

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тейлор П. Расчет и проектирование тиристорov

Перевод с английского под редакцией доктора технических наук Ю. А. ЕВСЕЕВА

МОСКВА

ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ 1990

Обобщены результаты научных и технологических исследований в области дискретных силовых полупроводниковых приборов. Вопросы проектирования увязаны с существующими и перспективными процессами изготовления мощных тиристорov. Рассмотрена работа новых типов приборов: запираемых тиристорov, гибридов полевого транзистора с тиристором, МОП-транзисторов с встроенной областью пространственного заряда.

Для широкого круга специалистов по электронной технике.

Рецензенты: чл.-корр. АН СССР В. Рыжий, доктор физ.-мат. наук, проф. В. И. Стафеев

Переводчики: Ю. А. Евсеев, И. С. Граф, А. И. Петрин

P. TAYLOR. THYRISTOR DESIGN AND REALIZATION John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1987

Тейлор П. **Расчет и проектирование тиристорov**: Пер. с англ. — М. : Энергоатомиздат, 1990.— 208 с: ил.

Содержание книги Расчет и проектирование тиристорov

Предисловие

Список обозначений

Глава I. Основные сведения о тиристоре

1.1. Введение

1.2. Характеристики тиристора

1.2.1 Характеристики по напряжению

1.2.2. Характеристики потоку

1.2.3. Включение и выключение

1.2.4. Тепловые характеристики

1.3. Конструкция тиристора

1.4. Типы тиристорov и их применение

1.4.1. Применение

1.4.2. Типы тиристорov

1.5. Выбор тиристора

1.5.1. Параметры по напряжению

1.5.2. Параметры потоку

Глава 2. Принцип действия тиристора

2.1. Введение

2.2. Тиристор в закрытом состоянии

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- 2.2.1. Обратное закрытое состояние
- 2.2.2. Прямое закрытое состояние
- 2.2.3. Шунтирование катодного эмиттера
- 2.2.4. Поверхностные эффекты
- 2.2.5. Механизмы повреждения
- 2.3. Характеристики включения
 - 2.3.1. Время задержки
 - 2.3.2. Этап нарастания тока
 - 2.3.3. Распространение плазмы
 - 2.3.4. di/dl-стойкость
- 2.4. Открытое состояние
 - 2.4.1. p-i-n - диод
 - 2.4.2. Модели тиристора в открытом состоянии
- 2.5. Выключение

Глава 3. Проектирование тиристорov

- 3.1. Выбор полупроводникового материала
- 3.2. Время жизни неосновных носителей заряда
- 3.3. Конструирование структуры
 - 3.3.1. p-база (P2)
 - 3.3.2. л-база (N1)
 - 3.3.3. p-(P1) ил-эмиттеры (N2)
- 3.4. Эмиттерные шунты
 - 3.4.1. Распределенные катодные эмиттерные шунты
 - 3.4.2. Периферийное шунтирование катодного эмиттера
 - 3.4.3. Распределенные анодные шунты
- 3.5. Конструирование управляющего электрода
 - 3.5.1. Линейный управляющий электрод
 - 3.5.2. Кольцевой управляющий электрод
 - 3.5.3. Управляющий электрод с электрическим полем в эмиттере
 - 3.5.4. Инжектирующий управляющий электрод
 - 3.5.5. Распределенный или разветвленный управляющий электрод
 - 3.5.6. Регенеративный управляющий электрод

Глава 4. Специальные типы тиристорov

- 4.1. Тиристоры с комбинированным выключением (ТКВ)
- 4.2. Тиристор с обратной проводимостью (ТОП)
- 4.3. Запираете тиристоры
 - 4.3.1. Принцип действия запираемого тиристора
 - 4.3.2. Проектирование запираемого тиристора
 - 4.3.3. Конструкции специальных типов запираемых тиристорov
 - 4.3.4. Взаимодействие запираемого тиристора со схемой
- 4.4. Тиристор с обратной проводимостью (ТОП)
- 4.5. Тиристоры, включаемые светом
 - 4.5.1. Прбстые светочувствительные управляющие электроды
 - Ф.5.2. Специальные конструкции управляющих электродов
- 4.6. Управляемый полем тиристор
 - 4.6.1. СИТ в закрытом состоянии

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- 4.6.2. Включение тиристора со статической индукцией
- 4.6.3. Выключение тиристора со статической индукцией
- 4.6.4. Включаемый светом СИТ
- 4.7. Триак
 - 4.7.1. Режимы включения триака
 - 4.7.2. Практические конструкции и коммутирующий эффект dv/dt
- 4.8. Неуправляемый р — п — р — п -переключатель
- 4.9. Гибридные соединения полевых транзисторов и тиристоров
 - 4.9.1. Шунты, управляемые МОП-транзисторами
 - 4.9.2. Тиристор — МОП-транзистор

