

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»

Физический факультет

---

УТВЕРЖДАЮ:  
декан \_\_\_\_\_ Малышев А.И.  
« 30 » \_\_\_\_\_ августа 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«Нанoeлектроника»**

Уровень подготовки

аспирантура

Направление подготовки

11.06.01 ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Направленность образовательной программы

05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и  
нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Квалификация

Исследователь, преподаватель-исследователь

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2021 год

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Нанoeлектроника» относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору и изучается на 2 году обучения в 4 семестре.

### Целями освоения дисциплины являются:

Целями освоения дисциплины " Нанoeлектроника " являются следующие.

- Изучение физических основ элементов и приборов нанoeлектроники, принципов их построения, механизмов токопереноса, физических и технологических ограничений пределов уменьшения размеров, возможности увеличения частотного предела быстрогодействия.
- Формирование у студентов умений и навыков, необходимых для оптимизации физических процессов и конструкции приборов нанoeлектроники.
- Получение углубленного профессионального образования по физике и идеологии электронной компонентной базы, обеспечивающего возможность быстрого и самостоятельного приобретения новых знаний, необходимых для успешной профессиональной деятельности в области микро- и нанoeлектроники.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, этап формирования)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<b>ОПК-1</b> владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> основные результаты теоретических и экспериментальных исследований в области нанoeлектроники <b>Уметь:</b> применять знания теоретических и экспериментальных исследований в области нанoeлектроники <b>Владеть:</b> методологией теоретических и экспериментальных исследований в области нанoeлектроники
<b>ПК-1</b> Способность понимать, критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в областях твердотельной электроники, радиокомпонентов, микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах	<b>Знать:</b> базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу в области нанoeлектроники. <b>Уметь:</b> критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники. <b>Владеть:</b> Способностью понимать, критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники.

<b>ПК-2</b> Способность осваивать новое технологическое, исследовательское, и контрольно-измерительное оборудование, а также соответствующие методики выращивания и исследования свойств твердотельных материалов и структур на их основе	<b>Знать:</b> основные методики выращивания и исследования свойств твердотельных материалов и структур на их основе <b>Уметь:</b> оценивать новое технологическое, исследовательское, и контрольно-измерительное оборудование <b>Владеть:</b> практическими навыками по применению современных методов исследования в области нанoeлектроники.
--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 73 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов – практические занятия, 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости, 1 час - мероприятия промежуточной аттестации), 35 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

#### Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
		Очное				
1. Введение		2	2			2
2. Параметры быстродействия, усиления, энергии переключения транзисторов		2	2			2
3. Принципиальные физические и технологические ограничения.		4	4			4
4. Гетероструктурные транзисторы		4	4			4
5. Аналоговые транзисторы		4	4			3
6. Транзисторы на		4	4			2

квантовых эффектах						
7. Одноэлектроника		4	4			4
8. Углеродные нанотрубки		4	4			4
9. Спинтроника		4	4			4
10. Электроника на основе эффекта Джозефсона		4	4			4
ВСЕГО		36	36			35
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация - зачет						

### Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1.	Введение	Основные параметры качества и тенденции развития элементов наноэлектроники. Проблемы, связанные с проектированием и моделированием элементов и приборов наноструктур.	Лекции, практические занятия	Зачёт
2.	Параметры быстродействия, усиления, энергии переключения транзисторов	Параметры быстродействия биполярных транзисторов (БТ), усиление на высоких частотах, усиление по мощности, время задержки переключения. Параметры быстродействия полевых транзисторов (ПТ), усиление на высоких частотах, максимальная частота генерации, время задержки переключения. ПТ и БТ как вентили логических схем. Время задержки и энергия переключения.	Лекции, практические занятия	Зачёт
3.	Принципиальные физические и технологические ограничения	Технологические ограничения. Горизонтальные или планарные ограничения. Вертикальные ограничения. Физические ограничения.	Лекции, практические занятия	Зачёт
4.	Гетероструктурные транзисторы	Гетероструктурные ПТ. Селективное легирование. 2D- электронный газ. Реализации ГСЛ-ПТ. Гетероструктурные БТ. Транзисторы на горячих электронах.	Лекции, практические занятия	Зачёт
5.	Аналоговые	Аналоговые транзисторы со	Лекции,	Зачёт

