация и получение полуизолирующих кристаллов. Специфика подготовки подложек различных соединений <math>A^{III}B^V</math>. Влияние кристаллографических ориентаций. Травление жидкостное, расплавленное, газовое.</p> <p>Получение широкозонных материалов – нитриды галлия, алюминия, бора. Эпитаксия арсенида галлия, фосфида галлия, арсенида индия, антимонида индия и твердых растворов. Применение соединений <math>A^{III}B^V</math> в СВЧ-технике, оптоэлектронике, квантовой электронике.</p> <p>Полупроводниковые соединения <math>A^{II}B^{VI}</math> и <math>A^{IV}B^{VI}</math>. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Синтез и выращивание монокристаллов соединений с двумя летучими компонентами. Методы выращивания монокристаллов из газовой фазы и из расплава. Эпитаксия соединений. Методы управления стехиометрическим составом. Термообработка. Особенности получения соединений: сульфида кадмия, селенида кадмия, теллурида кадмия, сульфида свинца, твердых растворов. Области применения кристаллов: лазеры, оптические модуляторы, акустоэлектронные приборы, ИК-фотоприемники.</p> <p>Применение аморфного кремния в фотоэлектрических преобразователях. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Понятие о физико-химических механизмах переключения памяти и оптической записи информации в халькогенидных стеклах. Особенности стеклообразования в халькогенидных системах и в оксидных системах. Синтез стекло-</p>	
--	--	---	--



		<p>образных полупроводников и их свойства.</p> <p>Магнитные материалы. Металлы и сплавы, ферриты, магнитодиэлектрики, магнитные полупроводники, аморфные интерметаллические соединения. Магнитные пленки. Цилиндрические магнитные домены (ЦМД). Методы их получения и контроля. Принцип действия запоминающих устройств на ЦМД.</p> <p>Материалы вакуумной электроники. Требования к чистоте материалов и их газосодержанию. Основные требования, предъявляемые к материалам для получения вакуумплотных соединений. Особенности технологии изготовления корпусов ИС на основе металлов и стекловидных материалов: стекол, ситаллов и композиционных материалов.</p> <p>Материалы оптоэлектроники. Излучательные свойства твердых тех. Излучение света в полупроводниках. Полупроводники с прямой и непрямой запрещенной зоной. Материалы полупроводниковых светодиодов, лазеров и фотоприемников. Активные диэлектрики (<math>\text{LiNbO}_3</math>, <math>\text{LiTaO}_3</math>, <math>\text{KTiOPO}_4</math>), их физико-химические и оптико-физические свойства. Их применение в оптоэлектронике. Материалы для изготовления волоконных и планарных оптических волноводов.</p>	
3	Физические основы приборов электронной техники	<p>Свойства p-n перехода. Кинетические явления в полупроводниках. Электро- и теплопроводность полупроводников. Рассеяние носителей заряда. Эффект Холла. Магнетосопротивление. Диффузия носителей и примесей. Невыпрямляющие контакты. Работа выхода. Эмиссия электронов. Термо-ЭДС. Эффект Пельтье.</p> <p>Физические основы работы основных типов полупроводниковых приборов: диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, диодов Ганна.</p> <p>Явления переноса в твердых телах, контактные явления в полупроводниках, контакт металл—полупроводник и металл—диэлектрик—полупроводник (МДП), электронно-дырочный переход, изотипные и анизотипные гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом.</p> <p>Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях; траектория движения частиц в комбинированных полях. Электровacuумные и газоразряд-</p>	Лекции





