

УДК 621.313.13

БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ

Карен Тилеген Абайулы

Карен Tilegen Abaiuly

Студент

Student

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

KNRTU-KAI named after A. N. Tupolev

Казань, Россия

Kazan, Russia

INSULATED-GATE BIPOLAR TRANSISTOR

Аннотация: Биполярный транзистор с изолированным затвором – это транзистор, который представляет смесь биполярного и униполярного транзисторов. Поэтому он перенял их главные преимущества и нашел широкое применение в устройствах с высокой мощностью и высоким напряжением.

Abstract: Insulated-gate bipolar transistor is a cunningly composed hybrid of field-effect and bipolar transistors. At the same time, it has adopted the main advantages of the two main types of transistors and has found wide application in high-power and high-voltage devices.

Ключевые слова: транзистор, гибрид, биполярные, полевые, мощность, электроника.

Key words: transistor, hybrid, bipolar, field, power, electronics.

Транзистор, или полупроводниковый триод – это регулирующее устройство, которое управляет потоком энергии от источника к нагрузке. Существует два главных типа таких регулирующих устройств: биполярные и полевые. Первый тип состоит из трех контактирующих полупроводниковых областей, виды проводимостей которых чередуются. Эмиттер – наиболее легированная область транзистора, то есть в ней наибольшее количество свободных зарядов. База – тонкая и слабо легированная область. Коллектор – это область, которая имеет наибольший объем и имеет хороший тепловой контакт с корпусом.

Рассмотрим принцип работы на биполярном транзисторе п-р-п типа (рис.1). Когда напряжение база-эмиттер достаточно чтобы открыть первый р-п переход, электроны из эмиттера переходят в базу. Данный процесс называется инжекцией зарядов. Затем происходит диффузия электронов от первого перехода ко второму. Далее, под действием напряжения коллектор-база и напряжения создаваемым вторым р-п переходом электроны, движутся в коллектор.

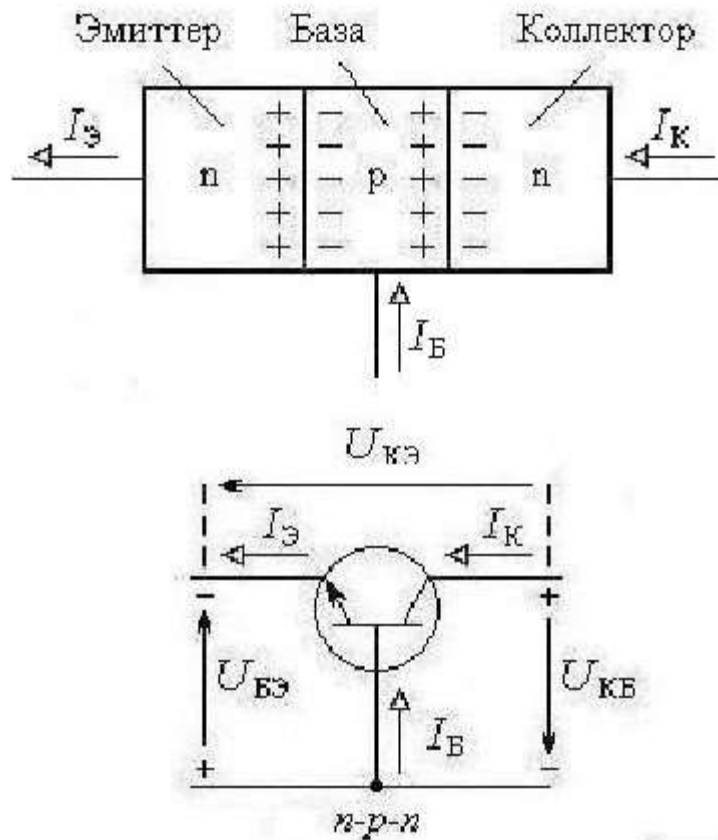


Рис. 1. Строение и обозначение биполярного транзистора n-p-n типа

Таким образом, относительно малым током со стороны базы можно управлять довольно значительным током со стороны коллектора.

Второй вид – полевые (униполярные) транзисторы. Они бывают с управляющим p-n переходом и с МОП структурой. Оба вида униполярного устройства бывают с каналами p и n типов. Затвор, исток и сток – части униполярного транзистора. Они образуют некую аналогию с базой, эмиттером и коллектором соответственно. Однако принцип действия полевых транзисторов довольно отличается в зависимости от внутреннего устройства.

