

Новые IGBT-транзисторы

компании Fuji Electric Device Technology

С появлением мощных биполярных транзисторных модулей и мощных полевых транзисторов (MOSFET) в области силовых преобразователей, таких, как электропривод переменной частоты и источники бесперебойного питания для компьютеров, произошла революция. Требования компактности, легкости и высокой производительности силовых преобразователей способствовали быстрому развитию этих коммутационных приборов. Однако биполярные модули и полевые транзисторы не могли полностью удовлетворить требования силовых преобразователей. Например, мощные биполярные транзисторные модули могли выдерживать высокие напряжения и управлять большими токами, но скорость переключения была очень мала. И наоборот, мощные полевые транзисторы, обладающие хорошими частотными свойствами, по электрическим параметрам сильно уступали биполярным транзисторам. Поэтому были разработаны биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT), которые удовлетворяют всем этим требованиям. IGBT — это коммутационные приборы столь же высокочастотные, как и полевые транзисторы, с одной стороны, и такие же мощные (большой ток и напряжение), как биполярные транзисторы, с другой стороны.

Михаил Сидоров

sidorov@itc-electronics.com

Компания Fuji Electric Device Technology (FDT) начала производство и продвижение на рынок биполярных транзисторов с изолированным затвором в 1988 году. На рис. 1 представлен краткий обзор развития и технологий, осуществленных на протяжении первых пяти поколений IGBT-транзисторов. Компании Fuji Electric удалось улучшить характеристики транзисторов первых трех поколений за счет использования эпитаксиальных пластин, технологии управления временем жизни носителей, а также благодаря применению фотолитографии с высоким разрешением. Кроме того, компании удалось значительно улучшить характеристики транзисторов 4-го и 5-го поколений путем перехода с эпитаксиальных пластин к пластинам FZ (плавающая зона). Это достижение привело к революционному изменению в традиционном подходе к разработке IGBT.

Более того, использование технологии управления временем жизни носителей привело к опреде-

ленным отрицательным эффектам, когда требуется параллельное использование IGBT. Один из них — это увеличение разброса напряжений, вызванного данной технологией. Пытаясь решить эту проблему и совершенствуя технологии, компания создала новый транзистор по технологии NPT (non-punch through) на основе FZ-пластины (4-го поколения) и транзисторы с полевой диафрагмой (FS) (5-го поколения). В Fuji Electric был разработан IGBT, который выдерживал напряжение в 1200 В, при этом его толщина составляла всего сто с небольшим микрон, что улучшило его характеристики по сравнению с транзисторами, основанными на эпитаксиальной пластине. Другими словами, развитие IGBT с FZ-пластинами превратилось в непрерывную борьбу за создание более тонкой пластины. Fuji Electric запустили новую линию NPT IGBT-транзисторов, что привело к созданию четвертого поколения 1200-вольтовых IGBT-транзисторов (серия S). Компания добилась успехов в разработке 600-воль-

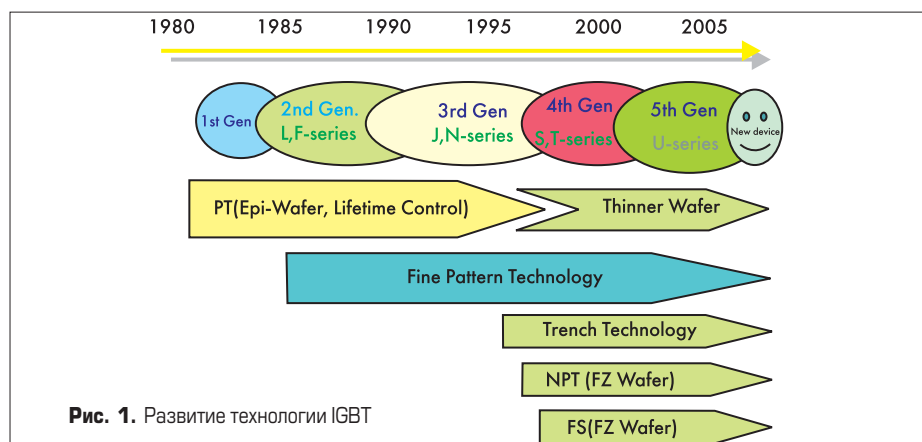

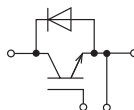

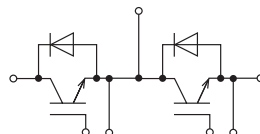

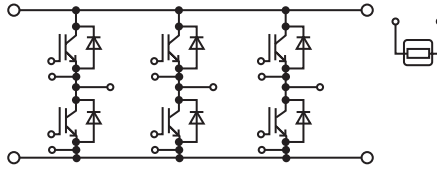

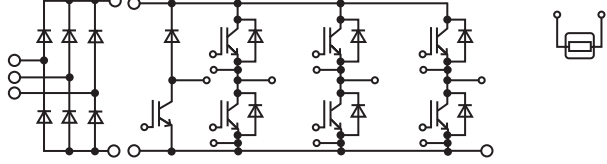


Рис. 1. Развитие технологии IGBT

Таблица. Типичные модули IGBT

Тип	Пример IGBT-модуля		Характеристики
	Внешний вид	Эквивалентная схема	
1 в 1	 Пример: 1MBI600S-120		Состоит из одного IGBT и одного обратного диода. Приборы с высоким номинальным током часто соединены параллельно в мощных системах.
2 в 1	 Пример: 2MBI450UE-120		Содержит 2 IGBT и 2 обратных диода. Для 3-фазных инверторов обычно используют 3 таких элемента. Их можно соединять параллельно в мощных системах.
6 в 1	 Пример: 6MBI450U-120		Состоит из 6 IGBT и 6 обратных диодов. Некоторые разновидности содержат термисторы NTC.
IPM (7 в 1)	 Пример: 7MBR75UB120		7 в 1 содержит 7 IGBT и 7 обратных диодов в инвертере и в прерывателе (chopper). IPM включает выпрямитель в дополнение 7 в 1. Некоторые разновидности содержат термистор NTC.

