

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Факультет нано- и биомедицинских технологий



УТВЕРЖДАЮ

"31" августа 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
Твердотельная электроника и микроэлектроника

Направление подготовки бакалавриата
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Профили подготовки бакалавриата
«Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»
«Материаловедение и технология новых материалов»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2016

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Твердотельная электроника и микроэлектроника» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний, умений и владений и усвоение физических принципов работы твердотельных электронных приборов, их параметров, характеристик, основ их теоретического и экспериментального исследования и практического применения в изделиях электронной техники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о физической природе электропроводности полупроводников и тех ее важнейших аспектах, которые непосредственно касаются возможности практической реализации полупроводниковых структур, применяемых в приборах и устройствах твердотельной электроники и микроэлектроники;
- формирование знаний практического использования полупроводниковых электронных приборов и интегральных схем в радиоэлектронной аппаратуре различного функционального назначения;
- формирование умений теоретически анализировать физические процессы, протекающие в структурах полупроводниковых приборов и интегральных схем;
- овладение наиболее общими методами и навыками экспериментального исследования и теоретического анализа параметров и характеристик твердотельных электронных приборов, оптимизации режимов их работы.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Твердотельная электроника и микроэлектроника» является факультативной и изучается студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» и профилям «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов» и «Материаловедение и технология новых материалов», в течение 6 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике, химии, инженерной и компьютерной графике, электротехнике, квантовой механике, методам математической физики, термодинамике и готовит студентов к изучению в том же и последующих семестрах таких дисциплин как «Материалы датчиков внешних воздействий», «Первичные преобразователи внешних воздействий».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Твердотельная электроника и микроэлектроника» формируются следующие компетенции: ОПК-3.

ОПК-3. Готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен:

- знать основные свойства полупроводников, физические процессы, протекающие в полупроводниковых структурах, используемых в приборах твердотельной электроники и микроэлектроники и являющиеся физической основой их принципа действия, основные параметры и характеристики, примеры применения;

- уметь теоретически анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать основные параметры и характеристики твердотельных электронных приборов;
- владеть методиками, методами и основными подходами к их теоретическому анализу, а также экспериментальному исследованию.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се-местр	Неделя се-местра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям се-местра) Формы промежуточной аттестации (по се-местрам)
				5	6	7	8	
1	2	3	4	Лек	Лаб	Пр	КСР	
1.	Введение.	6	1-2	4	4	1	2	Выполнение 1 лаб. работы
2.	Основные свойства полупроводников.	6	3-4	4	4	2	2	Выполнение и отчет по 1 лаб. работе
3.	Контактные явления.	6	5-6	4	4	2	2	Выполнение и отчет по 2 лаб. работе
4.	Полупроводниковые диоды.	6	7-8	3	3	2	3	Контрольная работа Выполнение и отчет по 3 лаб. работе
5.	Биполярные транзисторы.	6	9-10	4	4	2	2	Выполнение и отчет по 4 лаб. работе
6.	Тиристоры.	6	11-12	3	3	2	2	Выполнение и отчет по 5 лаб. работе
7.	Полевые транзисторы.	6	13-14	3	3	2	2	Выполнение и отчет по 6 лаб. работе
8.	Оптоэлектронные приборы.	6	15	3	3	2	2	Выполнение и отчет по 7 лаб. работе
9.	Интегральные схемы.	6	16	3	3	2	2	Выполнение и отчет по 8 лаб. работе
10.	Другие приборы.	6	16	3	3	1	3	Реферат. Выполнение и отчет по 9 лаб. работе
	Всего:	6		34	34	18	22	Зачет

Содержание дисциплины

1. Введение. История, основные тенденции и перспективы развития твердотельной электроники. Место и значение полупроводниковых приборов и интегральных схем в науке и технике.

