

Управляйте электродвигателями с помощью XPT IGBT компании IXYS

Компания IXYS представляет XPT IGBT, новейшее поколение транзисторов с защитой в режиме короткого замыкания, с возможностью параллельного соединения и высокой эффективностью. Новейшие достижения в разработке топологии кристалла и новые технологические процессы позволили создать IGBT с улучшенными характеристиками. Комбинация XPT IGBT с современными Sonic-диодами компании IXYS позволяет получить быструю и мягкую характеристику переключения. XPT IGBT оптимизированы для применения в управлении электродвигателями, источниках бесперебойного питания и инверторах различных видов. Первые продукты выпущены в диапазоне токов от 10 до 50 А на напряжение 1200 В. Эти IGBT будут также применяться в силовых модулях различной конфигурации для приложений с большой мощностью.

Иван Полянский

Технология XPT — «тонкая» технология

Движение от PT (Punch through) технологии к XPT (extreme light punch through) в разработках компании IXYS совпало с общеотраслевым трендом производителей IGBT по уменьшению толщины кристалла за счет применения пластин, вырезанных из кристаллов, очищенных зонной плавкой. Достижения в производстве пластин толщиной до 70 мкм (рис. 1), имеющих высокую гибкость за счет малой толщины, позволили снизить тепловое сопротивление одновременно с прямым падением напряжения IGBT, что позволило увеличить коммутируемый ток. Все это дает возможность уменьшить размер кристалла для того же номинального тока и улучшить характеристики корпусированного изделия.

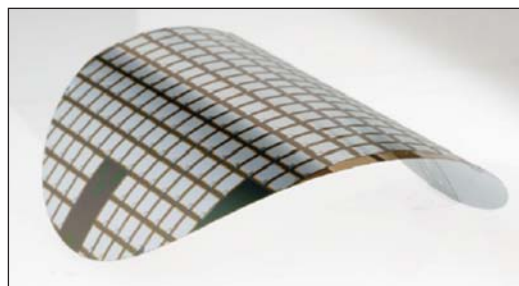


Рис. 1. Пластина XPT IGBT толщиной 70 мкм

Технология XPT IGBT имеет программируемый коэффициент усиления за счет контролируемой концентрации в области *p*-эмиттер/*n*-буфер в области анода транзистора, что позволяет применять параллельное соединение данных транзисторов ввиду положительного температурного коэффициента прямого падения напряжения. Преимущества от совмещения новой топологии кристалла IXYS с «тонкой» технологией пластины будут подробно освещены далее в приведенных характеристиках IGBT, в том числе их статические и динамические

параметры, работа в режиме жестких переключений и надежность в ходе испытаний.

Характеристики XPT

XPT IGBT были разработаны для обеспечения малых потерь коммутации при низком прямом падении напряжения. Это было достигнуто за счет улучшенной области безопасной работы (SOA) и устойчивой характеристики в режиме короткого замыкания. Выходные характеристики при разных температурах показаны на рис. 2.

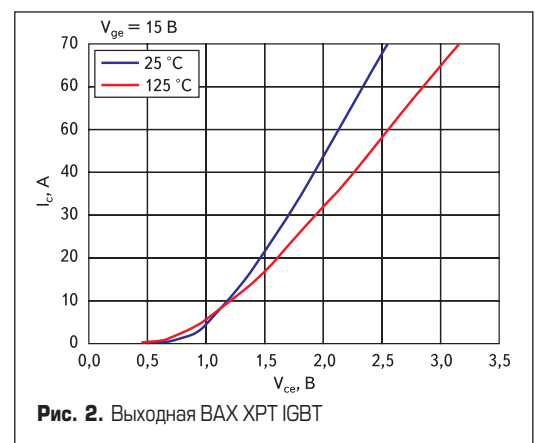


Рис. 2. Выходная ВАХ XPT IGBT

XPT IGBT имеют малое прямое падение напряжения $V_{ce(sat)}$:

- около 1,8 В при номинальном токе и 25 °С;
- 2,1 В на номинальном токе при 125 °С.

Позитивный температурный коэффициент XPT IGBT обеспечивает отрицательную обратную связь, позволяющую использовать транзисторы параллельно. В дополнение к низкому $V_{ce(sat)}$ XPT IGBT имеют малый ток утечки в выключенном состоянии (менее 74 мкА при 150 °С и 1200 В). Характеристика выключения 35-амперного транзистора на 1200 В показана на рис. 3.

