

# ТРАНЗИСТОРЫ IGBT

## НОВИНКИ ОТ КОМПАНИИ INTERNATIONAL RECTIFIER



Е.Волошанская  
ElenaV@zolshar.ru

Компания International Rectifier (IR), общепризнанный лидер на рынке силовых полупроводниковых приборов, постоянно совершенствует и обновляет свою продукцию в соответствии с тенденциями развития силовой электроники. В ее число входят дискретные IGBT-транзисторы, включающие и вариант SoPack (со встроенным антипараллельным диодом).

IR – одна из немногих фирм, выпускающих силовые транзисторы на рабочие напряжения 250 и 430 В. В данной серии фирма совсем недавно представила новый IGBT-транзистор IRGP4050 в корпусе TO-247AC для источников питания плазменных дисплеев. У этих типов дисплеев одно из самых слабых мест – потребляемая мощность. Даже у самых лучших их моделей энергопотребление выше, чем у ЖК-дисплеев, в 3–5 раз. В связи со все растущей популярностью плазменных дисплеев проблема снижения энергопотребления становится одной из главных при выпуске новых моделей. Новый транзистор благодаря пониженному падению напряжения на открытом транзисторе  $U_{ce(on)}$  и малому времени нарастания и спада при переключении ( $t_r$  и  $t_f$ ) повышает КПД и надежность схемы.

Малые габариты (корпус TO-247AC) и пониженный температурный коэффициент сопротивления (ТКС) позволяют сократить габариты и массу изделия. Российский рынок в основном потребляет готовые плазменные дисплеи, но этот транзистор может заинтересовать разработчиков преобразователей напряжения для сварочного, кранового и тягового оборудования. Основные технические характеристики транзистора IRGP4050:

$U_{ces}, макс.$	.....	250 В
$I_c, макс.$		
при $T_c = 25^\circ\text{C}$	.....	104 А
при $T_c = 100^\circ\text{C}$	.....	56 А
$U_{ge}$	.....	$\pm 20$ В
$U_{ce(on)}, тип.$		
при $I_c = 30$ А	.....	1,64 В
при $I_c = 56$ А	.....	2,04 В
при $I_c = 104$ А	.....	2,60 В
$P_d$		
при $T_c = 25^\circ\text{C}$	.....	330 Вт
при $T_c = 100^\circ\text{C}$	.....	130 Вт
$R_{\theta}$ переход-корпус, макс.	.....	0,38 $^\circ\text{C}/\text{Вт}$
$R_{\theta}$ переход-теплоотвод, тип	.....	0,24 $^\circ\text{C}/\text{Вт}$
$t_r, тип.$ при $T_j = 25^\circ\text{C}$	.....	35 нс
$t_f, тип.$ при $T_j = 25^\circ\text{C}$	.....	59 нс

В другой серии, на рабочее напряжение 600 В, фирма IR предложила несколько новинок. В табл.1 приведены характеристики транзисторов, специально разработанных для автоматизированной пайки. Используемый для них корпус TO-247 – второй по популярности после корпуса TO-220.

В корпусах TO-247AC SMD и Solder Plate, в отличие от корпуса TO-247AC, предусмотрена возможность припаивания подложки транзистора к радиатору. Это позволяет применять автоматическую пайку и облегчает теплоотвод благодаря отсутствию теплопроводящей пасты и снижению теплового сопротивления корпус–теплоотвод. Правда, возникает другая проблема – фиксация транзистора к радиатору или печатной плате, поскольку отверстие используется только для фиксации транзистора в процессе пайки. Фирма IR эту проблему решила просто: разработаны специальные прижимные пружины, которые фиксируют транзистор на плате (см. рисунок). В них учтены сила давления и сжатия при фиксации, что исключает возникновение деформаций в корпусе транзистора и обеспечивает надежный прижим.

