



СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ, предназначены для работы в качестве мощных преобразователей электроэнергии на транспорте, в разл. пром. установках, системах энергоснабжения и др. Широко применяются в электроприводах, тяговых установках электроподвижного состава, на подстанциях ЛЭП, в электрохимич. установках, мощных радиопередающих устройствах и т. д.

Совр. С. п. п. (как правило, кремниевые) условно разделяют на 2 осн. группы. К приборам 1-й группы относятся мощные ПП диоды ([выпрямительные диоды](#), [стабилитроны](#)) и [тиристоры](#); к приборам 2-й группы – полевые и биполярно-полевые [транзисторы](#), изготавливаемые на основе микроэлектронных технологий.

В диапазоне мощностей от десятков МВт и выше осн. силовым прибором является высоковольтный тиристор (ВТ); его ПП структура состоит из четырёх расположенных друг над другом слоёв кремния с чередующимся типом проводимости, которые образуют три р – n-перехода: два крайних – эмиттеры – смещены в прямом (проводящем) направлении, а центральный – коллектор – в обратном, или запиорном (блокирует приложенное к прибору напряжение). Для переключения ВТ в цепи база – катод пропускается короткий импульс тока, сопровождающийся инъекцией электронов в р-базу. Осн. недостаток прибора – невозможность его выключения импульсом обратного тока в управляющей цепи; достоинства, определяющие его область применения (сверхмощные преобразователи в ЛЭП постоянного тока, вставки постоянного тока между энергосистемами, статич. компенсаторы реактивной мощности и др.), – малое остаточное напряжение при большой плотности прямого тока и большом рабочем напряжении, высокая перегрузочная способность. Допустимые рабочие токи и напряжения составляют более 5 кА и 6 кВ соответственно.

В диапазоне мощностей от единиц до десятков МВт, как правило, применяется запираемый тиристор (ЗТ) с интегрированным блоком управления (международ. назв. IGCT – Integrated Gate-Commutated Thyristor). Катодный n^+ - p -эмиттер этого прибора состоит из нескольких тысяч полос, полуширина которых примерно равна ширине области первоначального включения. При такой геометрии выключающий импульс управляющего тока воздействует на всю включённую область эмиттерной полосы, прерывая инжекцию электронов и приводя тем самым к выключению прибора. В совр. IGCT, как правило, используется «жёсткое» выключение: выключающий импульс тока имеет амплитуду, сравнимую с силовым током, и малое время нарастания (доли мкс); осн. параметры – рабочий ток до 6 кА, рабочее напряжение 6 кВ.

При мощностях до единиц МВт и частотах от десятков Гц до десятков кГц (область наиболее массового потребления электроэнергии) обычно используют биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistor), выполненный в виде интегральной схемы из сотен тысяч элементарных транзисторных ячеек на одном чипе. Конструкция элементарной ячейки состоит из высоковольтного биполярного $p^+ - N^+ - N^- - p^+$ -транзистора и полевого $N^+ - p - N^-$ -транзистора с индуцированным (инверсным) каналом, включённого в цепь управления. При подаче положительного смещения на затвор полевого транзистора формирующийся в p -слое инверсный n -канал замыкает N^+ -исток с N^- -слоем. Электронный ток, протекающий в этой цепи, служит током управления биполярного $p^+ - N^+ - N^- - p^+$ -транзистора, через который протекает силовой ток. Для выключения к затвору прикладывается отрицательное смещение, что приводит к быстрому исчезновению инверсного канала и обрыву базового тока биполярного транзистора. Важные достоинства IGBT – малая потребляемая мощность в цепи управления и высокое быстродействие. Характерный размер элементарной ячейки 10–15 мкм; рабочий ток чипа до 50–70 А (параллельное соединение чипов позволяет создавать IGBT-модули на ток до нескольких кА).

Преобразователи мощности ниже 1 МВт базируются в осн. на полевых МОП-транзисторах (MOSFET – Metal oxide semiconductor field effect transistor), также выполненных в виде сверхбольшой интегральной схемы. Рабочее напряжение таких С. п. п. обычно не превышает 500 В, рабочий ток – от единиц до сотен А, диапазон

частот – до сотен МГц.

Литература

Лит.: Евсеев Ю. А., Дерменжи П. Г. Силовые полупроводниковые приборы. М., 1981;
Грехов И. В. Силовая полупроводниковая электроника и импульсная техника // Вестник РАН. 2008. Т. 78. № 2; Конюшенко И. Основы устройства и применения силовых МОП-транзисторов (MOSFET) // Силовая электроника. 2011. Т. 2. № 30;
Белоус А. И., Ефименко С. А., Турцевич А. С. Полупроводниковая силовая электроника. М., 2013.