Глава 5. Производство мощных тиристоров

- 5.1. Производство исходного кремния
 - 5.1.1. Изготовление кремния методом Чохральского
 - 5.1.2. Изготовление кремния методом зонной плавки
 - 5.1.3. Легирование кремния за счет нейтронной ядерной реакции
 - 5.1.4. Изготовление кремниевых пластин
- 5.2. Эпитаксия
- 5.3. Изготовление р — п - переходов
 - 5.3.1. Диффузия галлия и алюминия
 - 5.3.2. Диффузия бора
 - 5.3.3. Диффузия фосфора и мышьяка
 - 5.3.4. Ионная имплантация
 - 5.3.5. Сплавные переходы
- 5.4. Оксидирование
- 5.5. Фотолитография
- 5.6. Регулирование времени жизни неосновных носителей заряда
 - 5.6.1. Предотвращение деградации времени жизни
 - 5.6.2. Улучшение времени жизни
 - 5.6.3. Контролируемое уменьшение времени жизни
- 5.7. Контакты мощных тиристоров
- 5.8. Пассивация поверхности перехода
 - 5.8.1. Стеклообразная фритта
 - 5.8.2. Термические оксиды
 - 5.8.3. Пассивация полуизолирующим поликристаллическим кремнием
 - 5.8.4. Кремнийорганические каучуки, смолы и полиимиды

Глава 6. Тепловое и механическое проектирование

- 6.1. Тепловые свойства
 - 6.2. Проектирование корпусов силовых тиристоров
 - 6.3. Методы охлаждения тиристоров
 - 6.3.1. Воздушное охлаждение
 - 6.3.2. Жидкостное охлаждение
 - 6.3.3. Охлаждение, обусловленное фазовыми переходами
- Список литературы

ПРЕДИСЛОВИЕ

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Разработанный еще в конце 50-х годов мощный тиристор благодаря своим свойствам длительное время соответствует требованиям технического прогресса. Возможности тиристора как переключающего прибора в то время соответствовали номинальной мощности порядка нескольких сотен ватт, а современные тиристоры имеют мощность переключения порядка мегаватта. Затем по мере совершенствования технологии производства монокристаллического кремния появились специальные, так называемые запираемые тиристоры, фототиристоры и сравнительно недавно разработанные управляемые полем тиристоры или тиристоры со статической индукцией.

В книге наряду с вопросами проектирования базового варианта тиристора рассматриваются также особенности проектирования специальных видов тиристоров, начиная от выбора исходного кремния и кончая герметизацией прибора.

В гл. 1 изложены общие представления о тиристоре, позволяющие читателю войти в курс дела. В гл. 2 на основе физических представлений обсуждаются различные режимы работы приборов. Следует отметить, что для понимания принципа действия тиристора требуется определенный уровень знаний основ физики полупроводников.

Глава 3 включает в себя детальный расчет базовой конструкции тиристора, причем излагаются такие этапы проектирования, как выбор кремния, выбор времени жизни неосновных носителей заряда, расчет вертикальной структуры, катодных эмиттерных шунтов и проектирование управляющего электрода тиристора.

В гл. 4 приводятся специальные требования к новейшим типам тиристоров, включая тиристоры с комбинированным выключением, асимметричные, запираемые, с обратной проводимостью и фототиристоры. Главу завершают разделы, посвященные тиристорам управляемым полем, триакам и новым интегральным приборам на основе базовой конструкции тиристора и МОП-транзистора.

В процедуре проектирования мощных тиристоров невозможно отделить расчет монокристаллической структуры от проектирования технологии изготовления. В гл. 5 рассматриваются технологические процессы, используемые при изготовлении тиристоров, такие как диффузия, регулирование времени жизни, металлизация и пассивация переходов. Глава 6 посвящена вопросам теплового и механического проектирования тиристоров.

Материал, представленный в книге, получен на основании не только моего практического опыта проектирования мощных тиристоров, но также и опыта моих коллег. В этом отношении я обязан многим специалистам по фирме Marconi Electronic Devices, которые помогли мне в работе над книгой. Особенно я благодарен Ральфу Кнотту за его дружеские критические замечания к рукописи.

И, наконец, я признателен руководству компании Marconi Electronic Devices Ltd и отделению компании General Electric в Великобритании за разрешение опубликовать эту книгу.

П. Тейлор

[Скачать книгу](#) Тейлор П. **Расчет и проектирование тиристоров**. Москва, Издательство

ЗАВОД НИЗКОВОЛТНОГО И ВЫСОКОВОЛТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Энергоатомиздат, 1990