

Анатолий Нефедов (г. Москва)

## Новые силовые диоды и диодные сборки на основе карбида кремния

В настоящее время на рынке полупроводниковых приборов появились диоды на основе карбида кремния. Карбид кремния является полупроводником с непрямоной зонной структурой (т. е. вероятность излучательной рекомбинации в нем небольшая), с шириной запрещенной зоны от 2,39 до 3,3 эВ, которая у него больше по сравнению с Si и GaAs, что означает больший диапазон рабочих температур (теоретически до ~1000°C, практически до 600°C) и малый ток утечки (менее 70 мкА при 200°C). Кроме того SiC-диоды имеют высокую радиационную стойкость.

Карбид кремния имеет высокую теплопроводность (на уровне меди), что упрощает проблему теплоотвода, снижает тепловое сопротивление кристалла по сравнению с Si в два раза, что обуславливает их перспективное использование в силовой электронике и является более перспективным материалом по сравнению с GaN для создания мощных приборов.

Силовые приборы на основе SiC применяются в устройствах средней (1...10 кВт) и большой мощности (10 кВт...1 МВт), а также в устройствах, работающих при высоких значениях температуры и радиации: для скважинных устройств, для автомобилестроения, турбин, для атомных и космических систем.

У силового выпрямительного диода на основе SiC практически отсутствуют обратные токи при комнатной температуре благодаря большой ширине запрещенной зоны. Он имеет большое быстродействие и высокие рабочие температуры, но на протяжении срока службы эти характеристики ухудшаются: увеличиваются токи утечки, снижается пробивное напряжение при обратном включении и увеличивается сопротивление диода в прямом направлении. От

этих недостатков свободен SiC-диод Шоттки. Промышленный выпуск мощных SiC-приборов стал возможным при наличии высококачественных подложек.

В связи с тем что у диодов на основе SiC полностью отсутствует эффект накопления заряда в n-области, потери (например, в источниках питания) можно снизить до

30...40%, а в корректорах мощности — до 60%. Благодаря положительному температурному коэффициенту прямого падения напряжения (в отличие от кремниевых диодов) диоды можно включать параллельно без дополнительных выравнивающих цепей.

