

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

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 7 от 28.06.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Технология создания солнечных элементов

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника

---

Направленность образовательной программы

Новые полупроводниковые технологии

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ФТД.02 Технология создания солнечных элементов является факультативом в образовательной программе.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники	<p>ПК-3.1: Знает фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники</p> <p>ПК-3.2: Умеет проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства изделий электроники и наноэлектроники</p> <p>ПК-3.3: Имеет опыт разработки методик экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурированных материалов</p>	<p>ПК-3.1: Знать: фундаментальные основы физических явлений, протекающих в процессе работы солнечного элемента.</p> <p>ПК-3.2: Уметь: проводить экспериментальные исследования характеристик солнечных элементов</p> <p>ПК-3.3: Владеть: методикой проверки функциональных характеристик солнечных элементов</p>	Доклад-презентация	<p>Курсовой проект</p> <p>Зачёт: Контрольные вопросы</p>
ПК-7: Способность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	<p>ПК-7.1: Знает алгоритмы проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием</p> <p>ПК-7.2: Умеет использовать средства автоматизации проектирования</p> <p>ПК-7.3: Имеет навыки выполнения расчета и проектирования</p>	<p>ПК-7.1: Знать алгоритмы проектирования солнечных элементов</p> <p>ПК-7.2: Использует прикладное программное обеспечение при проектировании солнечных элементов</p> <p>ПК-7.3: Владеть:</p>	Доклад-презентация	<p>Курсовой проект</p> <p>Зачёт: Контрольные вопросы</p>

	электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	навыками проектирования и расчёта солнечных элементов		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	72
- КСР	4
<b>самостоятельная работа</b>	<b>68</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b>
	<b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Создание структур для солнечных элементов методами легирования и литографии	35		16	16	19
Создание контактных слоёв для солнечных элементов с учётом топологии	35		16	16	19
Монтаж и эксплуатация солнечных элементов.	70		40	40	30
Аттестация	0				
КСР	4			4	
Итого	144	0	72	76	68

#### Содержание разделов и тем дисциплины

2 семестр

Создание структур для солнечных элементов методами легирования и литографии. Эпитаксия. Ионное легирование. Диффузионное легирование. Напыление плёнок. Фотолитография.

3 семестр

Создание контактных слоёв для солнечных элементов с учётом топологии. Омические контакты.

4 семестр

Монтаж и эксплуатация солнечных элементов. Основные характеристики солнечных элементов. Методы повышения КПД солнечных элементов. Корпусирование и защита солнечных элементов. Методы оценки работы генератора на основе солнечного элемента. Деграция полупроводниковых приборов.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Не предусмотрены

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

Темы докладов.

1. Эпитаксия.
2. Ионное легирование.
3. Диффузионное легирование.
4. Напыление плёнок.
5. Фотолитография.
6. Омические контакты.

**5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-7:**

Темы докладов.

1. Основные характеристики солнечных элементов.
2. Методы повышения КПД солнечных элементов.
3. Корпусирование и защита солнечных элементов.

4. Методы оценки работы генератора на основе солнечного элемента.

5. Деградация полупроводниковых приборов.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями. Исчерпывающее и логически строгое изложение всех разделов дисциплины. Владение материалом позволяет быстро справиться с видеоизмененным заданием.
отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками. Твердое знание всех разделов дисциплины. Допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала.
очень хорошо	Хорошая подготовка с рядом заметных недочетов. Твердое знание основных разделов дисциплины.
хорошо	В целом, хорошая подготовка, но со значительными ошибками. Твердое знание основных разделов дисциплины.
удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям. Знания основного содержания разделов дисциплины, допускаются грубые неточности, неправильные формулировки, нарушения в последовательности изложения материала. Имеющихся знаний достаточно для освоения дисциплин последующих курсов.
неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания. Незнание значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.
плохо	Подготовка совершенно недостаточная. Отсутствуют знания большей части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний совершенно не достаточно для освоения дисциплин последующих курсов.

#### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

##### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

ения компет							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».

	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Представить достоинства и недостатки предмета доклада, перспективы развития в данном направлении.

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-7

Рассказать об особенностях применения выбранного устройства.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Даны ответы на все вопросы по докладу
не зачтено	Много вопросов осталось без ответа, студент не демонстрирует знание предмета

Примерный перечень тем оценочного средства – Курсовой проект:

1. Эпитаксия.
2. Ионное легирование.
3. Диффузионное легирование.
4. Напыление плёнок.
5. Фотолитография.
6. Омические контакты.
7. Основные характеристики солнечных элементов.
8. Методы повышения КПД солнечных элементов.
9. Корпусирование и защита солнечных элементов.
10. Методы оценки работы генератора на основе солнечного элемента.
11. Деграция полупроводниковых приборов.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Курсовой проект)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Блестящий доклад и исчерпывающие ответы на все вопросы.
отлично	Отличный доклад и ответы на вопросы с незначительными неточностями.
очень хорошо	Хороший доклад, с неполным покрытием темы или рассказанный некачественно.
хорошо	В целом хороший доклад с неполным пониманием предмета или неуверенными ответами на вопросы.
удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям.
неудовлетворительно	Доклад не представлен, либо представлен не собственного авторства.
плохо	Подготовка совершенно недостаточная.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Глиberman Анатолий Яковлевич. Кремниевые солнечные батареи. - М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1961. - 72 с. - (Массовая радиобиблиотека ; вып. 396). - 0.15., 1 экз.
2. Шелованова Галина Николаевна. Современные проблемы микро - и нанoeлектроники : Учебное пособие. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2017. - 128 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-7638-3775-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=627938&idb=0>.
3. Чопра Кастури Лал. Тонкопленочные солнечные элементы / пер. с англ. И. П. Гавриловой ; под ред. М. М. Колтуна. - М. : Мир, 1986. - 440 с. : ил. - 4.00., 1 экз.
4. Возобновляемые источники энергии / Алхасов А.Б. - Москва : МЭИ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=655410&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Баранов Николай Николаевич. Нетрадиционные возобновляемые источники и методы преобразования их энергии. - М. : МЭИ, 2011. - 216 с. : ил. - ISBN 978-5-383-00651-1 : 200.00., 1 экз.
2. Фаренбрух Алан Л. Солнечные элементы: теория и эксперимент / пер. с англ. И. П. Гавриловой, А. С. Даревского ; под ред. М. М. Колтуна. - М. : Энергоатомиздат, 1987. - 277, [1] с. : ил. - 3.40., 2 экз.
3. Фистуль Виктор Ильич. Введение в физику полупроводников : [учеб. пособие для вузов по специальности "Полупроводники и диэлектрики" и "Технология спец. материалов электрон. техники"]. 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1984. - 352 с. : ил. - 1.10., 2 экз.



Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не используется

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебно-лабораторный интерактивный комплекс «Схемотехника радиофотоники» для проведения занятий со студентами с использованием современного технологического оборудования, современных условий производства (чистых зон), современных методов измерений характеристик изделий микроэлектроники, предусмотренных программой, оснащенный - чистой зоной (ISO-7) для обеспечения технологического процесса и ознакомления студентов с правилами работы в чистых помещениях; - высокотехнологичным оборудованием:

- фемтосекундный лазер FX200 – для исследования динамических эффектов в элементах оптоэлектроники, развития методической базы и привлечения студентов к современным методам измерений характеристик оптоэлектронных компонент;
- пикосекундный лазер PX110 – для исследования динамических эффектов в элементах оптоэлектроники, элемент технологического цикла оптоэлектроники, разработка новой технологической линейки с использованием методов лазерного отжига, обучение студентов современным технологическим процессам;
- установка микросварки RM-BW – технологический компонент для присоединения контактов к полупроводниковым компонентам, обучение студентов практическим навыкам работы на автоматизированном монтажном оборудовании.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника.

Автор(ы): Дорохин Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Чувильдеев Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.