РЕКОМЕНДАЦИИ КОМПАНИИ MICROCHIP TECHNOLOGY ПО ВЫБОРУ SiC MOSFET ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

СИНИН ЧЖАН (XUNING ZHANG), ТОМАШ КРЕЧЕК (TOMAS KRECEK), НАЙТЕШ САТИШ (NITESH SATHEESH), Microchip Technology

В статье рассматриваются требования к силовым SiC MOSFET для транспорта и промышленных приложений. Описываются тесты, которые должны проходить такие ключи.

ВВЕДЕНИЕ

Мы все, так или иначе, связаны с транспортом в своей повседневной жизни, начиная с перевозки товаров и заканчивая путешествиями или деловыми поездками. Сбой в транспортной цепочке способен породить эффект домино. Поэтому особое внимание при разработке транспортной электроники следует уделить ее надежности и устойчивости. Это требование, в первую очередь, касается силовых преобразователей, особенно преобразователей на основе силовых ключей с использованием карбида кремния (SiC).

Чтобы оценить устойчивость работы SiC MOSFET в жестких условиях, которые сопровождают эксплуатацию транспортных и промышленных систем, недостаточно ограничиться изучением только справочной информации от производителя – необходимо «посмотреть в корень», как советовал Козьма Прутков. В этой статье мы проделаем подобный опыт с SiC MOSFET производства компании Microchip Technology, а также с драйверами затворов для этих ключей той же компании.

СТАБИЛЬНОСТЬ И СРОК СЛУЖБЫ SiC MOSFET

Устойчивость работы SiC MOSFET в широком диапазоне внешних воздействий необходима для надежного функционирования вспомогательных блоков (APU), которые питают в т. ч. аварийные узлы и модули. При определении стабильности и срока службы требуется проверить качество слоя оксида затвора, стабильность внутреннего диода SiC MOSFET и устойчивость к лавинным пробоям.

Устойчивая работа преобразователя во многом определяется стабильным пороговым напряжением SiC MOSFET, которое должно иметь минимальный сдвиг в течение срока службы и при всех условиях эксплуатации. Стабильность порогового напряжения определяется качеством оксида затвора. Его срок службы можно определить путем ускоренных испытаний с помощью повышенной температуры и напряженности электрического поля.

На рисунке 1 показаны результаты ускоренных испытаний при разных напряжениях затор–сток V_{GS}. После испытания в течение 1000 ч при 175°C пороговое напряжение не должно значительно измениться. Оксид затвора транзистора для промышленных приложений может прослужить до 100 лет даже при высоких нагрузках!

В некоторых топологиях силовых каскадов используется внутренний диод, что позволяет уменьшить стоимость изделия и его размеры, а также увеличить надежность за счет отказа от дополнительных диодов. По этим причинам так важна надежность и стабильность внутреннего диода. Кроме того, следует учесть, что его деградация может вызвать увеличение сопротивления канала в отрытом состоянии $R_{DS(ON)}$ и нагрев ключа.

Необходимо проводить дополнительное тестирование внутреннего диода. На рисунке 2 приведен пример теста SiC MOSFET при токе стока 10 А в течение 20 ч. В данном случае тест прошел успешно: падение напряжения на открытом канале до и после теста не изменилось; следовательно,

