

Программа курса «Основы полупроводниковой оптоэлектроники и микроэлектроники»

**Лебедев А.И., профессор, д.ф.м.н., кафедра физики полупроводников и
криоэлектроники**

(10-й семестр, 34 часа, экзамен)

Приборы полупроводниковой оптоэлектроники

Механизмы поглощения электромагнитного излучения в полупроводниках. Фотоприемники, основанные на явлении собственной и примесной фотопроводимости (фоторезисторы). Спектральные характеристики фоторезисторов. Влияние эффектов поверхностной рекомбинации. Быстродействие фоторезисторов. Вольт-ваттовая чувствительность, чувствительность по току. Шумы в фоторезисторах, пороговая чувствительность, обнаружительная способность. Режим ограничения фоном (BLIP-режим) в инфракрасных фотоприемниках. ИК-фотоприемники с заблокированной примесной зоной (BIB), на переходах между уровнями размерного квантования в сверхрешетках (QWIP), на явлении внутренней фотоэмиссии (HIWIP). Принципы расширения области спектральной чувствительности в фотоприемниках для дальней ИК-области. Солнечно-слепые фотоприемники.

Фотовольтаические приемники (фотодиоды). Квантовая эффективность и спектральные характеристики фотодиодов. Лавинные фотодиоды. Шумы и быстродействие лавинных фотодиодов, их связь с конструкцией и характеристиками полупроводника. Фототранзисторы.

Полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии. Принцип действия. Нагрузочные вольт-амперные характеристики. К.п.д. преобразователя и его зависимость от ширины запрещенной зоны полупроводника и температуры. Многокаскадные фотопреобразователи. Перспективные материалы для солнечной энергетики.

Полупроводниковые детекторы ядерных излучений. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-квантов в полупроводниках. Принципы детектирования заряженных частиц (электроны, протоны, α -частицы, тяжелые ионы), рентгеновских и γ -квантов, нейтронов. Поверхностно-барьерный детектор. Дрейфовый детектор, его энергетическое разрешение и быстродействие.

Светодиоды и полупроводниковые лазеры. Излучательная рекомбинация в полупроводниках, механизмы излучательной рекомбинации. Соотношение ван Русбрека–Шокли. Внутренний квантовый выход излучения. Внешний квантовый выход и его связь с конструкцией светодиодов. Современные решения для увеличения внешнего квантового выхода. Инфракрасные светодиоды. Белые светодиоды. Светодиоды на основе органических полупроводников (OLED).

Инжекционные полупроводниковые лазеры. Условие возникновения вынужденного излучения. Пороговый ток. Использование гетероструктур, квантовых ям и квантовых точек для улучшения характеристик полупроводниковых лазеров. Инжекционные лазеры с вертикальным резонатором.

Основы полупроводниковой микроэлектроники

История создания интегральной схемы. Особенности схемотехники интегральных микросхем.

Планарная технология — основа массового производства дискретных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Основные составляющие классической планарной технологии: фотолитография на длине волны 193 нм, технология окисления и локальной диффузии, плазменное травление, ионная имплантация. Фотошаблоны, фоторезисты, фазосдвигающие маски.

Интегральные схемы на биполярных транзисторах. Методы изоляции элементов в интегральных схемах. Логика ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ, интегрально-инжекционная логика.

Применение МОП-транзисторов в интегральных микросхемах. КМОП-структуры. Микросхемы динамических запоминающих устройств. Конструкции полевых транзисторов для энергонезависимых постоянных запоминающих устройств (структура с плавающим затвором, МНОП-структура). Флэш-память.

Решения, используемые в современном промышленном производстве: иммерсионная литография, внеосевое освещение, SADP, SAQP, EUV-литография. Конструкции современных МОП-транзисторов (finFET, GAA, перспективные конструкции, 3D NAND). Понятие минимального топологического размера. Литографические степперы и сканеры.

Основная литература

1. А.И. Лебедев. Физика полупроводниковых приборов. М., Физматлит, 2008, 488 с.
2. М. Шур. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х книгах. М., Мир, 1992.
3. С. Зи. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х книгах. М., Мир, 1984.