

В.И. Слюсарь, г. Киев

Среди многих проблем, преследующих микропроцессорную электронику с момента ее зарождения, одной из наиболее острых является обеспечение эффективно теплоотвода от электронных компонентов.

Использование медных соединений наряду с уменьшением размеров транзисторов до 0,18 - 0,13 мкм позволило, как известно, снизить номиналы питающих напряжений микропроцессорной техники и в результате существенно повысить ее быстродействие, преодолев гигагерцовый барьер тактовых частот. Учитывая предстоящий переход к субдновольтовому питанию при снижении размеров транзисторной ячейки до уровня менее 0,1 мкм, классическое направление в развитии теплорассеивающих технологий в ближайшее десятилетие будет оставаться преобладающим. Однако достижение компромисса между быстродействием и рассеиваемой мощностью пока осуществлялось в ущерб комфортности пользователей компьютерной техники, вынужденных мириться с ощутимым шумовым фоном, создаваемым вентиляторами блоков питания, процессорных радиаторов и видеокарт. Очевидно, что такое положение дел не может не стимулировать развитие альтернативных подходов.

К радости многих ценителей тишины их мечтам о бесшумных блоках питания для компьютеров суждено сбыться уже в ближайшем будущем. Соответствующее заявление в феврале 2001 г. сделала компания Infineon Technologies (Мюнхен, Германия), разработавшая новый тип мощных диодов Шоттки на основе карбида кремния (SiC). Революционная технология позволит в ближайшее время создать дешевые, эффективные, малогабаритные блоки питания для компьютеров, которые не нуждаются в радиаторах и шумящих вентиляторах (рис. 1).

Диоды Шоттки основаны на эффекте образования потенциального барьера на границе между металлом и полупроводником и характеризуются малым временем переключения. Карбид кремния является идеальным материалом для мощных высоковольтных полупроводниковых приборов. Он обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционным кремнием или арсенидом галлия: более высоким барьером Шоттки, в десять раз более высоким напряжением пробоя и эффективной теплопроводностью, сравнимой с теплопроводностью меди. В то время как кремниевые

диоды Шоттки имеют запирающее напряжение около 200 В, а диоды на основе арсенид галлия - около 250 В, SiC-диоды позволяют расширить диапазон до 300-3500 В.

Перечисленные факторы позволили создать новые высокочастотные диоды с малым током утечки, минимальным прямым сопротивлением и высокой плотностью тока. Применение почти не имеющих потерь быстропереключающихся диодов позволяет заметно повысить частоту преобразования напряжения в блоках питания (вплоть до нескольких МГц, вместо типичных ограничений в 100 кГц). На высокой частоте можно использовать пассивные компоненты (такие, как трансформаторы, дроссели, резисторы и конденсаторы) значительно меньших размеров, и заметно снизить стоимость всей системы при существенном росте ее надежности. Из-за низких токов переключения и малых потерь на коммутацию можно применять более рентабельные транзисторы.

По сообщениям руководства Infineon, с апреля 2001 г. компания приступает к серийному выпуску четырех типов SiC-диодов: с напряжением запирания 600 В при номинальных рабочих токах 4 А (D04S60) и 6 А (D06S60), с напряжением запирания 300 В и рабочим током 10 А (D10S30), а также 300-вольтовый двоярный вариант 2 x 10 А (D20S30, рис.2).

Все указанные диоды имеют максимальную рассеиваемую мощность 60 - 70 Вт при температуре 25° С. При этом предусмотрено использовать традиционные транзисторные корпуса TO220 и TO263, причем последний - для технологии поверхностного монтажа (Surface Mount Technology). Более подробно информация о новых кремний-карбидных диодах Шоттки, включая Data Sheets, доступна на сайте производителя www.infineon.com/sic.