На рис. 1 показана зависимость прямого падения напряжения от

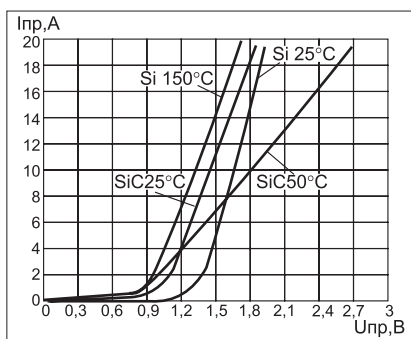


Рис. 1

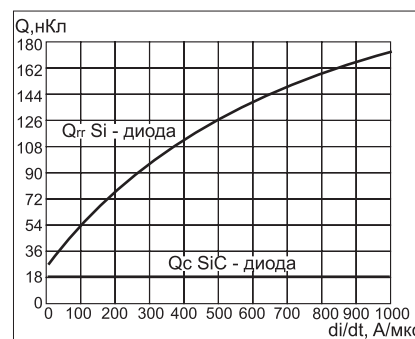


Рис. 2

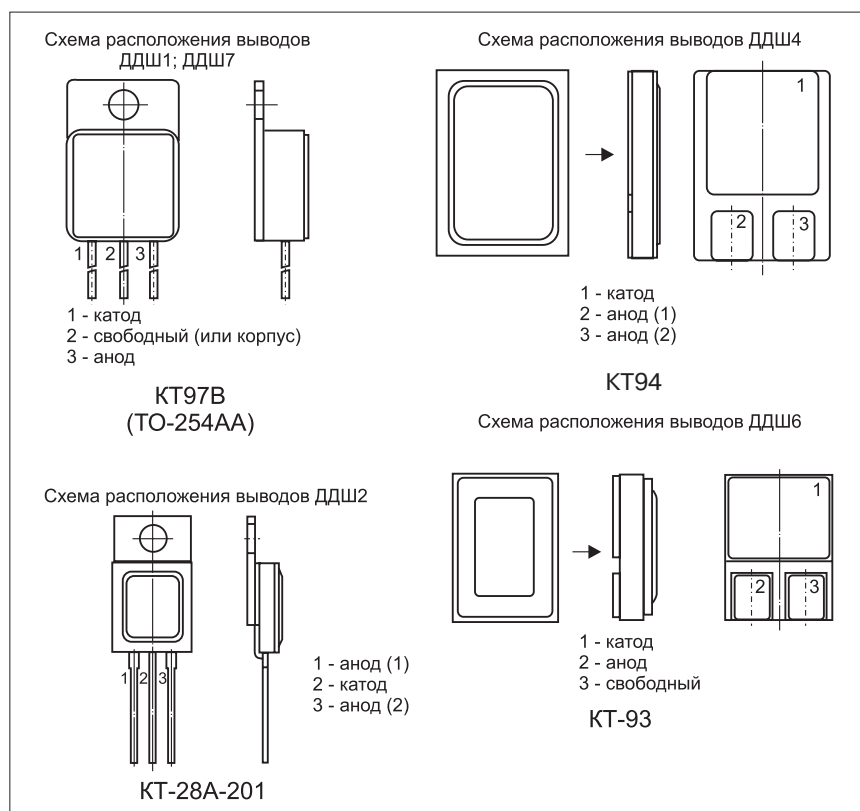


Рис. 3

прямого тока для диодов на основе SiC и Si при температурах 25°C и 150°C. На рисунке видно, что прямое падение напряжения ниже у SiC-диода при  $T_n=25^\circ\text{C}$ , но значения падения напряжения приблизительно совпадают при  $T_n=50...70^\circ\text{C}$ .

На рис. 2 показаны зависимости заряда обратного восстановления  $Q_{rr}$  для Si-диода и емкостного заряда  $Q_c$  от скорости спада тока

$di/dt$  через диод. Значение емкостного заряда  $Q_c$  практически не зависит от  $di/dt$ , а  $Q_{rr}$  увеличивается и, соответственно, растут потери на высоких частотах.

Необходимо отметить, что форма тока через SiC-диод Шоттки при включении имеет характер слабого переходного процесса, амплитуда которого не зависит от температуры, а у быстродействующего Si-диода (FRED) имеется

ярко выраженный эффект обратного восстановления, причем амплитуда тока и временной интервал его протекания имеют существенную температурную зависимость.

В таблице приведен перечень и электропараметры доступных в настоящее время диодов и диодных сборок Шоттки с кристаллами из SiC. На рис. 3 показаны исполнения (корпуса) этих приборов. ■

Основные электропараметры диодов и диодныхборок Шоттки на основе SiC

Тип	U <sub>обр, и, пз</sub> В	I <sub>пр, ср, А</sub> (I <sub>пр из</sub> , А)	U <sub>пр</sub> , и (при I <sub>пр</sub> , ср), В			I <sub>обр</sub> , и (при U <sub>обр</sub> , и, п), мА			C <sub>г</sub> , пФ (f = 1 МГц)	E <sub>плз</sub> , мДж (при L = 100 мГн)	Корпус	Аналог
			T <sub>c</sub> = 25°C	T <sub>c</sub> = 125°C	T <sub>c</sub> = -60°C	T <sub>c</sub> = 25°C	T <sub>c</sub> = 125°C	T <sub>c</sub> = -60°C				
ддш1	600	10 (5,0)	2	2,5	1,9	0,2	1	0,2	65	8	КТ-97В	CSD10060
ддш2	600	2×20, 100*	1,8	2,4	1,5	0,4	2	0,4	130	16	КТ-28А-2.01	—
ддш4	600	2×30, 150*	1,8	2,4	1,5	0,5	3	0,5	190	24	КТ-94	—
ддш6	1200	10, 50*	1,8	3	1,5	0,2	1	0,2	75	8	КТ-93	CSD10120
ддш7	600	20, 100*	2	2,5	1,9	0,4	2	0,4	130	16	КТ-97В	CSD20060
м2дш-100-12	1200	50	1,8 (50 А)	3 (50 А)	—	0,2 (1200 В)	1	—	—	—	—	—

## Издательство «СОЛОН-ПРЕСС» представляет

В этой книге детально описано применение современных аналоговых, аналогово-цифровых и цифровых запоминающих осциллографов (в том числе с цифровым люминофором), компьютеризированных осциллографов, осциллографов в виде плат расширения и приставок к компьютерам, а также виртуальных лабораторий. Описаны курсорные и автоматические измерения, спектральный и статистический анализ сигналов и др.

Для инженеров и техников служб сервиса, научных работников и аспирантов, студентов и преподавателей вузов, а так же опытных радиолюбителей.



**Наложенным платежом цена — 280 руб.**

### КАК КУПИТЬ КНИГУ

Заказ оформляется одним из двух способов:

1. Пошлите открытку или письмо по адресу: 123242, Москва, а/я 20.

2. Оформите заказ на сайте [www.solon-press.ru](http://www.solon-press.ru) в разделе «Книга-почтой» или «Интернет-магазин».

Бесплатно высылается каталог издательства по почте.

При оформлении заказа полностью укажите адрес, а также фамилию, имя и отчество получателя.

Желательно указать дополнительно телефон и адрес электронной почты. С полным перечнем и описанием книг можно ознакомиться на сайте

[www.solon-press.ru](http://www.solon-press.ru)

по ссылке

<http://www.solon-press.ru/kat.doc>

Телефон: (495) 254-44-10, 252-72-03.

Цены для оплаты по почте наложенным платежом действительны до 01.09.2007.