

Обзор защитных TVS-диодов от Shikues и SetFuse

В. Ежов

УДК 621.382.2 | ВАК 2.2.2

Полупроводниковые компоненты производства компаний Shikues и SetFuse становятся все более популярными у российских производителей электроники. Высокое качество изготовления и надежность, отлаженный технологический процесс и быстрая поставка изделий – преимущества, которые делают востребованной продукцию этих компаний. Shikues предлагает широкий ассортимент компонентов: от диодов и транзисторов различных классов до операционных усилителей и ИС для управления питанием, а SetFuse специализируется на устройствах защиты – варисторах, тиристорах, TVS-диодах, предохранителях и др. В статье представлен обзор основных линеек защитных TVS-диодов, выпускаемых двумя компаниями, их особенности и области применения.

ВВЕДЕНИЕ

TVS-диоды (Transient Voltage Suppressor) используются для защиты чувствительных цепей от высоковольтных переходных процессов, вызываемых различными электромагнитными импульсами как естественного (например, грозовые разряды), так и искусственного происхождения, такими как переключение нагрузки в оборудовании, электростатические разряды и др. Их вольт-амперная характеристика носит резко выраженный нелинейный характер, таким образом, TVS-диоды подавляют импульсные перенапряжения, амплитуда которых превышает напряжения лавинного пробоя. Во время воздействия импульса перенапряжения TVS-диод ограничивает выброс напряжения до безопасной величины (напряжения

фиксации), в то время как ток переходного процесса протекает через диод на землю, минуя защищаемое устройство (рис. 1).

Существуют два основных вида TVS-диодов (рис. 2):

- симметричные (двунаправленные) – для цепей с двуполярным напряжением, что позволяет использовать их в сетях переменного тока;
- несимметричные (однонаправленные) – для цепей с напряжением одной полярности (сетей постоянного тока).

Отличительными особенностями TVS-диодов являются сверхбыстрое реагирование на импульсную помеху и очень низкая паразитная емкость в сборках на их основе, что позволяет их применять для защиты в интерфейсах с ультравысокими скоростями передачи данных – USB 3.1 и 3.2 (скорость передачи до 10 и 20 Гбит/с) и USB 4.0 (40 Гбит/с). Напряжение фиксации TVS-диодов близко к номинальному рабочему напряжению. Дополнительные преимущества TVS-диодов – высокая

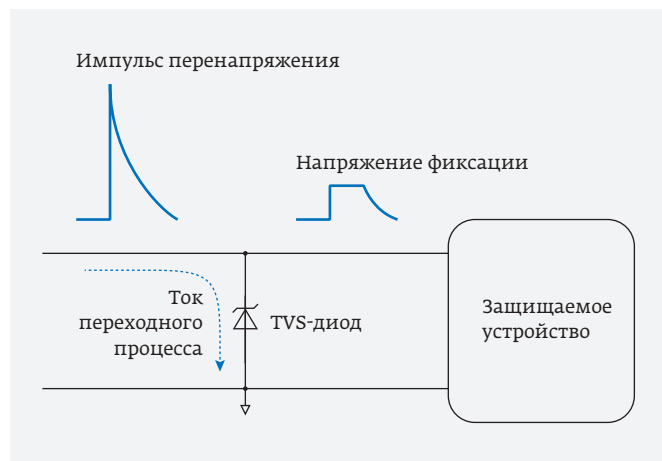


Рис. 1. Принцип действия TVS-диода

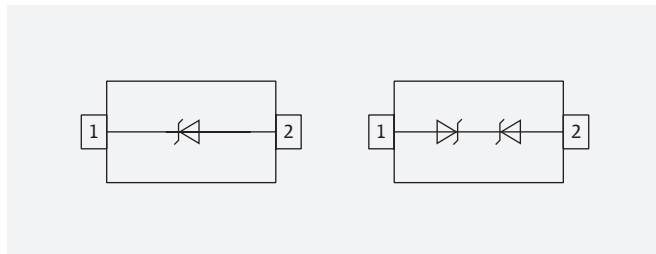


Рис. 2. Несимметричный (слева) и симметричный (справа) TVS-диод

долговечность и надежность, широкий диапазон рабочих напряжений, низкие токи утечки.