Что же касается приложений, где SiC-технология пока не может быть использована (например, в микропроцессорной электронике и т. п.), то в этом случае обеспечение эффективного отвода тепла можно достичь на основе новых конструкций радиаторов, запатентованных в декабре 2000 г. и январе 2001 г. американской компанией Novel Concepts Inc. Новая ее концепция теплорассеивающих модулей базируется на идее создания внутри твердотельного радиатора микрокапиллярной сети, заполненной циркулирующим жидким охладителем. Кстати, подобный подход используется и для защиты организма человека от из-

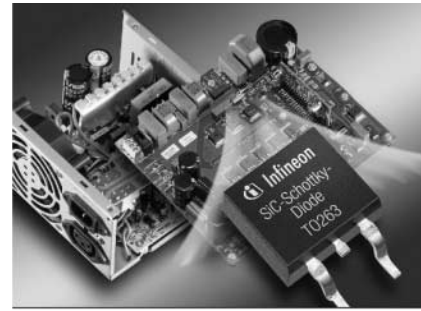


рис. 1

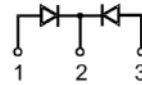


рис. 2



рис. 3



рис. 4



рис. 5

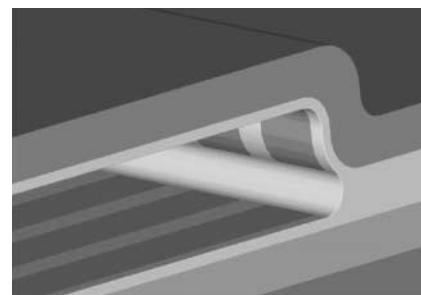


рис. 6

лишнего перегрева. Сконструированный в Австралии спецжилет, например, предназначен для пожарных, спасателей, военных, ликвидаторов катастроф и представителей других профессий, которым приходится работать в термоизолирующих комбинезонах [2]. Жилет, надеваемый под защитную спецодежду, представляет собой двухслойный чехол, внутри которого скрыты тонкие переплетенные трубки, заполненные летучей жидкостью. Испарение этой жидкости отводит от тела избыточное тепло, и оно через теплообменник излучается в атмосферу.

Novel Concepts предлагает две основные разновидности новых средств охлаждения чипов: теплоотсеиватели IsoSkin™ (изотермическая обшивка) и IsoFilm® (изотермическая пленка). Созданная из любого металла, многослойная пластинка IsoSkin™ толщиной от 0,5–1,0 мм и размером, например, с кредитную карточку (рис.3) содержит внутри множество микрокапилляров с циркулирующей теплопроводящей жидкостью, обеспечивающей общую теплопроводность материала в несколько раз выше, чем у алмаза. Увеличенное изображение внутренней структуры IsoSkin™ показано на рис.4 и схематически – на рис.5. Нижняя стенка является испарителем, а верхняя – конденсатором, обе они сформированы посредством листовой штамповки из тончайшей (0,25 мм) металлической фольги. После впрыскивания строго дозированного количества охладителя, в роли которого может выступать даже дистиллированная вода, герметизация сборки по периметру осуществляется с помощью холодной сварки. Толщина капилляров составляет 125 мкм, они образованы рельефно-вогнутой,

непрерывной, радиально-ориентированной полостью, сформированной между испарителем и конденсаторной стенкой.

В соответствии с законами капиллярной физики, капиллярный эффект возникает благодаря ничтожно малому расстоянию между образующими поверхностями. В тех областях, где расстояние между стенками большое (рельефно-выпуклые сегменты), поверхностные натяжения оказываются недостаточными для поддержания капиллярных свойств. Эти обширные адиабатические полости предназначены для транспортировки пара. Таким образом, дозирование охлаждающей жидкости при заправке теплоотсеивателя должно осуществляться в расчете на заполнение лишь объема капиллярной сети. Совокупный же объем паропроводов проектируется с учетом необходимости приема всего испарившегося охладителя, хотя на режим эксплуатации и накладываются тепловые ограничения, исключая столь интенсивное парообразование жидкого наполнителя.

Капиллярную микроструктуру помимо тиснения можно сформировать химически, посредством высокоэнергетического лучевого воздействия либо с помощью специального набора трафаретных вкладышей. На рис.6 показан вариант капиллярной сети, полученной комбинацией процессов травления и штамповки.

