

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
"ЛЭТИ" (СПбГЭТУ))

Факультет переподготовки и повышения квалификации специалистов

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ООО «Солнечный поток»

_____ Когновицкий С.О.

«__» 2011 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебной работе

_____ Лысенко Н.В.

«__» 2011 г.

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Модуль 2. “Полупроводниковые наногетероструктуры и каскадные солнечные элементы” модульной программы опережающей профессиональной переподготовки, ориентированной на инвестиционные проекты по организации серийного производства нового поколения солнечных электрических установок с использованием нанотехнологий в регионах Российской Федерации

Количество часов – 212 часов

| № п/п | Дисциплина, автор программы дисциплины, раздела | Количество часов |
|----------|---|---------------------|
| | Технология и конструкции каскадных солнечных элементов | 72 |
| | Темы разделов и лекций (20 часов) | |
| | 1.1 Технология эпитаксиального выращивания полупроводниковых наногетероструктур | |
| | 1.1.1 Введение. Физические основы эпитаксиальных процессов | 4 |
| | 1.1.2 Материалы, легирование и механизмы дефектообразования в наногетероструктурах при МОС-гидридной эпитаксии | 4 |
| | 1.1.3 Устройство установок МОС-гидридной эпитаксии | 4 |
| | 1.1.4 Выращивание АЗВ5 гетероструктур методом МОС-гидридной эпитаксии | 6 |
| | 1.1.5 Проблемы фотоэлектрического преобразования в каскадных солнечных элементах и пути их технологического и конструктивного решения | 2 |
| | Темы практических занятий (46 часов) | |
| | Практическое занятие к теме 1.1.1. Ознакомление с эпитаксиальным оборудованием | 2 |
| | Практическое занятие к теме 1.1.1. Расчет параметров эпитаксиального процесса | 4 |
| | Практическое занятие к теме 1.1.2. Ознакомление с размещением и правилами эксплуатации источников МОС и гидридов | 6 |
| | Практическое занятие к теме 1.1.3. Знакомство с газовой схемой МОС-гидридной установки, устройством реактора, программным обеспечением | 1 |

| | |
|---|----|
| Практическое занятие к теме 1.1.3. Расчет параметров эпитаксиальных слоев из in-situ измерений в МОС-гидридном процессе | 1 |
| Практическое занятие к теме 1.1.4. Создание программы для автоматического роста эпитаксиального слоя | 3 |
| Курсовое проектирование ”Составление технической таблицы выращивания гетероструктуры, расчет параметров газовой фазы, составление программы для выращивания гетероструктуры”, защита реферата | 10 |
| Темы лабораторных работ (6 часов) | |
| Подготовка подложек германия к эпитаксиальному процессу | 6 |
| Мастер классы(10 часов) | |
| Эксплуатация специального ростового оборудования-установок газофазной эпитаксии | 1 |
| Проведение in-situ измерений растущих эпитаксиальных слоев | 1 |
| Выращивание наногетероструктур из полупроводников АЗВ5 методом газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений | 3 |
| 1.2 Постростовые технологии наногетероструктурных солнечных фотопреобразователей | |
| Темы лекций (12 часов). | |
| 1.2.1. Введение. Фотолитография субмикронного разрешения | 3 |
| 1.2.2. Основы вакуумного технологического оборудования | 1 |
| 1.2.3. Функции и технологии диэлектрических покрытий | 2 |
| 1.2.4. Технология и электрофизика металлических контактов к наногетероструктурам | 2 |
| 1.2.5. Технологии жидкостного, ионного, плазмохимического травления гетероструктур | 2 |
| 1.2.6. Микромеханическая обработка пластин с наногетероструктурами. Заключение | 2 |
| Темы практических занятий (76 часов) | |
| Практическое занятие к теме 1.2.1-1.2.6 Чистые комнаты | |
| Практическое занятие к теме 1.2.1-1.2.6 Технологический процесс | |
| Практическое занятие к теме 1.2.1-1.2.6 Маршрутная карта | |
| Практическое занятие к теме 1.2.1-1.2.6 Понятие технологического изделия, влияющие факторы и способы повышения. Нормирование трудозатрат и материалов. Нормоконтроль. | |
| Практическое занятие к теме 1.2.1. Фотолитография | |
| Практическое занятие к теме 1.2.3. Просветляющие покрытия | |
| Практическое занятие к теме 1.2.2. Вакуумное оборудование | |
| Практическое занятие к теме 1.2.4. Нанесение диэлектрических покрытий | |
| Практическое занятие к теме 1.2.5. Нанесение металлических контактов | |
| Практическое занятие к теме 1.2.5. Сухое травление | |
| Практическое занятие к теме 1.2.5. Жидкое травление | |
| Практическое занятие к теме 1.2.6. Механическое разделение | |
| Практическое занятие к теме 1.2.2. Очистка отходов | |
| Практическое занятие к теме 1.2.2. Безопасность труда | |
| Мастер классы(10 часов) | |
| Оборудование «чистых» комнат | |