Эти компоненты идеально подходят для защиты полупроводниковых компонентов на печатной плате от переходных перенапряжений и электростатических разрядов. Их применяют также в качестве оконечной ступени в комбинированных устройствах защиты. Конструкция TVS-диодов полностью совместима с технологией поверхностного монтажа.

Основные характеристики TVS-диодов:

- обратное рабочее напряжение V_{RWM} – максимальное рабочее напряжение постоянного тока (при этом напряжении диод закрыт);
- напряжение пробоя V_{BR} – напряжение пробоя (режим лавинного пробоя) при заданном тестовом токе пробоя I_T ;
- пиковый импульсный ток I_{pp} – максимальный импульсный ток, который может пропускать диод при заданных параметрах тестового импульса;
- пиковая импульсная мощность P_{ppm} – максимальная допустимая мощность, рассеиваемая прибором, при заданных форме, скважности, длительности импульса и температуре окружающей среды;
- максимальное напряжение фиксации V_C – максимальное падение напряжения на диоде при I_{pp} ;
- обратный ток утечки I_R – ток, измеряемый при V_{RWM} .

Тип TVS-диода для конкретного приложения выбирают исходя из рассчитанного значения P_{ppm} при заданных параметрах воздействующего импульса (длительность, скважность). При этом обратное рабочее напряжение V_{RWM} должно быть равно напряжению, действующему в цепи, или превышать его с учетом максимального допуска. Обычно P_{ppm} рассчитывается для импульса с параметрами 10/1000 мкс (длительность фронта 10 мкс, длительность импульса 1000 мкс). Однако, в даташитах на TVS-диод могут быть указаны и другие параметры импульса, при которых рассчитывается P_{ppm} . При уменьшении длительности импульсов пиковая импульсная мощность TVS-диода увеличивается. TVS-диоды с наибольшими значениями пиковой импульсной мощности обычно

применяются для установки в цепях питания. Диоды, рассчитанные на меньшую мощность, как правило, используются в линиях передачи данных для защиты портов ввода-вывода от электростатических разрядов.

TVS-ДИОДЫ SHIKUES

Компания Shikues выпускает широкую номенклатуру диодов различных типов, в том числе выпрямительные диоды, диоды Шоттки, зенеровские диоды, PIN-диоды и др. В линейке TVS-диодов предлагается несколько серий – всего более 400 наименований приборов в исполнении для поверхностного монтажа, рассчитанных на различные значения пиковой импульсной мощности.

В огнестойком (класс UL 94V-0) пластиковом корпусе типа SOD-123FL выпускается серия SMFxxx (рис. 3). Эти устройства характеризуются малой индуктивностью и рассчитаны на пиковую импульсную мощность до 200 Вт. Компактные размеры корпуса позволяют применять эти TVS-диоды в портативных устройствах с высокой плотностью монтажа – сотовых телефонах, карманных компьютерах и т.д. В серии предлагаются однонаправленные и двунаправленные диоды. Полупроводниковый переход кристалла защищен пассивирующим слоем стекла. Пайка выводов возможна при температуре 260 °C в соответствии с MIL-STD-750 (метод 2026). В серии предлагаются однонаправленные и двунаправленные TVS-диоды с обратным рабочим напряжением от 5 до 220 В, максимальное напряжение фиксации – от 9,2 до 356 В. Рабочая температура перехода – от –55 до 150 °C.

Серия SMAJxxx в огнестойком пластиковом низкопрофильном корпусе типа SMA для поверхностного монтажа с низкой индуктивностью рассчитана на пиковую импульсную мощность до 400 Вт (рис. 4). Пайка выводов возможна при температуре 260 °C в соответствии с MIL-STD-750 (метод 2026). В серии предлагаются однонаправленные и двунаправленные TVS-диоды с обратным рабочим напряжением от 5 до 440 В. Рабочая температура перехода – от –65 до 150 °C.

