Дата проведения занятия 12 сентября 2020 г.

Номер пары: 12(13).

Группа: 21А

Тема занятия: Однопереходный и силовые транзисторы.

Срок выполнения задания 17.09.2020

**По запросу преподавателя**, для проверки конспекта, скинуть фото конспекта в социальной сети «В контакте» Орлову А.А. (https://vk.com/id421045327) личным сообщением.

Проверка освоения теоретического материала будет произведена выполнением проверочной работы.

Все вопросы, которые возникнут в процессе работы, можете задавать в социальной сети «В контакте» Орлову А.А. (https://vk.com/id421045327) личным сообщением. Убедительная просьба сообщить в социальной сети «В контакте» Орлову А.А. (<https://vk.com/id421045327>) свою электронную почту, если вы это еще не сделали.

**Задание.**

Используя предложенные справочные материалы (текст после вопросов и заданий) и другие источники информации (учебники, интернет), составить конспект по теме занятия.

Дополнительную информацию по IGBT — транзистору можно найти в учебном пособии: Москатов Е.А. Электронная техника, стр. 84-87, находящемся в электронно-библиотечной системе BOOK.ru

**В конспекте обязательно должны быть выполнены задания и ответы на вопросы**

1. Поясните, то такое однопереходный транзистор? Выполните его условное графическое обозначение. Поясните, в каких состояниях может находиться однопереходный транзистор, где применяется однопереходный транзистор?
2. Поясните, для чего предназначены силовые транзисторы?
3. Поясните, что такое силовой модуль?
4. Поясните, что такое составной транзистор, какие у него особенности?
5. Поясните, что такое IGBT — транзистор, какие у него особенности? Выполните его условное графическое обозначение.
6. Поясните, что такое SIT — транзистор?
7. Поясните, что необходимо учитывать при выборе полупроводникового прибора в качестве основы устройства силовой электроники? Какие характерные особенности у силовых полупроводниковых приборов?

**Однопереходный транзистор**

Однопереходный транзистор (называемый также двухбазовым диодом) является полупроводниковым прибором с одним *рn*-переходом и тремя выводами. Устройство однопереходного транзистора показано на рис. 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Структура однопереходного транзистора. | Характеристика однопереходного транзистора | Условное обозначение однопереходного транзистора |

Основой транзистора является пластинка высокоомного полупроводника n-типа с невыпрямляющими контактами на торцах. На одной боковой поверхности пластинки создан *рn*-переход.

К невыпрямляющим контактам пластинки основания подключено напряжение. Через пластинку протекает ток, создавая вдоль нее падение напряжения. Разность потенциалов в объеме полупроводника на участке между *рn*-переходом и нижним контактом достаточна для запирания *рn*-перехода. Поэтому в исходном состоянии через переход протекает только незначительный обратный ток перехода. Исходному состоянию транзистора соответствует участок *I* его вольт-амперных характеристик.

При подаче на вход положительного напряжения, которое достаточно для компенсации запирающего напряжения, происходит отпирание *рn*-перехода. Начинается инжекция носителей зарядов в основание. Сопротивление пластинки и падение напряжения на участке между переходом и нижним контактом уменьшается. Переход еще больше отпирается. Этот нарастающий процесс приводит к появлению на вольт-амперной характеристике падающего участка *II*.

Однопереходные транзисторы применяются в импульсных схемах дли генерации импульсов. Однако малые скорости переключения ограничивают их применение.

**Силовые (мощные) биполярные транзисторы**

Силовые транзисторы предназначены для управления большими токами (в единицы, десятки ампер и более) и большими напряжениями (в десятки, сотни вольт и больше). Силовые транзисторы были разработаны вскоре после изобретения в 1948 г. биполярных транзисторов. Современные силовые биполярные транзисторы обычно являются кремниевыми.

По принципу действия, характеристикам и параметрам мощные транзисторы, естественно, подобны маломощным, однако имеют определенные особенности. *Силовые модули.* В схемах силовой электроники часто используют типовые узлы (фрагменты), состоящие из некоторого количества (обычно измеряемого единицами) соединенных определенным образом мощных приборов. К примеру, часто используют узел, состоящий из транзистора и диода. Оказалось удобным размещать такие узлы в одном корпусе. Соответствующее устройство принято называть силовым модулем. Использование силовых модулей часто упрощает конструирование и улучшает многие параметры различных устройств силовой электроники.

*Основная схема включения силового транзистора* — схема с общим эмиттером. Для этой схемы, как следует из изложенного выше, и входной (управляющий) ток (ток базы), и входное (управляющее) напряжение (напряжение между базой и эмиттером) достаточно малы. Поэтому сравнительно легко формировать необходимый управляющий сигнал.

*Составной транзистор (схема Дарлингтона).* Часто на одной полупроводниковой пластине формируют структуры двух транзисторов, включенных по схеме Дарлингтона (рис. 2).

Рис.2. Составной транзистор (схема Дарлингтона).

Эти два транзистора в совокупности называют составным транзистором. В общих чертах составной транзистор подобен обычному, но, естественно, имеет и свои отличия.

Легко заметить, что дифференциальный коэффициент передачи базового тока β для составного транзистора определяется равенством:



где *β1, β2* — дифференциальные коэффициенты передачи базового тока соответственно транзисторов Т1, и Т2.

