

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Казанский национальный исследовательский технический университет**  
**им. А.Н. Туполева-КАИ»**

Институт (факультет) **Физико-математический факультет**  
Кафедра **Технической физики**

## **АННОТАЦИЯ**

к рабочей программе

**«Специальные вопросы технологии микро- и нанoeлектроники»**

Индекс по учебному плану: **Б1.В.05**

Направление подготовки: **16.04.01 «Техническая физика»**

Квалификация: **магистр**

Магистерская программа: **Физика нанотехнологий и наноразмерных структур**

Вид(ы) профессиональной деятельности: **научно-исследовательская,**  
**производственно-технологическая**

Разработчик: доцент кафедры ТФ Р.К.Галимова

Казань 2017 г.

# **РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

## **1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)**

*Целью* изучения дисциплины является формирование у будущих магистров знаний о сущности и особенностях основных технологических методов, о процессах изготовления тех или иных микросхем и дискретных приборов. Уделяется внимание месту любого процесса в технологии микро- и нанoeлектроники, принципиальным вопросам производства, а не частным технологическим рецептам и режимам.

## **1.2 Задачи дисциплины (модуля)**

*Задачи* дисциплины:

– изучение основ технологии производства элементов, на базе которых создается современная микроминиатюрная радиоэлектронная и вычислительная аппаратура; перспектив развития микро- и нанотехнологии и определение физических ограничений, накладываемых на дальнейшее уменьшение геометрических размеров микросхем; закономерностей, лежащих в основе конкретных операций.

– получение навыков перехода от общего к частному в будущей профессиональной деятельности, прогноза направления протекания технологического процесса и свойств конечных продуктов.

– изучение основных тенденций, возможностей, физических основ и перспектив развития современной технологии микро- и нанoeлектроники, областей применения новых материалов и технологических процессов в микротехнологии, сведений об эксплуатации и сервисном обслуживании технологического оборудования; дисциплины:

– изучение основ технологии производства элементов, на базе которых создается современная микроминиатюрная радиоэлектронная и вычислительная аппаратура; перспектив развития микро- и нанотехнологии и определение физических ограничений, накладываемых на дальнейшее уменьшение геометрических размеров микросхем; закономерностей, лежащих в основе конкретных операций.

## **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Специальные вопросы технологии микро- и нанoeлектроники» является одной из дисциплин вариативной части блока Б1.

Для изучения предмета необходимо иметь знания по математике, химии, физике.

Материал необходим для получения знаний и формирования навыков для прохождения всех видов практик, научно-исследовательской работы, при подготовке к выпускной квалификационной работе, к итоговой государственной аттестации.

#### 1.4 Перечень компетенций, которые должны быть реализованы в ходе освоения дисциплины

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	Уровни освоения составляющих компетенций		
	Пороговый	Продвинутый	Превосходный
<b>ОПК-2:</b> способность демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук			
<b>Знание</b> о необходимости применения теоретических и практических основ фундаментальных и прикладных наук в профессиональной деятельности (ОПК-2.3)	Знать теоретические и практические основы фундаментальных и прикладных наук	Знать о необходимости применения теоретических и практических основ фундаментальных и прикладных наук в процессе обучения	Знать о необходимости применения теоретических и практических основ фундаментальных и прикладных наук в профессиональной деятельности
<b>Умение</b> демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук в профессиональной деятельности (ОПК-2.У)	Уметь демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук	Уметь демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук в процессе обучения	Уметь демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук в профессиональной деятельности
<b>Владение</b> способностью к демонстрации и использованию углубленных теоретических и практических знаний фундаментальных и прикладных наук в профессиональной деятельности (ОПК-2.В)	Владеть способностью к демонстрации и использованию углубленных теоретических и практических знаний фундаментальных и прикладных наук	Владеть способностью к демонстрации и использованию углубленных теоретических и практических знаний фундаментальных и прикладных наук в процессе обучения	Владеть способностью к демонстрации и использованию углубленных теоретических и практических знаний фундаментальных и прикладных наук в профессиональной деятельности
<b>ОПК-5:</b> способность осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к профессиональному росту			

