

# Улучшение качественных показателей выпрямительных устройств

Жаналин Арман Сабрович, магистрант, Казахский агротехнический университет  
им.С.Сейфуллина

Кусаинова Кайни Тулегеновна, к.т.н., Казахский агротехнический университет  
им.С.Сейфуллина

В 2011 г. многие компании представили различные типы диодов – от мостовых выпрямителей до диодов Шоттки на основе кремния и карбида кремния.

Самой активной компанией с точки зрения выпуска новых моделей выпрямителей и диодов в 2011 г. стала Vishay Intertechnology. С января 2011 г. компания представила несколько типов TMBS-выпрямителей с барьером Шоттки (Trench MOS barrier Schottky). Эти выпрямители позволяют обеспечить более высокую плотность тока в низковольтных высокочастотных инверторах и распределительных блоках солнечных элементов, где они используются в качестве обратных диодов защиты фотоэлектрических элементов.

TMBS-выпрямители сочетают высокую перегрузочную способность в прямом направлении с низким прямым напряжением  $V_F$ , вплоть до 0,3 В, что позволяет минимизировать потери энергии. Устройства отвечают требованиям директивы RoHS 2002/95/EC и WEEE 2002/96/EC и не содержат галогенов в соответствии с определением IEC 61249-2-21.

Кроме того, компания Vishay расширила семейство TMBS-выпрямителей еще 20 приборами, рассчитанными на обратное напряжение 45 В и широкий диапазон номинальных токов 10–60 А в мощных корпусах четырех типов. Благодаря чрезвычайно низкой величине прямого напряжения (вплоть до 0,28 В при токе 5 А), эти TMBS-выпрямители позволяют снизить потери мощности и улучшить.

Vishay представила дополнительно 12 TMBS-выпрямителей, рассчитанных на напряжение 45 В, которые характеризуются широким диапазоном номинального тока: 10...60 А. При чрезвычайно низком падении напряжения, составляющем обычно 0,33 В при токе 10 А, выпрямители оптимизированы для использования в распределительных блоках солнечных батарей в качестве обратных диодов защиты.

Все выпрямители характеризуются максимальной рабочей температурой перехода 150°C и максимальной температурой перехода в режиме прямого постоянного тока без обратного смещения не более 200°C (в течение не более 1 ч). Устройства отвечают требованиям директивы RoHS 2002/95/EC и WEEE 2002/96/EC.

Однофазные мостовые выпрямители в корпусе с однорядным расположением выводов.

Vishay выпустила также два однофазных мостовых выпрямителя, которые характеризуются пониженной по сравнению с предыдущим поколением устройств величиной прямого напряжения  $V_F$  вплоть до 0,73 В при температуре 125°C и высокой перегрузочной способностью по импульсному прямому току.

Выпрямитель LVB1560 обеспечивает номинальный ток в 15 А и низкое значение прямого напряжения  $V_F$ , вплоть до 0,73 В при токе 7,5 А, в то время как LVB2560 обеспечивает номинальный

---

ток в 25 А и прямое напряжение  $V_F$ , вплоть до 0,76 В при токе 12,5 А.

Мостовые выпрямители обеспечивают максимальное пиковое обратное напряжение в 600 В. Имеющие планарную структуру окисла на кристалле, устройства демонстрируют высокую электрическую прочность диэлектрика на уровне 2500  $V_{RMS}$ .

Сверхбыстрые 600-В выпрямители классов Hyperfast и Ultrafast, выполненные по технологии FRED Pt.

В 2011 г. Vishay выпустила 34 новых 600-В выпрямителя классов Hyperfast и Ultrafast, выполненных по технологии FRED Pt. Характеризуясь чрезвычайно быстрым временем восстановления, малой величиной прямого падения напряжения и малым зарядом обратного восстановления, новые устройства уменьшают потери на переключение и потери проводимости в высокоэффективных импульсных источниках питания с корректором коэффициента мощности (ККМ).

Обратное время восстановления при комнатной температуре не превышает 17 нс (при  $I_F = 8$  А,  $di/dt = 200$  А/мкс,  $V_R = 390$  В), а заряд обратного восстановления при температуре 125°C составляет 77 нКл (при  $I_F = 8$  А,  $di/dt = 200$  А/мкс,  $V_R = 390$  В).

Новые выпрямители входят в состав семейства Hyperfast серий H и X и семейства Ultrafast серии L. Кроме того, новая серия U была специально разработана для сверхбыстрого мягкого восстановления. Устройства имеют улучшенные показатели надежности, которые превышают стандартные требования по устойчивости к повышенной влаге и стабильности  $I_R$  во времени.

