

Устройства на основе карбида кремния

повышают КПД систем преобразования
солнечной энергии

Диоды на основе карбида кремния (SiC) уже проникли в быстро развивающийся рынок инверторов для систем питания на основе солнечных батарей, в частности в Европе. Карбидокремниевые диоды Шоттки компании CREE, рассчитанные на работу с напряжением 1200 В, начинают использовать вместо кремниевых диодов в бустерной части, работающей с постоянным напряжением, и скоро их будут внедрять в инверторную часть коммерчески доступных систем.

**Майкл О'Нейлл
(Michael O'Neill)**

Перевод: Михаил Некрасов

info@icquest.ru

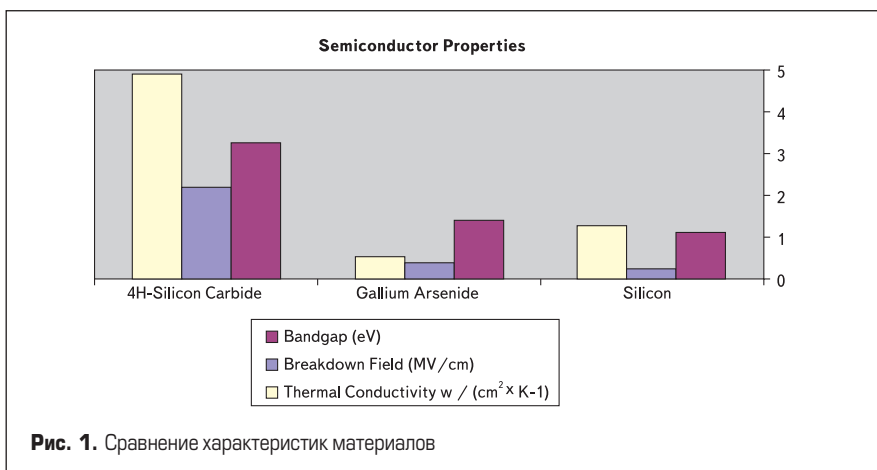
В последние несколько лет улучшение качества материалов, оптимизация физических размеров и стоимости сделали карбид кремния настоящим жизнеспособной заменой кремнию в силовых устройствах. С увеличением размера полупроводниковых пластин (CREE использует пластины диаметром 4 дюйма) количество дефектов снижается, и стоимость материалов уменьшается. Доступные сегодня силовые устройства на основе карбида кремния больше по размеру, чем это было несколько лет назад.

Эта технология имеет множество уникальных особенностей, что делает ее почти идеальной для работы с высокими напряжениями и при высоких температурах. Во-первых, теплопроводность SiC в несколько раз выше, чем у арсенида галлия, и в три раза выше, чем у кремния. Это позволяет производить устройства с высокой плотностью мощности. Кроме того, поле пробоя карбида кремния почти в десять раз больше поля пробоя кремния, поэтому у эквивалентных по размерам устройств на основе карбида кремния напряжение пробоя в десять раз больше, чем напряжение пробоя у схожих кремниевых устройств.

Благодаря этому свойству можно создавать диоды Шоттки, работающие с очень высокими напряжениями. И, наконец, SiC — это материал с большой шириной запрещенной зоны, поэтому он может работать при гораздо больших температурах по сравнению с кремниевыми устройствами. На рис. 1 представлена диаграмма, по которой можно оценить разницу в тепловой проводимости, электрическом поле пробоя и ширине запрещенной зоны карбида кремния, арсенида галлия и кремния.

Компания CREE использует карбид кремния для производства высоковольтных диодов Шоттки. Фактическое преимущество диодов Шоттки заключается в том, что это униполярные устройства, здесь отсутствует рекомбинация неосновных носителей, что ведет к нулевым токам обратного восстановления (рис. 2). Однако имеется очень маленький заряд емкости перехода. Магнитуа этого заряда незначительна в сравнении с эквивалентным зарядом обратного восстановления кремниевого PIN-диода и, кроме того, не зависит от температуры, прямого тока и отношения di/dt при переключении. Эти диоды Шоттки также имеют нулевое прямое напряжение восстановления, поэтому каких-либо задержек при включении не происходит. Такие импульсные характеристики обладают еще одним скрытым преимуществом — это снижение радиопомех. Применение этих устройств сводит на нет потери на переключение на диодах в системах преобразования энергии, что, в свою очередь, существенно уменьшает потери на включение по сравнению с подобными переключениями в системах с использованием кремниевых PIN-диодов. Благодаря этой возросшей эффективности и производительности, диоды Шоттки на основе карбида кремния являются идеальным решением для систем питания от солнечной энергии.