		<p>ные приборы: приемно-усилительные лампы, приборы СВЧ, фотоумножители, лучевые приборы, электронно-оптические преобразователи, газоразрядные приборы.</p> <p>Источники излучения. Физические основы работы лазеров. Газовые и твердотельные лазеры. Полупроводниковые светодиоды и лазеры. Классификация и принцип работы. Полупроводниковые лазеры на гетеропереходах. Технология изготовления.</p> <p>Оптические волноводы. Принципы каналирования излучения. Волоконные, планарные и канальные волноводы. Основные компоненты систем оптической связи со спектральным уплотнением. Оптические усилители. Интегрально-оптические элементы.</p> <p>Способы управления оптическим излучением. Электрооптические эффекты, фотоупругий эффект, магнитооптический эффект. Принципы нелинейной оптики. Преобразование частоты оптического излучения в волноводных структурах.</p> <p>Пьезоэффект. Основные принципы акустоэлектроники. Принцип работы пьезоэлектрических резонаторов и монолитных пьезоэлектрических фильтров.</p>	
4	Технология получения структур микроэлектроники	<p>Методы эпитаксии кремния из газовой фазы. Легирование и автолегирование. Особенности выращивания структур со скрытыми слоями. Газофазная эпитаксия. Хлоридный, хлоридно-гидридный и МОС-гидридный методы. Жидкостная эпитаксия и области ее применения. Механизм кристаллизации из раствора в расплаве Фазовое равновесие. Равновесная и неравновесная кристаллизация. Коэффициент распределения примесей. Молекулярно-лучевая эпитаксия.</p> <p>Структуры для СВЧ-транзисторов, диодов Ганна и Шоттки. Особенности получения тонких слоев с заданной неоднородностью распределения примесей.</p> <p>Структуры со скрытыми слоями. Получение структур с диэлектрическими и поликристаллическими слоями. Получение структур «кремний на изоляторе» (КНИ). Методы формирования КНИ структур. Методы прямого и непрямого сращивания для формирования структур КНИ. Глубокая имплантация ионов кислорода и азота. Расчет требуемых доз и энергий. Отжиг рекристаллизации ионно-имплантированных структур. Дефекты в ионно-имплантированных структурах КНИ. Формирование КНИ-структур методом окисления пористого кремния. Технология получения гете-</p>	Лекции



	<p>рослоев кремния на сапфире. Особенности получения и электрофизические свойства слоев.</p> <p>Структуры полупроводник-диэлектрик. Методы получения и основные электрофизические свойства структур диэлектрик-германий. Структуры диэлектрик – антимонид индия. Технология получения структур электрохимическим окислением. Электрофизические свойства структур. Основные нестабильности и методы их уменьшения. Структуры диэлектрик-арсенид галлия. Методы получения и электрофизические свойства. Основные трудности изготовления структур.</p> <p>Структуры оптоэлектроники. Технология получения гетероструктур для лазеров и светодиодов. Планарные и канальные оптические волноводы. Особенности получения многослойных структур. Технология получения структур для солнечных батарей.</p> <p>Процессы толстопленочной технологии. Приготовление порошков и паст для проводников и резисторов на основе палладия, серебра, золота, рутения, иридия, кадмия. Получение резисторов на основе окислов редких металлов, боридов, карбидов и нитридов. Приготовление порошков и диэлектрических паст на основе титанатов бария, кальция, висмута и др.</p> <p>Процесс ионного распыления материалов. Особенности распыления металлов и диэлектриков. Зависимость коэффициентов распыления различных факторов. Закономерности удаления материала с распыляемой поверхности и особенности их использования в технологических процессах микроэлектронного производства. Моделирование процессов распыления.</p> <p>Применение ионно-плазменных распылительных систем для нанесения и травления материалов. Физико-технологические основы процессов осаждения пленок и травления материалов. Модели процессов осаждения и травления материалов.</p>	
--	--	--

### 3.3 Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено.

### 3.4 Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

### 3.5 Самостоятельная работа аспиранта при изучении разделов дисциплины

**НГТУ****Рабочая программа дисциплины**

СК-РП-15.1-04-22


**Рабочая программа дисциплины  
«Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»**

Самостоятельная работа аспиранта при изучении дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» составляет 84 часа.

В ходе самостоятельной работы аспирант:

- изучает материалы, не освещенные в лекциях;
- готовится к экзамену.