Рассмотрим строение униполярного транзистора МОП структуры с индуцируемым каналом n типа (рис.2). P-область слабо легирована, а n-области легированы значительно. Сверху, между двумя областями n проводимостей, нанесен тонкий слой диэлектрика (окись кремния). На слой диэлектрика нанесен тонкий слой металла. Отсюда и название - аббревиатура МОП означает металл-окись-полупроводник, также такие транзисторы могут встречаться под названием МДП – металл-диэлектрик-проводник. В отличие от биполярных транзисторов, полевые транзисторы МОП структуры имеют 4-ый вывод – подложку, она служит для обеднения или обогащения (это зависит от разности потенциалов между затвором и истоком) канала заряженными частицами.

Когда подается положительная разность потенциалов между затвором и истоком, которая больше некоторого порогового значения, произойдет выход электронов из подложки к металлической пластине, тем самым увеличивается концентрация носителей между двумя областями n проводимости, и создается канал, по которому пойдет ток.

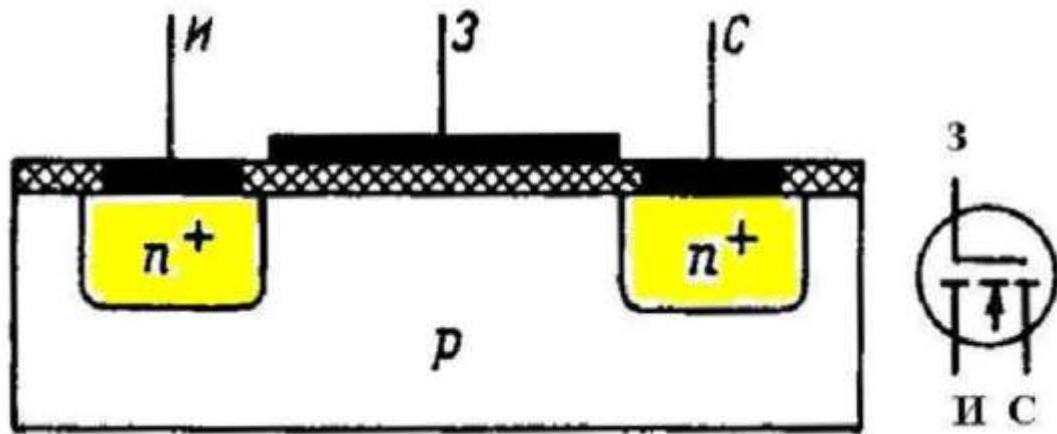


Рис 2. Полевой транзистор МОП структуры со индуцируемым каналом n-типа

Биполярный транзистор с изолированным затвором (БТИЗ, англ. Insulated-gate bipolar transistor, IGBT), как следует из названия, является смещением биполярного и униполярного транзисторов [1] (униполярный транзистор МОП структуры). Первый отвечает за силовой канал, а второй – за канал управления.