Следуя тенденции перехода на более компактные корпуса, фирма IR выпустила транзистор IRG4PSC71K без инверсного диода в корпусе TO-274AA (super TO-247AC). Отсутствие диода позволило уменьшить внутренние потери при переключении более чем в 3 раза. Также уменьшилось в 2 раза время срабатывания при открытии  $n-p$ -перехода. Остальные основные технические характеристики IRG4PSC71K:

$U_{ces}, макс.$	.....	600 В
$I_c$ при $25^\circ\text{C}$	.....	85 А
$I_c$ при $100^\circ\text{C}$	.....	60 А
$U_{ce(on)}, макс.$	.....	2,3 В
$P_d, макс.$	.....	350 Вт
$E_{is}$	.....	3,1 мДж
$t_r$	.....	56 нс

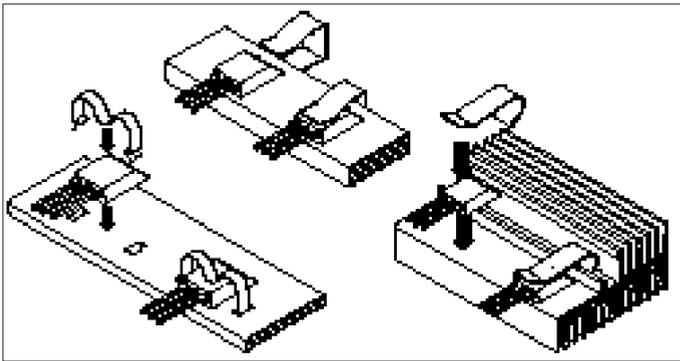
В 2003 году IR представила транзистор IRGx30B60K на 600 В в классе ультрабыстродействующих со стандартной частотой переключения 10–30 кГц, созданный по технологии NPT (non-punch-through) – технологии производства тонких пластин. Применение этой технологии позволило поднять температуру перехода со 150 до 175 $^\circ\text{C}$ . Мощность рассеивания транзистора 370 Вт при темпера-

Таблица 1. Характеристики транзисторов IGBT на 600 В в корпусе TO-247

Транзистор	$I_c, А$ при $25^\circ\text{C}$	$I_c, А$ при $100^\circ\text{C}$	$U_{ce(on)}, макс., В$	$P_d, макс., Вт$	$R_{\theta}$ пер.-корп., макс., $^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$R_{\theta}$ пер.-теплотв., тип., $^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$(t_r + t_f) тип., нс$	Тип корпуса
IRG4PC50S-P	70	41	1,36	200	0,64	0,24	30+400	SMD TO-247AC
IRG4PC60F-P	90	60	1,8	520	0,24	0,24	66+170	TO 247AC Solder plate
IRG4PC60U-P	75	40	2,0	520	0,24	0,24	42+100	TO 247AC Solder plate

**Таблица 2. Транзисторы на рабочее напряжение 1200 В в классе частоты переключения 5–40 кГц**

Транзистор	$U_{ces}, макс., В$	$I_c, А$ при 25°C	$I_c, А$ при 100°C	$U_{ce(on)}, макс., В$	$P_d, макс., Вт$	$t_r, нс$	$t_f, нс$	$E_{switch}, мДж$
IRGPS40B120U IRGPS40B120UD	1200	80	40	3,71	595	33	55	4,77
IRGPS60B120KD	1200	120	60	2,75	595	45	58	12,5



**Варианты фиксации транзисторов с помощью прижимных пружин**

туре 25°C, максимальный ток 78 А. Несмотря на такую мощность, прямое падение напряжения для подобного типа прибора сравнительно низкое –  $U_{ce(on)} = 1,95 В$ , низкие также и потери на переключение – 1,785 мДж. Транзистор разработан специально для применения в электроприводах. Он имеет квадратную форму зоны безопасной работы с обратным смещением (RBSOA) и выдерживает короткое замыкание в течение 10 мкс, что повышает надежность

разрабатываемых электроприводов. Для удобства разработчика этот транзистор выпускается в трех типах корпусов, что отражено в кодировке: IRGB30B60K (TO-220AB); IRGS30B60K (P2-Pak); IRGSL30B60K (TO-262).