	транзисторы	статической индукцией, проницаемой базой, с металлической базой.	практические занятия	
6.	Транзисторы на квантовых эффектах	Резонансно-туннельные диод и транзистор. Транзисторы с квантовой структурой двойного барьера (ДБКС). ПТ с резонансным туннелированием. Структуры со сверхрешёткой. Эффект Ааронова-Бома. Транзисторы с квантовой интерференцией электронных волн.	Лекции	Зачёт
7.	Одноэлектроника	Физические основы дискретного туннелирования. Реализация одноэлектронных схем. Атомный уровень одноэлектроники.	Лекции, практические занятия	Зачёт
8.	Углеродные нанотрубки	Получение углеродных нанотрубок (УНТ). УНТ как квантовые проволоки, проводимость УНТ. Манипуляции с УНТ в атомно-силовом микроскопе. ПТ на УНТ.	Лекции, практические занятия	Зачёт
9.	Спинтроника	Спиновые инжекция и аккумуляция. Гигантское магнитосопротивление. Спиновый клапан. Спиновый транзистор на горячих электронах.	Лекции, практические занятия	Зачёт
10.	Электроника на основе эффекта Джозефсона	Стационарный и не стационарный эффекты Джозефсона. СКВИД. Электроника на основе переходов Джозефсона. Максимальное быстродействие.	Лекции, практические занятия	Зачёт

#### 4. Образовательные технологии

Занятия по дисциплине проводят в лекционной форме, на практических занятиях а также в форме самостоятельной работы аспирантов. На лекциях и практических занятиях аспиранты знакомятся с представлениями о тенденциях развития элементов и приборов наноэлектроники, физическими идеями, принципами построения, конструкциями, моделями и методами математического описания сверхбыстродействующих гетеропереходных транзисторов, транзисторов с резонансным туннелированием, транзисторами на основе эффектов Штарка и Аронова-Бома, одноэлектронными и спиновыми транзисторами, транзисторами на основе углеродных нанотрубок, элементами на переходах Джозефсона. Во время самостоятельной работы аспиранты приобретают практические навыки проведения анализа и систематизации информации, связанной с исследованием наноэлектронных приборов, строить физико-математические модели наноразмерных элементов.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся \_

Самостоятельная работа аспирантов выполняется в следующих видах: в читальном зале библиотеки, в учебных лабораториях, компьютерных классах и в домашних условиях, с доступом к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных, к ресурсам Интернет.

Самостоятельная работа аспирантов обеспечивается учебно-методическими пособиями, учебной и научной литературой.

*Осуществляется подготовка к зачёту по вопросам*

1. Основные параметры качества и тенденции развития элементов наноэлектроники.
2. Какие максимальные частоты переключения достижимы в гомоструктурных полевых, биполярных транзисторах? Насколько эффективным является переход к наноразмерным масштабам структур?
3. Основные принципиальные физические и технологические ограничения размеров гомоструктурных транзисторов.
4. Какие полезные новые качества появляются в гетероструктурном варианте транзисторов. Почему при этом можно дальше продвинуться в нанометровый масштаб размеров элементов и увеличить быстродействие.
5. Какие полезные качества двумерного электронного газа электронов можно использовать в приборах наноэлектроники?
6. Что означает горячие электроны, как они возникают и позволяют увеличить быстродействие БТ?
7. Прокомментируйте сходство аналоговых транзисторов с вакуумным триодом и возможность в твердотельном варианте достигнуть большего быстродействия.
8. Какие полезные качества квантовой структуры с двойным барьером лежат в основе резонансно-туннельных структур?
9. При каких условиях возможна квантовая интерференция электронных волн в эффекте Ааронова-Бома, как ею можно управлять?
10. При каких условиях проявляется кулоновская блокада туннелирования, что ограничивает скорость дискретного туннелирования?
11. Какие качества углеродных нанотрубок позволяют считать их перспективными структурами для создания ПТ на их основе?
12. Зачем нужен слой антиферромагнетика в спиновом клапане?
13. Какое полезное дополнительное качество даёт спиновая поляризация в транзисторе на горячих электронах?
14. Чем определяется максимальное быстродействие приборов на эффекте Джозефсона?

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**  
включающий:

**6.1.** *Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования.*

Описание показателей и критериев оценивания компетенций приведены в приложении 1.

**6.2.** *Описание шкал оценивания*

«Зачтено» – владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, наличие хотя бы фрагментарных знаний по

каждому из основных вопросов, способность критически анализировать и сравнивать получаемые научные результаты. Приняты все отчёты.

«Незачтено» – отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией. Хотя бы один из отчётов не принят.

**6.3.** Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

*Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:*

*- индивидуальное собеседование,*

*Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:*

*- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.*

*По сложности ПКЗ разделяются на простые и комплексные задания.*

*Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия. К ним можно отнести: простые ситуационные задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий. Простые задания применяются для оценки умений. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуациях. Это задания в открытой форме, требующие поэтапного решения и развернутого ответа, в т.ч. задания на индивидуальное или коллективное выполнение проектов, на выполнение практических действий или лабораторных работ. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.*

*Типы практических контрольных заданий:*

*- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания.*

**6.4.** Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций.

Типовые контрольные задания включают в себя 2 вопроса из списка контрольных вопросов выше в п.5.