Серия SMBJxxx предлагается в огнестойком пластиковом низкопрофильном SMD-корпусе типа SMB с низкой индуктивностью и рассчитана на пиковую импульсную мощность до 600 Вт. По остальным параметрам серия аналогична SMAJxxx. Серия P6SMBxxx, как и SMBJxxx, выпускается в корпусе типа SMB и обеспечивает обратное рабочее напряжение от 6,8 до 550 В. Пиковая импульсная мощность достигает 600 Вт.

TVS-диоды серии SMCJxxx рассчитаны на пиковую импульсную мощность до 1500 Вт при температуре 25 °C. Они выпускаются в огнестойком

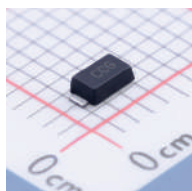


Рис. 3.
TVS-диод
SMF28A
от Shikues

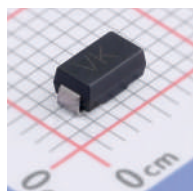


Рис. 4.
TVS-диод
SMAJ30A
от Shikues



Рис. 5. TVS-диоды серии SMCJxxx
от Shikues

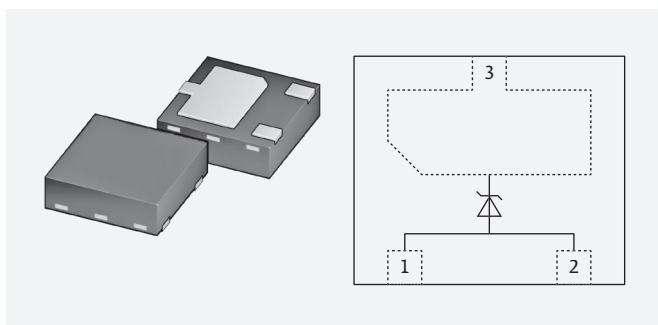


Рис. 6. TVS-диод SD12VHHU от Shikues: внешний вид (слева) и схема подключения выводов (справа)

(класс UL 94V-0) пластиковом корпусе для поверхностного монтажа типа SMC с обратным рабочим напряжением от 5 до 440 В (рис. 5). Типовое значение обратного тока утечки составляет 1 мкА при V_{RWM} более 10 В, максимальное напряжение фиксации – от 9,2 до 275 В. Типовое время срабатывания TVS-диодов этой серии не превышает 1 нс для однонаправленных и 5 нс для двунаправленных версий. TVS-диоды серии SMCJxxx рассчитаны на работу в широком диапазоне температур от –55 до 150 °С.

Еще одна серия, SMDJxxx, предлагается в низкопрофильном огнестойком (класс UL 94V-0) пластиковом корпусе SMD-корпусе типа SMC с бессвинцовыми выводами. Допускается пайка выводов при температуре 260 °С в течение 40 с в соответствии с MIL-STD-750 (метод 2026). Полупроводниковый переход кристалла защищен пассивирующим слоем стекла. Пиковая импульсная рассеиваемая мощность достигает 3000 Вт. В серии предлагаются однонаправленные и двунаправленные модели. Диоды серии отличаются малым температурным коэффициентом напряжения пробоя и высоким быстродействием: типовое время срабатывания не превышает 1 пс. Типовое значение обратного тока утечки не превышает 2 мкА при V_{RWM} более 12 В, максимальное напряжение фиксации – от 9,2 до 275 В. В серии предлагаются диоды с обратным рабочим напряжением от 5 до 170 В. Рабочая температура перехода – от –65 до 150 °С.

Shikues предлагает также однонаправленный TVS-диод SD12VHHU, который выпускается в компактном огнестойком пластиковом корпусе типа DFN2020-3L (габариты 2 × 2 × 0,5 мм) для поверхностного монтажа (рис. 6). Он отличается низким напряжением фиксации (22 В при $I_{PP}=50$ А, 32 В при $I_{PP}=180$ А), малым током утечки и высокой устойчивостью к импульсным перенапряжениям. Пайка выводов допускается при температуре 260 °С (10 с) в соответствии с MIL-STD-750 (метод 2026). Пиковая импульсная рассеиваемая мощность достигает 5760 Вт, пиковый импульсный ток – 180 А, обратное рабочее напряжение составляет 12 В. TVS-диод SD12VHHU рассчитан на