Выпрямители работают при максимальной температуре перехода 175°C, что важно для отказоустойчивых и экономически эффективных систем, а также имеют чрезвычайно низкие утечки. Устройства соответствуют требованиям директивы RoHS 2002/95/EC, не содержат галогенов согласно IEC 61249-2-21, а также спроектированы и специфицированы в соответствии с JEDEC-JESD47.

Диоды Шоттки на карбиде кремния.

Компания Cree Inc. анонсировала новое семейство Z-Rec из семи 1200-В диодов Шоттки на карбиде кремния (SiC), которые оптимизированы по цене и характеристикам, рассчитаны на различные токи и доступны в различных корпусах.

При создании устройств силовой электроники последнего поколения разработчики учитывают уникальные характеристики диодов Шоттки на основе карбида кремния – нулевые потери обратного восстановления, независимые от температуры потери на переключение, более высокую рабочую частоту при более низком уровне электромагнитных помех (ЭМП). Новое семейство диодов обеспечивает более высокую плотность тока и устойчивость в лавинном режиме по сравнению с предыдущим поколением диодов Шоттки на базе SiC без ухудшения остальных характеристик.

Диоды Z-Rec от Cree обладают нулевым током обратного восстановления, что обеспечивает 50-% снижение потерь на переключение по сравнению с аналогичными кремниевыми диодами. Они также демонстрируют устойчивые характеристики переключения во всем температурном диапазоне, что упрощает схему и устраняет необходимость применения сложной системы управления тепловыми режимами. При использовании совместно с недавно представленными 1200-В мощными MOSFET на основе SiC новые диоды Шоттки позволяют реализовывать силовые цепи полностью с использованием приборов на основе карбида кремния. Эти устройства способны работать на частоте переключения, в четыре раза превышающей рабочую частоту обычных кремниевых диодов и IGBT. Это позволяет уменьшить размеры, сложность и стоимость схемы инвертора, обеспечивая чрезвычайно высокую эффективность. Наконец, новое семейство имеет

---

дополнительные преимущества по перегрузочной способности и устойчивости в лавинном режиме по сравнению с предыдущим поколением диодов Шоттки на основе SiC, что увеличивает надежность системы.

Эти устройства идеальны при использовании их в качестве вольтодобавочных диодов и встречно включенных диодов в инверторах для солнечных батарей и 3-фазных схем управления электроприводами, а также в цепях усиления ККМ в источниках питания и системах бесперебойного электроснабжения. Они также могут быть использованы в приложениях, в которых множество диодов включены параллельно для увеличения требуемой мощности.

Представленные устройства рассчитаны на номинальные токи 2, 5, 10, 20 и 40 А. В зависимости от номинального тока диоды доступны в стандартном полностью изолированном корпусе TO-220 и в стандартном корпусе TO-247.

Другие устройства на базе SiC.

Компания Rohm Semiconductor анонсировала серию высококачественных диодов с барьером Шоттки (SBD) на базе карбида кремния SCS1xxAGC. Этот класс диодов на базе SiC позволяет улучшить эффективность преобразования энергии в таких приложениях ККМ и источники питания, инверторы для солнечных панелей, источники бесперебойного энергоснабжения, кондиционеры и т.д.

Серия SCS1xxAGC обеспечивает низкое прямое напряжение  $V_F$  в широком диапазоне температур, что позволяет уменьшить рассеивание мощности в реальных условиях эксплуатации. Например, диод на 10 А имеет  $V_F = 1,5$  В при  $25^\circ\text{C}$  и  $1,6$  В при  $150^\circ\text{C}$ . Низкое прямое напряжение снижает потери проводимости, в то время как ультракороткое время обратного восстановления (типичное значение 15 нс) обеспечивает высокочастотное переключение и минимизацию потерь на переключение.

С приобретением компании SiCrystal AG ROHM Semiconductor получила в свое распоряжение всю производственную базу для изготовления полупроводников на SiC – от формирования слитка до производства силовых устройств. Это обеспечивает быструю разработку новых продуктов и полный контроль над параметрами необходимых при их производстве материалов, что позволяет достичь лучшие в отрасли показатели по надежности и качеству.

Высокотемпературные диоды малой мощности.

Бельгийская компания CISSOID выпустила двоярный последовательный высокотемпературный 80-В диод в компактном герметичном металлическом корпусе типа TO-18 – SHT-GANYMEDE. Этот прибор, состоящий из двух последовательно соединенных диодов, способен выдерживать обратное напряжение до 80 В, имеет максимальный прямой ток 300 мА при температуре  $225^\circ\text{C}$  и предназначен для работы в диапазоне температур:  $-55...225^\circ\text{C}$ . Этот двоярный диод представляет собой дискретный прибор общего назначения, который можно использовать в различных приложениях, в том числе в цепях восстановления постоянной составляющей, низкоточных выпрямителях, схемах датчиков и т.д.

