

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 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

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.06 Технология создания солнечных элементов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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 нанoeлектроники | <p>ПК-3.1: Знает фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы приборов и устройств электроники и нанoeлектроники</p> <p>ПК-3.2: Умеет проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства изделий электроники и нанoeлектроники</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 | Курсовой проект Зачёт: Контрольные вопросы |
| 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 | Курсовой проект Зачёт: Контрольные вопросы |

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

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

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

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 | превосходно | 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 |
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |

| | | |
|-------------------|----------------------------|--|
| | удовлетворительно | 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» |
| не зачтено | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | 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 наноэлектроника.

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

Заведующий кафедрой: Нохрин Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № 6/н.