Согласно известным данным, доля электричества в мировом использовании энергии составляет 39%. В США ожидается повышение потребностей в энергии на 19% в следующие 10 лет, а в развивающихся



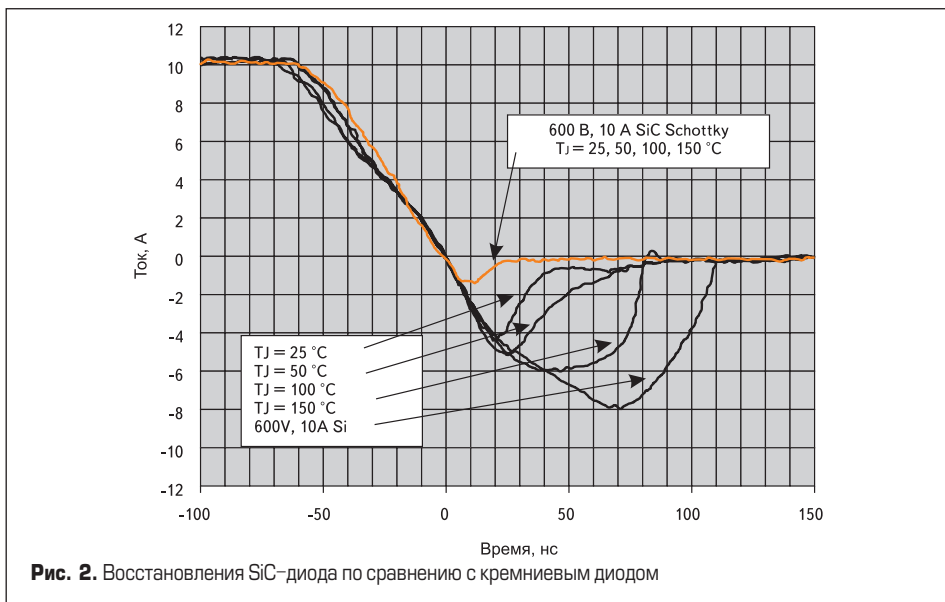


Рис. 2. Восстановления SiC-диода по сравнению с кремниевым диодом

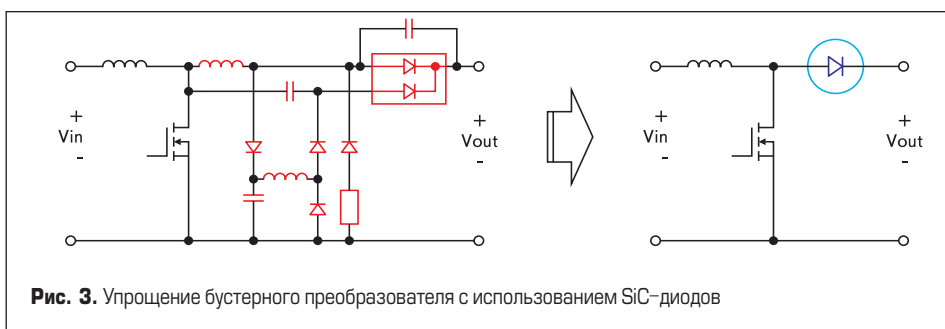


Рис. 3. Упрощение бустерного преобразователя с использованием SiC-диодов

странах этот показатель будет значительно выше. Европа уже воспользовалась преимуществами использования солнечной энергии, и некоторые страны дополнительно поощряют бизнесменов и частных лиц, которые решили перейти на использование солнечной энергии. Благодаря общему увеличению эффективности систем с диодами Шоттки на основе карбида кремния, многие производители оборудования для преобразования солнечной энергии перешли на использование этой технологии.

Солнечные панели собирают энергию солнца и преобразовывают ее в постоянное напряжение. Уровень напряжения меняется в зависимости от интенсивности солнечных лучей, попадающих на панели. Это напряжение повышается до фиксированного постоянного напряжения через бустерный преобразователь, работающий на высокой частоте (рис. 3). Диоды Шоттки компании CREE на основе карбида кремния исключают появление потерь на переключение бустерных диодов и существенно уменьшают потери на включении полевых МОП-транзисторов или биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT). Это значительно повышает КПД бустерной части преобразователей. Затем инверторы преобразуют фиксированное постоянное напряжение в полезное переменное напряжение с фиксированной частотой (обычно 220 В, 50 Гц для Европы и 110 В, 60 Гц для Северной Америки). Диоды Шоттки на основе карбида кремния также устраняют потери на переключениях в безынерционных диодах в инверторах и одновременно уменьшают потери на включение IGBT-транзисторов. КПД инверторов существенно возрастает. Инверто-