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
1	2	3
1	Электронная эмиссия. Основы электронной теории твердого тела, термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично-электронная, фотоэлектронная эмиссия. Электронный поток, его формирование и транспортировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки.	21
2	Исходные вещества, используемые для производства монокристаллов и пленок. Особо чистые элементы и материалы, их роль в современной технике. Понятие о чистоте вещества, методы определения и оценка чистоты. Физико-химические основы глубокой очистки веществ. Понятие о коэффициенте разделения и распределения. Методы очистки. Зонная очистка. Сублимация. Ректификация. Хроматографическая очистка. Экстракция, Электролиз. Методы получения гидридов, хлоридов металлов и металлорганических соединений.	21
3	Датчики на основе микромеханических преобразователей: давления, расхода, пульсаций, смещения, силы, ускорения, крена, микрогирометры, микрофоны. Микромеханические приводы движения: пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актюаторы. Устройства микросмещения, микропозиционирования и микрозахвата. Микро- и наноманипуляторы.	21
4	Активные индикаторы. Электронно-лучевые трубки, светоизлучающие диоды, электролюминесцентные, газоразрядные индикаторы и др. Пассивные индикаторы. Жидкокристаллические, электрохромные индикаторы, индикаторы на PLZT- керамике и др. Сравнительные характеристики активных и пассивных индикаторов. Жидкокристаллические материалы. Основные электрооптические эффекты в жидких кристаллах. Нанотехнология. Современные технологические методы формирования наноструктур. Процессы самоорганизации и самоформирования в технологии наноструктур. Проблемы создания упорядоченных наноструктурированных материалов на большой площади.	21
<b>ИТОГО:</b>		<b>84</b>

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

#### 4 Образовательные технологии

При освоении дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» используются следующие образовательные технологии:

- активные (лекции);
- информационные (анализ и обзор источников информации);
- компьютерные (виртуальные и сетевые интернет-технологии),
- информационно-коммуникативные (компьютеры, телекоммуникационные сети),
- коммуникативные (обсуждение проблем на аудиторных занятиях, круглые столы, диспуты, участие в аспирантских научных и научно-практических конференциях),
- проблемные задания аспирантам, и их представление, разбор конкретных ситуаций.


#### 5 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины аспирантом сдается экзамен.

Текущий контроль освоения материала по каждому разделу дисциплины осуществляется тестированием.

Отлично	полный грамотный ответ по всем трем вопросам, содержащий примеры, в том числе соответствующие теме научно-исследовательской деятельности соискателя.
Хорошо	правильный грамотный ответ, но: а) требующий уточнения по одному из заданных вопросов; б) при наличии одного - двух недочетов; в) допущена одна негрубая ошибка.
Удовлетворительно	правильный грамотный ответ, но: а) требующий уточнений по всем вопросам; б) допущена грубая ошибка; в) при наличии более двух недочетов; г) на теоретические вопросы даны исчерпывающие ответы, но отсутствуют примеры, иллюстрирующие соискателем понимание сути вопросов.
Неудовлетворительно	а) неправильные ответы на два и более вопросов билета; б) когда число ошибок превосходит норму, при которой может быть выставлена положительная оценка.



	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

**Образцы оценочных средств  
для проведения текущего контроля в виде тестов**

**Тесты к разделу 1:**

**Вопрос 1:** Основы кристаллографии.

**Вопрос 2:** Симметрия кристаллов и анизотропия их свойств.

**Тесты к разделу 2:**

**Вопрос 1:** Общая классификация материалов по составу, свойствам и техническому назначению.

**Вопрос 2:** Физическая природа электропроводности металлов.

**Тесты к разделу 3:**

**Вопрос 1:** Свойства p-n перехода.

**Вопрос 2:** Кинетические явления в полупроводниках..

**Тесты к разделу 4:**

**Вопрос 1:** Методы эпитаксии кремния из газовой фазы.

**Вопрос 2:** Легирование и автолегирование.

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библ-ке
1.	2	3	4	5	6
1	Воротынцев В.М., Скупов В.Д.	Базовые технологии микро- и нанoeлектроники	Москва: Проспект. – 2019	Уч. пособие, гриф учёного совета НГТУ	12
2	Прудников В. В., Прудников П. В., Мамонова М. В.	Квантово-статистическая теория твердых тел	Санкт-Петербург: Лань. - 2022.	Уч. пособие, гриф УМО	15
3	Борисенко В. Е., Воробьева А. И.,	Нанoeлектроника: теория и практика	М.: Лаборатория знаний. - 2020.	Учебник для высшей школы, гриф УМО	11