**Таблица 3. Транзисторы в корпусах D2-Pak и TO-262**

Транзистор	Тип корпуса
IRG4BC10SD-L	TO-262
IRG4BC10SD-S	D2-Pak
IRG4BC15UD-S	D2-Pak
IRG4BC15UD-L	TO-262
IRG4BC20FD-S	D2-Pak
IRG4BC30FD-S	D2-Pak
IRG4BC20SD-S	D2-Pak
IRG4BC20MD-S	D2-Pak
IRG4BC40WS	D2-Pak
IRG4BC40WS	TO-262
IRGS4B60KD1	D2-Pak
IRGSL4B60KD1	TO-262

В 2005 году были предложены транзисторы на рабочее напряжение 1200 В в классе ультрабыстродействующих с частотой 5–40 кГц – IRGPS40B120U и IRGPS40B120UD (со встроенным антипараллельным диодом). Созданы они также по технологии NPT и выпускаются в корпусе Super-247. Благодаря новой технологии в них сокращено время переходных процессов на 70% и вследствие этого снижены внут-

**Таблица 4. Транзисторы класса ультрабыстродействующих для силовых приводов**

Транзистор	$U_{ces}, макс., В$	$I_c, А$ при 25°C	$I_c, А$ при 100°C	$U_{ce(on)}, тип., В$	$P_d, макс., Вт$	$t_r, нс$	$t_f, нс$	$I_F, А$ при 100°C	$E_{sw}, мДж$
IRGP30B60KD-E	600	60	30	1,95	304	28	32	30	1,575
IRG4PH40UD2	600	40	20	1,72	160	32	630	10	3,74
IRG4PH40UD2-E	1200	41	21	2,43	160	26	380	10	4,49
IRGB4B60KD1	600	11	7,6	2,1	63	18	79	4	0,13

**Таблица 5. Транзисторы в полностью изолированном корпусе TO-220FP**

Транзистор	$I_c, А$ при 25°C	$I_c, А$ при 100°C	$U_{ce(on)}, тип., В$	$P_d, макс., Вт$	$t_r, нс$	$t_f, нс$	$I_F, А$ при 100°C	$E_{sw}, мДж$
IRGIB7B60KD	12	8	1,8	39	22	40	5	0,711
IRGIB10B60KD1	16	10	1,7	44	24	62	5	0,434
IRGIB15B60KD1	19	12	1,8	52	25	56	15	0,556

**Таблица 6. Основные характеристики новых IGBT**

Транзистор	$I_c, А$ при 25°C	$I_c, А$ при 100°C	$U_{ce(on)}, тип., В$	$P_d, макс., Вт$	$t_r, нс$	$t_f, нс$	$I_F, А$ при 100°C	$Q_{зат}, нКл$	$E_{switch}, мДж$	Тип корпуса
IRGB20B60PD	40	22	2,05	220	6	13	4	68	0,285	TO-220AB
IRGP20B60PD1	40	22	2,05	215	6	13	8	68	0,285	TO-247AC
IRGP35B60PD	60	34	1,85	308	8	12	15	160	0,535	TO-247AC
IRGP50B60PD1	75	45	2,0	390	13	15	15	205	0,750	TO-247AC
IRGP50B60PD	75	42	2,0	370	26	50	25	240	0,960	TO-247AC

ренние потери на 20%. За счет положительного ТКС происходит самовыравнивание токов в транзисторах при параллельном соединении. В этом случае отпадает необходимость использования дополнительных выравнивающих элементов, что уменьшает габариты и удешевляет конструкцию. Транзистор IRGPS40B120U компания IR рекомендует применять в приводах двигателей на частоте 25 кГц, а транзистор IRGPS60B120KD – в системах бесперебойного питания, сварки, индукционного нагрева и в импульсных источниках питания на частоте 50 кГц. Основные технические характеристики транзисторов приведены в табл.2.

