

Технология увеличения плотности теплового потока

Сара ХЮРСТАЙТ
(Sarah HURSTWAITE)
Перевод: Владимир РЕНТЮК

Появление силовых полупроводниковых приборов с двусторонним охлаждением не только улучшает передачу тепла в инверторах, но и способно помочь снизить стоимость гибридных и электрических транспортных средств.

Возникновению гибридных и электрических транспортных средств (англ. HEV — Hybrid and Electric Vehicle) давно наступил коренной перелом: их преимущества получили широкое признание потребителей, что нашло отражение в росте числа проданных автомобилей подобных типов. Тем не менее одним из самых больших препятствий на пути более быстрого продвижения на рынке таких машин остается их стоимость. После батареи вторым самым дорогим компонентом данного транспортного средства является тяговый инвертор (драйвер электродвигателей). Большая часть его стоимости — это производная от стоимости силовых полупроводниковых модулей. По некоторым оценкам, она составляет от 25 до 30% от стоимости самого инвертора.

Один из основных факторов, влияющих на стоимость силовых полупроводниковых переключателей, — физический размер их кристаллов. С каждым новым поколением полупроводниковых переключателей усилия, направленные на повышение эффективности и минимизацию затрат при их производстве, приводят к постоянному уменьшению их размеров. Однако уровень мощности потерь полупроводниковых переключателей по-прежнему остается относительно высоким, что приводит к новой проблеме — из-за уменьшения активной поверхности переключателей возникает необходимость эффективного отвода тепла с малой площади кристалла. В общем, это сводится к тому, что плотность теплового потока должна быть увеличена.

В обычных силовых модулях верхняя часть прибора используется лишь для электрических соединений, реализуемых путем разваривания проволочных подключений, а нижняя часть, которая обычно прикреплается к DCB-подложке, предназначена и для электриче-

ского соединения, и для передачи тепла (англ. DCB — Direct Copper Bonding, прямое присоединение меди; технология получения толстых 127–500-мкм медных проводников на керамических подложках, а также сами подложки, изготовленные по этой технологии). Такой традиционный подход ограничен отводом тепла лишь через одну сторону полупроводникового прибора, и здесь проблемы, связанные с эффективностью передачи тепла, могут быть решены только путем снижения теплового сопротивления между полупроводником и проводником тепла. Делается это с помощью материалов с высокой теплопроводностью и благодаря применению более эффективных радиаторов. Однако потенциал их усовершенствования ограничен, а стоимость таких решений повышается.

Для того чтобы эффективнее отвести тепло, необходимо использовать для этой цели обе стороны полупроводникового прибора. Этого можно достичь, только устранив традиционные проводные соединения, то есть не прибегая к верхнему развариванию проволочных выводов. Технология CoolIR2DIE, которая разрабатывается компанией International Rectifier, предлагает такую возможность (рис. 1, 2). С ее помощью передача тепла происходит через нижнюю и верхнюю части кристалла полупроводникового переключателя. Теоретически способность переноса тепла удваивается, и в этом случае тепловое сопротивление между устройством и теплоотводом может быть снижено на 50%. Важно отметить, что добиться улучшения показателей вдвое можно, используя имеющуюся систему организации тепловой передачи, материалы, применяемые для теплоотвода, и существующие технологии — никакие другие улучшения для этого не требуются.

Оптимизация общих затрат, конструктивные механические ограничения и некоторые другие практические соображения способны ограничить производительность пути передачи тепла с верхней части кристалла. Отвод тепла, размеры радиатора и толщина теплопроводящего материала теплоотвода на верхней части полупроводникового прибора могут быть ниже по сравнению с системой отвода тепла с нижней стороны. Но, к счастью, как это показано на рис. 3, общая эффективность двустороннего охлаждения имеет низкую зависимость относительно дополнительного пути охлаж-

