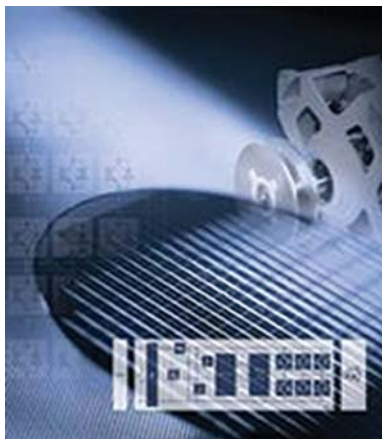


Силовые полупроводники фирмы Infineon Technologies AG



ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТРЕБУЮТСЯ СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ, ОТВЕЧАЮЩИЕ СЛЕДУЮЩИМ ТРЕБОВАНИЯМ:

- МИНИМАЛЬНЫЕ МАССА И ГАБАРИТЫ ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ;
- ВЫСОКОЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЕ;
- ПОВЫШЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ, ВОЗНИКАЮЩИМ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ (КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, ПЕРЕГРУЗКА ПО ТОКУ, ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ);
- УМЕРЕННАЯ СТОИМОСТЬ И ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ;
- МИНИМАЛЬНЫЕ ПОТЕРИ МОЩНОСТИ.

ЧИТАТЕЛЮ ПРЕДЛАГАЕТСЯ ОБЗОР ПРОДУКЦИИ ОДНОГО ИЗ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТАКОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ - ФИРМЫ INFINEON TECHNOLOGIES AG.

Фирма **Infineon Technologies AG** (бывшее отделение "Полупроводники" концерна Siemens AG) - один из мировых лидеров в области производства силовых полупроводниковых приборов (СПП) и интегральных микросхем (ИМС) для силовой и промышленной электроники. Накопленный за десятилетия технологический опыт и потенциал позволили фирме создать целый ряд "революционных" семейств СПП в малогабаритных корпусах, использующихся в качестве ключевых элементов силовой электроники:

- высоковольтные полевые транзисторы серии **CoolMOS™**;
- низковольтные полевые транзисторы семейства **SIPMOS** и новой серии **OptiMOS™**;
- быстродействующие высоковольтные IGBT серии **Fast IGBT (S-IGBT)**;
- быстродействующие диоды новой серии **EmCon™**;
- новые диоды Шоттки семейства **thinQ!(tm)**;
- составные ШИМ-контроллеры (со встроенным силовым электронным ключом) серии **CoolSET™**.

В 1990 г. отделением "Полупроводники" концерна Siemens AG (теперь фирма Infineon Technologies AG) и компанией AEG было образовано совместное предприятие еурес GmbH

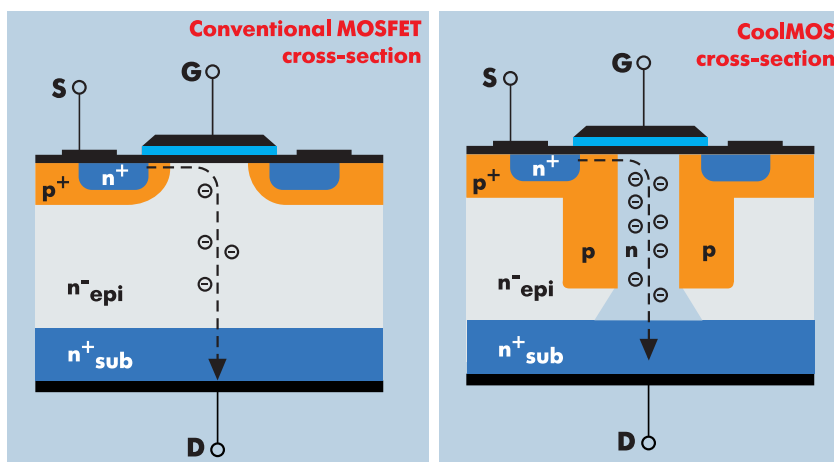


Рисунок 1 Поперечные сечения кристаллов обычного полевого транзистора и транзистора CoolMOS

(European Power Semiconductor and Electronics Company GmbH + Co. KG). В 1997 г. фирма еурес стала 100 % - дочерней фирмой Infineon Technologies AG и занимает сегодня одно из первых мест по производству силовых электронных компонентов большой мощности, в частности, силовых IGBT-модулей.