Даже для сравнительно небольших значений коэффициентов β1 и β 2 значение коэффициента β составляет тысячи. Таким образом, для составного транзистора управляющий ток (ток базы) может быть в тысячи раз меньше тока нагрузки (тока коллектора). Это значительно упрощает управление составным транзистором.

По существу в составном транзисторе силовым является только транзистор *Т2,* так как ток его коллектора во много раз больше тока коллектора транзистора *Т1* (отношение этих токов определяется коэффициентом β 2).

Входное напряжение составного транзистора, обеспечивающее его включенное состояние (режим насыщения) больше соответствующего напряжения обычного транзистора, так как равно сумме входных напряжений двух транзисторов. Тем не менее оно остается достаточно малым (не более нескольких вольт).

Напряжение между коллектором и эмиттером в режиме насыщения составного транзистора также превышает соответствующее напряжение обычного транзистора. Причина в том, что по существу в режиме насыщения работает только транзистор *Т1,* а транзистор *Т2* остается в активном режиме.

**IGBT — биполярный транзистор с изолированным затвором**

Рассматриваемый транзистор обычно называют, используя именно аббревиатуру IGBT — от английского Insulated Gate Bipolar Transistor. ***IGBT*** — *гибридный полупроводниковый прибор.* ВIGBT совмещены два способа управления электрическим током, один из которых характерен для полевых транзисторов (управление электрическим полем), а второй — для биполярных (управление инжекцией носителей электричества).

Ранее предпринимались попытки (и довольно успешные) механического объединения структур полевого и биполярного транзистора в одной полупроводниковой пластине. В результате были созданы так называемые комбинированные транзисторы. Но только органическое объединение этих структур, реализованное в IGBT, дало действительно значительный эффект.

***Устройство IGBT.*** Основой при создании IGBT послужил силовой МДП-транзистор. Обычно в IGBT используется структура МДП-транзистора с индуцированным каналом n-типа. Для обозначения электродов IGBT принято использовать термины «эмиттер», «коллектор» и «затвор». В IGBT имеется две биполярные структуры — типа *п-р-п* и типа *р-п-р.* Эквивалентная схема IGBT изображена на рис. 3.

рис. 3. Эквивалентная схема IGBT

Названия выводов IGBT могут представляться несколько непривычными (особенно это относится к коллектору, так как фактически он подключен к эмиттеру транзистора *р-п-р*), тем не менее эти названия общеприняты.

Условное графическое обозначение IGBT (рис. 4).

 рис. 4. Условное обозначение IGBT.

**SIT — транзистор со статической индукцией**

Аббревиатура SIT соответствует английскому названию транзистора — Static Induction Transistor.

По существу SIT — полевой транзистор с управляющим *pn*-переходом. Однако он имеет своеобразное устройство и, вследствие этого, своеобразные характеристики.

Производятся SIT как с каналом *n*-типа, так и с каналом *p*-типа.

Для SIT используются уже рассмотренные условные графические обозначения полевых транзисторов с управляющим переходом.

SIT широко применяется в устройствах силовой электроники. При этом он обычно работает в ключевом режиме.

**Сравнительная характеристика силовых полупроводниковых приборов**

Перечислим управляемые силовые полупроводниковые приборы (дискретные или использующиеся в модулях и силовых интегральных схемах), которые наиболее широко применяются в настоящее время:

* IGBT;
* МДП-транзистор;
* биполярный транзистор;
* SIT.

Выпускаемые промышленностью отдельные конкретные типы всех перечисленных выше транзисторов имеют высокие значения максимально допустимых напряжений (сотни вольт) и максимально допустимых токов (сотни ампер).

Существуют конкретные типы тиристоров, запираемых тиристоров и IGBT, для которых максимально допустимое напряжение существенно больше 1000 В, а максимально допустимый ток существенно больше 1000 А.

Рекордные значения максимально допустимого напряжения и максимально допустимого тока по каждому силовому полупроводниковому прибору постоянно растут.

*Выбор полупроводникового прибора* в качестве основы устройства силовой электроники является ответственным этапом. От этого выбора сильно зависят технико-экономические показатели разрабатываемого устройства.

При выборе прибора часто приходится учитывать большое число факторов. Из технических факторов обычно наиболее важными являются значения:

* коммутируемых токов;
* коммутируемых напряжений;
* выходной мощности разрабатываемого устройства;
* частоты коммутации (переключения).

*Характерные особенности силовых полупроводниковых приборов.* Эти особенности необходимо учитывать при выборе прибора.

МДП-транзистор имеет наилучшие динамические свойства. Он обладает неоспоримыми преимуществами при повышенной (более 100 кГц) частоте коммутации (так как другие приборы практически неспособны работать на такой частоте). Другими характерными преимуществами МДП-транзистора являются высокая теплостойкость и простота формирования сигналов управления.

IGBT обладает хорошими динамическими свойствами (частота коммутации до 100 кГц). Высоковольтный IGBT имеет меньшее напряжение в открытом состоянии в сравнении с соответствующим МДП-транзистором. IGBT обладает высокой теплостойкостью. Для него несложно сформировать управляющие сигналы.

Биполярный транзистор характеризуется малым напряжением в открытом состоянии. Однако его динамические свойства невысоки (частота коммутации до 10 кГц).

SIT в некоторых случаях имеет меньшее напряжение в открытом состоянии в сравнении даже с биполярным транзистором.