

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПОЛУПРОВОДНИКОВ, МАТЕРИАЛОВ И ПРИБОРОВ ЭЛЕКТРОННОЙ
ТЕХНИКИ**

Дилноза Ташмухамедова., ТГТУ, *профессор*

Хасан Абдиев., ТГТУ, *докторант*

Ахмаджон Камолов., СамГАСИ, ассистент

Аннотация: В основу данной программы положены следующие вузовские дисциплины: "Кристаллография", "Методы исследования состава и структуры материалов электронной техники", "Физика и химия полупроводников", "Квантовая и оптическая электроника", "Технология материалов электронной техники", "Физико-химические основы технологии микроэлектроники", "Процессы микро- и нанотехнологии", "Физические основы электронной техники", "Основы технологии производства изделий электронной техники", "Оборудование электронной промышленности", "Расчет и конструирование оборудования электронной промышленности", "Моделирование процессов и оборудования электронной промышленности".

Ключевые слова: методы, физика, технология, химия, электронная эмиссия, нанотехнологии, полупроводник.

**TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF
SEMICONDUCTORS, MATERIALS AND ELECTRONIC DEVICES**

Annotation: This program is based on the following university disciplines: "Crystallography", "Methods for studying the composition and structure of materials in electronic engineering", "Physics and chemistry of semiconductors", "Quantum and optical electronics", "Technology of materials for electronic engineering", "Physical and chemical foundations of technology microelectronics", "Processes of micro- and nanotechnology". "Physical foundations of electronic technology", "Fundamentals of technology for the production of electronic products", "Equipment of the electronic industry", "Calculation and design of equipment for the electronic industry", "Modeling of processes and equipment of the electronic industry".

Key words: methods, physics, technology, chemistry, electron emission, nanotechnology, semiconductor.

В основу данной программы положены следующие вузовские дисциплины:
"Кристаллография", "Методы исследования состава и структуры материалов электронной техники", "Физика и химия

полупроводников", "Квантовая и оптическая электроника, "Технология материалов электронной техники", "Физико-химические основы технологии микроэлектроники", "Процессы микро- и нанотехнологии". "Физические основы электронной техники", "Основы технологии производства изделий электронной техники", "Оборудование электронной промышленности", "Расчет и конструирование оборудования электронной промышленности", "Моделирование процессов и оборудования электронной промышленности".

Физика процессов генерации плазмы в газовых разрядах: тлеющем, дуговом, высокочастотном (ВЧ) и сверхвысокочастотном (СВЧ). Разряды во внешнем магнитном поле, движение частиц в плазме. Взаимосвязь между рабочими, технологическими и конструктивными параметрами разрядных систем. Математические модели процессов и устройств, вольт-амперные характеристики разрядов.

Электронная эмиссия. Основы электронной теории твердого тела, термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная, вторично-электронная, фотоэлектронная эмиссия. Электронный поток, его формирование и транспортировка: интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки.

Физические основы приборов электронной техники

Свойства р-п перехода. Кинетические явления в полупроводниках. Электро- и теплопроводность полупроводников. Рассеяние носителей заряда. Эффект Холла. Магнетосопротивление. Диффузия носителей и примесей. Невыпрямляющие контакты. Работа выхода. Эмиссия электронов. Термо -ЭДС. Эффект Пельтье.

Физические основы работы основных типов полупроводниковых приборов: диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, диодов Ганна.

Явления переноса в твердых телах, контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик - полупроводник (МДП), электронно-дырочный переход, изотопные и анизотипные гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы супротивляющим переходом.

Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях; траектория движения частиц в комбинированных полях. Электровакуумные и газоразрядные приборы: приемно-усилительные лампы, приборы СВЧ, фотоумножители, лучевые приборы, электронно- оптические преобразователи, газоразрядные приборы.

Источники излучения. Физические основы работы лазеров. Газовые и твердотельные лазеры. Полупроводниковые светодиоды и лазеры.

Оптические волноводы. Принципы канализирования излучения. Волоконные, планарные и канальные волноводы. Основные компоненты систем оптической связи со спектральным уплотнением.

Методы исследования материалов и элементов электронной техники

Методы измерения электрических параметров полупроводников.