Эти модули находят широкое применение в качестве силовых электронных ключей для "обработки" потоков энергии большой плотности.

Рассмотрим более подробно основные группы СПП компании Infineon Technologies AG.

НОВАЯ СЕРИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИЛОВЫХ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ COOLMOS™

CoolMOS™ - это новое поколение высоковольтных силовых транзисторов для силовых преобразователей и систем управления потоками энергии импульсного типа, таких как:

- импульсные источники питания (SMPS) для персональных компьютеров, серверов и рабочих станций, а также бытовой электроники (телевизоров, видеоманитофонов, игровых видеоприставок и др.);

- источники бесперебойного питания (UPS);
- устройства коррекции коэффициента мощности;
- системы электропитания для микроволновых устройств и медицинского оборудования;
- установки индукционного нагрева;
- сварочное оборудование мощностью 1 кВт...1 МВт;
- квазистатические регуляторы света;
- резонансные регуляторы с коммутацией в нуле напряжения.

Принципиальное отличие технологии изготовления транзисторов CoolMOS™ от предшествующих технологий изготовления силовых полевых транзисторов заключается во внедрении в полупроводниковую структуру вертикальных р-областей, образующих по обеим сторонам канала р-п-переходы (рис. 1). В этом случае электрическое поле, создаваемое напряжением сток-исток, имеет не только вертикальную составляющую вдоль толщины кристалла (как в обычных МОП-транзисторах), но и поперечную. Это позволяет снизить $R_{DS(on)}$ (сопротивление транзистора во включенном состоянии) и добиться линейной зависимости от максимально допустимого напряжения сток-исток.

Семейство транзисторов CoolMOSTM в настоящее время представлено тремя поколениями:

- **...S5 - первое поколение**, характеризующееся очень малым сопротивлением во включенном состоянии (до 70 мОм);
- **...C2 - второе поколение** с уменьшенным временем переключения, оптимизированное для применения в сетевых SMPS, работающих на частотах до 200 кГц;
- **...C3 - третье поколение**, выдерживающее импульсные токи с более высокими амплитудами (в 1.5 раза больше, чем у предыдущих поколений) благодаря большей переходной электрической проводимости и форме области безопасной работы, более приближенной к прямоугольной. Это поколение совместимо практически с любыми драйверами благодаря меньшему падению напряжения на затворе при насыщении транзистора до 5.5 В и более низкому порогу включения транзистора - 3 В.

Основные характеристики и преимущества семейства CoolMOS™:

- значительно снижены потери мощности силового ключа в проводящем состоянии (в 2.5 раза). Сопротивление во включенном состоянии $R_{DS(on)}$ полевых транзисторов CoolMOS™, рассчитанных на напряжение пробоя 600 В, - в 5 раз, а 1000-вольтовых - в 10 раз меньше, чем у стандартных МОП-транзисторов;
- уменьшенная в 3 раза активная площадь кристалла, что снижает потери мощности в проводящем состоянии на 20%, при этом плотность энергии на единицу площади достигает 2.5 Вт/мм²;
- компактные корпуса - замена силовых модулей на транзисторы в корпусах TO-220 и TO-247;
- значительно уменьшена величина заряда затвора и потери при переключении (до 50%).

Более подробную информацию по этому вопросу можно найти на сайте www.infineon.com/coolmos.

НИЗКОВОЛЬТНЫЕ СИЛОВЫЕ МОП-ТРАНЗИСТОРЫ С НАПРЯЖЕНИЕМ ПРОБОЯ 20...400 В

Технологии изготовления силовых полевых транзисторов **S-FET** и **S-FET-2** были предложены еще фирмой Siemens AG (SIPMOS-транзисторы) и затем развивались компанией Infineon Technologies AG. В дальнейшем были созданы новые семейства с рядом преимуществ по сравнению с предыдущими поколениями полевых транзисторов.