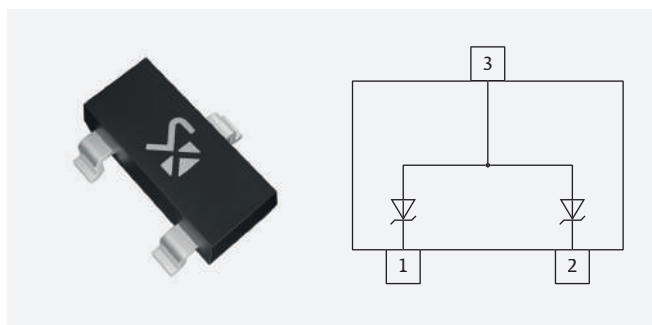


Рис. 7. TVS-диод SM12Z от Shikues: внешний вид (слева) и схема подключения выводов (справа)

работу в диапазоне температур от –65 до 125 °С и предназначен для защиты от переходных процессов в высокоскоростных линиях передачи данных. Его можно использовать для защиты от электростатического разряда до ±30 кВ (контакт и воздушный разряд) в соответствии с IEC61000-4-2. Основные области применения: сотовые телефоны, ноутбуки, карманные компьютеры и другая портативная электроника.

Сдвоенный TVS-диод SM12Z выпускается в стандартном пластиковом SMD-корпусе типа SOT-23 (рис. 7) и предназначен для защиты компонентов, подключенных к шинам передачи данных в ноутбуках, ТВ-приставках, настольных компьютерах, а также в системах промышленного управления. SM12Z обеспечивает защиту одной двунаправленной или двух однонаправленных линий. Он характеризуется высокой перегрузочной способностью, низким напряжением фиксации (12 В), малым обратным током утечки (до 1 мкА), высоким быстродействием. Пиковая импульсная рассеиваемая мощность достигает 550 Вт, обратное рабочее напряжение составляет 12 В. TVS-диод SM12Z обеспечивает защиту от электростатического разряда до ±30 кВ в соответствии с IEC61000-4-2. Диапазон рабочих температур – от –55 до 150 °С.

TVS-ДИОДЫ SetFuse

Компания SetFuse предлагает широкую линейку TVS-диодов общепромышленного и автомобильного применения с пиковой импульсной мощностью от 200 Вт до 30 кВт и обратным рабочим напряжением от 3,3 В до 512 В как в исполнении для поверхностного монтажа, так и в выводных корпусах. В линейке стандартных TVS-диодов SetFuse предлагает более 30 серий устройств. Их ключевые области применения: портативная электроника, устройства Интернета вещей, коммуникационное оборудование, системы безопасности, промышленные системы управления, источники питания, альтернативные источники энергии, комбинированные системы защиты от грозовых разрядов.

Серия SMFxxx выпускается в огнестойком пластиковом SMD-корпусе типа SOD-123FL с низкой индуктивностью (см. рис. 3). В серии предлагаются TVS-диоды с пиковой рассеиваемой мощностью 200 Вт, обратным рабочим напряжением от 3,3 до 250 В и напряжением фиксации от 8 до 405 В. Обратный ток утечки не превышает 1 мкА для V_{BR} более 13 В. Серия P4SMFxxx отличается от SMFxxx повышенной пиковой мощностью – до 400 Вт.

Серия SMAJxxx в огнестойком пластиковом корпусе для поверхностного монтажа типа DO-214AC (см. рис. 4) обеспечивает пиковую мощность до 400 Вт и отличается высоким быстродействием. Обратное рабочее напряжение – от 5 до 440 В. Серия P4SMAxxx в корпусе DO-214AC при пиковой мощности до 400 Вт обеспечивает обратное рабочее напряжение от 5,8 до 468 В.

