

Программа курса

«Физика полупроводниковых приборов»

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

(9-й семестр, 36 часов, экзамен)

Биполярные транзисторы

История открытия, принцип действия и конструкции биполярных транзисторов. Дрейфовые транзисторы.

Коэффициент усиления транзистора по току, его связь с коэффициентом инжекции эмиттера, коэффициентом переноса носителей через базу и эффективностью собирания носителей. Влияние эффекта сужения запрещенной зоны и Оже-рекомбинации на эффективность инжекции. Способы увеличения эффективности инжекции. Влияние генерационно-рекомбинационных токов и модуляции проводимости базы на характеристики транзисторов. Эффект «сжатия» эмиттерного тока. Эффект Эрли. Оптимизация характеристик транзистора путем выбора конструкции, уровня и профиля легирования.

Транзистор при высоком напряжении на коллекторе, условия пробоя в схемах с общей базой и общим эмиттером. Вторичный пробой, его природа. Область безопасной работы.

Высокочастотные свойства и быстродействие транзисторов. Основные причины, приводящие к задержке распространения сигнала. Частота отсечки и максимальная частота генерации. Эффект Кирка. Пути повышения быстродействия транзисторов. Гетеропереходные транзисторы (два типа конструкций), псевдоморфные транзисторы, транзисторы на горячих электронах, транзисторы с металлической базой.

Транзистор как активный элемент цепи переменного тока. Схемы включения транзистора. Описание свойств транзисторов при малом уровне сигнала с помощью h -параметров и пути управления этими параметрами путем модификации конструкции транзистора.

Основные физические механизмы возникновения шумов. Шумы в полупроводниках и полупроводниковых приборах (тепловой, дробовой, генерационно-рекомбинационный, избыточный, поверхностный). Шум-фактор, оптимизация схем на биполярных транзисторах по уровню шума.

Работа биполярного транзистора в импульсном режиме. Особенности работы в режиме насыщения. Экстракция носителей. Схемотехнические решения увеличения быстродействия, применяемые в современных цифровых интегральных схем на биполярных транзисторах (ТТЛ, ТТЛШ, И²Л).

Тиристоры, динисторы и другие приборы с многослойной структурой

Прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики динистора и факторы, ее определяющие. Роль управляющего электрода тиристора. Запираемые тиристоры с конструкциями GTO и GCT. Тиристоры с «закороченным» катодом. Защита тиристоров от электрического пробоя. Времена включения и

выключения тиристоры, их связь с протекающими физическими процессами. Фототиристоры и оптоотиристоры. Симисторы.

Полевые транзисторы

Эффект поля в полупроводниках. МОП-конденсатор, его вольт-фарадные характеристики. Режимы слабой и сильной инверсии, обеднения и обогащения.

Полевые транзисторы с изолированным затвором, их устройство и принцип работы. Вольт-амперная характеристика полевого транзистора с МОП-структурой. Влияние геометрии транзистора на крутизну вольт-амперной характеристики. Проблема выбора диэлектрика для полевых транзисторов. Особенности дрейфа носителей в сильном электрическом поле, скорость насыщения.

Полевые транзисторы с коротким каналом. Быстродействие полевых транзисторов и пути его дальнейшего повышения (эффект всплеска скорости, баллистический перенос, НЕМТ-транзисторы).

Мощные полевые транзисторы, их устройство и принципы работы.

Полевые транзисторы с $p-n$ -переходом и барьером Шоттки, их устройство и принцип работы. Шумы в полевых транзисторах.

Гибридные биполярно-полевые устройства (IGBT, транзисторы со статической индукцией).

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.