**6.5.** Методические материалы, определяющие процедуры оценивания приведены в фонде оценочных средств.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Пожела Ю. К. Физика быстродействующих транзисторов. Вильнюс, Мокслас, 1989, 264с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/catalog.php?Index=0&IdField=135585316&DB=1>  
[http://www.studmed.ru/pozhela-yu-yucene-v-fizika-sverhbystrodeystvuyuschih-tranzistorov\\_c4118a4028f.html](http://www.studmed.ru/pozhela-yu-yucene-v-fizika-sverhbystrodeystvuyuschih-tranzistorov_c4118a4028f.html)  
<http://www.twirpx.com/file/125487/>  
[http://phys.unn.ru/library\\_dl.asp?fn=Pozela.djvu](http://phys.unn.ru/library_dl.asp?fn=Pozela.djvu)

2. Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы нанoeлектроники, Новосибирск, Изд. НГТУ, 2000, 332 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/catalog.php?Index=0&IdField=135533257&DB=1>  
<https://biblio-online.ru/viewer/72F450AA-7472-41DF-89F3-06FC66EFB254#page/1>  
<https://biblio-online.ru/viewer/0491672E-6A76-4D5A-853E-15CAA2DC1631#page/1>  
[http://phys.unn.ru/library\\_dl.asp?fn=Dragunov.pdf](http://phys.unn.ru/library_dl.asp?fn=Dragunov.pdf)
3. Демиховский В. Я., Вугальтер Г. А., Физика квантовых низкоразмерных структур, М., Логос, 2000, 248 с.
4. Золотухин И. В., Калинин Ю. Е., Стогней О. В., Новые направления физического материаловедения, Воронеж, Изд. ВГУ, 2000, 286 с.
5. Щука А. А. Нанoeлектроника. М., Физматкнига, 2007, 464 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/catalog.php?Index=0&IdField=135625395&DB=1>  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996310555.html>  
<https://biblio-online.ru/viewer/C8153254-ABAC-446C-A57B-5DF248ED0164#page/1>  
<https://e.lanbook.com/book/84102#authors>  
[http://phys.unn.ru/library\\_dl.asp?fn=Shuka.pdf](http://phys.unn.ru/library_dl.asp?fn=Shuka.pdf)

б) дополнительная литература:

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов, М., Мир, 1984, т.1,2.  
<http://www.lib.unn.ru/php/catalog.php?Index=0&IdField=135407373&DB=1>  
[http://phys.unn.ru/library\\_dl.asp?fn=Sze\\_2.djvu](http://phys.unn.ru/library_dl.asp?fn=Sze_2.djvu)  
<http://www.ph4s.ru/books/poluprov/zi-fizikapolupr.rar>
2. Гуляев Ю. В., Сандомирский В. Б., Суханов А. А., Ткач Ю. А., Тенденции развития микроэлектроники, УФН, т.144, в.3, с.475-495, 1984.
3. Кульбачинский В. А. Структуры малой размерности в полупроводниках, М., Изд. МГУ, 1998.
4. Елецкий А. В. Углеродные нанотрубки, УФН, т.167, в.9, 1997.
5. Демидов Е. С., Аттосекундная высокотемпературная одноэлектроника на атомах переходных элементов, Письма в ЖЭТФ, Т.71, В.9, С.513-518, 2000.
6. Дудкин В. И., Пахомов Л. Н., Квантовая электроника. Приборы и их применение: Учеб. Пособие, М., Техносфера, 2006., 423с.
7. Ю. А. Данилов, Е. С. Демидов, Ю. Н. Дроздов и др./Свойства слоёв GaSb:Mn, полученных осаждением из лазерной плазмы //ФТП **39**, 8 (2005).
8. Yu. A. Danilov, E. S. Demidov, Yu. N. Drozdov et al., J. Magn. Magn. Mater. **300**, e24 (2006).
9. Е. С. Демидов, Ю. А. Данилов, В. В. Подольский, В. П. Лесников, М. В. Сапожников, А. И. Сучков/ Ферромагнетизм в эпитаксиальных слоях германия и кремния, пересыщенных примесями марганца и железа// Письма в ЖЭТФ, 2006, Т. 75, В. 11, С. 673-675.
10. Неволин В.К. Физические основы туннельно-зондовой нанотехнологии // Электронная промышленность. – 1993, № 10, с. 8.