К устройствам с пиковой мощностью до 600 Вт относятся серии SMA6Jxxx и SMA6Lxxx. Серия SMA6Jxxx выпускается в корпусе типа DO-214AC и обеспечивает обратное рабочее напряжение от 5 до 250 В, а серия SMA6Lxxx – в низкопрофильном (высотой менее 1,1 мм) корпусе типа DO-221AC, который имеет такое же посадочное место, что и DO-214AC. Серия SMA6Lxxx также обеспечивает обратное рабочее напряжение от 5 до 250 В.

В ассортименте TVS-диодов SetFuse в корпусе для поверхностного монтажа имеются также устройства с пиковой мощностью до 5 кВт.

Серии SMCJxxx, 1.5SMCJxxx и 3.0SMCJxxx с пиковой импульсной мощностью 1, 1,5 и 3 кВт, соответственно, пред-



Рис. 8. TVS-диоды серии SMCJxxx в корпусе DO-214AB от SetFuse

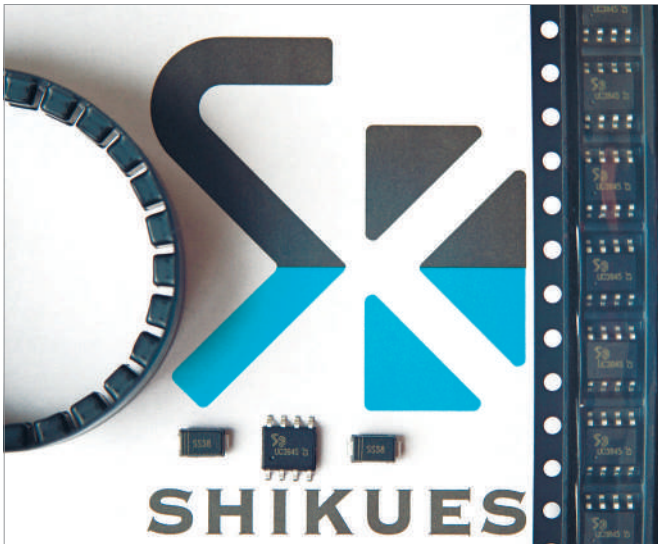


Рис. 9. TVS-диод серии SPC10 в корпусе SMT0-218 от SetFuse

лагаются в низкопрофильном корпусе типа DO-214AB (рис. 8). Они обеспечивают обратное рабочее напряжение от 5 до 440 В (SMCJxxx, 3.0SMCJxxx) и от 5,8 до 512 В (1.5SMCJxxx). В таком же корпусе DO-214AB выпускаются серии SMDJxxx и 5.0SMDJxxx, рассчитанные на пиковую мощность 3 и 5 кВт, соответственно. SMDJxxx обеспечивают обратное рабочее напряжение от 5 до 440 В, а 5.0SMDJxxx – от 12 до 170 В.

В корпусах для поверхностного монтажа типа SMT0-218 (рис. 9) выпускаются еще более мощные TVS-диоды SetFuse – серии SPC1 (пиковый импульсный ток до 1 кА), SPC3 (до 3 кА), SPC6 (до 6 кА) и SPC10 (до 10 кА). Серия SPC1 обеспечивает обратное рабочее напряжение 380/430 В, SPC3 – 66 В, SPC6 – от 58 до 76 В, SPC10 – от 58 до 86 В. Напряжение фиксации TVS-диодов этих серий: SPC1 – 520/625 В, SPC3 – 120 В, SPC6 – от 110 до 140 В, SPC10 – от 110 до 157 В.

SetFuse предлагает также несколько серий TVS-диодов в выводных корпусах под отверстия в печатной плате.




時科
 SHIKUES


КОНКУР
 э л е к т р и к

- Диоды Зенера
- Диоды Шоттки
- Переключающие диоды
- Выпрямительные диоды
- Выпрямители
- Выпрямительные мосты
- Интегральные схемы

- ESD защита
- ESD защита SOD-923
- Полевые транзисторы
- Транзисторы
- Дискретные компоненты
- Устройства на карбиде кремния
- Силовые полупроводники