S-FET-технология базируется на использовании однородной МОП-структуры, в которой слабо проявляются свойства паразитного биполярного транзистора, что позволяет получать более высокие напряжения пробоя сток-исток и хорошую коммутационную способность.

Полевые транзисторы, изготовленные по технологии S-FET/S-FET-2, обладают следующими основными характеристиками и преимуществами:

- низкое сопротивление во включенном состоянии $R_{DS(on)}$ на 35% ниже, чем у традиционных МОП-транзисторов. Например, для приборов с напряжением пробоя сток-исток $U_{BR(DSS)} = 30$ В сопротивление $R_{DS(on)}$

= 3 мОм, а у приборов, рассчитанных на $U_{BR(DSS)} = 100$ В, $R_{DS(on)} = 16$ мОм;

- меньше время переключения. Благодаря этому частота переключения может достигать 500 кГц;
- высокая устойчивость к короткому замыканию (КЗ) - есть приборы, выдерживающие КЗ в течение 1000 мкс;
- высокая коммутационная способность - переключаемый ток до 125 А при $R_{DS(on)} = 8$ мОм;
- малые размеры кристалла - размещение в корпусах TO-220 (а также D-Pak, P-DSO-8 и SOT-223) с эффективным теплоотводом, при этом тепловое сопротивление R_{thJC} менее 1 К/Вт.

Благодаря перечисленным преимуществам низковольтные полевые транзисторы производства фирмы Infineon Technologies AG нашли применение в таких областях, как:

- автомобильная электроника (системы антиблокировки колес при торможении (ABS), системы управления электроприводом, топливными насосами, накалом ламп, клапанами и др.);
- импульсные источники питания для компьютеров и медицинского оборудования, источники бесперебойного питания, системы управления электродвигателями, включая следящие и др.;
- промышленные системы питания для автоматических производственных линий;
- DC/DC-преобразователи для телекоммуникаций и вспомогательные повышающие источники питания.

Наряду с большим разнообразием традиционных низковольтных силовых полевых транзисторов, изготовленных по технологии S-FET (SIPMOS-транзисторы), фирма Infineon Technologies AG предлагает новые полевые транзисторы серии OptiMOSTM с улучшенными параметрами, изготавливаемые по новейшей технологии S-FET-2.

Более подробная информация доступна на сайтах www.infineon.com/power и www.infineon.com/optimos.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ СИЛОВЫЕ IGBT-КЛЮЧИ СЕМЕЙСТВА FAST-IGBT

Фирма Infineon Technologies AG предлагает обширную номенклатуру силовых быстродействующих IGBT-ключей (IGBT - Insulated Gate Bipolar

Transistor - биполярный транзистор с изолированным затвором) - серию Fast-IGBT или S-IGBT для применения при высоких рабочих напряжениях и частотах.

Силовые IGBT изготавливаются по **NPT**-технологии (non-punch-through), предложенной впервые фирмой Siemens AG. Эта технология позволяет получать однородную полупроводниковую структуру с равномерным n-легированием без применения специальных мер для уменьшения времени жизни носителей. Использование NPT-структур в IGBT-транзисторах значительно улучшило их параметры в области рабочих напряжений свыше 1000 В.

Основные характеристики и преимущества:

- высокие рабочие частоты - свыше 300 кГц (в зависимости от условий коммутации);
- уменьшенные в 3...5 раз по сравнению с PT-IGBT (punch-through IGBT) потери при выключении;
- предельно низкий остаточный ток во всем температурном диапазоне;
- уменьшенное пороговое напряжение включения: вместо 5,5 В - 4 В;
- небольшой положительный температурный коэффициент 3 мВ/°С, благодаря чему упрощается параллельное соединение ключей;
- пиковая мощность рассеивания до 100 кВт при семикратной перегрузке по току;
- диапазон рабочих токов 2...30 А при напряжениях 600 В и 1200 В;
- корпуса TO-220, I-Pak, TO-263, TO-247, в том числе и SMD-версии: D-Pak, TO-220;
- возможность заменить большие по размерам (в 3...4 раза) MOSFET.