<p><b>Знание</b> о необходимости осуществления научного поиска и разработки новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач и готовности к профессиональному росту (ОПК-5.3)</p>	<p>Знать о необходимости осуществления научного поиска и разработки новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, о готовности к профессиональному росту</p>	<p>Знать о необходимости осуществления научного поиска и разработки новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач и готовности к совершенствованию профессиональных навыков в процессе обучения</p>	<p>Знать о необходимости осуществления научного поиска и разработки новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач и готовности к профессиональному росту</p>
<p><b>Умение</b> осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, быть готовым к профессиональному росту (ОПК-5.У)</p>	<p>Уметь осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, быть готовым к профессиональному росту</p>	<p>Уметь осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, быть готовым к совершенствованию профессиональных навыков в процессе обучения</p>	<p>Уметь осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, быть готовым к профессиональному росту</p>
<p><b>Владение</b> способностью к осуществлению научного поиска и разработке новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовностью к профессиональному росту (ОПК-5.В)</p>	<p>Владеть способностью к осуществлению научного поиска и разработке новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовностью к профессиональному росту</p>	<p>Владеть способностью к осуществлению научного поиска и разработке новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовностью к совершенствованию в процессе обучения</p>	<p>Владеть способностью к осуществлению научного поиска и разработке новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовностью к профессиональному росту</p>
<p><b>ПК-6:</b> способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств</p>			

<p><b>Знание</b> о необходимости развития способностей к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств в профессиональной деятельности (ПК-6.З)</p>	<p>Знать о необходимости развития способностей к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств</p>	<p>Знать о необходимости развития способностей к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств в процессе обучения</p>	<p>Знать о необходимости развития способностей к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств в профессиональной деятельности</p>
<p><b>Умение</b> применять способности к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств в профессиональной деятельности (ПК-6.У)</p>	<p>Уметь применять способности к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств</p>	<p>Уметь применять способности к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств в процессе обучения</p>	<p>Уметь применять способности к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств в профессиональной деятельности</p>

<p><b>Владение</b> способностью к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств в профессиональной деятельности (ПК-6.В)</p>	<p>Владеть способностью к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств</p>	<p>Владеть способностью к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств в процессе обучения</p>	<p>Владеть способностью к самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств в профессиональной деятельности</p>
<p><b>ПК-8:</b> способность представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций</p>			
<p><b>Знание</b> о необходимости представления результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций в профессиональной деятельности (ПК-8.3)</p>	<p>Знать о необходимости представления результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций</p>	<p>Знать о необходимости представления результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций в процессе обучения</p>	<p>Знать о необходимости представления результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций в профессиональной деятельности</p>
<p><b>Умение</b> представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций в профессиональной деятельности (ПК-8.У)</p>	<p>Уметь представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций</p>	<p>Уметь представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций в процессе обучения</p>	<p>Уметь представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций в профессиональной деятельности</p>
<p><b>Владение</b> способностью представления результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций в профессиональной деятельности (ПК-8.В)</p>	<p>Владеть способностью представления результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций</p>	<p>Владеть способностью представления результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций в процессе обучения</p>	<p>Владеть способностью представления результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций в профессиональной деятельности</p>

## РАЗДЕЛ 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

### 2.1 Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость и применяемые образовательные технологии

Распределение фонда времени по видам занятий

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах/ /интерактивные часы)				Коды составляющих компетенций	Формы текущего /промежуточного контроля успеваемости из фонда оценочных средств (ФОС)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
<u>Раздел 1.</u>							ФОС ТК-1
Тема 1.1. Микросистемная техника, микротехнологии	3	2		-	1	ОПК-2.У, ОПК-5.У, ОПК-5.В	Письменный опрос
Тема 1.2. Квантовые эффекты, лежащие в основе информационного функционирования наноразмерных элементов	3	2		-	1	ОПК-2.3, ОПК-5.3	Письменный опрос
Тема 1.3. Некоторые возможности технологии микро- и наноэлектроники	3	2		-	1	ПК-8.У	Письменный опрос
Тема 1.4. Временная стабильность интегральной схемы	3	2		-	1	ОПК-2.3, ОПК-2.У, ОПК-2.В, ОПК-5.3	Письменный опрос
Тема 1.5. Классификация физико-химических процессов технологии микроэлектроники по характеру протекания	10	4		-	6	ОПК-2.У, ОПК-2.В, ОПК-5.3, ОПК-5.У	Письменный опрос
<u>Раздел 2.</u>							ФОС ТК-2
Тема 2.1. Процессы нанесения вещества на поверхность твердой фазы	11	4		6	1	ПК-6.3, ПК-8.У, ПК-8.В	Отчет по практической работе