товых IGBT-транзисторов серии U 5-го поколения, имеющих меньшую толщину и меньшее напряжение в открытом состоянии. IGBT-транзисторы на 1200 В возникли из новой FS-структуры и достигли лучших характеристик, опережающих серию S. Эта технология также реализуется в линейке 1700-вольтовых IGBT.

Компания Fuji Electric Device постоянно совершенствует свою технологию для улучшения качества поверхности структур, что в свою очередь является предпосылкой улучшения характеристик IGBT (IGBT соединяются в блоки, содержащие большое их количество; технология высокоразрешающей прорисовки позволяет понизить прикладываемое напряжение, что делает возможным увеличение числа блоков). Технология Fuji Electric Device позволяет достичь улучшенных характеристик по сравнению с первыми четырьмя поколениями IGBT. У компании появилась возможность значительного улучшения характеристик 5-го поколения 1200-вольтовых и 1700-вольтовых линеек IGBT в результате технологического прорыва, ставшего возможным с применением технологии высокоразрешающей прорисовки для формирования областей на кремниевой поверхности (на рис. 2 показано развитие улучшения характеристик в 1200-вольтовой линейке).

Типы модулей IGBT

IGBT-модули делятся на 4 типа в соответствии с конфигурацией: 1 в 1, 2 в 1, 6 в 1 и IPM (7 в 1). Для каждого типа приведена конфигурация цепи и краткая характеристика, чтобы помочь с выбором прибора (см. таблицу).

Fuji Electric также выпускает интеллектуальные модули IPM (в таблице не приведены), которые представляют собой функционально законченное изделие, выполненное в компактном изолированном корпусе и включающее

в себя силовые транзисторные ключи IGBT, встроенные драйверы транзисторов IGBT, встроенные цепи защиты от короткого замыкания, перегрузки по току и напряжению, перегрева и логические входы управления.

Рассмотрим интеллектуальный модуль серии R.

Интеллектуальный модуль (IPM) имеет следующие характеристики в сравнении с комбинацией обычных IGBT-модулей и драйверов.

1. Встроенный драйвер:

- Оптимальное управление затвором IGBT.
- Для гарантированного выключения IGBT не требуется источник отрицательного напряжения, так как длина проводника между встроенным драйвером и IGBT мала и импеданс схемы управления не велик.
- Для IPM серии R (R-IPM) требуется 4 источника питания для драйверов, один для нижнего плеча и три независимых источника для верхнего плеча.

2. Встроенные схемы защиты:

- Защита от перегрузки по току (OC).
- Защита от короткого замыкания (SC).
- Защита от понижения напряжения для четырех вышеупомянутых источников (UV).
- Защита от перегрева (OH).

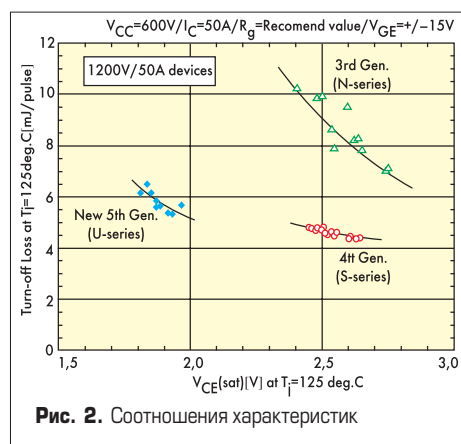


Рис. 2. Соотношения характеристик

- Отдельный вывод для аварийного сигнала (ALM).

3. Встроенный тормозной транзистор (IPM 7 в 1):

- Тормозной транзистор так же, как и инвертор, имеет схемы управления и защиты. При управлении двигателем посредством инвертора для защиты от перенапряжений в шине постоянного тока тормозной транзистор можно дополнить рассеивающим резистором. Информация о состоянии в цепи тормозного транзистора также передается на выход ALM.

Особенности структуры:

- Изолированная структура керамической подложки позволяет монтировать IPM непосредственно на радиатор, позволяя эффективно отводить тепло.
- Выводы управления находятся на одной линии со стандартным шагом 2,54 мм и могут подключаться через один разъем.
- Мощные выводы (шина постоянного тока, тормозной транзистор, три выходных фазы) располагаются рядом друг с другом, обеспечивая комплексную структуру, которая упрощает монтаж проводов.
- Провода надежно подключаются к мощным выводам винтами M5.

Помимо модулей IGBT Fuji Electric выпускает МОП-транзисторы (MOSFET), диоды (силовые и общего назначения), варисторы (MOV) и гибридные драйверы IGBT. Таким образом, компания выпускает полный спектр полупроводниковых элементов для силовой электроники, чем могут похвастаться далеко не все фирмы, работающие в этой области. Кроме того, наряду с высокими техническими параметрами продукция Fuji Electric обладает более низкой ценой по сравнению с аналогичной продукцией других производителей.

Всю информацию можно найти на сайте www.fujielectric.com.