Диоды SHT-GANYMEDE имеют весьма малую емкость перехода на уровне 8,5 пФ при обратном напряжении 25 В, что делает их идеальными для выпрямления переменного сигнала, например, в мостовых выпрямителях с использованием двух диодов GANYMEDE. Эти диоды имеют прямое напряжение 0,36 В при токе 1 мА и температуре  $225^\circ\text{C}$ , а кроме того демонстрируют весьма низкие токи утечки в 8,9 мкА при обратном напряжении 80 В и температуре  $225^\circ\text{C}$ , что делает их пригодными для высокотемпературных умножителей напряжения (с накачкой заряда). При прямом токе в 300 мА для прямого напряжения в 1,5 В при температуре  $225^\circ\text{C}$  диоды GANYMEDE можно использовать в схемах фиксации напряжения.

---

Сертифицированные по QPL выпрямительные диоды Шоттки для космических приложений.

Компания International Rectifier (IR) расширила свое предложение в области высоконадежных выпрямительных диодов Шоттки. Сертифицированные в соответствии с QPL (Qualified Products List) – перечнем изделий, разрешенных к применению Управлением тыла Министерства обороны США (Defense Logistics Agency (DLA) Land and Maritime) для космических приложений – эти устройства доступны в исполнении с допустимыми обратными напряжениями 45 и 100 В и номинальными токами 15...45 А.

Выпрямительные диоды Шоттки используются, главным образом, в выходном каскаде импульсно источника питания. Характеризующиеся весьма малым прямым падением напряжения  $V_F$  и коротким временем восстановления, эти новые устройства позволяют минимизировать потери переключения и проводимости в источниках питания.

Выпрямители с технологией SuperBarrier.

Компания Diodes Inc. расширила свое предложение выпрямителей, изготовленных по запатентованной ею технологии Super Barrier Rectifiers (SBR), устройствами с номинальными токами 12 и 15 А в компактном корпусе PowerDI5. Устройства характеризуются весьма малым прямым напряжением, например, выпрямитель SBR12U120P5 имеет типовую величину  $V_F$ , равную 0,63 В при прямом токе 12 А и рабочей температуре 125°C.

Благодаря лучшим тепловым характеристикам контакта, что помогает улучшить перегрузочную способность в прямом направлении, SBR в корпусе PowerDI5 позволяют повысить надежность источников питания за счет лучшей защиты от бросков тока при включении и лучшей передачи тепла по сравнению с выпрямителями в более крупных корпусах. Посадочное место корпуса PowerDI5 составляет 26 мм<sup>2</sup>, что на 41% меньше корпуса SMC, а его высота (1,15 мм) равна половине высоты корпуса DPAK (TO252).

Компания Diodes Inc. также анонсировала первые устройства семейства Super Barrier Rectifier, предназначенные для автомобильных приложений. При меньшем значении  $V_F$ , лучших характеристиках лавинного пробоя и более широкой области безопасной работы по сравнению с другими диодами Шоттки или ультрабыстрыми диодами, эти отказоустойчивые выпрямители позволяют разработчикам увеличить надежность систем управления электроприводами, систем светодиодного освещения и дисплейных панелей.

Использующие запатентованную компанией Diodes технологию и сертифицированные по AECQ101SBR выпрямители SBR20A60CTBQ, SBR30A45CTBQ и SBR3045CTBQ рассчитаны на выходные токи 20 и 30 А и предлагаются в стандартных корпусах TO-263, а SBR1045D1Q рассчитан на номинальный ток 10 А и поставляется в более компактном корпусе TO-252.

Малое прямое напряжение  $V_F$ , присущее SBR, означает, что можно существенно улучшить эффективность схем, а также обеспечить снижение рабочей температуры. Надежность увеличена за счет более высокого номинального напряжения обратного лавинного пробоя, что обеспечивает лучшую защиту от переходных бросков напряжения и меньшие обратные токи утечки. Это позволяет достичь более широкой области безопасной работы устройства и защищает от теплового пробоя при высоких рабочих температурах.

Список использованной литературы

1. Дмитриев В.Р., Смирнова В.И. Электропитающие устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Справочник. – М.: Транспорт, 1983.
2. Быков Е. И. Электроснабжение метрополитенов. Устройство, эксплуатация и проектирование.

---

- М.: Транспорт, 1977. -431 с.

3. Сажнев А.М. Электропреобразовательные устройства радиоэлектронных систем. Конспект лекций. – Новосибирск: НГТУ, 2009. – 114 с.
4. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 800 с.