Основные области применения:

- импульсные источники питания, устройства коррекции коэффициента мощности, источники бесперебойного питания большой мощности;
- сварочное оборудование мощностью 1...20 кВт;
- установки индукционного нагрева - 2 кВт...1,5 МВт;
- высоковольтные преобразователи для медицинского оборудования и микроволновых установок;
- преобразователи и регуляторы с коммутацией в нуле напряжения (ZVS-преобразователи).

Непрерывное развитие технологии изготовления IGBT позволяет Infineon

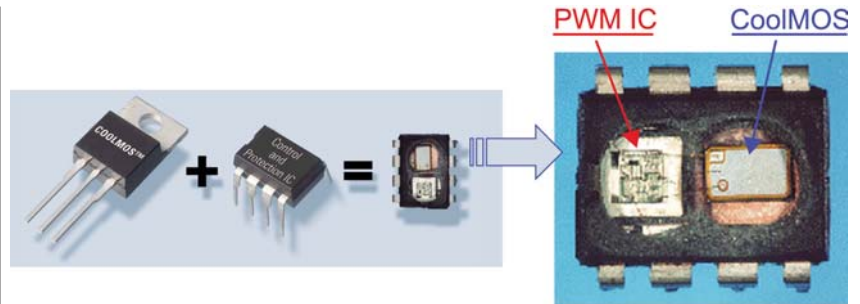


Рисунок 2 Новый составной (гибридный) ИМС-контроллер семейства CoolSET™

Technologies AG выпускать S-IGBT в разнообразных корпусах, а также интегрировать в одном корпусе (**DuoPack**) с кристаллами транзисторов быстродействующие обратные диоды (технология **EmCon™**). Производимая номенклатура представлена в табл. 1 (а также на сайте www.infineon.com/power).

В настоящее время в стадии разработки находятся IGBT новых серий **FieldSTOP-IGBT™** и **Triathlon™** (IGBT 3-го поколения), рассчитанные на напряжения до 1200 В с уменьшенными значениями V_{CEsat} (падение напряжения коллектор-эмиттер в насыщенном состоянии) и E_{off} (энергия при выключении).

Для индивидуального изготовления силовых быстродействующих IGBT фирма Infineon Technologies AG предлагает полупроводниковые подложки на основе S-IGBT-кристаллов (подробности можно найти на сайте www.infineon.com).

СОСТАВНЫЕ ШИМ-КОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ COOLSET™

Фирма Infineon Technologies AG предлагает довольно большую номенклатуру микросхем управления силовыми полупроводниковыми ключами:

- новая серия **CoolSET™** (в одном корпусе интегрированы два кристалла - ИМС управления и транзисторный ключ **CoolMOST™: ICE2A...**);
- ШИМ-контроллеры - **TDA 16888** и **TDA 16846/47/50**;
- корректор коэффициента мощности - **TDA 4862/3/4**.

Наиболее интересны в этом классе ИМС нового семейства CoolSET™, которые появились благодаря новой технологии изготовления высоковольтных полевых транзисторов CoolMOS™. ИМС CoolSET™ - это гибридная ИМС, включающая в себя кристаллы ИМС управления и транзистора CoolMOS™ (рис. 2).

Таблица 1. Высоковольтные силовые IGBT-ключи серии Fast-IGBT

Серия	Ток при 100°С, А	Ток при 25°С, А	TO-251 (I-Pak)	TO-252 (D-Pak)	TO-263 (D ² -Pak)	TO-220	TO-247	
600 В								
Fast IGBT	2	6	SGU02N60	SGD02N60	SGB02N60	SGP02N60		
	4	9	SGU04N60	SGD04N60	SGB04N60	SGP04N60		
	6	12	SGU06N60	SGD06N60	SGB06N60	SGP06N60		
	10	21			SGB10N60	SGP10N60	SGW10N60	
	15	31			SGB15N60	SGP15N60	SGW15N60	
	20	40			SGB20N60	SGP20N60	SGW20N60	
Duo Pack	30	41			SGB30N60	SGP30N60	SGW30N60	
	2	6			SKB02N60	SKP02N60		
	4	9			SKB04N60	SKP04N60		
	6	12			SKB06N60	SKP06N60		
	10	21			SKB10N60	SKP10N60	SKW10N60	
	15	31			SKB15N60	SKP15N60	SKW15N60	
1200 В	20	40					SKW20N60	
	30	41					SKW30N60	
	Fast IGBT	2	7		SGD02N120	SGB02N120	SGP02N120	
		7	18			SGB07N120	SGP07N120	
		15	33			SGB15N120	SGP15N120	SGW15N120
		25	50					SGW25N120
Duo Pack	2	7			SKB02N120	SKP02N120		
	7	18					SKW07N120	
	15	33					SKW15N120	
	25	50					SKW25N120	