Тема 2.2. Процессы удаления вещества с поверхности твердой фазы	14	2		6	6	ПК-6.3, ПК-6.У, ПК-6.В	Отчет по практической работе
Тема 2.3. Литографические процессы	9	2		6	1	ПК-8.3, ПК-8.У, ПК-8.В	Отчет по практической работе
Тема 2.4. Модифицирование структуры с изменением свойств твердой фазы	3	2		-	1	ОПК-2.У, ОПК-2.В, ОПК-5.3, ОПК-5.У	Устный опрос
Тема 2.5. Легирование полупроводников	9	2		6	1	ПК-6.3, ПК-6.У, ПК-6.В, ПК-8.3	Отчет по практической работе
<b>Раздел 3.</b>							<b>ФОС ТК-3</b>
Тема 3.1. Взаимодействие физики и технологии	6	2			4	ОПК-5.В, ПК-6.У	Письменный опрос
Тема 3.2. Технологии новых материалов и конструкций	14	4		6	4	ПК-6.У, ПК-6.В	Отчет по практической работе
Тема 3.3. Эксплуатация и сервисное обслуживание технологического оборудования	20	6		6	8	ПК-8.3, ПК-8.У, ПК-8.В	Устный опрос
Экзамен	36				36		ФОС ПА
ИТОГО за семестр:	144	36		36	72		

## РАЗДЕЛ 3 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 3.1 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

#### 3.1.1 Основная литература

1. Раскин, А.А. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники: в 2 частях. Ч. 1. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.А. Раскин, В.К. Прокофьева. — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 167 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66213>

2. Роцин, В.М. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники: в 2 частях. Ч. 2. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Роцин, М.В. Силибин. — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 183 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66214>

3. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики. [Электронный ресурс] / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 448 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/67462>



### **3.1.2 Дополнительная литература**

4. Р. К. Галимова, Р. М. Хазиев. Специальные вопросы микротехнологии. Технология микро- и нанoeлектроники : учеб. пособие / Р.К. Галимова, Р.М. Хазиев ; Мин-во образ-я и науки РФ; КГТУ им. А.Н. Туполева. - Казань : Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2005. - 222 с.

5. Игнатов, А.Н. Микросхемотехника и нанoeлектроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 528 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2035>

6. Смирнов, Ю.А. Основы нано- и функциональной электроники. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 320 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5855>

## **3.2 Информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **3.2.1 Основное информационное обеспечение**

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

1. Галимова Р.К. Специальные вопросы технологии микро- и нанoeлектроники [Электронный ресурс]: курс дистанционного обучения по направлению 16.04.01 «Техническая физика», направление подготовки магистров " Техническая физика " ФГОС3+/ КНИТУ-КАИ, Казань, 2015. – Доступ по логину и паролю. URL: [https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content\\_id=114821\\_1&course\\_id=10395\\_1](https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=114821_1&course_id=10395_1)

## **3.3 Кадровое обеспечение**

### **3.3.1 Базовое образование**

Реализация дисциплины «Специальные вопросы технологии микро- и нанoeлектроники» должна обеспечиваться научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое физико-математическое образование или базовое техническое образование, а также систематически занимающимися научной и научно-методической деятельностью.

Преподаватели, читающие лекции по дисциплине «Специальные вопросы технологии микро- и нанoeлектроники», должны иметь ученую степень кандидата или доктора технических или физико-математических наук (в том числе степень, присваиваемую за рубежом, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности). Преподаватели, ведущие лабораторные и практические занятия, должны иметь соответствующее базовое образование.

## Лист регистрации изменений и дополнений

№ п/п	№ страницы внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	Ф.И.О., подпись	«Согласовано» аведующий кафедрой, ведущей дисциплину
1	2	3	4	6	
1	1	01.02.2019	Изменение наименования учредителя университета. В соответствии с утверждением устава федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский университет им. А.Н. Туполева-КАИ» в новой редакции (Приказ № 1042 от 26.11.2018) наименование «Министерство образования и науки Российской Федерации» читать как «Министерство науки и высшего образования Российской Федерации»		
2					