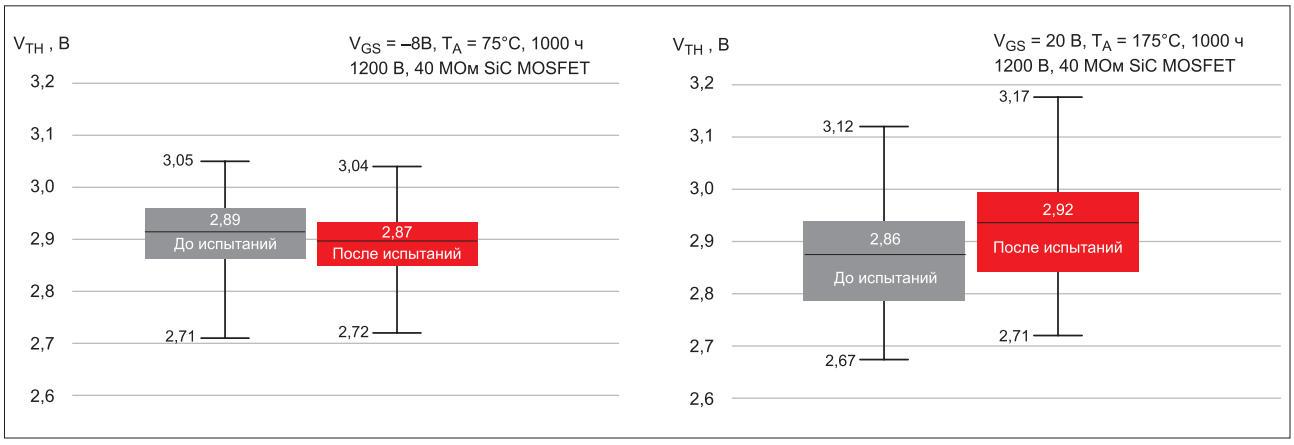

Рис. 1. **Результаты ускоренных испытаний в течение 1000 ч при 175°C и: а) отрицательном; б) положительном напряжении затвор–сток**

сопротивление $R_{DS(ON)}$ также осталось прежним.

Еще одним важным требованием к SiC MOSFET для промышленных и транспортных приложений является устойчивость к лавинному пробою. Он может возникать при отключении цепей с индуктивной нагрузкой в случае отсутствия или некорректно рассчитанных снабберных цепей и ограничителей перенапряжения. Лавинный пробой приводит к избыточному нагреву ключа и уменьшению срока службы.

В документации производителей нечасто приводятся результаты испытаний на лавинный пробой. Подобные тесты позволяют судить о качестве SiC MOSFET и сделать прогноз об их долговечности. Повторяющийся тест коммутации индуктивной нагрузки без ограничителей перенапряжения (R-UIS) определяет стойкость диэлектрика в зависимости от времени (TDDB) до и после 100 тыс. циклов R-UIS. Его результаты представлены на рисунке 3: они показывают весьма разную устойчивость ключей разных производителей к лавинному пробою. Подобные данные едва ли можно найти в документации производителя, хотя их важность велика для ряда приложений.