| | |
|--|----|
| Эксплуатация специального постростового технологического оборудования – установок термического напыления, установок магнетронного нанесения, установок плазмохимического травления и нанесения | |
| Технологические режимы и методики формирования металлических омических контактов, режимы жидкостного, ионного, плазмохимического травления полупроводниковых гетероструктур, диэлектрических и металлических слоёв | |
| Эксплуатация специального технологического оборудования участка фотолитографии | |
| Темы лабораторных работ (40 часов) | |
| Нанесение, экспонирование и проявление фоторезиста | 8 |
| Нанесение изолирующих диэлектрических покрытий: просветляющие покрытия | 5 |
| Нанесение изолирующих диэлектрических покрытий: пассивирующие покрытие | 5 |
| Напыление контактных металлических слоев на полупроводнике р- и n-типа. | 6 |
| Травление полупроводниковых структур | 16 |
| Курсовое проектирование "Оформление технологической маршрутной карты в соответствии с ЕСКД и ЕСТД", защита реферата | 12 |

В результате изучения дисциплины “Технология и конструкции каскадных солнечных элементов” слушатели будут обладать следующими компетенциями:

Базовые компетенции (Знания)

- Методы нанесения диэлектрических покрытий.
- Просветляющие покрытия для солнечных элементов.
- Защитные покрытия для солнечных элементов.
- Методы нанесения металлических покрытий.
- Омические контакты к полупроводниковым гетероструктурам.
- Способы травления полупроводниковых структур: жидкостное, ионное, плазмохимическое.
- Фотолитография в технологии солнечных элементов.
- Электронно-лучевая и лазерная обработка структур.
- Способы разделения полупроводниковых пластин на чипы.
- Современное технологическое оборудование для формирования и обработки полупроводниковых гетероструктур.

Специальные компетенции (Знания)

- Технологические регламенты фотолитографии.
- Режимы нанесения диэлектрических покрытий.
- Режимы нанесения металлических покрытий.
- Технология изготовления просветляющих покрытий.
- Технологические режимы формирования металлических омических контактов.
- Режимы жидкостного, ионного, плазмохимического травления гетероструктур.
- Технологические режимы разделения структур на чипы солнечных элементов
- Требования техники безопасности труда при работе с жидкими реактивами, специальными газами и источниками высокого напряжения
- Экологические нормы и способы очистки жидких и газовых отходов

Специальные компетенции (Умения)

- разрабатывать и осуществлять постростовые технологические процессы;
- работать с оборудованием «чистых» комнат;
- разрабатывать технологические регламенты фотолитографии;
- разрабатывать режимы нанесения диэлектрических покрытий;
- разрабатывать режимы нанесения металлических покрытий;
- разрабатывать технологию изготовления просветляющих покрытий;
- определять технологические режимы формирования металлических омических контактов;
- определять режимы жидкостного, ионного, плазмохимического травления гетероструктур;
- разрабатывать технологические режимы разделения структур на чипы солнечных элементов;
- оперативно и грамотно реагировать в случае возникновения нештатных ситуаций таких как, пожар, утечка отравляющих веществ.
- иметь представление об оценке патентоспособности разрабатываемых технологий.

Научный руководитель программы
д.ф.-м.н.
Зав кафедрой ОЭ СПбГЭТУ
д.ф.-м.н.

В.М.Андреев

В.И.Кучинский

Декан факультета повышения
квалификации и подготовки
кадров СПбГЭТУ

В.В. Шнайдер