

НОВЫЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ СИЛЬНОТОЧНЫЕ ДИОДЫ С ПЛАВНОЙ КОММУТАЦИЕЙ

АНДРЕЙ ЕРШОВ, инженер, StarPower Europe и Mitsubishi Electric

В статье очень кратко описаны последние новинки компаний StarPower Europe и Mitsubishi Electric. Приведены основные характеристики диодов и осциллограммы процессов коммутации.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то, что в последнее время достигнут неплохой прогресс в улучшении параметров диодов, они в некоторых силовых топологиях до сих пор остаются ахиллесовой пятой. Особенно если речь идет о высоковольтных силовых каскадах, где требуются диоды с быстрым восстановлением обратного сопротивления и большим максимальным обратным напряжением. Производители силовых полупроводниковых приборов продолжают работу по созданию высоковольтных диодов с быстрым восстановлением (Fast Recovery Diodes, FRD).

Мы очень кратко, не углубляясь в детали, расскажем о двух таких разработках. Одна из них принадлежит компании StarPower Europe AG [1], а другая – компании Mitsubishi Electric [2].

ДИОДЫ КОМПАНИИ STARPOWER EUROPE AG

Эта компания разработала уже 4-е поколение диодов FRD. Особенностью нового поколения является использование объемной кремниевой пластины тонким нижним слоем n+ с лазерным отжигом. Благодаря комбинации глубоко легированного фосфора и легирования примесью, уменьшающей время жизни носителей, были получены быстрые диоды с мягким восстановлением и токовым хвостом.

Характеристики новых диодов стабильны во всем диапазоне рабочей температуры, а прямое падение напряжения на них мало зависит от температуры. Эти диоды предназначены для приложений с повышенной частотой, где крайне важно уменьшить коммутационные потери. Номинальное обратное напряжение новых диодов составляет 600, 1200 и 1700 В. Они экономичны в изготовлении, т.к. позволяют использовать глубокую диффузию фосфора и отказаться от многократной протонной имплантации.

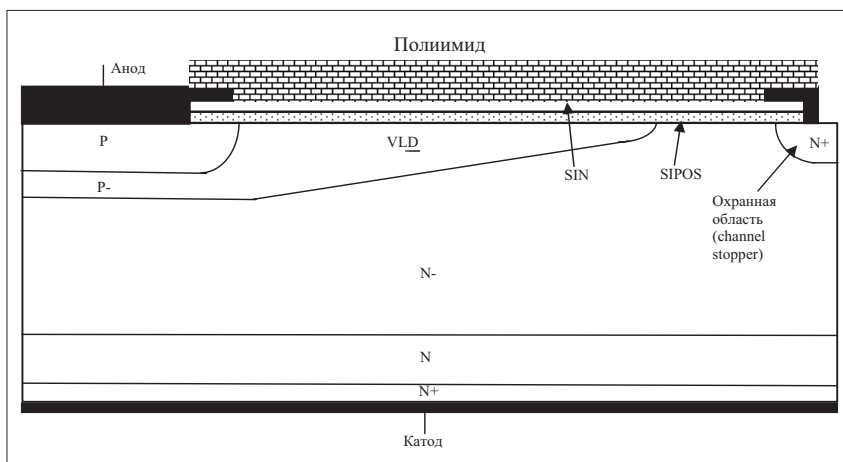


Рис. 1. Сечение высоковольтного диода компании StarPower Europe AG

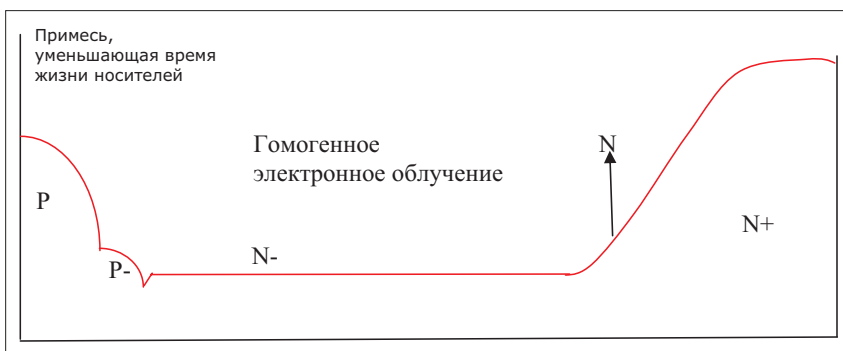


Рис. 2. Структура 1700-В диода с мягким восстановлением компании StarPower Europe AG

На рисунке 1 схематично показано сечение диода. Его структура совместима с производственным процессом IGBT с нормированным напряжением 1700–4500 В. Структура получена с помощью десорбции/ионизации кремния DIOS. На рисунке 2 показана структура 1700-В диода с мягким восстановлением. В нем используется глубокая диффузия фосфора и примесь бора в P-области, уменьшающая время жизни носителей. Область P позволяет уменьшить ток утечки, а также предотвратить эффект сжатия (шнурования) тока при жесткой коммутации. Область N обеспечивает избыточный заряд для мягкого восстановления.