Все перечисленные новинки, кроме оговоренных, не включают вариант Co-Pack, т.е. IGBT-транзистор со встроенным антипараллельным диодом. Такое разделение имеет смысл, так как рассмотренные приборы разрабатывались специально для применения в мостовых схемах, а довольно часто вариант Co-Pack не имеет аналога в дискретном исполнении. Рассмотрим новые приборы, появившиеся в данной серии.

Многие транзисторы вначале выпускались только в одном типе корпусов. Начиная с 2001 года IR, анонсируя новые приборы, предлагает их с несколькими вариантами компоновки, обязательно включая варианты SMD-корпусов, таких как D-Pak, D2-Pak и TO-262. Во многих сериях транзисторов были добавлены варианты с корпусами D2-Pak и TO-262 (табл.3).

Продолжая обновлять существующие серии IGBT за счет внедрения технологии NPT для транзисторов и встроенных антипараллельных диодов, IR с 2002 года добавила новые модификации к ультрабыстродействующим приборам – IRGP30B60KD-E, IRG4PH40UD2 и IRGB4B60KD1. Они выпускаются в различных корпусах – TO-247AC и TO-220AB. Благодаря новой технологии их характеристики существенно улучшены (табл.4), за исключением несколько повышенных потерь при переключении (кроме IRGB4B60KD1) из-за ограничения температуры кристалла до 150°C. В последующих версиях эта проблема была решена. Но за счет квадратной формы RBSOA эти транзисторы можно использовать в силовых приводах, где большие стартовые токи и довольно жесткое переключение.

В 2004 г. IR расширила диапазон транзисторов, выпускаемых в полностью изолированном корпусе TO-220FP с гарантированным

напряжением пробоя 2 кВ. Были предложены транзисторы на рабочее напряжение 600 В и стандартную частоту переключения 10–30 кГц. Транзисторы IRGIB7B60KD, IRGIB10B60KD1 и IRGIB15B60KD1 выполнены по технологии NPT, благодаря чему увеличилось гарантированное время непрерывной работы транзистора при температуре кристалла 175°C. Кроме того, транзисторы выдерживают короткое замыкание в течение 10 мкс. Новые изделия имеют квадратную форму RBSOA вплоть до температуры кристалла 175°C. В корпус встроен сверхбыстродействующий диод нового поколения с плавным восстановлением, также выполненный по технологии NPT. Новые транзисторы не нуждаются в отрицательном напряжении смещения для выключения, что упрощает использование управляющих микросхем-драйверов. Все это делает их оптимальными для применения в приводах с жестким стартом и большим стартовым крутящим моментом. Основные технические характеристики транзисторов приведены в табл.5.

Сегодня наибольший интерес представляют мощные IGBT-транзисторы с частотой переключения свыше 100 кГц, поскольку они могут заменить полевые транзисторы. Такая замена обеспечит повышение мощности от 10 до 80% за счет большей плотности тока по сравнению с аналогичными полевыми транзисторами. В 2004 и 2005 годах IR предложила новое семейство транзисторов на рабочее напряжение 600 В и частоту переключения 150 кГц, которое анонсируется под названием Warp2. В настоящее время иных силовых транзисторов на токи 50 и 75 А с такой частотой переключения не существует, что выделяет семейство Warp2 среди подобных приборов.

Новые транзисторы выпускаются в корпусах TO-247 и TO-220. За счет применения технологии NPT в них улучшены характеристики переключения и уменьшен заряд затвора, что обеспечивает повы-

шение плотности тока и увеличение мощности. Положительный ТКС позволяет соединять транзисторы параллельно без дополнительных уравнивающих элементов для обеспечения равномерного распределения тока. Такие транзисторы успешно заменяют полевые при использовании в высокочастотных импульсных источниках питания, подходят они и для работы в коммуникационных системах и серверах.

