

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем

Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР

Дисциплина (модуль) по направлению подготовки
11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты,
микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

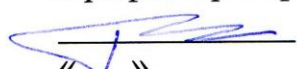
СОГЛАСОВАНО

Начальник УАО

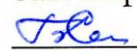
 Н.Н.Максимюк
«16» мая 2018 г.

Разработал

Профессор кафедры ОиЭФ

 Гаврушко В.В..
«16» _____ 2018 г.

Принято на заседании кафедры ФТТМ
протокол № 8 от «16» мая 2018г,
Зав. кафедрой.

 Б.И.Селезнев
«16» мая 2018 г.

1 Цели и задачи учебного модуля

Основной *целью* освоения модуля «Современные методы диагностики микро- и наноструктур» является: изучение применяемых в настоящее время методов диагностики материалов и элементов твердотельной электроники, микро- и наноструктур.

Задачи дисциплины:

- изучение физических принципов экспериментальных методов исследования материалов и структур, используемых в микро- и нано электронике, интерпретация экспериментальных данных;
- изучение и применение современных методов исследования структур и характеристик материалов и компонентов твердотельной микроэлектроники,
- изучение методов нанодиагностики;
- знакомство с аппаратурой и приборами, которые могут быть использованы для этих целей.

2 Место дисциплины ОП направления подготовки

Учебный модуль *БК.ВВ.1.2* «Современные методы диагностики микро- и наноструктур», направленный на подготовку к сдаче кандидатского экзамена, входит в вариативную часть блока 1. Изложение курса базируется на результатах изучения учебного модуля базовой части блока 1: «Электроника, радиотехника и системы связи».

В результате изучения предшествующего модуля и для изучения УМ «Современные методы диагностики микро- и наноструктур» обучающиеся должны:

знать:

- технологию создания твердотельных микро- и наноструктур;
- физические процессы, лежащие в основе функционирования базовых полупроводниковых структур;
- физические и математические модели приборов и устройств электроники и наноэлектроники;

уметь:

- применять физические и математические модели для расчета характеристик микроэлектронных приборов;
- выявлять доминирующие физико-химические факторы в технологическом цикле создания микроприборов;

владеть:

- современным математическим аппаратом, используемым для построения моделей приборов и устройств электроники и навыками расчета основных параметров и характеристик приборов твердотельной электроники.

Освоение данного модуля необходимо при изучении следующих учебных модулей:

- блок 2 «Практика»;
- блок 3 «Научно-исследовательская работа».

3 Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения «Современные методы диагностики микро- и наноструктур» направлен на формирование компетенций:

- УК-6 (универсальная компетенция) способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития);
- ОПК-1 (обще профессиональная компетенция) владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности);
- ПК-1 (профессиональная компетенция) способность учитывать современные тенденции развития электроники в своей профессиональной деятельности);
- ПК-2 (профессиональная компетенция) способность планировать и организовывать экспериментальные исследования, научные семинары в области электроники, уметь составлять и оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, доклады и статьи);
- ПК-3 (профессиональная компетенция) способность адаптировать и обобщать результаты исследований в области электроники для целей преподавания специальных дисциплин в вузе);
- ПК-4 (профессиональная компетенция) способность использовать результаты исследований, знание закономерностей и тенденций развития электроники для совершенствования стратегии деятельности предприятий, НИИ и КБ радиоэлектронного комплекса).

В результате освоения модуля «Современные методы диагностики микро- и наноструктур» аспирант должен знать, уметь и владеть:

Шифр Индикатора достижения результата обучения (ИДРО)	Планируемые индикаторы достижения результата обучения (освоения компетенции)	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции			
		Не достигнут (0-49%) Оценка: «Не удовлетворительно»	Достигнут на среднем уровне (50-59%) Оценка: «Удовлетворительно»	Достигнут на уровне выше среднего (60-89%) Оценка: «Хорошо»	Достигнут полностью (90-100%) Оценка: «Отлично»
УК-6 (31)	Знать: - возможные сферы и направления профессиональной самореализации; приемы и технологии целеполагания и целереализации; пути достижения более высоких уровней профессионального и личного развития.	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне
УК-6 (У1)	Уметь: - ставить цели, задачи и применять технологии самоопределения,	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере

	самостоятельно формулировать предметно-научные и методологические проблемы, выдвигать гипотезы для их решения и анализировать их				
УК-6 (В1)	Владеть: - навыками управления и организации самостоятельной деятельности по самосовершенствованию и профессиональному развитию	Не владеет	Владеет основными навыками	Владеет навыками в достаточной мере	Владеет навыками в полной мере
ОПК-1 (31)	Знать: - методологию теоретических и экспериментальных исследований в области электроники	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне
ОПК-1 (У1)	Уметь: - осуществлять выбор адекватных и эффективных методов и экспериментального исследования в области электроники	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере
ОПК-1 (В1)	Владеть: - навыками в использовании методов и средств теоретических и экспериментальных исследований в области электроники	Не владеет	Владеет основными навыками	Владеет навыками в достаточной мере	Владеет навыками в полной мере
ПК-1 (32)	Знать: - проблемы и задачи, связанные с разработкой научных основ, физических и технических принципов создания и совершенствования приборов твердотельной электроники, микро- и нанoeлектроники, радиоэлектронных компонентов, приборов на квантовых эффектах	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне
ПК-1 (У4)	Уметь: - выбирать для достижения целей исследования современные методы технологии, измерений и моделирования	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере
ПК-1 (В4)	Владеть: - способностью к применению перспективных электронных и информационных технологий при разработке электронной компонентной базы	Не владеет	Владеет основными навыками	Владеет навыками в достаточной мере	Владеет навыками в полной мере
ПК-2 (33)	Знать: - методики проведения теоретических и экспериментальных исследований, в том числе	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне

	моделирования, в области твердотельной электроники, микро- и наноэлектроники, радиоэлектронных компонентов, приборов на квантовых эффектах с использованием перспективных методов и технологий				
ПК-2 (У2)	Уметь: - выявлять проблемные места в области современной электронной компонентной базы, формулировать проблемы для исследования; ставить цель и конкретизировать ее на уровне задач; - проводить с использованием современных технологий и методов теоретические и экспериментальные исследования новых процессов и явлений в электронике, позволяющих повысить характеристики электронной компонентной базы; - обоснованно выбирать измерительное и диагностическое оборудование при организации экспериментальных исследований	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере
ПК-2 (У3)					
ПК-2 (У4)					
ПК-2 (В2)	Владеть: - передовыми программными продуктами и новейшими аппаратными средствами проведения теоретических и экспериментальных исследований в области твердотельной электроники, микро- и наноэлектроники, радиоэлектронных компонентов, приборов на квантовых эффектах	Не владеет	Владеет основными навыками	Владеет навыками и в достаточной мере	Владеет навыками и в полной мере
ПК-3 (З3)	Знать: - математические методы обработки результатов исследований	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне
ПК-3 (У2)	Уметь: - разработать комплексное учебно- и научно-методическое обеспечение (методы, технологии, дидактические ресурсы, отчеты, презентации, конспекты лекций, методические указания и т.д.) по теме исследований, в том числе и для реализации образовательных	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере

ПК-3 (У3)	программ высшего образования по направлению «Электроника и наноэлектроника»; - обоснованно выбирать измерительное и диагностическое оборудование при организации экспериментальных исследований.				
ПК-3 (В2)	Владеть: - передовыми программными продуктами и новейшими аппаратными средствами проведения теоретических и экспериментальных исследований в области твердотельной электроники, микро- и наноэлектроники, радиоэлектронных компонентов, приборов на квантовых эффектах.	Не владеет	Владеет основными навыками и	Владеет навыками и в достаточной мере	Владеет навыками и в полной мере
ПК-4 (32)	Знать: - актуальные научные, технические и производственные проблемы в области твердотельной электроники, микро- и наноэлектроники, радиоэлектронных компонентов, приборов на квантовых эффектах;	Не знает	Знает основные понятия	Знает на достаточном уровне	Знает на высоком уровне
ПК-4 (33)	- методы проектирования и технологию изготовления современной электронной компонентной базы;				
ПК-4 (34)	- современные методы и средства моделирования приборов твердотельной электроники, микро- и наноэлектроники, радиоэлектронных компонентов, приборов на квантовых эффектах;				
ПК-4 (35)	- аналитическое и диагностическое оборудование, используемое в научных лабораториях и в условиях реального производства				
ПК-4 (36)	- измерительное оборудование, используемое в научных лабораториях и в условиях реального производства.				
ПК-4 (У1)	Уметь: - определить оптимальную методологию научных исследований и направление проектных работ, направленных на совершенствование существующих перечисленных приборов,	Не умеет	В основном умеет	Умеет в достаточной мере	Умеет в полной мере