Положительный температурный коэффициент диода позволяет при-

менять его с параллельно включаемыми IGBT даже при высокой температуре. Время восстановления обратного сопротивления T_{rr} задается путем введения примесей, уменьшающих время жизни носителей. Производство диодов осуществляется методом вариативного распределения примеси (VLD). Применяется технология поверхностной пассивации полупроводниковых приборов с легированными кислородом пленками поликристаллического кремния (SIPOS). В результате достигается высокая надежность и стабильность коммутационных параметров.

Проведение тестов на стабильность при максимальных температурах показали, что при обратном напряжении,

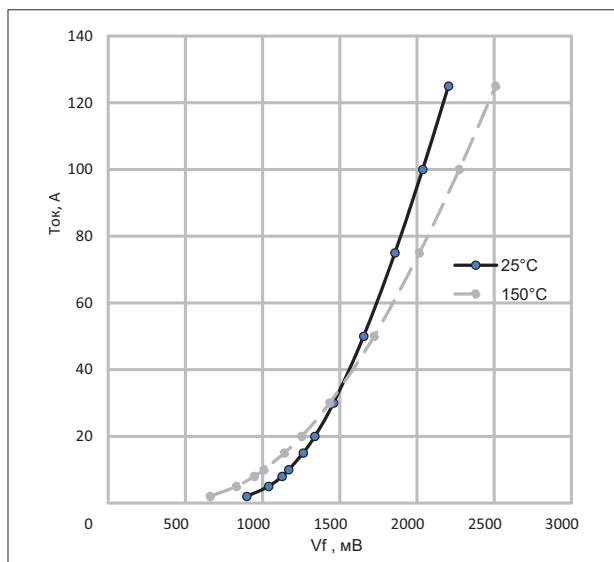


Рис. 3. Статическая вольтамперная характеристика диода компании StarPower Europe AG

составляющем 80% от максимального, и температуре 150°C обратный ток не увеличивается и составляет 10 мкА. Испытания проводились в течение 1000 ч, показания регистрировались каждые 8 ч.

На рисунке 3 показана статическая вольтамперная характеристика 900-В диода. Как видно из рисунка, прямое падение напряжения на диоде возрастает с увеличением температуры, что позволяет применять параллельное соединение диодов. На рисунке 4 показан процесс коммутации 900-В диода: верхняя кривая соответствует току диода, а нижняя представляет собой производную тока.

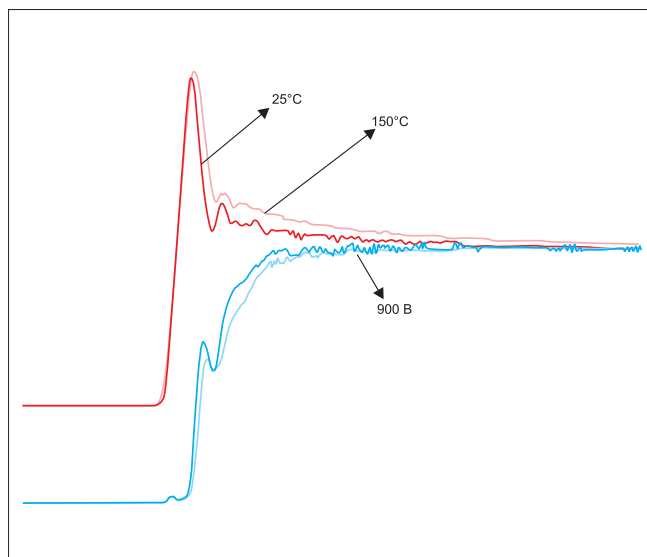


Рис. 4. Процесс коммутации диода компании StarPower Europe AG

ДИОДЫ КОМПАНИИ MITSUBISHI ELECTRIC

Компания выпускает новые модули RFC на базе диодов, входящих в состав IGBT-сборок. Диоды характеризуются низкими потерями мощности и высоким показателем I^2t . Максимальная температура перехода достигает 150°C. Структура диода показана на рисунке 5. Области легирования P и N+ на нижней стороне диода обеспечивают плавную коммутацию, что позволяет уменьшить коммутационные электромагнитные помехи.

На рисунке 6 приведены вольтамперные характеристики диода RFC и диода прежнего поколения. Видно, что компании удалось существенно уменьшить прямое падение напряжения на диоде и, следовательно, сократить потери на проводимость. Кроме того, у диодов нового поколения увеличена способность выдерживать импульсные токи. Если у 4500-В/900-А диода предыдущего поколения величина I^2t составляла 170 кА² с при максимальном всплеске тока до 6400 А, то у диода нового поколения этот пока-