Последняя новинка в этой серии – транзистор IRGP50B60PD, представленный в январе 2005 года. В нем по сравнению с предыдущей версией существенно увеличен ток встроенного антипараллельного диода – до 25 А. Компания IR рекомендует применять этот транзистор в корректорах коэффициента мощности, мостовых схемах, мощных источниках бесперебойного питания, сварочных аппаратах и различных промышленных силовых устройствах, где ключевым приборам приходится работать в более тяжелых условиях. Основные технические характеристики новых транзисторов приведены в табл.6.

Как показывают практика и расчеты, применение новых поколений приборов позволяет снизить общую стоимость разработки на 10–60% и повысить надежность изделия. Уменьшаются массогабаритные характеристики изделия. В каждом конкретном случае преимущества определяются в зависимости от применения, но использование новых приборов поднимает разрабатываемое изделие на качественно новый уровень.

Любую дополнительную техническую информацию по продукции IR можно получить в отделе технической поддержки компании ЗАО "Золотой Шар", которая работает с IR уже более 10 лет и является первым дистрибьютором IR на российском рынке электронных компонентов.

[www.irf.com](http://www.irf.com)



## SEMI EXPO CIS 2005

С 26 по 28 сентября 2005 года **Международная Ассоциация SEMI и компания ISBA** (Деловое Агентство Поддержки Бизнеса) проведут в Москве программу "**СЕМИ Экспо СНГ 2005**". Она включает в себя следующие мероприятия.

**Международная Выставка оборудования, материалов и технологий полупроводниковой и смежных с ней отраслей промышленности SEMI EXPO CIS 2005 г.** Будет работать 27 и 28 сентября в Московском государственном выставочном зале "Новый Манеж". Среди участников – зарубежные фирмы, предприятия и фирмы России и стран СНГ.

Одновременно с выставкой пройдет **Технический симпозиум**, где российские и зарубежные представители обсудят такие вопросы, как материалы, оборудование и технологии для полупроводниковой промышленности, плоскопанельные дисплеи, солнечная и силовая электроника. В рамках симпозиума состоятся семинары, касающиеся проблем окружающей среды, безопасности и стандартов SEMI.

26 сентября в московском отеле "Националь" будет работать **Международный Симпозиум по Стратегии Полупроводниковой Промышленности (ISS Moscow)**. Его основные темы: инновации; инвестиции; области и возможности применения; разработка интегральных схем (Fables).

В том же отеле 27 сентября состоится **Международная маркетинговая конференция**, посвященная обзорам и прогнозам

развития мирового рынка, рынка России и стран СНГ. Делегаты конференции смогут принять участие в дискуссии о возможностях бизнеса в России, странах СНГ, а также в Китае. Большое внимание будет уделено развитию производства кремния для фотовольтаики.

Впервые в программу SEMI EXPO CIS 2005 включена **Международная Конференция по MEMS/MST** (28 сентября, отель "Националь"). Свои доклады представят специалисты из Германии, Франции и России. Главные разделы: состояние и направление развития рынка MEMS/MST, развитие MEMS/MST в России и СНГ, разработка MEMS/MST, производственные технологии и оборудование для производства MEMS, области применения MEMS.

Все говорит о том, что SEMI EXPO CIS 2005 будет интересной и плодотворной для всех ее участников и посетителей. Российские фирмы смогут установить на ней деловые партнерские отношения с ведущими зарубежными производителями, а также продемонстрировать свою продукцию, возможности, планы и проекты руководителям ключевых российских министерств и ведомств, которые будут участниками Программы и посетителями выставки.

С более подробной информацией о программе SEMI EXPO CIS 2005 (план выставки, заявки на выступление в техническом симпозиуме и др.) можно ознакомиться на Интернет-странице SEMI по адресу [www.semi.org/semiexpocis](http://www.semi.org/semiexpocis).