

## **Исследование влияния свойств теплоотводов из поликристаллического алмаза на тепловые характеристики карбид кремниевых диодов Шоттки**

*Представлены результаты исследования влияния свойств материалов теплоотводов на тепловое сопротивление сборок карбид кремниевых диодов Шоттки на примере молибдена с теплопроводностью 140 Вт/(м·К), бериллиевой керамики с теплопроводностью 220 Вт/(м·К) и поликристаллического алмаза с теплопроводностью (600-1000) Вт/(м·К).*

**Ключевые слова:** поликристаллический CVD алмаз, теплоотвод, тепловое сопротивление

Постоянно растущие требования к мощности, быстродействию и экономичности современных микроэлектронных приборов заставляют разработчиков обращаться к новым материалам и структурам. Применение широкозонных карбидокремниевых диодов Шоттки перспективно в силовой электронике в связи с высокими рабочими температурами (практически до 600 °С), большой электрической прочностью (напряженность электрического поля пробоя на порядок превышает показатели кремния и арсенида галлия), хорошей теплопроводностью [1, 2].

Эффективность работы мощных полупроводниковых приборов силовой электроники, при использовании теплоотводов, в основном связана с изменением теплового режима работы, который характеризуется их тепловым сопротивлением  $R_{\text{т}}$ . Для оптимально сконструированного прибора эффективность теплоотвода будет определяться не только теплопроводностью материала теплоотводящей подложки, но и величиной теплового сопротивления ( $R_{\text{т}}$ ) соединения полупроводникового прибора с теплоотводом.

В процессе исследования с помощью программы численного моделирования тепловых полей от тепловыделяющих элементов прибора были проведены расчеты теплового сопротивления диодов Шоттки типа CPWR-1200S010, смонтированных на различных теплоотводах [3]. Программа позволяет моделировать стационарные (во времени) температурные распределения внутри твердого тела, имеющего слоистую структуру, со слоями разной толщины и разной величины теплопроводности.

В качестве теплоотводящего основания следующие материалы:

- молибден с теплопроводностью 140 Вт/(м·К),
- бериллиевую керамику с теплопроводностью 220 Вт/(м·К),
- поликристаллический алмаз с теплопроводностью (600-1000) Вт/(м·К).

Геометрические размеры всех теплоотводов одинаковые и выбирались равными 10,0×10,0×0,5 мм. Геометрические размеры диода 2,8×2,8×0,3 мм, температура диода выбиралась равной 175 °С, теплопроводность ( $\lambda$ ) карбидокремниевых диодов при данной температуре была принятой равной 170 Вт/м·К, температура фланца корпуса диода – 85 °С, теплопроводность алмазного теплоотвода выбиралась равной 600 и 1000 Вт/м·К.

Схематическое изображение сборки диод-теплоотвод-корпус приведено на рис. 1.

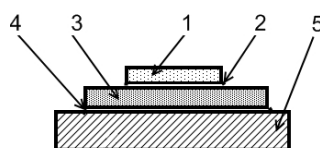


Рисунок 1

Толщины слоев, расчётные тепловые сопротивления, материалы и их характеристики сведены в таблице 1.

Таблица 1

| Позиция на рис.1        | Материал       | Мощность, Вт | Теплопроводность, Вт/мК | Размер, мм | Толщина, мм | Rt, °C/Вт |
|-------------------------|----------------|--------------|-------------------------|------------|-------------|-----------|
| 1.Кристалл диода Шоттки | Карбид кремния | --           | 380                     | 2,8 × 2,8  | 0,3         | --        |
| 2.Припой                | Золото-кремний |              | 30                      |            | 0,01        |           |
| 3.Теплоотвод            | Оксид бериллия | 28           | 220                     | 10×10      | 0,5         | 3,21      |
|                         | Полиалмаз      | 38, 41       | 600, 1000               |            |             | 2,36, 2,2 |
|                         | Молибден       | 24           | 140                     |            |             | 3,75      |
| 4. Припой               | Золото-кремний | --           | 30                      |            | 0,005       | --        |
| 5.Основание             | Медь           |              | 170                     |            | 3           |           |

Рис. 2 иллюстрирует зависимость нормированного теплового сопротивления от теплопроводности материала теплоотвода.

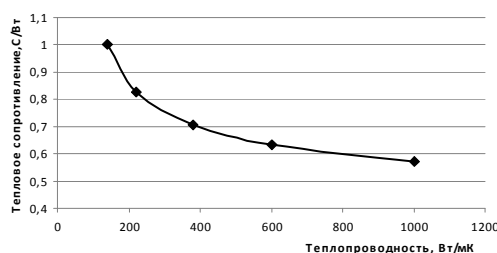


Рисунок 2

Для практического апробирования полученных результатов диоды Шоттки с размерами кристаллов (2,8×2,8×0,3) мм монтировались в корпусах типа ТО-254 с использованием оснований из бериллиевой керамики, молибдена и поликристаллического алмаза с теплопроводностью 600 Вт/мК.

При создании теплоотводов из CVD-алмаза нами были разработаны следующие процессы:

- разделение пластин;
- контроль теплопроводности пластин;
- термическое травление поверхности пластин железом для подгонки толщины и придания поверхности требуемой шероховатости;
- высокоадгезионная металлизация пластин.

Монтаж карбид-кремниевых кристаллов диодов Шоттки на теплоотводы проводился с помощью твердого эвтектического сплава золото-кремний при температуре 420 °С.

Среднее значение измеренных тепловых сопротивлений этих приборов с теплоотводами из молибдена, бериллиевой керамики и поликристаллического алмаза составило 3,8, 3,3 и 2,3 °С/Вт, соответственно, что хорошо согласуется с приведенными расчетами.

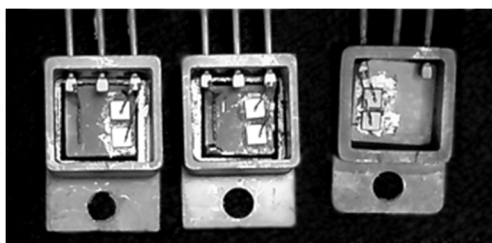


Рисунок 3

На рис. 3 приведено фото карбид кремниевых диодов Шоттки, собранных в металлокерамических корпусах ТО-254 с теплоотводами из (справа налево) молибдена, CVD –алмаза и бериллиевой керамики.

Приведенные расчеты и экспериментальные данные позволяют сделать вывод о перспективности использования теплоотводов из поликристаллического алмаза для карбид кремниевых диодов Шоттки. Такой подход позволит более полно использовать преимущества приборов на основе карбида кремния, увеличив их энергонасыщенность в 1,3-1,5 раза.

#### Библиографический список

1. Полищук А. Применение карбидокремниевых силовых диодов Шоттки в IGBT инверторах с жестким переключением// Силовая электроника. 2006. №1..
2. Полищук А. Полупроводниковые приборы на основе карбида кремния – настоящее и будущее силовой электроники// Компоненты и технологии. 2004. № 8.
3. Воробьев А.А., Галдецкий А.В., Ипполитов В.М. Моделирование теплового режима мощных транзисторов и МИС и новый метод монтажа кристаллов//Материалы 17-ой международной конференции "СВЧ техника и телекоммуникационные технологии". Том 1.