Из IsoSkin™ можно изготавливать корпуса для изделий мобильной электроники типа портативных компьютеров, сотовых телефонов, PDA, винчестеров, PCMCIA-карт, радиаторы для процессоров, микросхем памяти и т. д. Создатели обещают эффективный удельный теплоотвод в 100 Вт/см^2 (хотя пока на практике достигнуты показатели $20\text{--}30 \text{ Вт/см}^2$), так что не потребуется даже вентилятор.

Высокая теплопроводность IsoSkin™ позволяет равномерно рассредоточивать по большой поверхности тепло от небольшого по размерам теплового источника типа микросхемы с охлаждением за счет конвекции. Корпус портативного компьютера, изготовленного по технологии IsoSkin™, как утверждают специалисты Infineon, будет обладать повышенной теплоустойчивостью за счет снижения температурного градиента до $0,3^\circ \text{ C/Вт}$ и менее. На рис.7 показана полученная компанией зависимость теплоустойчивости IsoSkin™ от подводимой тепловой мощности. Согласно этим данным, при 40-ваттном микропроцессоре использование радиатора IsoSkin™ привело бы к повышению его температуры лишь на $4,5^\circ \text{ C}$, что устраняет потребность в жаростойком корпусе для микросхем и вентиляторе охлаждения, позволяет избежать повышения массы и увеличения размеров изделий в целом.

С гладкими либо рельефными поверхностями материал IsoSkin™ позволяет легко сформировать корпус любой формы, он может включать сквозные отверстия и соединительную арматуру.

Система IsoFilm® благодаря своей гибкости ориентирована на использование в качестве материала для построения радиаторов сложного профиля, в том числе в сочетании с вентиляторным охлаждением в случае мощных источников тепловыделения типа сигнальных процессоров. Многослойные изотермические пленки с пластмассовыми микрокапиллярными вкладышами можно применять совместно с термоэлектрическими "холодильниками" на основе эффекта Пельтье, что позволяет впервые повысить теплоотдачу последних до 50 Вт/см^2 .

Как всегда, напоследок осталась мелочь - цена. Так вот, Novel Concepts утверждает, что при массовом производстве она составит в расчете на квадратный сантиметр IsoFilm® всего лишь несколько центов.

В заключение следует отметить, что имеющийся задел технологических новшеств создает основательные предпосылки для устранения теплоотводных проблем на пути успешного продвижения микропроцессорной техники к очередному, 10-гигагерцовому барьеру. Кстати, достижение его, судя по последним заявлениям Intel, в связи с созданием 30-нанометрового транзистора, может сместиться с 2011 г. к 2005 г. Как говорится, поживем - увидим.

Литература

1. <http://www.novelconceptsinc.com>.
2. <http://www.infineon.com/news/>.

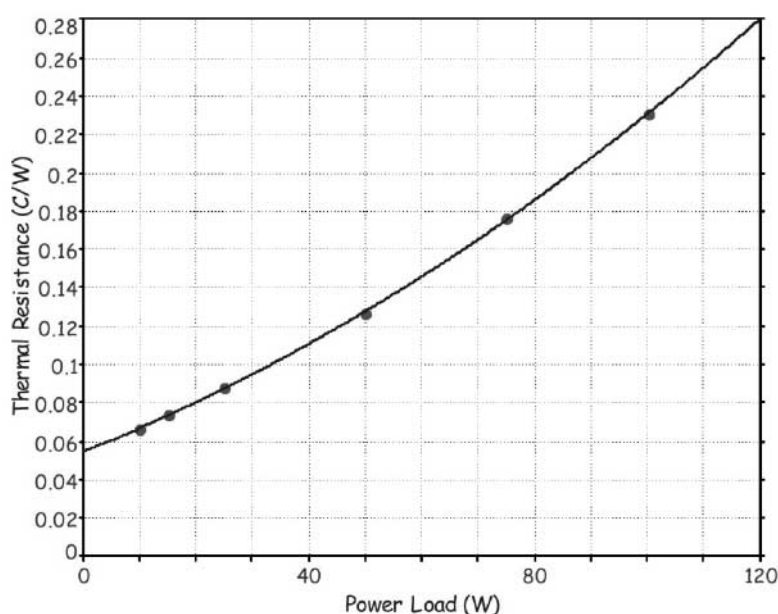


рис. 7