ПК-4 (У2)	компонентов, изделий, повышение их функциональных и эксплуатационных характеристик, а также эффективности применения;				
ПК-4 (У3)	- исследовать и моделировать функциональные и эксплуатационные характеристики изделий, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения;				
ПК-4 (У4)	- формировать физические и математические модели приборов, компонентов, изделий электроники, в том числе для систем автоматизированного проектирования;				
	- по результатам исследований физических и технических принципов создания приборов, компонентов, изделий предлагать физические принципы создания новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры;)				
ПК-4 (В2)	Владеть: - современными компьютерными программами по моделированию и проектированию приборов, компонентов, изделий электроники;				
ПК-4 (В3)	- навыками создания физических и математических моделей приборов, компонентов, изделий электроники;				
ПК-4 (В4)	- методами исследования технологических основ создания и совершенствования приборов, компонентов, изделий электроники;				
ПК-4 (В5)	- методами диагностики приборов, компонентов, изделий электроники				
		Не владеет	Владеет основными навыками и	Владеет навыками и в достаточной мере	Владеет навыками и в полной мере

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Трудоемкость модуля «Современные методы диагностики микро- и наноструктур»

В структуре УМ выделены учебные элементы «дисциплины (модуля)» в качестве самостоятельных разделов.

Очная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам
		4 СЕМЕСТР
Трудоемкость «дисциплины » в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	4
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	144	144
- лекции	12	12
- практические занятия (семинары)	10	10
- лабораторные работы		
- аудиторная СРС		
- внеаудиторная СРС	122	122
Аттестация:	Зачет	Зачет
- зачеты*		
- экзамены		

*) - зачеты принимаются в часы контактной (аудиторной) работы.

Заочная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам
		5 СЕМЕСТР
Трудоемкость «дисциплины » в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	4
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	144	144
- лекции	8	8
- практические занятия (семинары)	6	6
- лабораторные работы		
- аудиторная СРС		
- внеаудиторная СРС	130	130
Аттестация:	Зачет	Зачет
- зачеты*		
- экзамены		

*) зачеты принимаются в часы аудиторной СРС.

4.2 Содержание и структура разделов модуля «Современные методы диагностики микро- и наноструктур»

4.2.1 Критерии качества полупроводниковых материалов

Современные полупроводниковые материалы для биполярных и полевых транзисторов, микросхем, СВЧ - приборов, фотодиодных элементов и светоизлучающих приборов. Специальные критерии качества полупроводников – figure of merit (FM):

4.2.2 Основные методы измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов и структур

Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур. Четырехзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау. Эффект Холла. Методы измерения концентрации и подвижности основных носителей заряда в полупроводниках. Вольт-фарадный метод. Измерение распределения концентрации ионизированных примесей в диффузионных, эпитаксиальных и ионно-легированных полупроводниковых слоях.

4.2.3 Методы измерения характеристических параметров неравновесных носителей заряда.

Измерение времени жизни методом модуляции проводимости точечным контактом. Оптические методы исследования. Измерение диффузионной длины и времени жизни методом движущегося светового или электронного зонда. Определение скорости поверхностной рекомбинации и диффузионной длины из анализа спектральной зависимости фотопроводимости. Методы измерения параметров МДП-структур. Методы измерения поверхностного заряда МДП-структур.

4.2.4 Прецизионная профилометрия поверхности и методы измерения геометрических размеров в структурах электроники

Использование оптической микроинтерферометрии для контроля качества поверхности пластин и эпитаксиальных слоев. Методы определения толщины напыляемых металлических пленок. Контроль рельефа поверхности структур электроники методами сканирующей туннельной микроскопии и атомно-силовой микроскопии. Эллипсометрия.

4.2.5 Определение состава твердых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам методами электронной и ионной спектроскопии

Растровая и просвечивающая электронная микроскопия. Основные типы электронных спектрометров. Растровая электронная Оже-спектроскопия. Рентгеноспектральный микроанализ. Механизмы ионного распыления. Масс-спектрометрия. Лазерная масс-спектрометрия. Ядерно-физические методы элементного анализа вещества.

4.2.6 Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.

Определение кристаллографической ориентации монокристаллов и тонких монокристаллических пленок. Рентгено-дифракционные методы оценки совершенства кристаллической структуры твердых тел. Рентгеновский фазовый анализ.