**НГТУ****Рабочая программа дисциплины**


СК-РП-15.1-04-22

**Рабочая программа дисциплины  
«Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»**

	Данилюк А. Л., Уткина Е. А.				
4	Трубочкина Н. К.	Нанoeлектроника и схемотехника в 2 ч.	М. : Юрайт.- 2020.	Учебник для вузов, гриф УМО	10

**6.2 Дополнительная литература**

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библ-ке
1	Воротынцев В.М., Мочалов Л.А., Степанов А.Н., Воротынцев А.В., Корятин А.И., Мурзанев А.А., Ромашкин А.В.	Получение высокочистых холькогенов, халькогенидов и их лазерная модификация	Н.Новгород: НГТУ. -2017.	Монография	30 на кафедре
2	Мочалов Л.А., Воротынцев В.М.	Получение планарных халькогенидных структур методом плазмохимического осаждения и их лазерная модификация	Н.Новгород: НГТУ. -2019.	Монография	30 на кафедре
3	Коллектив авторов при редакции: Чубанов М., Карпов Ю., Зломанов П., Федоров В.	Высокочистые вещества	М.: «Научный мир», 2018.	Коллективная монография	2 на кафедре
4	Марченко А.А.	Процессы и аппараты мембранной технологии (газо-разделение)	М.: «Филинь», 2018	Книга	1 на кафедре
5	Карташов В.Р.	Физическая химия. Избранные главы	Н.Новгород: НГТУ. -2018.	Учебное пособие	1 на кафедре

	<b>НИТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

### 6.3 Периодические издания


- Журнал «Физика и техника полупроводников»
- Журнал технической физики
- Журнал «Физика твердого тела»
- Журнал «Российские нанотехнологии»
- Журнал «Нанотехника»
- Journal of American chemical society
- Журнал прикладной химии
- Неорганический материалы
- Russian Journal of Physical Chemistry A
- Separation and Purification Technology
- Plasma Chemistry and Plasma Processing
- Membranes and Membrane Technologies
- Journal of Natural Gas Science and Engineering
- Key Engineering Materials
- Materials Research Express

### 6.4 Интернет-ресурсы

- <http://www.edu.ru/> Российское образование. Федеральный портал
- <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/org.htm/> Химический факультет МГУ: лекции, практические занятия, методические указания
- <http://www.scopus.com> База цитирований
- <http://www.webofscience.com> База цитирований
- <http://www.rfbr.ru> Российский фонд фундаментальных исследований
- <http://www.rscf.ru> Российский научный фонд
- <http://www.elibrary.ru> Научная электронная библиотека

### 6.5 Нормативные документы

- Федеральный закон Российской Федерации «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29.12.2012 г.;
- Указ Президента РФ № 642 от 01.12.2016 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации"
- Постановление правительства Российской Федерации «О порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г.

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	<b>Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»</b>

## 6.6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, компьютерных классах с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях.

Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе лекционных занятий.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные монографии, учебники и учебно-методические пособия, периодическую литературу, а также конспекты лекций.

## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Научно-исследовательская лаборатория анализа веществ а.1221, Лаборатория физики твердого тела а1330, Научно-исследовательская лаборатория а1334</p> <p>Лекционные занятия – а.1334, «Лаборатория мембранных и каталитических процессов» а.1330, «Лаборатория метрологии и стандартизации», а. 1330а, «Научно-исследовательская лаборатория анализа веществ», а. 1221.</p> <p>Компьютерный класс ИВЦ а.6143</p> <p>Лекционные занятия – мультимедийный класс, лекционная аудитория а. 4207, 1329</p>	<p>Комплекс аппаратно-программный на базе газового хроматографа «Цветаналитик» с оригинальной проточно-вакуумной системой напуска анализа с набором детекторов - для проведения качественного анализа "in situ" по методу абсолютной градуировки и проведения кинетических исследований, а также определения количественного состава примесей и для проведение экспериментов по изучению сорбции методом обращенной газовой хроматографии.</p> <p>Атомно-абсорбционный спектрофотометр Shimadzu AA-7000 снабженный автосемплером ASC-7000 и графитовой печью GFA-7000A.</p> <p>УФ-ВИД-спектрофотометр, Shimadzu UVmini-1240.</p> <p>Хромато-масс-спектрометр, Shimadzu GCMS-QP2010Plus - проведение количественного и качественного анализа.</p> <p>Планетарная мельница Retsch PM100.</p> <p>Исследовательская лаборатория моделирования вакуумных процессов и компьютерный класс из 6 компьютеров объединенных в кластер для проведения физико-математических, квантово-химических исследований и 3D – моделирования.</p> <p>Для исследования мембран: манометрические установки по определению газопроницаемости мембран (в стандартном исполнении и в исполнении для работы с агрессивными газами)</p> <p>Модельный стенд для приготовления газовых</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Операционная система Windows 7; (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)</li> <li>- MSOffice 2007 лиц №43847744 (бессрочная)</li> <li>- MathCAD 14 (PKG-TL7517-FN, MMT-TL7517PN-T2 бессрочно)</li> <li>- Electronics Workbench (открытое ПО)</li> <li>- Matlab Simulink (Лицензия №516889 от 22 ноября 2010г.)</li> <li>- National Instruments LabVIEW 7.1 (Лицензия № G12X21084)</li> <li>- AutoCAD 2015 Серийный номер / ключ продукта 545-19358656 / 651G1</li> <li>- Реферативные наукометрические базы (eLIBRARY.RU, Web of Science, Scopus), электронные библиотечные системы (издательства «Инженерные науки», «Лань», «Машиностроение», «Информатика», «НЭИКОН»).</li> </ul>






**НГТУ**

**Рабочая программа дисциплины**

**СК-РП-15.1-04-22**

**Рабочая программа дисциплины  
«Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»**

	смесей волнометрическим методом, установка для ультразвуковой обработки, установка для определения смачиваемости, вакуумные насосы. Мультимедийные средства: проекторы, настенные экраны, ноутбуки. Доступ в Internet через локальную сеть 30 Мбит/с.	
Самостоятельная работа - залы электронных информационных ресурсов (Электронные классы) НТБ а.2210, 6119, 6162. Читальные залы а. 2202, 2203 - компьютерный класс ИВЦ а.1215	30 персональных компьютеров. Доступ к библиотечному фонду НГТУ. Доступ в Internet через локальную сеть 30 Мбит/с.	

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

**ЛИСТ  
согласования рабочей программы**

Группа научных специальностей: 2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и СВЯЗЬ

Научная специальность 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники

Дисциплина: Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники

Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная

Учебный год \_\_\_\_\_ 2022 - 2023

РЕКОМЕНДОВАНА кафедрой «Нанотехнологии и биотехнологии»  
протокол № 6 от "12" мая 2022 г.

Ответственный исполнитель, заведующий кафедрой «Нанотехнологии и биотехнологии»

к.х.н., доцент



А.А. Калинина

12.05.2022

подпись

расшифровка подписи

дата

Автор:

д.х.н., профессор



В.М. Воротынцев

12.05.2022

подпись

расшифровка подписи

дата

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана факультета подготовки специалистов высшей квалификации

к.т.н., доцент




Р.ИИ. Бедретдинов

14.06.2022

подпись

расшифровка подписи

дата

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-15.1-04-22	Рабочая программа дисциплины «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учеб-  
ный год

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по научной работе

\_\_\_\_\_  
(подпись, расшифровка подписи)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20... Г

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на дан-  
ный учебный год

**СОГЛАСОВАНО:**

Декан ФСВК

\_\_\_\_\_  
*наименование факультета (института, где реализуется данное направление)    личная подпись    расшифровка подписи    дата*