Основные характеристики и преимущества:

- значительно сниженные (в 2,5 раза) потери мощности в проводящем состоянии силового ключа; сопротивление во включенном состоянии $R_{DS(on)}$ полевого транзистора CoolMOS™, рассчитанного на напряжение 600 В, - в 5 раз, а на 1000 В - в 10 раз меньше, чем у стандартного SiPMOS-транзистора;
- ШИМ-контроллеры CoolSET™ соответствуют стандарту электромагнитной совместимости EN 50081-1 и имеют минимальное энергопотребление в ждущем режиме (<1 Вт), что отвечает требованиям стандарта Blue Angel;
- корректоры коэффициента мощности CoolSET(tm) соответствуют стандарту по коэффициенту коррекции - EN 61000-3-2 и по содержанию гармоник - IEC 555-2;
- полный набор функций защиты (с опцией режима опроса) от перенапряжений, перегрузок по току, обрывов обратной связи, пиковых мощностей, перегрева и т.д.;
- максимальная скважность работы силового ключа достигает величины 72%;
- мягкий пуск с очень малым (не более 30 мкА) пусковым током;
- уменьшение количества необходимых внешних компонентов (до 50%);
- значительное упрощение топологии электрической схемы - ИМС в корпусе P-DIP-8 имеет всего 4 активных вывода;
- уменьшение размеров механических элементов (радиаторов и монтажных плат);
- корпуса - P-DIP-7, P-DIP-8, P-TO-220-6, P-DSO-14 и P-DSO-16.

Основные области применения:

- импульсные источники питания с фиксированными рабочими частотами (до 100 кГц) для портативных персональных компьютеров, ноутбуков, мониторов, серверов, принтеров, телефаксов, копировальных аппаратов, зарядных устройств, бытовой электроники (телевизоры, видеоманитофоны, игровые видеоприставки, DVD-плееры, адаптеры и т.д.) и др.;
- источники бесперебойного питания (в т.ч. источники резервного питания для спутниковой связи и телемеханики);
- вспомогательные промышленные источники питания.

Таблица 2. Номенклатурный ряд ИМС серии CoolSET™

Диапазон изменения сетевого напряжения 85 + 270 В					
Тип ИМС	Корпус	Мощность P_{out} , Вт	Макс. ток, А	$R_{DS(on)}$, Ом	
ICE 2A0565/Z	DIP 8/DIP 7	15	0.5	6.0	
ICE 2A165/2B165	DIP 8	21	1.0**	3.0	
ICE 2A265/2B265	DIP 8	34	2.0**	1.1	
ICE 2A365/2B365*	DIP 8	47	3.0**	0.5	
ICE 2A180/Z	DIP 8/DIP 7	21/19	1.0**	3.0	
ICE 2A280/Z	DIP 8/DIP 7	37/33	2.0**	0.8	
ICE 2A765P/2B765P	TO 220	180	7.0	0.5	

* В ИМС типа ICE2A...65 встроен ключ с $U_{BR}DSS = 650$ В, типа ICE2A...80 - с $U_{BR}DSS = 800$ В. Рабочая частота типа А - 100 кГц, типа В - 67 кГц;
** Регулируемое ограничение тока через внешний резистор.