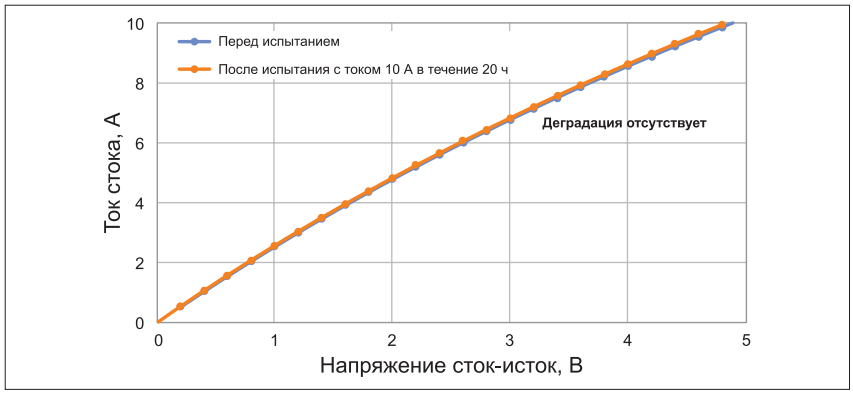

Рис. 2. **Результаты теста SiC MOSFET при токе стока 10 А в течение 20 ч**

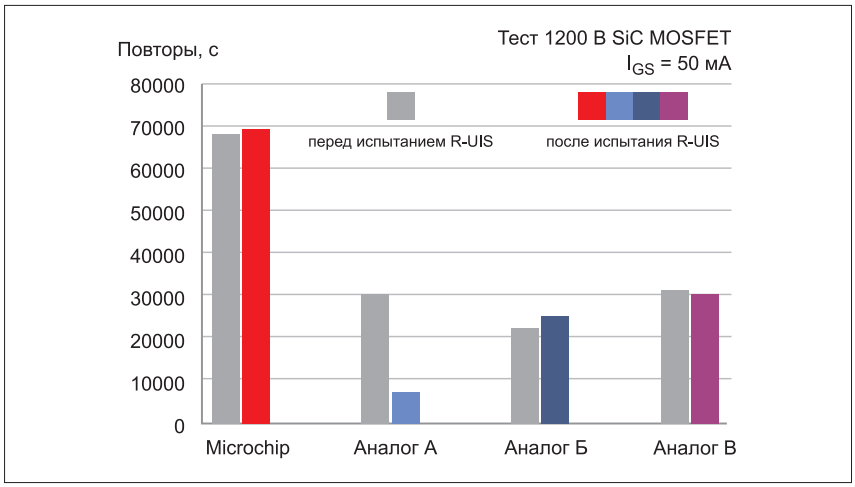

Рис. 3. **Результаты теста SiC MOSFET разных производителей на лавинный пробой**

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ДРАЙВЕРЫ ЗАТВОРА

Надежность драйверов затвора и возможность их адаптации к конкретным условиям является необходимой составляющей стабильной и устойчивой работы силового преобразователя. Интеллектуальные драйверы компании Microchip Technology (см. рис. 4) отвечают всем этим требованиям – они оснащены всей необходимой защитой, а их параметры могут задаваться с помощью человеко-машинного интерфейса (см. рис. 5) и устанавливаться программно через коммуникационные интерфейсы драйвера.

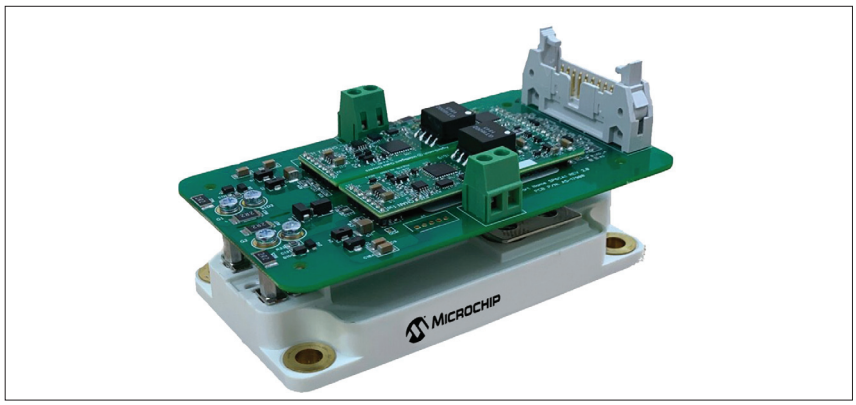

Рис. 4. **Интеллектуальные драйверы компании Microchip Technology**

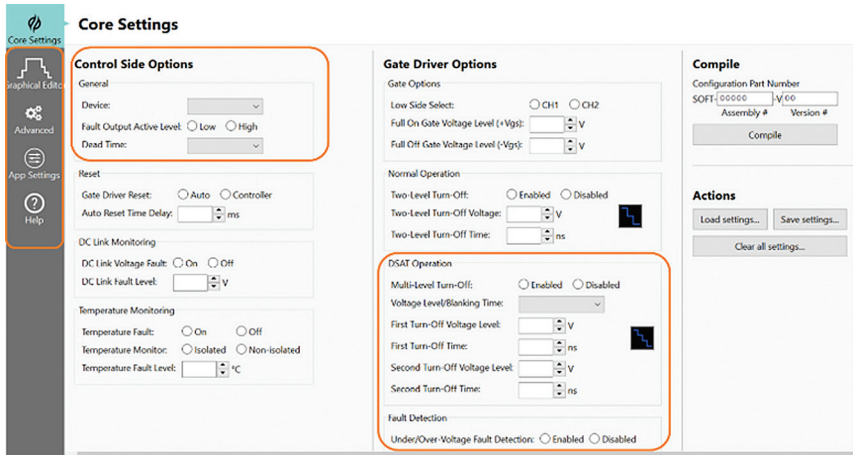

Рис. 5. **Инструмент конфигурирования драйвера затвора**