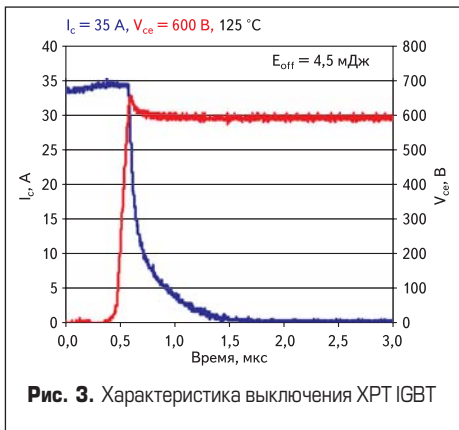


Рис. 3. Характеристика выключения XPT IGBT

Как видно из рис. 3, форма тока имеет «гладкую» форму, уменьшающую электромагнитные помехи и выбросы напряжения. Линейная форма нарастания напряжения и короткий остаточный ток во время запаривания позволяют уменьшить потери ($E_{off} = 4,5$ мДж). XPT IGBT имеют низкий заряд затвора (110 нКл при 15 В) и требуют меньшей энергии драйвера управления по сравнению с Trench IGBT.

XPT + Sonic — наилучшая комбинация

Оптимальное решение задачи по уменьшению потерь на включение достигается при использовании диодов Sonic совместно с XPT IGBT, которые также имеют низкое прямое падение напряжения и великоплетную температурную характеристику.

Диоды Sonic имеют плавную характеристику восстановления, которая позволяет включаться XPT IGBT при очень высоких di/dt даже на малых токах и низкой температуре, где обычно сильно сказываются характеристики диода. Sonic-диоды обеспечивают плавную характеристику выключения по току и устраняют проблемы электромагнитных помех.

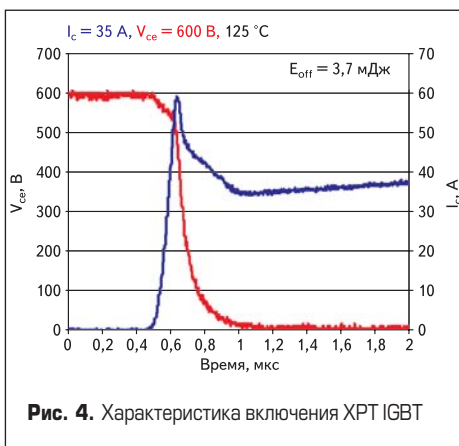


Рис. 4. Характеристика включения XPT IGBT

Диоды Sonic имеют малый ток обратного восстановления одновременно с низким временем восстановления и, как показано на рис. 4, минимизируют энергию на открытие XPT IGBT ($E_{on} = 3,7$ мДж). Прямое падение напряжения V_f диодов Sonic менее зависимо от температуры, что позволяет лучше использовать их в параллельном включении и минимизировать потери коммутации.

Характеристики устойчивости XPT IGBT

Поведение IGBT-транзисторов в режиме короткого замыкания очень важно для приложений с управлением электродвигателями, и XPT IGBT IXYS показали очень хорошие характеристики во время тестирования на короткое замыкание. Дизайн кристалла оптимизирован для обеспечения малой проходной емкости, поэтому обеспечивает приблизительно 4-кратный от номинального ток короткого замыкания, что гарантирует уверенную работу в данном режиме.

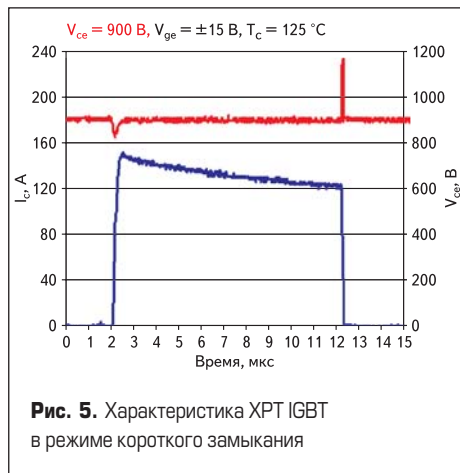


Рис. 5. Характеристика XPT IGBT в режиме короткого замыкания

На рис. 5 показана характеристика транзистора 35 А, 1200 В XPT IGBT во время короткого замыкания при напряжении на затворе ± 15 В при 125 °C и времени 10 мкс. Характеристики XPT IGBT показывают чрезвычайно высокую устойчивость в режиме короткого замыкания при высоком приложенном напряжении, высокой температуре и времени воздействия 10 мкс, без причинения вреда характеристикам IGBT. XPT IGBT компании IXYS имеют область безопасной работы на отрицательном токе (RBSOA) при 1200 В и высокой температуре: до 2-кратного значения номинального тока.