4.2.7 Заключение

Перспективы и основные направления совершенствования методов и средств контроля качества материалов и структур.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте дисциплины (модуля) (приложение Б).

4.3 Организация изучения дисциплины

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины «Микроэлектронные приборы с расширенными эксплуатационными характеристиками» и достижении планируемых результатов обучения для достижения заданного уровня освоения компетенций с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий и электронной информационно-образовательной среды даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения аспирантами модуля «Современные методы диагностики микро- и наноструктур» и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра; рубежный – на девятой неделе семестра; промежуточная аттестация (семестровый контроль) – по окончании изучения УМ. Промежуточная аттестация проходит на 18-й неделе в виде зачета. Зачет проставляется по результатам текущего контроля за соответствующий период. Максимальное количество баллов по модулю – 200.

Оценка качества освоения УМ осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данной дисциплины (модуля), по всем формам контроля.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение В)

7 Материально-техническое обеспечение модуля «Современные методы диагностики микро- и наноструктур»

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходима лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами и специальное оборудование: зондовая станция с системой исследования статических характеристик микроэлектронных приборов, спектральное оптическое оборудование, атомно-силовая микроскопия, электронная микроскопия.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения

Б – Технологическая карта

В - Карта учебно-методического обеспечения

Приложение А (обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Современные методы диагностики микро- и наноструктур»

Учебный модуль «Современные методы диагностики микро- и наноструктур» состоит из взаимосвязанных разделов, включающих лекции и практические занятия, по тематике которых также предусмотрена самостоятельная работа.

В таблице А.1 отражены темы, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студентов и ссылки на дополнительную литературу.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний о критериях качества полупроводниковых материалов, методах и средствах анализа электрофизических свойств полупроводниковых материалов и структур, параметрах неравновесных носителей заряда, прецизионной профилометрии поверхности, методам определения состава и кристаллической структуры твердых тел.

Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается учащимся при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1.

А.2 Методические рекомендации по практическим занятиям

Практические занятия направлены на закрепление материала, изучаемого на лекциях. Тематика занятий включает знакомство учащихся с образцами классической и современной диагностической аппаратуры. Среди них установка по исследованию эффекта Холла, зондовая станция с системой исследования статических характеристик микроэлектронных приборов, спектральное оптическое оборудование, атомно-силовая микроскопия, электронная микроскопия.

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа по УМ предусматривает проработку необходимых разделов конспекта лекций и ознакомление с техническим описанием диагностического оборудования. Самостоятельно изученные теоретические материалы оформляются в виде рефератов и представляются при сдаче зачетов.

Примерные темы рефератов.

- Критерии качества полупроводниковых материалов
- Специальные критерии качества полупроводников – figure of merit (FM): JM, KM, VM, VN, QFI.
- Бесконтактные методы измерения удельного сопротивления.
- Методы контроля удельного сопротивления тонких полупроводниковых слоев.

- Методы измерения основных параметров глубоких центров в полупроводниках.
- Определение параметров диэлектрических пленок МДП-структур.
- Микроинтерферометрия в видимой и инфракрасной областях спектра.
- Рентгенорадио-метрический и нейтронный методы анализа.
- Методы измерения диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда.
- Тепловизионные методы контроля качества полупроводниковых приборов и структур.

Таблица А.1 – Организация изучения учебного модуля «Современные методы диагностики микро- и наноструктур»

Разделы	Технология формы проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература
1.1 Критерии качества полупроводниковых материалов	Информационная лекция	- изучение литературы по теме - подготовка реферата	1 Кларк Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов / пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007.- 371 с. 2 Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. - М.: Техносфера, 2005. – 143 с. 3 Петров А. В. Моделирование процессов и систем : учеб.пособие для вузов / А. В. Петров. - СПб. : Лань, 2015. - 287 с. 4 Терагерцовые системы и технологии (обзор современного состояния / Гареев Г.З. // СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – 2015. – 228 с 5 Неразрушающий контроль и диагностика. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2003. – 656 с.
1.2 Основные методы измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов и структур	- информационная лекция		
1.3 Методы измерения характеристических параметров неравновесных носителей заряда.	- информационная лекция		
1.4 Прецизионная профилометрия поверхности и методы измерения геометрических размеров в структурах электроники	- информационная лекция		
1.5 Определение состава твердых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам методами электронной и ионной спектроскопии	информационная лекция		
1.6 Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.	информационная лекция - защита рефератов		