Таблица 3. Быстродействующие диоды серии EmCon™

Рабочее напряжение, В	Ток при 100°C, А	Ток при 25°C, А	TO-252 (D-Pak)	TO-220	TO-263 (D ² -Pak)
600	3	7	IDD03E060		
	6	11	IDD06E060	IDP06E060	IDB06E060
	9	15	IDD09E060	IDP09E060	IDB09E060
	15	25	IDD15E060	IDP15E060	IDB15E060
	23	33	IDD23E060	IDP23E060	IDB23E060
	30	41	IDD30E060	IDP30E060	IDB30E060
1200	45	62	IDD45E060	IDP45E060	IDB45E060
	4	10		IDP04E120	IDB04E120
	9	21		IDP09E120	IDB09E120
	12	28		IDP12E120	IDB12E120
	18	36		IDP18E120	IDB18E120
	30	54		IDP30E120	IDB30E120

Таблица 4. Диоды Шоттки на базе материала SiC

Рабочее напряжение, В	Ток I_F , А	Заряд Q_{rr} , нКл	TO-252 (D-Pak)	TO-220 (3 вывода)	TO-220 (2 вывода)	TO-263 (D ² -Pak)
300	10	23		SDP10S30	SDT10S30	SDB10S30
	2 x 10	23		SDP20S30		SDB20S30
600	4	13	SDD04S60	SDP04S60	SDT04S60	
	6	21		SDP06S60	SDT06S60	SDB06S60
	2 x 6	21				SDB12S60

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ СИЛОВЫЕ ДИОДЫ СЕРИИ EMCON(TM)

Фирма Infineon Technologies AG предлагает новую серию силовых быстродействующих диодов, рассчитанных на рабочие напряжения 600 и 1200 В, - **EmCon™**, которая характеризуется малыми значениями падения напряжения открытого диода (до 1.35 В) и заряда обратного восстановления Q_{rr} (до 0,4 мкКл). Эти параметры в два раза ниже, чем у предыдущих поколений быстродействующих диодов. Приборы серии EmCon(tm) выпускаются в корпусах TO-252, TO-220 и TO-263 (SMD - под поверхностный монтаж) для замены хорошо известной серии быстродействующих диодов (FRED-диодов) - BYP... Производимая номенклатура представлена в табл. 3.

Основные области применения:

- системы электропривода, источники бесперебойного питания (UPS), сварочные аппараты, электробытовая техника;

- бытовая электроника (цветные телевизоры, компьютерные мониторы);
- импульсные источники питания и корректоры коэффициента мощности.

Для индивидуального изготовления силовых быстродействующих диодов фирма Infineon Technologies AG предлагает полупроводниковые подложки на основе кристаллов EmCon-диодов (подробности - на сайте www.infineon.com).

ДИОДЫ ШОТКИ СЕРИИ THINQ!™

Новая серия диодов Шоттки на рабочие напряжения 300 и 600 В **thinQ!™** (табл. 4) разработана фирмой Infineon Technologies AG на базе карбида кремния (SiC-диоды).

Основные характеристики и преимущества:

- высокие частоты переключения (до 1 МГц) благодаря почти полному отсутствию обратного тока и остаточного заряда при восстановлении;