Измерение подвижности, удельного сопротивления, концентрации носителей, доноров и акцепторов. Способы измерения толщины эпитаксиальных слоев. Характеристики однородности электрических свойств слоев на площади и толщине. Методы определения профиля распределения легирующих примесей.

Методы исследования реальной структуры кристаллов, определения фазового состава, прецизионного измерения параметров решетки. Методы изучения объемных дефектов. Оптические методы металлографических исследований. Наблюдение объектов в поляризованном свете. Принципы двухлучевой и многолучевой интерферометрии и их применение. Выявление дислокаций методом травления.

Химические методы анализа: экстракция, хроматография, полярография, потенциометрия. Объемный анализ. Гравиметрия. Спектральный анализ. Атомно-адсорбционный анализ. Люминесцентный метод. Молекулярная спектроскопия. Электронный парамагнитный резонанс, ядерный парамагнитный резонанс. Метод радиоактивных индикаторов, Оже-спектроскопия, рентгено-флуоресцентный анализ, лазерная и вторично-ионная масс-спектроскопия.

Методы определения деформаций в структурах микроэлектроники.

Методы исследованияnanoструктур. Электронная микроскопия. Оптика ближнего поля. ТунNELьная и атомно-силовая микроскопия.

Технология и оборудование производства изделий электронной техники

1.1. Современные тенденции развития технологии СБИС и УБИС.

Нанотехнология. Основные требования технологии к разрабатываемому технологическому оборудованию (ТО), направления развития ТО. Системный подход к выбору оптимальных технических решений методами моделирования и формально эвристического проектирования.

1.2. Особенности проектирования многомодульного (клusterного) оборудования. Системы контроля и управления процессами обработки в

технологическом оборудовании нанесения и травления материалов.

1.3. Проблемы комплексной автоматизации производства на современном уровне. Технико-экономический анализ технологического и производственного процесса. Общие принципы автоматизации оборудования. Автоматические линии в производстве изделий электронной техники (ИЭТ). Методы определения оптимальных параметров линий и комплексов в производстве ИЭТ.

1.4. Методология проектирования технических систем. Основные компоненты и процедурная модель проектирования. Формализация основных процедур проектирования. Оптимальное проектирование технических систем. Методы оптимизации. Поисковые методы математического программирования. Общие методы многокритериальной оптимизации.

1.5. Обеспечение и поддержание в чистых помещениях среды с заданными параметрами. Проблема привносимой дефектности при производстве СБИС. Экологические аспекты субмикронной и нанотехнологии. Модели выхода годных СБИС. Принципы организации чистых производственных помещений.

1.6. Способы формирования электронных потоков различной интенсивности (электронные пушки и прожекторы), транспортировка электронного потока и способы ограничения его поперечных размеров. Системы регулирования параметров пучка. Управление электронными потоками. Электрические и магнитные способы управления плотностью и скоростью электронов. Квазистатические и динамические способы управления. Примеры использования в приборах вакуумной электроники и технологическом оборудовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазов В.М., Павлова Л.М., Химическая термодинамика и фазовые равновесия, М., Химия, 1981 г.
2. Ташмухамедова Д. А., Умирзаков Б. Е., Балтаев Э. У. Формирование наноразмерных силицидных фаз в эпитаксиальных пленках кремния и изучение их физико-химических свойств //Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2003. – №. 8. – С. 101-104..
3. Болтаев Х.Х., Ташмухамедова Д. А., Умирзаков Б. Е. Состав и электронные свойства наноразмерных фаз и нанопленок силицидов металлов, созданных методом ионной имплантации в сочетании с отжигом //Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2014. – №. 4. – С. 24-24.
4. Раскин А.А., Картушина А.А., Баровский Н.В. Технология материалов электронной техники, М., МИЭТ, 1999.
5. Афанасьев В.П., Ганенков Н.А., Пщелко Н.С. Материалы и компоненты функциональной электроники, СПбГЭТУ (ЛЭТИ), Санкт- Петербург, 1999.
6. Абдиев Х., Умаров Б., Тоштемиров Д. Структура и принципы солнечных коллекторов //Наука и современное общество: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2021. – С. 9-13.