2. Основные свойства полупроводников. Электропроводность полупроводников. Электроны и дырки. Подвижность носителей заряда. Энергетические зоны полупроводников. Собственные и примесные полупроводники. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Время жизни. Процессы переноса заряда в полупроводниках (дрейф и диффузия). Зависимости концентрации и подвижности носителей заряда от температуры. Явления в полупроводниках в сильных электрических полях. Оптические свойства полупроводников (поглощение света, люминесценция).
3. Контактные явления. Контакт металл-полупроводник (КМП). Зонная модель КМП. Выпрямление тока и вольт-амперная характеристика (ВАХ) КМП. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Идеальная МДП-структура. Режимы обогащения, обеднения, инверсии и глубокого обеднения в приповерхностном слое полупроводника. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры. Поперечная и продольная проводимости МДП-структуры. P-n-переход. Выпрямление тока на p-n-переходе. ВАХ p-n-перехода. Зонная модель p-n-перехода при прямом и обратном смещении. Влияние температуры на ВАХ p-n-перехода. Пробой p-n-перехода. Гетеропереходы (ГП). Анизотипные и изотипные ГП. Зонные модели ГП. Особенности ГП в сравнении с гомогенными p-n-переходами.
4. Полупроводниковые диоды. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Варикапы. Сверхвысокочастотные диоды. Туннельные диоды. Лавинно-пролетные диоды. Диоды Ганна.
5. Биполярные транзисторы (БТ). Структура и основные режимы работы БТ. Взаимодействие двух p-n-переходов. Схемы включения БТ во внешнюю цепь. Энергетическая диаграмма БТ в нормальном активном режиме. Принцип действия БТ в качестве усилителя. Физические параметры БТ и связь между ними. Дрейфовый транзистор. Статические характеристики БТ. Физика работы транзистора на малом переменном сигнале. Эквивалентная схема БТ. Факторы, определяющие быстродействие транзистора.
6. Тиристоры. Структура и принцип действия динистора. ВАХ динистора. Принцип действия тиристора.
7. Полевые транзисторы (ПТ). ПТ с управляющим p-n-переходом: принцип действия. Статические характеристики ПТ. Эквивалентная схема ПТ. ПТ с изолированным затвором (МДП-транзисторы). МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами.
8. Оптоэлектронные приборы. Фотодиоды. Светодиоды. Лазеры. Оптопары.
9. Интегральные схемы. Классификация интегральных микросхем (ИМС). Активные и пассивные элементы ИМС.
10. Другие приборы (терморезисторы, фоторезисторы, тензорезисторы и тензодиоды, магниторезисторы и магнитодиоды, варисторы, приборы с зарядовой связью, акустоэлектронные приборы, датчики Холла).

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При реализации различных видов учебной работы (лекционные, лабораторные и практические занятия (семинары), самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение;
- дискуссии.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении лекционных занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

При проведении лабораторных занятий выполняются натурные эксперименты в лабораторном практикуме.

Перечень лабораторных работ

1. Варикап.
2. Стабилитрон.
3. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ.
4. Генератор на диоде Ганна.
5. Биполярный транзистор. Частотная зависимость коэффициента передачи тока эмиттера $\alpha(f)$.
6. Тиристор.
7. Полевой транзистор.
8. Фотодиод.
9. Полупроводниковый гетеролазер.

Описания всех перечисленных лабораторных работ имеются на кафедре физики полупроводников и, в том числе, изданные в книгах:

- Михайлов А.И., Сергеев С.А. Физические основы твердотельной электроники: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007. – 164 с.
- Михайлов А.И., Стецюра С.В., Сергеев С.А. Лабораторный практикум по физике полупроводниковых приборов: Учебное пособие. В 2-х частях. Часть 1. Под общ. ред. Б.Н. Климова и А.И. Михайлова. - Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2002. – 72 с.

При проведении практических занятий (семинаров) в активной форме проводится детальный анализ вопросов физики, технологии, конструирования и проектирования конкретных типов твердотельных электронных приборов.

Перечень тем практических занятий

1. Варикап.
2. Стабилитрон.
3. Полупроводниковый детекторный диод СВЧ.
4. Генератор на диоде Ганна.
5. Биполярный транзистор. Частотная зависимость коэффициента передачи тока эмиттера $\alpha(f)$.
6. Тиристор.
7. Полевой транзистор.
8. Фотодиод.
9. Полупроводниковый гетеролазер.

Планы проведения практических занятий и подробные списки литературы имеются на кафедре физики полупроводников и, в том числе, изданные в книгах:

- Михайлов А.И., Сергеев С.А. Физические основы твердотельной электроники: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007. – 164 с.
- Михайлов А.И., Стецюра С.В., Сергеев С.А. Лабораторный практикум по физике полупроводниковых приборов: Учебное пособие. В 2-х частях. Часть 1. Под общ. ред. Б.Н. Климова и А.И. Михайлова. - Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2002. – 72 с.
- Михайлов А.И., Сергеев С.А., Глуховской Е.Г. Физические основы твердотельной электроники и микроэлектроники: Планы семинарских занятий: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий / Под общ. ред. проф. А.И. Михайлова. – Саратов: ООО «Редакция журнала «Промышленность Поволжья», 2008. – 116 с.