Приложение Б
(обязательное)

Технологическая карта
учебного модуля «Современные методы диагностики микро- и наноструктур»
семестр 4, ЗЕТ 4, вид аттестации зачет, акад. часов 144, баллов рейтинга 200

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак. час					СРС	Форма текущего контроля успеваемости (в соотв. с паспортом ФОС)	Максимальное количество баллов рейтинга
		Контактная работа (аудиторные занятия)							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
1.1 Критерии качества полупроводниковых материалов	1-2	2				10	Практ. зан.	25	
1.2 Основные методы измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов и структур	3-5	2	2			15	Практ. зан.	25	
1.3 Методы измерения характеристических параметров неравновесных носителей заряда.	6-9	2	2			15	Практ. зан.	25	
1.4 Прецизионная профилометрия поверхности и методы измерения геометрических размеров в структурах электроники	10-13	2	2			15	Практ. зан.	25	
1.5 Определение состава твердых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам методами электронной и ионной спектроскопии	14-15	2	2			15	Практ. зан.	25	
1.6 Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.	16-17	2	2			10	Практ. зан.	25	
Промежуточная аттестация (семестровый контроль)	18					42	Реферат	50	
Итого:	1-18	12	10			122		200	

В соответствии с положениями «О балльно-рейтинговой системе обучения аспирантов и ординаторов по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и ординатуре» и «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» перевод баллов рейтинга в традиционную систему оценок осуществляется по шкале:

- отлично – (90-100) % от 180 до 200 баллов;
- хорошо – (70-89) % от 140 до 179 баллов;
- удовлетворительно – (50-69) % от 100 до 139 баллов;
- неудовлетворительно – менее 50 % , меньше 100 баллов.

Приложение В
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения

Дисциплины (модуля) Современные методы диагностики микро- и наноструктур

Направление 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах

Формы обучения очная

Курс 2 Семестр 4

Часов: всего 144, лекций 12, практ. зан. 10, лаб. раб. _____, СРС и виды индивидуальной работы 122

Таблица В.1- Обеспечение дисциплины (модуля) учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол.стр.)	Кол.экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1 Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Техн. физика" / Под общ.ред.В.И.Ильина,А.Я.Шика;Федер.целевая прогр."Гос.поддержка интеграции высш.образования и фундам.науки на 1997-2000 гг.". - СПб. : Наука, 2001. - 52с. : ил.	10	
2Нанотехнологии : учеб.пособие для вузов /Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина, доп. В. В. Лучинина. - 2-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2006. - 334 с.	2	
3. Гусев А.И.Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И.Гусев. - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2009. – 414 с.	11	
4. Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: учебн. пособие / пер. с англ., под ред. С.Л.Баженова с доп. О.В.Егоровой. - М.: Техносфера, 2006. – 377 с.	2	
Учебно-методические издания		
1 Гаврушко В.В., Гудков С.В., Сапожников А.А. Диагностика материалов и элементов твердотельной электроники./Методические указания. Великий Новгород, НовГУ 2016. – 58 с.	50	Есть в ЭБС
2 .Гаврушко В.В. Физико-химические методы анализа веществ./Методические указания. Великий Новгород, НовГУ 2000. – 70 с.	1	Есть в ЭБС
3 Горелик С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учебн. пособие. – 4-е изд. – М.: МИСиС, 2002. – 357 с	4	

Таблица В.2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Кол. экз. в библиот. НовГУ	Примечание
1.Петров М. Н. Моделирование микроэлектронных компонентов и схем с помощью программы АІМ-SPICE : Электронный ресурс: учеб. пособие / М. Н. Петров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2014. – 72 с. – Режим доступа: WWW.URL: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2185	10	
2. Гаврушко В. В., Сапожников А. А. Пороговые характеристики фотоприемников[электронный ресурс]: учеб. пособие Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2018. – 30 с.		

ТаблицаВ. 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библи. НовГУ	Наличие в ЭБС
1 Кларк Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов / пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007.- 371 с.	1	
2 Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. - М.: Техносфера, 2005. – 143 с.	2	
3 Петров А. В. Моделирование процессов и систем : учеб. пособие для вузов / А. В. Петров. - СПб. : Лань, 2015. - 287 с.	4	

Действительно для учебного года _____ / _____

Зав. кафедрой _____
подпись И.О.Фамилия

_____ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

должность

подпись

расшифровка

Лист внесения изменений к рабочей программе дисциплины

[illegible]