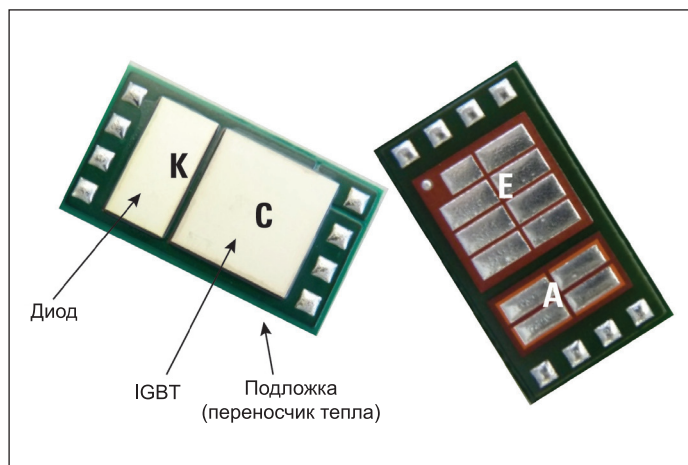


Рис. 1. Мощный силовой ключ CoolIR2DIE, выполненный на поверхности большого кристалла: К — катод, А — анод, Е — эмиттер, С — коллектор

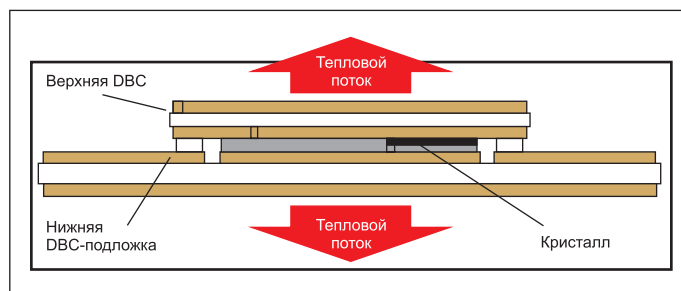


Рис. 2. Мощный силовой ключ CoolIR2DIE, поперечное сечение и пути отвода тепла

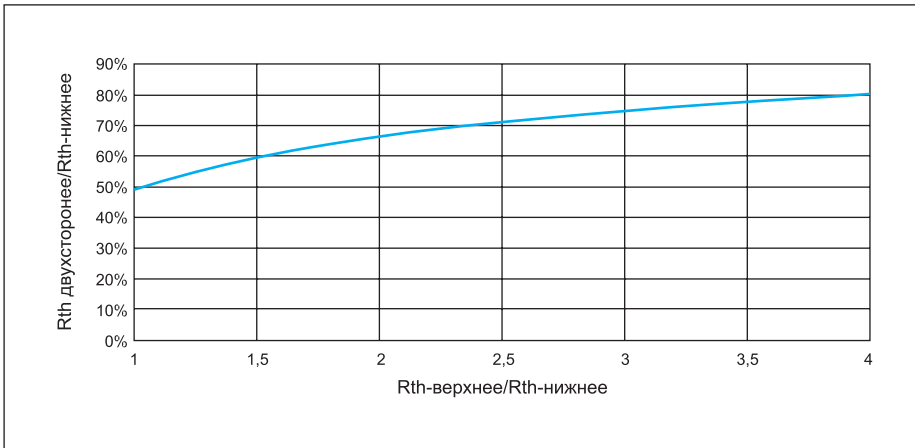


Рис. 3. Зависимость двустороннего теплового сопротивления кристалл-теплоотвод от эффективности верхнего охлаждения

дения. Даже если тепловое сопротивление относительно верхней стороны полупроводникового прибора будет вдвое выше, чем в нижней, то в результате общее тепловое сопротивление окажется примерно на 35% ниже, чем в случае использования одностороннего охлаждения.

Улучшение эффективности теплоотвода с помощью двустороннего охлаждения позволяет полупроводниковым переключателям работать с большей нагрузкой и большими токами. То есть плотность тока в силовых полупроводниковых приборах

значительно увеличивается. Было подсчитано, что удастся достичь увеличения плотности тока примерно на 50%.

Это означает, что устройства можно использовать для того же номинального тока, но их габариты меньше на 33%, или при той же стоимости полупроводникового силового модуля обеспечивается работа на токе, большем на 50%. В результате стоимость автомобильной силовой электроники сокращается, а значит, на наших дорогах будет больше экологически чистых гибридных и электрических транспортных средств. ■