в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы :

1. Пакет компьютерных аналитических и графических вычислений для персонального компьютера. Допускается применение сред Wolfram Mathematica или любых иных компьютерных ресурсов аналогичного назначения.
2. Интернет-ресурс справочной и математической литературы со свободным доступом [www.eqworld.ipmnet.ru](http://www.eqworld.ipmnet.ru)

<http://www.lib.unn.ru/> - Фундаментальная библиотека ННГУ

<http://studentlibrary.ru> - Студенческая электронная библиотека

<https://biblio-online.ru/> - Электронная библиотека Юрайт

<https://e.lanbook.com/> - Электронно-библиотечная система изд. «Лань»

<http://biblioclub.ru> – Университетская библиотека ONLINE

<http://phys.unn.ru/library.asp> - Электронная библиотека ФзФ ННГУ

<http://www.studmed.ru> - Учебно-методическая литература для студентов

<http://www.twirpx.com> - Общедоступный сайт [www.twirpx.com](http://www.twirpx.com)

<http://www.rfbr.ru> – Библиотека РФФИ

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование – комплекс учебного оборудования фирмы Natinal Instruments;
- лицензионное программное обеспечение фирмы Natinal Instruments.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.06.01 ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор

профессор кафедры физики полупроводников, электроники  
и наноэлектроники, д.ф.-м.н. профессор

\_\_\_\_\_ Е.С. Демидов

Рецензент:

заведующий кафедрой теоретической физики,  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ В. А. Бурдов

Программа рекомендована на заседании кафедры физики полупроводников, электроники и наноэлектроники от \_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от \_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

**ОПК-1** владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знать:</b> основные результаты теоретических и экспериментальных исследований в области nano электроники	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание основных результатов теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники.	В целом успешное знание основных результатов теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных результатов теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники.	Успешное и систематическое знание основных и дополнительных результатов теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники.
<b>Уметь:</b> применять знания теоретических и экспериментальных исследований в области nano электроники	Отсутствие умений	Частично освоенное умение применять знания теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение применять знания теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники	Сформированное умение применять знания теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники
<b>Владеть:</b> методологией теоретических и экспериментальных исследований в области nano электроники	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методологии теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники	В целом успешное, но не систематическое применение методологии теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методологии теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники.	Успешное и систематическое применение методологии теоретических и экспериментальных исследований в области наноэлектроники

**ПК-1** Способность понимать, критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в областях твердотельной электроники, радиокомпонентов, микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знать:</b> базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу в области нанoeлектроники.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание базовой информации, современной научной, технической и патентной литературы в области нанoeлектроники	В целом успешное знание базовой информации, современной научной, технической и патентной литературы в области нанoeлектроники	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание базовой информации, современной научной, технической и патентной литературы в области нанoeлектроники	Успешное и систематическое знание базовой информации, современной научной, технической и патентной литературы в области нанoeлектроники
<b>Уметь:</b> критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники.	Отсутствие умений	Частично освоенное умение критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники	В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники	Сформированное умение критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники
<b>Владеть:</b> Способностью понимать, критически оценивать, анализировать, применять базовую информацию, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение базовой информации, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники.	В целом успешное, но не систематическое применение базовой информации, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение базовой информации, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники.	Успешное и систематическое применение базовой информации, современную научную, техническую и патентную литературу и пополнять научные знания в области нанoeлектроники.

**ПК-2** Способность осваивать новое технологическое, исследовательское, и контрольно-измерительное оборудование, а также соответствующие методики выращивания и исследования свойств твердотельных материалов и структур на их основе

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5

<b>Знать:</b> основные методики выращивания и исследования свойств твердых материалов и структур на их основе	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание основных методик выращивания и исследования свойств твердых материалов и структур на их основе	В целом успешное знание основных методик выращивания и исследования свойств твердых материалов и структур на их основе	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных методик выращивания и исследования свойств твердых материалов и структур на их основе	Успешное и систематическое знание основных методик выращивания и исследования свойств твердых материалов и структур на их основе
<b>Уметь:</b> оценивать новое технологическое, и контрольно-измерительное оборудование	Отсутствие умений	Частично освоенное умение оценивать новое технологическое, и контрольно-измерительное оборудование	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение оценивать новое технологическое, и контрольно-измерительное оборудование	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение оценивать новое технологическое, и контрольно-измерительное оборудование	Сформированное умение оценивать новое технологическое, и контрольно-измерительное оборудование
<b>Владеть:</b> практическими навыками по применению современных методов исследования в области нанoeлектроники.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение современных методов исследования в области нанoeлектроники.	В целом успешное, но не систематическое применение современных методов исследования в области нанoeлектроники	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение современных методов исследования в области нанoeлектроники	Успешное и систематическое применение современных методов исследования в области нанoeлектроники