Силовые модули с кристаллами XPT: расчет потерь

Потери IGBT и, следовательно, их температура рассчитываются с учетом эффекта нагрева от потерь проводимости и коммутации во время периода напряжения. Приведем данные расчета теплового сопротивления T_j в течение нескольких секунд в диапазоне частот входного напряжения от 2 до 50 Гц. Потери в IGBT и тепловое сопротивление, как только будет достигнута их стабилизация, в течение периода напряжения отображаются на графике.

Сравнение XPT и Trench-технологий в различных диапазонах частот приведено на рис. 6. В данном случае на рисунке показана характеристика при $U_{dc} = 700$ В, $f = 50$ Гц, $I = 25$ А, $T_{hs} = 60$ C. В этом примере показан модуль 35 А, конфигурации CBI, MIXA35WB1200TED, на примере которого были проведены все расчеты. Рис. 6 наглядно показывает, что на частотах до 4 кГц различие в суммарных потерях двух технологий практически не за-

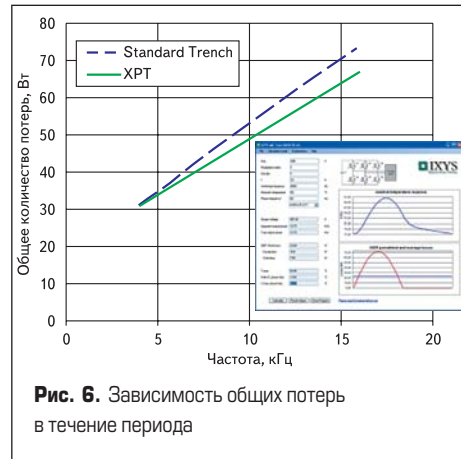


Рис. 6. Зависимость общих потерь в течение периода

метно, но на частотах выше 4 кГц XPT, благодаря превосходным динамическим характеристикам, значительно снижаются потери и выделение тепла, что делает их в итоге более предпочтительными.

Сравнительные характеристики модулей XPT по прямому падению напряжения и суммарным потерям в корпусе IXYS E2-Pack с модулями на кристаллах Trench и SPT показаны на рис. 7.

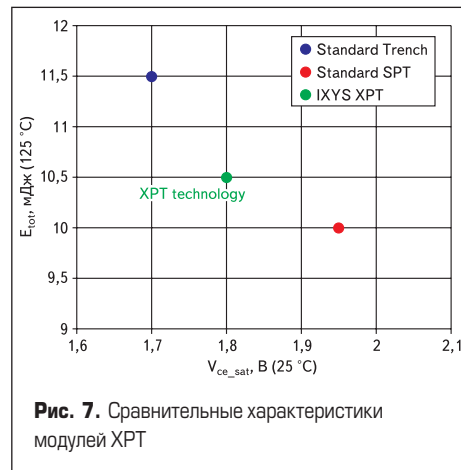


Рис. 7. Сравнительные характеристики модулей XPT

XPT IGBT-модули имеют существенно более низкое прямое падение напряжения, чем стандартные SPT (MWI50-12E7), и более низкие потери коммутации по сравнению со стандартными Trench (MWI50-12T7T). Таким образом, объединение XPT IGBT и диодов Sonic в одном силовом модуле демонстрирует высокую конкурентоспособность данного решения по сравнению с другими существующими технологиями.