197342, Санкт-Петербург, ул. Торжковская, д. 5, офис 314А
Тел.: (812) 441-36-38

105484, Москва, ул. 16-я Парковая, д. 21, корп. 1, офис 413
Тел./факс: (495) 755-93-29

www.konkurel.ru
info@konkurel.ru

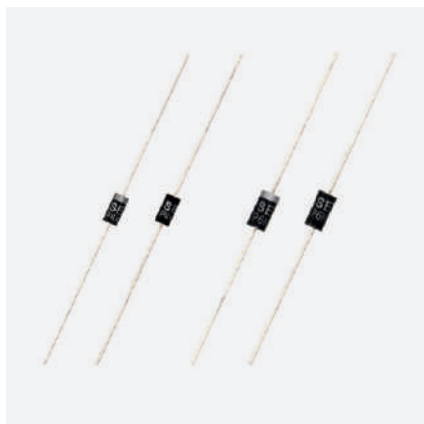


Рис. 10. TVS-диоды серий P4KE (слева) и P6KE (справа) от SetFuse

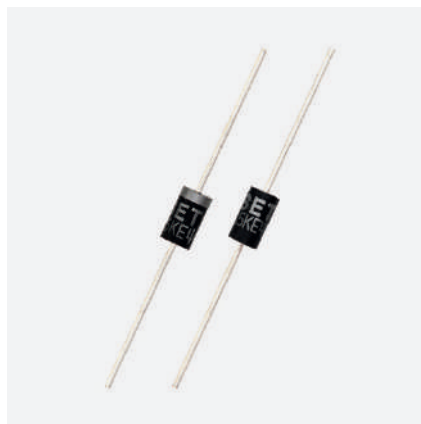


Рис. 11. TVS-диоды серии 1.5KE от SetFuse

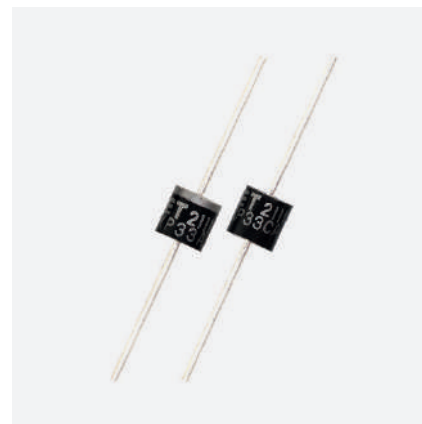


Рис. 12. TVS-диоды серии 5KP от SetFuse

Серия P4KE выпускается в корпусе с аксиальными выводами типа DO-204AL / DO-41 (рис. 10) и отличается малым временем срабатывания (менее 1 пс). Полупроводниковый переход TVS-диодов в корпусе DO-41 защищен пассивирующим слоем стекла. Устройства серии P4KE обеспечивают пиковую импульсную мощность до 400 Вт и обратное рабочее напряжение от 5,8 до 468 В. Типовое значение обратного тока утечки не превышает 1 мкА при V_{RWM} более 12 В.

Серия P6KE в корпусе DO-204AC / DO-15 (см. рис. 10) обеспечивает пиковую импульсную мощность до 600 Вт и обратное рабочее напряжение от 5,8 до 512 В.

Среди TVS-диодов с пиковой импульсной мощностью до 1,5 кВт следует выделить серии 1.5KE и LCE в пластиковых корпусах типа DO-201 с аксиальными выводами (рис. 11). Серия 1.5KE обеспечивает обратное рабочее напряжение от 5,8 до 512 В, LCE – от 6,5 до 90 В, время срабатывания не превышает 1 пс при V_{RWM} более 13 В.

Серии 5KP, 15KPA, 20KPA и 30KPA с пиковой импульсной мощностью 5, 15, 20 и 30 кВт, соответственно,

предлагаются с корпусе типа P600 (рис. 12). Серия 5KP обеспечивает обратное рабочее напряжение от 5 до 250 В, 15KPA – от 17 до 280 В, 20KPA – от 20 до 300 В, 30KPA – от 28 до 360 В.