Список рекомендуемой литературы для подготовки к практическим (семинарским) занятиям по избираемым темам указан в разделе 8 рабочей программы дисциплины.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего периода изучения дисциплины и заключается в подготовке к лекционным, лабораторным и практическим (семинарским) занятиям, к

контрольной работе, подготовке реферата, работе в компьютерном классе или библиотеке.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 50 % аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 50 % аудиторных занятий.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения и индивидуальных консультаций;
- использование дистанционных образовательных технологий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего срока изучения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекционным, лабораторным и практическим занятиям (семинарам), к контрольной работе, подготовке реферата.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала разбирать вопросы, обсуждаемые на каждом очередном занятии, до следующего, по непонятым деталям консультироваться у преподавателя, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к лабораторным и практическим (семинарским) занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего занятия, готовить отчеты по лабораторным работам, краткий конспект по вопросам рассматриваемой темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- при подготовке к контрольной работе пользоваться конспектами и рекомендованной литературой;
- при подготовке реферата консультироваться с преподавателями, ведущими занятия и научным руководителем индивидуальной исследовательской работы.

В ходе изучения дисциплины в часы лекционных занятий студенты выполняют контрольную работу.

При подготовке к контрольной работе необходимо использовать материал прочитанных лекций.

Контрольная работа.

Вариант А. Электропроводность полупроводников. Электроны и дырки. Подвижность носителей заряда. Энергетические зоны полупроводников. Собственные и примесные полупроводники.

Вариант Б. Контакт металл-полупроводник (КМП). Зонная модель КМП. Выпрямление тока и вольт-амперная характеристика КМП.

При выполнении контрольной работы студент должен продемонстрировать знания по основным свойствам полупроводниковых материалов и принципам построения зонных диаграмм для КМП и p-n-перехода.

Результаты выполнения контрольной работы учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов на зачете.

В ходе изучения дисциплины студенты должны подготовить реферат по избранной ими конкретной теме в соответствии с содержанием программы дисциплины и тематикой индивидуальной исследовательской работы по согласованию с преподавателем.

Каждый студент, выбрав по согласованию с преподавателем конкретную тему, разрабатывает ее, периодически консультируясь с преподавателем и выступая на практических занятиях, оформляет письменный отчет в виде реферата и сдает преподавателю на проверку.

Реферат оформляется в соответствии с правилами, применяемыми при оформлении отчетов по курсовым и выпускным квалификационным работам (СТО 1.04.01 – 2012). Качество выполнения и оформления реферата учитывается при проведении промежуточной аттестации студентов на зачете.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. История, основные тенденции и перспективы развития твердотельной электроники. Место и значение полупроводниковых приборов и интегральных схем в науке и технике.
2. Электропроводность полупроводников. Электроны и дырки. Подвижность носителей заряда. Энергетические зоны полупроводников. Собственные и примесные полупроводники.
3. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Время жизни. Процессы переноса заряда в полупроводниках (дрейф и диффузия).
4. Зависимости концентрации и подвижности носителей заряда от температуры. Явления в полупроводниках в сильных электрических полях.
5. Оптические свойства полупроводников (поглощение света, люминесценция).
6. Контакт металл-полупроводник (КМП). Зонная модель КМП. Выпрямление тока и ВАХ КМП.
7. МДП-структуры. Идеальная МДП-структура. Режимы обогащения, обеднения, инверсии и глубокого обеднения в приповерхностном слое полупроводника.
8. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры. Поперечная и продольная проводимости МДП-структуры.
9. P-n-переход. Выпрямление тока на p-n-переходе. ВАХ p-n-перехода.
10. Зонная модель p-n-перехода при прямом и обратном смещении.
11. Влияние температуры на ВАХ p-n-перехода. Пробой p-n-перехода.
12. Гетеропереходы (ГП). Анизотипные и изотипные ГП. Зонные модели ГП. Особенности ГП в сравнении с гомогенными p-n-переходами.
13. Полупроводниковые диоды. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Варикапы.
14. Сверхвысокочастотные диоды. Туннельные диоды.
15. Лавинно-пролетные диоды. Диоды Ганна.
16. Биполярные транзисторы (БТ). Структура и основные режимы работы. Взаимодействие двух p-n-переходов.
17. Схемы включения БТ. Энергетическая схема. Принцип действия БТ в качестве усилителя.
18. Физические параметры БТ и связь между ними. Дрейфовый транзистор.
19. Статические характеристики БТ. Эквивалентная схема БТ. Факторы, определяющие быстродействие транзистора.