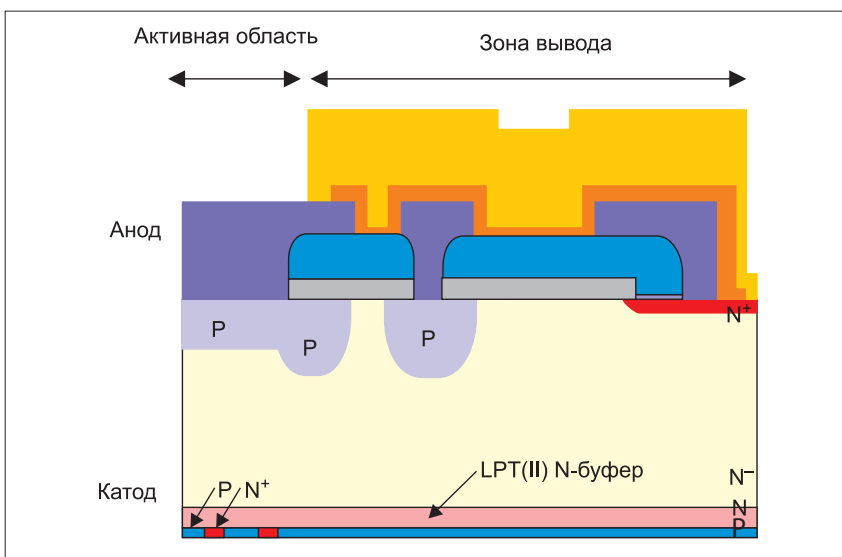


Рис. 5. Структура диода RFC компании Mitsubishi Electric

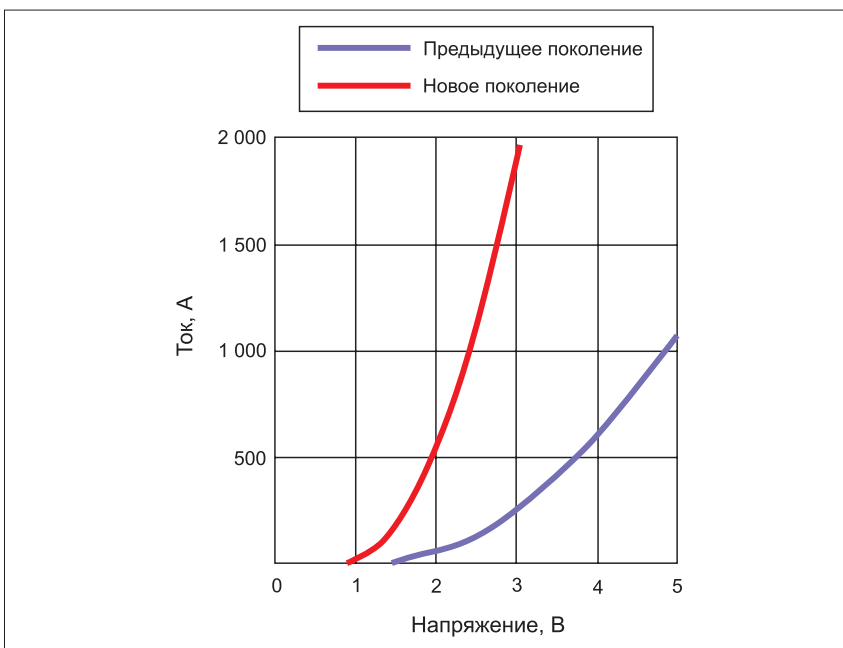


Рис. 6. Статическая вольтамперная характеристика диодов компании Mitsubishi Electric

затель возрос до 390 кА^2 с при максимальном пиковом значении 8800 А .

На рисунке 7 показана осциллограмма восстановления обратных характеристик диода при напряжении шины постоянного тока 3500 В и паразитной индуктивности 150 нГн .

ЛИТЕРАТУРА

1. *A Low loss and Low Forward Voltage Drop SIPOS Passivated Fast Recovery Diode*//www.bodospower.com.
2. *X-Series RFC Diodes for Robust and Reliable Medium-Voltage Drives*//www.bodospower.com.

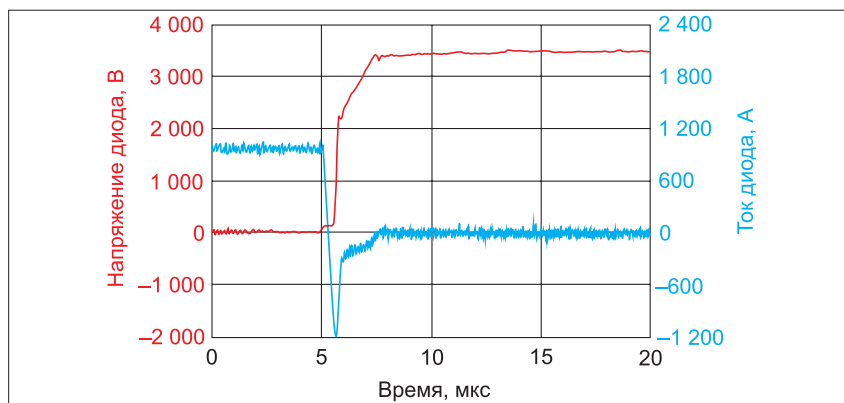


Рис. 7. Осциллограмма восстановления обратных характеристик диода компании Mitsubishi Electric