Номенклатура изделий с кристаллами XPT

Доступные в настоящее время 1200 В XPT IGBT рассчитаны на ток 10, 15, 35 и 50 А. Эти IGBT доступны в дискретных и модульных изделиях, а также в изделиях, разрабатываемых под технические требования заказчиков. Комбинация XPT IGBT/Sonic применяется в модулях CBI (Converter-Brake-Inverter) и six-pack (трехфазный инвертор) в трех типах корпусов. Трехфазный выпрямительный мост и тормозной транзистор с трехфазным инвертором интегрированы в модулях CBI. В модулях на кера-

Таблица 1. Характеристики дискретных XPT IGBT-модулей

Наименование	Напряжение V_{ces} IGBT, В	Ток I_{c80} IGBT, А	Падение напряжения $V_{ce(sat)}$ тип, $T_j = 25^\circ\text{C}$, В	Энергия включения E_{on} тип, $T_j = 125^\circ\text{C}$, мДж	Энергия выключения, E_{off} тип, $T_j = 125^\circ\text{C}$, мДж	Ток диода I_{c80FWD} , А	Конфигурация модуля	Корпус
MIXA10WB1200TED	1200	12	1,8	1,1	1,1	13	CBI	E2-Pack
MIXA20WB1200TED	1200	20	1,8	1,55	1,7	22	CBI	E2-Pack
MIXA30WB1200TED	1200	30	1,8	2,5	3	29	Six-Pack	E2-Pack
MIXA30WB1200TED	1200	30	1,8	2,5	3	30	CBI	E2-Pack
MIXA40WB1200TED	1200	40	1,8	3,8	4,1	29	Six-Pack	E2-Pack
MIXA40WB1200TED	1200	40	1,8	3,8	4,1	29	CBI	E2-Pack
MIXA60WB1200TED	1200	60	1,8	4,5	5,5	59	Six-Pack	E2-Pack
MIXA60WB1200TEH	1200	60	1,8	4,5	5,5	59	CBI	E3-Pack

Таблица 2. Характеристики XPT IGBT-модулей

Наименование	Напряжение V_{ces} , В	Ток I_{c25} $T_c = 25^\circ\text{C}$ IGBT, А	Прямое падение, $V_{ce(sat)}$ тип, $T_j = 25^\circ\text{C}$ IGBT, В	Энергия закрытия, E_{off} тип, $T_j = 125^\circ\text{C}$ IGBT, мДж	Ток диода, I_{FTJ} , 90°C , А	Конфигурация	Корпус
IXA12IF1200HB, PB, PC, TC	1200	20	1,8	1,1	14	Copack (FRD)	TO-247, TO-220, TO-263, TO-268
IXA17IF1200HJ	1200	28	1,8	1,1	20	Copack (FRD)	ISOPLUS247
IXA20I1200PB, HB	1200	33	1,8	1,7	–	Single	TO-220
IXA20IF1200HB	1200	33	1,8	1,7	24	Copack (FRD)	TO-247
IXA27IF1200HJ	1200	43	1,8	3	26	Copack (FRD)	ISOPLUS247
IXA33IF1200HB	1200	51	1,8	3	32	Copack (FRD)	TO-247
IXA37IF1200HJ	1200	58	1,8	3,8	26	Copack (FRD)	ISOPLUS247
IXA45IF1200HB	1200	69	1,8	3,8	32	Copack (FRD)	TO-247
IXA55I1200HJ	1200	84	1,8	5,5	–	Single	ISOPLUS247
IXA60IF1200NA	1200	84	1,8	5,5	53	Copack (FRD)	SOT-227

мической подложке имеется также датчик температуры NTC для мониторинга температуры в области кристаллов. IXA35IF1200HB является примером дискретной сборки XPT IGBT и Sonic диода в корпусе ISOPLUS247.

В таблицах 1 и 2 приведены первые разработанные продукты с кристаллами XPT. В ближайшее время этот список будет расширен четырьмя новыми IGBT на токи 25, 75 и 100 А для на-

пряжения 1200 В и 100 А для напряжения 1700 В. Полный перечень разрабатываемых продуктов с XPT IGBT ориентирован на диапазон от 3 до 150 А и напряжения 600, 1200 и 1700 В.

Заключение

С представлением новых XPT IGBT компания IXYS расширяет спектр своей продукции

для удовлетворения имеющихся потребностей рынка в высоконадежных силовых ключах с малыми потерями и возможностью параллельного включения. Электрические и тепловые характеристики первых доступных продуктов показывают возможность эффективного применения XPT IGBT и Sonic наравне с другими существующими технологиями.