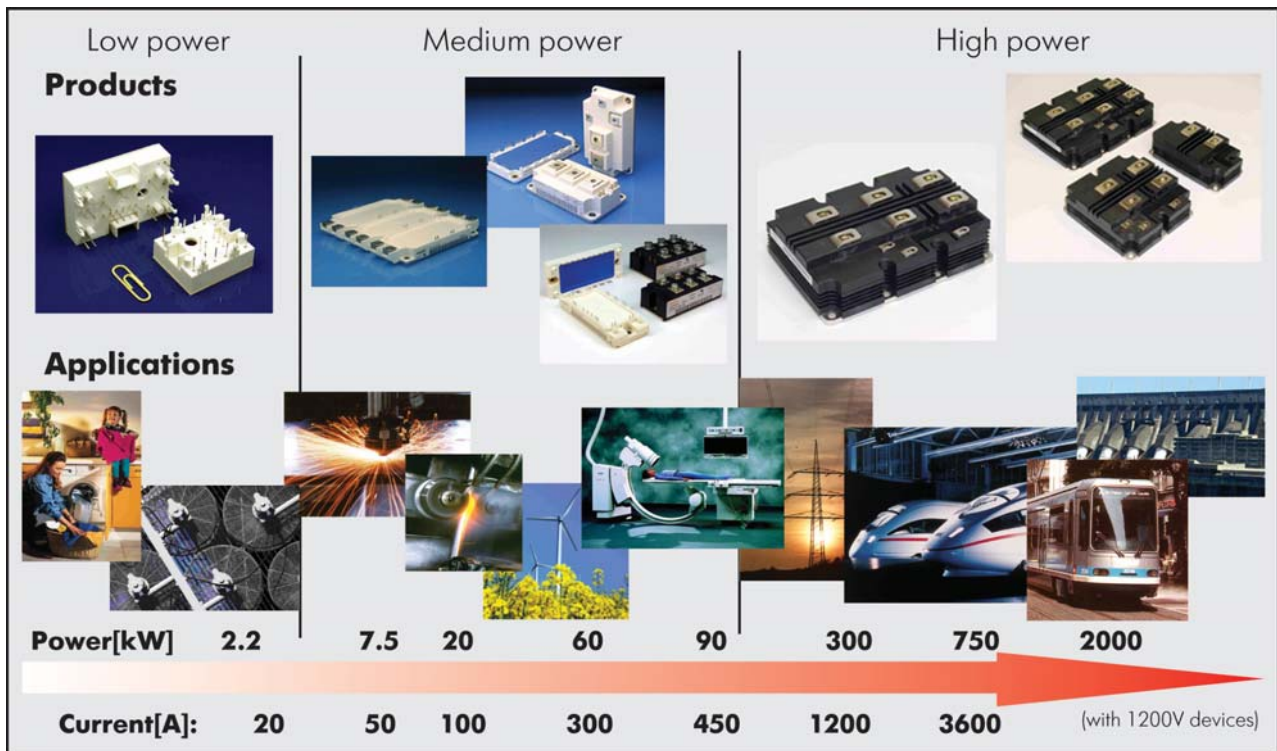


Рисунок 3 Номинальные рабочие токи и мощностной диапазон областей применения силовых IGBT-модулей фирмы eures GmbH

- предельно низкие потери при переключении;
- простота параллельного соединения за счет положительного температурного коэффициента;
- корпуса - TO-252, TO-220 и TO-263 (SMD).

Основные области применения:

- электронные корректоры коэффициента мощности импульсных источников питания компьютеров, серверов, базовых станций сотовых систем связи и др.;
- источники бесперебойного питания, инверторы альтернативных источников питания;
- вторичные выпрямители систем электропитания телекоммуникационного оборудования.

Для моделирования электромагнитных процессов фирма Infineon Technologies AG предоставляет целый ряд библиотек моделей выпускаемых ею силовых полупроводниковых приборов.

В этой статье не были рассмотрены "интеллектуальные" силовые полупроводниковые ключи фирмы Infineon Technologies AG, но читатели могут познакомиться с этой группой приборов на сайте www.infineon.com.

СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ФИРМЫ EURES GMBH

Семьдесят процентов изделий, выпускаемых сегодня eures GmbH, разработаны за последние пять лет. На рис. 3 показаны номинальные токи и мощностной диапазон областей применения силовых IGBT-модулей фирмы eures GmbH. Силовые IGBT-модули имеют напряжения 600...6500 В, токи 10...2400 А и разные внутренние конфигурации (одиночные ключи и чопперы, полумосты, полные трехфазные мосты). Модули выпускаются в компактных корпусах: 34 мм, 62 мм, EconoPACK+, Econo2, Econo3, easyPACK и IHM/IHV. Наиболее интересны составные (гибридные) IGBT-модули (PIM-модули) в недорогих корпусах EconoPIM2, EconoPIM3, EasyPIM1 и EasyPIM2, используемые в электрической части систем электропривода, в которых интегрированы: трехфазный выпрямитель, трехфазный инвертор, чоппер, NTC-датчик и т.д..

В настоящее время начато производство IGBT-кристаллов и модулей на их основе третьего поколения. IGBT3 - IGBT третьего поколения, изготавливающиеся по новейшей Trench-технологии. Модули IGBT3 отличаются низким падением напряжения в

состоянии насыщения, низкими потерями переключения, большими мощностями при меньших корпусах, более быстрым падением тока при отключении (short tail current). Отличия в технологии производства кристаллов приведены на рисунке 4.