ры с кремниевыми устройствами обычно работают со средним КПД около 96%. У более эффективных систем больше энергии от солнечных панелей преобразуется в полезное электричество. С использованием устройств на основе карбида кремния КПД инверторов может быть увеличен до 97,5%. Это отражает снижение потерь на 25% в инверторе. Если учесть, что такие солнечные системы рассчитаны на работу в течение как минимум 30 лет, то мы получаем значительную экономию электроэнергии, а сами системы, вследствие уменьшения рабочих температур, становятся более надежными.

Доступные сегодня системы преобразования солнечной энергии делятся на две основные категории — связанные с коммунальными сетями и автономные. В системах, связанных с коммунальными сетями, электроэнергия к конечным пользователям подается как от солнечных панелей, так и от коммунальных сетей, поэтому существует зависимость от потребляемой нагрузки, времени суток и т. д. Эти системы имеют возможность измерять нагрузку и могут отдавать в сеть энергию в периоды малого потребления. Автономные системы содержат в своем составе аккумуляторы, а иногда и генераторы резервного питания. Солнечные панели с помощью контроллеров заряжают банк аккумуляторов, и аккумуляторы обеспечивают необходимое напряжение для работы инверторов, которые, в свою очередь, подают электроэнергию конечным пользователям. Сегодня обычная стоимость ватта электроэнергии составляет \$10, таким образом, система на 3 кВт должна стоить приблизительно \$30 000. Понятно, что системы с более высоким КПД

позволяют потребителям быстрее окупить вложенные затраты. Концепция глобальной энергетики — скорейшее введение в использование источников альтернативной энергии, и здесь карбид кремния обеспечивает дополнительные преимущества.

Самый крупный рынок систем преобразования солнечной энергии — это рынок Германии. Отчасти потому, что коммунальные энергетические сети дополнительно стимулируют потребителей, покупая у них излишнюю энергию в три раза дороже ее себестоимости. Когда пользователь генерирует энергию от систем преобразования солнечной энергии и не использует эту энергию самостоятельно, измерительные системы коммунальных энергетических сетей позволяют ему подавать излишки электроэнергии в сеть. Коммунальные сети платят заказчику за эту электроэнергию. Поэтому в Германии период окупаемости вложений с системы преобразования солнечной энергии значительно короче по сравнению с другими странами.

Несмотря на то, что наибольший рынок солнечной энергии сейчас сосредоточен в Европе, он распространяется и по всему миру. Многие развивающиеся страны начали использовать солнечную энергию как «жизнеспособную». В связи с увеличением усилий по сохранению окружающей среды и постоянно растущей стоимости электроэнергии рано или поздно возможно более активное принятие солнечной энергии и в США. В штатах Калифорния, Аризона и Невада уже происходит стимулирование перехода к использованию солнечной энергии. И благодаря большому количеству солнечных дней в году в этих трех штатах, они скоро получат выгоду от принятых мер.

Компания CREE уже около четырех лет поставляет высоковольтные диоды Шоттки на основе карбида кремния и постоянно расширяет номенклатуру предлагаемых устройств. Рынок солнечных панелей постоянно стремится к разработке все более эффективных систем, так как обычно КПД этих систем лежит в пределах от 15 до 20%. Исходя из этой статистики, в настоящее время на общий КПД системы сильное влияние оказывают используемые инверторы и бустерные преобразователи, вот почему диоды на основе карбида кремния играют такую важную роль. В перспективе — изыскания по разработке более высокоэффективных материалов для фотогальванических панелей. Необходимо, чтобы гораздо больше электроэнергии выделялось с меньших площадей, занимаемых солнечными панелями.

Сейчас производители диодов на основе карбида кремния должны обратить пристальное внимание на нужды потребителей, предлагая все более мощные устройства и переходя с 10-, 20-амперных, выпускающихся сегодня, на 50-, 100-амперные и более высокоточные устройства. Фактически CREE выпускает коммерчески доступные устройства, рассчитанные на работу при 1200 В с токами 50 А. Благодаря дальнейшему улучшению технологии изготовления материалов на основе карбида кремния и увеличению размера используемых пластин, компания CREE имеет все шансы стать ведущим поставщиком этих устройств и в будущем.