Серии SPCL1, SPCL3 и SPCL6 в мощных выводных корпусах (рис. 13) рассчитаны на пиковый импульсный ток 1, 3 и 6 кА, соответственно. Серия SPCL1 обеспечивает обратное рабочее напряжение 76 В, SPCL3 – от 15 до 430 В, SPCL6 – от 30 до 430 В. Эти двунаправленные TVS-диоды отличаются чрезвычайно резкой ВАХ в области пробоя, низким напряжением фиксации, малым компенсирующим сопротивлением.

Наиболее мощные TVS-диоды от SetFuse в выводных корпусах – серии SPCL10 (пиковый импульсный ток до 10 кА), SPCL15 (до 15 кА) и SPCL20 (до 20 кА) (рис. 14). Это двунаправленные TVS-диоды, которые обеспечивают обратное рабочее напряжение для серии SPCL10 – от 15 до 530 В, для SPCL15 – от 58 до 380 В, для SPCL20 – от 16 до 76 В.

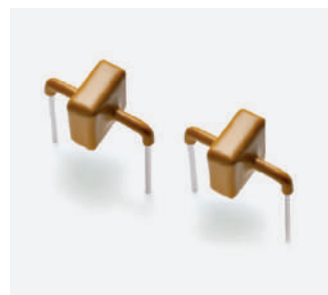


Рис. 13. TVS-диоды серий SPCL1/SPCL3/SPCL6 от SetFuse



Рис. 14. TVS-диоды серий SPCL10 и SPCL15 от SetFuse

Компании Shikues и SetFuse выпускают широкую гамму защитных TVS-диодов для различных применений в исполнении для поверхностного монтажа и в выводных корпусах с монтажом в отверстия печатной платы. Производители обеспечивают надежную поставку компонентов в сжатые сроки, на складах обеих компаний в наличии достаточный запас продукции. Компании готовы к сотрудничеству с российскими дистрибьюторами компонентов и производителями электроники. ●

interlight
RUSSIA

intelligent building
RUSSIA

interlight-building.ru

28 лет в России

Международная выставка освещения,
автоматизации зданий, электротехники
и систем безопасности

18–21.09.2023

ЦВК «Экспоцентр», Москва

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

Техническое
освещение



Декоративное
освещение



Лампы



Компоненты



Праздничное
освещение



LIGHT

BUILDING

Электротехника



Автоматизация
зданий



Интегрированные
системы безопасности



Умный дом



Умный город



Отправь промокод **INTERLIGHT_BUILDING**
и получи бонус к участию!

Полевой р-канальный транзистор 2ПЕ116А9

ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющей компанией холдинга «ИНТЕГРАЛ» освоено серийное производство кремниевого эпитаксиально-планарного полевого транзистора 2ПЕ116А9 с изолированным затвором, с обогащённым р-каналом и встроенным обратносмещённым диодом, устойчивого к специальным внешним воздействующим факторам и предназначенного для применения в аппаратуре специального назначения. Транзистор 2ПЕ116А9 является комбинированной парой полевому n-канальному транзистору 2П524А9.

Транзистор изготавливается в малогабаритном металлокерамическом корпусе типа КТ-99-1, рабочий температурный диапазон транзистора – от -60 до 125°C .

Наиболее близкими функциональными аналогами транзистора 2ПЕ116А9 являются транзисторы TP0610K компании Vishay и BSS83P компании Infineon Technologies AG.

Таблица 1. Значения электрических параметров транзистора при приемке и поставке

Наименование параметра, единица измерения, (режим измерения)	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура окружающей среды, °С
		не менее	не более	
Сопротивление сток-исток в открытом состоянии, Ом (UЗИ = −10 В; IC = −0,5 А) (UЗИ = −4,5 В; IC = −0,5 А) (UЗИ = −10 В; IC = −0,5 А) (UЗИ = −4,5 В; IC = −0,5 А) (UЗИ = −10 В; IC = −0,5 А) (UЗИ = −4,5 В; IC = −0,5 А)	Rси отк			25±10
		–	1,2	
		–	1,4	
		–	1,2	-60±3
		–	1,4	
		–	2,4	125±5
	–	2,8		
Начальный ток стока, мкА (UCИ = −60 В; UЗИ = 0) (UCИ = −48 В; UЗИ = 0) (UCИ = −48 В; UЗИ = 0)	IC нач			
		–	−10	25±10
		–	−250	125±5
		–	−250	-60±3
Пороговое напряжение, В (IC = −0,25 мА; Uси = Uзи)	Uзи пор	−1,0	−2,0	25±10
		−1,25	−2,75	125±5
		−0,5	−1,75	-60±3
Крутизна характеристики, А/В (IC = −0,45 А; Uси ≥ −3,0 В)	S	0,24	–	25±10
Ток утечки затвора, нА (Uзи = ±10 В; Uси = 0)	Iз ут	–	±100	25±10
Ток утечки затвора, мкА (Uзи = ±10 В; Uси = 0)		–	±3,0	−60±3
		–	±3,0	125±5
Постоянное прямое напряжение диода, В (IC = 0,45 А; Uзи = 0)	Uпр	–	4,0	25±10, 125±5, −60±3