В ближайшее время ожидается выпуск нового поколения драйверов для IGBT-транзисторов, основанных на технологии трансформатора без сердечника (Coreless Transformer, CLT). Первым представителем данного семейства является полумостовой драйвер 2ED020112-F.

Все IGBT-модули в основном производятся на базе кристаллов IGBT-транзисторов и EmCon-диодов фирмы Infineon Technologies AG. На основе огромного опыта фирмы Infineon Technologies AG в области промышленной электроники предусмотрено увеличение доли "интеллектуальных модулей" - первым примером являются PIM-модули.

Кроме этих приборов фирма eures GmbH производит:

- тиристорные и диодные силовые модули;
- тиристоры и диоды "прижимной" конструкции;
- тиристорно-диодные силовые модули и т.д.

Для согласования системы управления и силовой части могут быть использованы IGBT-драйверы серии SCALE или драйверные платы, поставляемые eures GmbH (более подробная информация - на сайте www.igbt-driver.com).

Силовые компоненты фирмы eures GmbH находят широкое применение в различных областях техники:

- тяговый электропривод для электро-транспорта;
- промышленный электропривод;
- системы распределения и передачи электроэнергии;
- импульсные источники питания;
- медицинское и сварочное оборудование;
- ветрогенераторные и лазерные установки;
- электрохимия и гальванопластика, и т.д.

Для индивидуального изготовления силовых IGBT-модулей фирма Infineon Technologies AG предлагает номенклатурный ряд полупроводниковых подложек на основе кристаллов IGBT на рабочие напряжения 1200, 1700 и 3300 В (подробности приведены на сайте www.infineon.com).

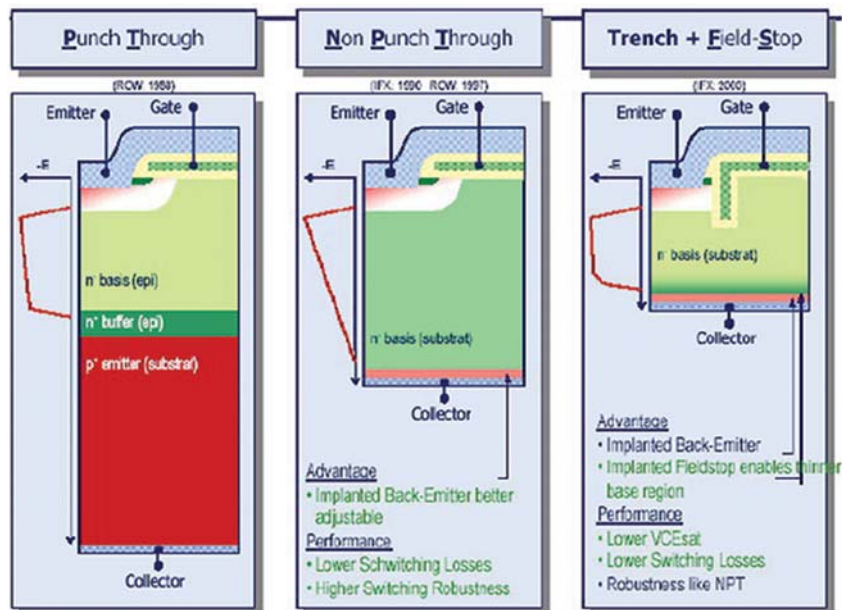


Рисунок 4 Отличия Trench - технологии производства кристаллов от традиционных технологий

Литература:

1. Лоренц Л. Состояние и направления дальнейшего развития в сфере разработки, производства и применения силовых полупроводниковых приборов. *Электротехника №№: 12, 2001; 3, 2002.*

2. Силовые IGBT-модули. Материалы по применению. - М. ДОДЭКА, 1997.

3. *Power Semiconductors. Application Notes for Industrial Electronics.* - Ed. 05.97, Published by Siemens AG, Bereich Halbleiter, Marketing-Kommunikation, Balanstrasse 73, 81541 Muenchen.