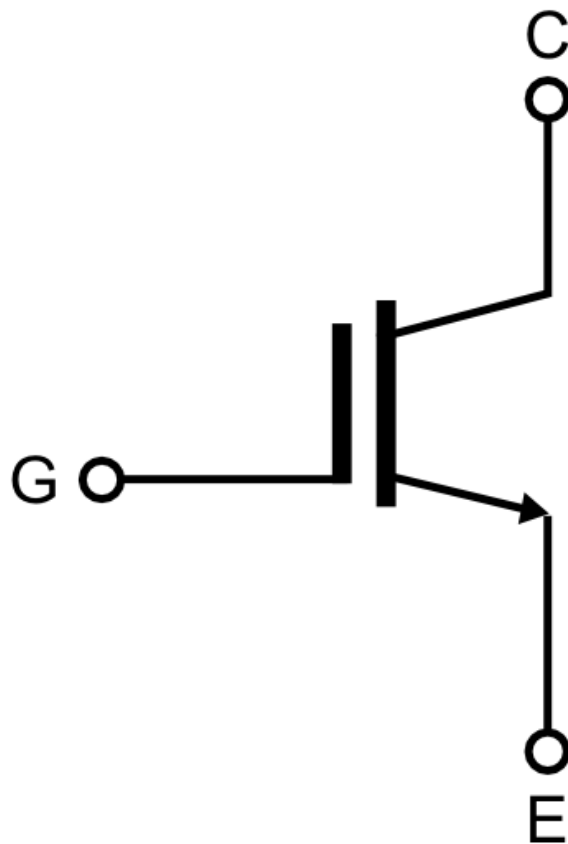


Рис 3. Обозначение IGBT транзистора. С-коллектор, Е-эмиттер, G-затвор

Роль силовых полупроводниковых элементов до недавнего времени играли биполярные транзисторы, которые имеют ряд недостатков, ограничивающих эффективность применения: для включения требуется значимый ток со стороны базы; так как ток коллектора не исчезает сразу при прекращении подачи управляющего тока, появляется сопротивление в цепи коллектора, что приводит к нагреву транзистора; характеристики довольно восприимчивы к температуре. Позднее стали появляться униполярные транзисторы структуры металл-окись-полупроводник, которые привнесли новшества. Такого рода транзисторами управлять

довольно легко, и они имеют интегрированный диод утечки для сдерживания стохастических скачков тока. В период с 1970-го по 1980-го года в СССР были созданы одни из первых мощных униполярных транзисторов [4]. В 77 году продемонстрировали новый транзистор, где униполярный управляет мощным биполярным транзистором. Выходные характеристики перешли от биполярного транзистора, а входные — от униполярного. При этом биполярный транзистор в составе этого транзистора не насыщается, что значительно сокращает задержку при отключении [5] и это является преимуществом таких элементов при использовании их как силовых ключей. Первое поколение IGBT не пользовалось популярностью в силу явных минусов — долгого переключения и ненадёжности. Последующие поколения IGBT почти лишились этих минусов.

Принцип работы (рис. 4) можно описать двумя ступенями: когда появляется положительная разность потенциалов, между затвором и истоком включается униполярный транзистор. Сразу начинают двигаться заряды из области **электронной проводимости** в область **дырочной проводимости**, что заставляет открыться биполярный транзистор, из-за чего образуется ток между эмиттером и коллектором.

Как упомянуто выше, IGBT приобрел лучшие стороны обоих транзисторов: малая остаточная разность потенциалов, характеристики переключения и проводимость — преимущества первого; большое входное сопротивление и малая управляющая мощность — преимущества второго. Могут использоваться при силе тока от 10 А до 1,2 кА, и при разности потенциалов от 100 до 10000 В.

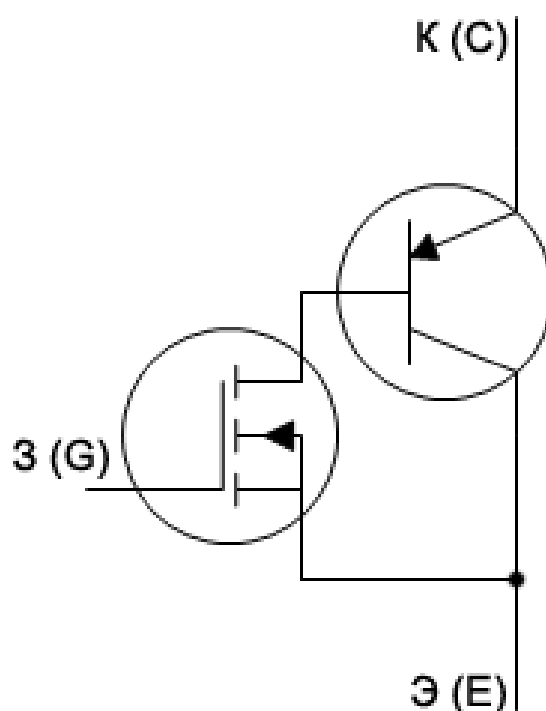


Рис. 4. Упрощенная эквивалентная схема БТИЗ

Список литературы:

1. Рогачев К. Д. Силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) // Справочник по электронным компонентам «Рынок Микроэлектроники» [Электронный ресурс]: <https://web.archive.org/web/20160928012059/http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/publ/igbt/transistor.htm> (дата обращения 26.07.2022).
2. Дьяконов В. П., Максимчик А. А., Ремнев А. М., Смердов В. Ю. Энциклопедия устройств на полевых транзисторах // Изд-во СОЛОН-Р, 2002. – 512 с.
3. Дьяконов В. П., Бачурин В. В., Ремнев А. М. Статические вольт-амперные характеристики ненасыщающихся составных транзисторов на биполярных и полевых транзисторах // Известия вузов. Приборостроение, 1980. - №4. – С. 6.