Таблица 2. Предельно допустимые электрические режимы эксплуатации

Наименование параметра, единица измерения, (режим измерения)	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра
Максимально допустимый постоянный ток стока при $T_{\text{ОКР}}$ от -60 до 25°C (без теплоотвода), А	$I_{\text{C MAX}}$	$ -0,67 $
Максимально допустимый постоянный ток стока при $T_{\text{ОКР}}$ от -60 до 25°C (с теплоотводом), А		$ -1,0 $
Максимально допустимый постоянный ток стока при $T_{\text{ОКР}} = 125^{\circ}\text{C}$ (без теплоотвода), А		$ -0,29 $
Максимально допустимый постоянный ток стока при $T_{\text{ОКР}} = 125^{\circ}\text{C}$ (с теплоотводом), А		$ -0,52 $
Максимально допустимый импульсный ток стока, А	$I_{\text{C (И) MAX}}$	$ -2,0 $
Максимально допустимый постоянный прямой ток диода, А	$I_{\text{ПР MAX}}$	$ -1,0 $
Максимально допустимый импульсный прямой ток диода, А	$I_{\text{ПР (И) MAX}}$	$ -2,0 $
Максимально допустимое напряжение сток-исток, В	$U_{\text{СИ MAX}}$	$ -60 $
Максимально допустимое напряжение затвор-исток, В	$U_{\text{ЗИ MAX}}$	± 10
Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность при $T_{\text{ОКР}} = 25^{\circ}\text{C}$, Вт	P_{MAX}	3,0
Максимально допустимая температура перехода, $^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{ПЕР MAX}}$	150
Тепловое сопротивление переход-среда, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	$R_{\theta \text{ ПЕР-ОКР}}$	125

Транзистор 2ПЕ116А9 по стойкости к специальным внешним воздействующим факторам 7.И, 7.С и 7.К по ГОСТ РВ 20.39.414.2 имеет следующие значения характеристик: 7.И₁–4Ус; 7.И₆ – 4Ус; 7.И₇ – 2×4Ус; 7.С₁ – 4Ус; 7.С₄ – 4Ус; 7.К₁ – 2К; 7.К₄ – 1К.

Транзистор 2ПЕ116А9 имеет стойкость к воздействию механических, климатических факторов и специальных сред по ГОСТ В 28146, и ГОСТ РВ 20.39.414.1 по группе 6У со значениями характеристик, соответствующих группе унифицированного исполнения со следующими уточнениями:

- механический удар одиночного действия с пиковым ударным ускорением $15000 \text{ м} \times \text{с}^{-2}$ (1500 g) и длительностью действия (0,1 ÷ 2,0) мс;
- линейное ускорение $5000 \text{ м} \times \text{с}^{-2}$ (500 g);
- акустический шум в диапазоне частот от 50 до 10 000 Гц с уровнем звукового давления (относительно $2 \times 10^{-5} \text{ Па}$) 170 дБ;
- атмосферное пониженное давление $1,3 \times 10^{-4}$ (10^{-6}) Па (мм рт. ст.).

Транзистор 2ПЕ116А9 включен в Перечень ЭКБ, поставляется в корпусном исполнении и в бескорпусном исполнении на общей пластине или в виде отдельных кристаллов.