20. Тиристоры. Структура и принцип действия динистора. ВАХ динистора. Принцип действия тиристора.
21. Полевые транзисторы (ПТ). ПТ с управляющим р-n-переходом: принцип действия.
22. Статические характеристики ПТ. Эквивалентная схема ПТ.
23. ПТ с изолированным затвором (МДП-транзисторы). МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами.
24. Оптоэлектронные приборы. Фотодиоды. Светодиоды. Лазеры. Оптопары.
25. Интегральные схемы. Классификация интегральных микросхем (ИМС). Активные и пассивные элементы ИМС.
26. Другие приборы (терморезисторы, фоторезисторы, тензорезисторы и тензодиоды, магниторезисторы и магнитодиоды, варисторы, приборы с зарядовой связью, акустоэлектронные приборы, датчики Холла).

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
6	15	15	15	15	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

6 семестр

Лекции

Посещаемость, активность работы в аудитории, правильность ответов при опросах, качество выполнения заданий лектора – от 0 до 15 баллов.

Лабораторные занятия

Посещаемость, самостоятельность при выполнении работ, грамотность, качество отчетов по лабораторным работам – от 0 до 15 баллов.

Практические занятия

Посещаемость, самостоятельность при выполнении работы, активность работы в аудитории, правильность ответов при опросах и выполнении заданий, уровень подготовки к занятиям и др. – от 0 до 15 баллов.

Самостоятельная работа

Качество подготовки к лекционным, лабораторным и практическим занятиям, активность на занятиях, качество выполнения контрольной работы и реферата – от 0 до 15 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрены

Промежуточная аттестация по дисциплине «Твердотельная электроника и микроэлектроника» в 6 семестре оценивается от 0 до 40 баллов и проводится в форме зачета.

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета:
ответ на «зачтено» оценивается от 24 до 40 баллов;
ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 23 баллов;

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента по дисциплине «Твердотельная электроника и микроэлектроника» при проведении промежуточной аттестации в форме зачёта в 6 семестре составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Твердотельная электроника и микроэлектроника» в зачёт осуществляется в соответствии с Таблицей 2.

Таблица 2. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине в зачет.

60 баллов и более	«зачтено»
меньше 60 баллов	«не зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - 9-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009. – 480 с. (в ЗНБ СГУ 134 экз.)
2. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник. – 4-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. - 390 с. (в ЗНБ СГУ 32 экз.)
3. Шалимова К. В. Физика полупроводников [**Электронный ресурс**]: учебник. - 4-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 390 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648. – ЭБС "ЛАНЬ".

б) дополнительная литература:

1. Михайлов А.И., Сергеев С.А. Физические основы твердотельной электроники: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007. – 164 с. (в ЗНБ СГУ 3 экз.)
2. Михайлов А.И., Сергеев С.А., Глуховской Е.Г. Физические основы твердотельной электроники и микроэлектроники: Планы семинарских занятий: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий / Под общ. ред. проф. А.И. Михайлова. – Саратов: ООО «Редакция журнала «Промышленность Поволжья», 2008. – 116 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
3. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 335 с. (в ЗНБ СГУ 30 экз.)
4. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 488 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 35 экз.)
5. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2007. – 406 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 2 экз.)

6. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учеб. пособие для вузов / И.П. Степаненко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лаборатория Базовых знаний, 2003. – 488 с. (в ЗНБ СГУ 3 экз.)
7. Михайлов А.И., Стецюра С.В., Сергеев С.А. Лабораторный практикум по физике полупроводниковых приборов: Учебное пособие. В 2-х частях. Часть 1. - Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2002. – 72 с. (в ЗНБ СГУ 2 экз.)
8. Основы наноэлектроники: учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. – М. : Физматкнига : Логос: Унив. кн., 2006. – 494 с. (В ЗНБ СГУ 14 экз.)
9. Барыбин А.А. Сидоров В.Г. Физико-технологические основы электроники. – СПб. : Издательство «Лань», 2001. – 268 с. (В ЗНБ СГУ 4 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>
6. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

г) рекомендуемая литература:

1. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 426 с.
2. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. – М.: Мир, 1984. Кн. 1. – 456 с. Кн. 2.- 456 с.
3. Валиев К.А., Пашинцев Ю.И., Петров Г.В. Применение контакта металл-полупроводник в электронике. – М.: Сов. радио, 1981. – 304 с. (10 экз.) (имидж каталог ЗНБ).
4. Щука А.А. Электроника. Учебное пособие. - 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 739 с. **Гриф УМО** (в ЗНБ СГУ 7 экз.).
5. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. – М.: Техносфера, 2006. – 592 с. (в ЗНБ СГУ 14 экз.).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Твердотельная электроника и микроэлектроника» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, плакатами, соответствующих действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Автор, профессор _____ Михайлов А.И.

