

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ТЕПЛОТВОДА МАТЕРИАЛЫ КОМПАНИИ BERGQUIST

Задача обеспечения теплоотвода всегда актуальна для производителей радиоэлектронной аппаратуры, будь то мощные силовые преобразователи или высокочастотные цифровые схемы. Как правило, для этого используют специальные радиаторы и, при возможности, металлические элементы шасси аппаратуры. Но между корпусом охлаждаемых элементов и радиатором необходима высокая теплопроводность, а их поверхности обычно далеко не идеально гладкие, фрагменты микрорельефа препятствуют плотному прилеганию поверхностей и ухудшают теплообмен. Данную проблему разрешают, применяя специальные теплопроводные материалы.

Теплопроводные пасты легко доступны, дешевы и обеспечивают хороший термоконттакт. Но на этом их достоинства заканчиваются и начинаются недостатки. Прежде всего, термопаста при своей дешевизне крайне нетехнологичный материал. Производитель серийных изделий, сэкономив на пасте, может проиграть на себестоимости технологического процесса. Тепловой контакт, создаваемый пастами, недолговечен. Но самое неприятное – пасты не обеспечивают электрической изоляции между прибором и радиатором. А это создает дополнительные конструктивные сложности. Например, вместо одного радиатора на несколько транзисторов приходится применять отдельный радиатор для каждого, проблематично использовать в качестве радиатора фрагмент корпуса аппаратуры и т. п.

В качестве электроизолирующих прокладок традиционно используют слюду. Из нее приходится делать прокладки толщиной 50–80 мкм, а столь тонкие слюдяные прокладки крайне хрупкие. Кроме того, при тонкой прокладке может возникнуть паразитная емкостная связь между прибором и радиатором.

Лучшее решение – керамические прокладки. Их производят на основе оксида бериллия, нитрида бора, оксида алюминия (глинозем) и т. п. При толщине 0,5–1,5 мм они обеспечивают высокие электрическое сопротивление и теплопроводность, но хрупки и дороги.

Как совместить несовместимое – эластичность и теплопроводность теплопроводных паст, высокие электроизоляционные и механические характеристики керамики, и при этом обеспечить технологичность, безопасность и приемлемую стоимость? Одной из первых на этот вопрос ответила американская компания Bergquist, более 20 лет назад начав выпуск серии своих электроизолирующих теплопроводящих материалов Sil-Pad. За два десятка лет ассортимент продуктов компании существенно расширился, и сегодня

А.Тетерев
teterev@zolshar.ru

Bergquist способна предложить разработчикам материалы, не только не уступающие традиционным термопастам и керамике, но и позволяющие принципиально по-новому решать проблему отвода избыточного тепла. Рассмотрим основные классы материалов фирмы Bergquist.

Материалы семейства Sil-Pad предназначены для замены теплопроводных паст и керамических прокладок (рис.1). Они производятся на стекловолоконной основе, заполненной силиконовым каучуком. Благодаря стекловолоконной основе материал крайне устойчив к проколам и прочим механическим

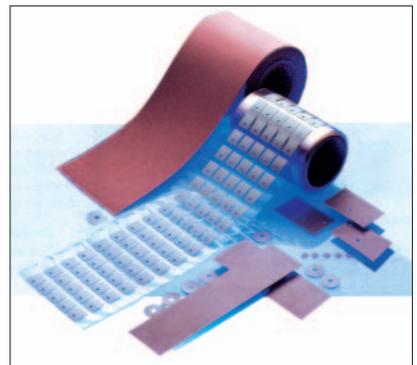


Рис.1. Материалы семейства Sil-Pad

повреждениям при сильном прижиге радиатора к корпусу прибора – прижимное усилие около 500 кг не повреждает материал. Силиконовый каучук с высокой теплопроводностью заполняет все неровности микрорельефа поверхностей, повышая теплоотдачу. Материал не токсичен и не подвержен воздействию веществ, применяемых при очистке печатных плат. Одно из характерных применений материалов Sil-Pad – использование одного теплорассеивающего элемента для многих

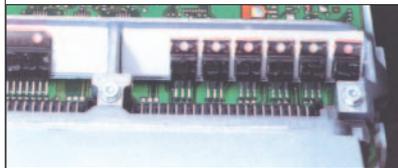


Рис.2. Применение Sil-Pad для нескольких элементов с одним радиатором

Типичный и самый первый представитель этого семейства, завоевавший в России наибольшую популярность, – Sil-Pad 400. В целом материалы семейства отличаются малой толщиной, жесткостью поверхности, хорошими прочностными, теплопроводными и диэлектрическими свойствами, обладают высокой теплопроводностью. Есть специальные материалы (Sil-Pad 1750 и Sil-Pad 1950) для работы в условиях высокой влажности. Sil-Pad 800-S и Sil-Pad 900-S обеспечивают низкое термосопротивление (0,1 и 0,2 °С·дюйм²/Вт) при слабом прижи-

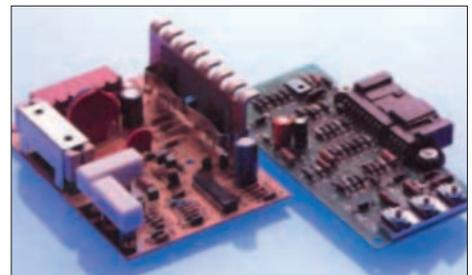


Рис.3. Применение материалов Sil-Pad 800 S/900 S при слабом прижиге элементов к радиатору

ме корпуса к радиатору, например, с помощью пружинной клипсы (рис.3).

Для применений, требующих повышенной прочности материала, предназначены материалы Sil-Pad K-4, Sil-Pad K-6 и Sil-Pad K-10. От обычных материалов Sil-Pad они отличаются тем, что вместо стекловолоконной основы в них использована диэлектрическая пленка. Например, Sil-Pad K-10 специально разрабатывался как заменитель керамических изоляторов. При толщине 0,15 мм значение его пробивного напряжения составляет 6 кВ, а термосопротивления — 0,2°C·дюйм²/Вт. Но в отличие от хрупких керамических аналогов он очень пластичен, технологичен и гораздо дешевле!

Иногда в аппаратуре (телекоммуникационные устройства или авиационно-космическое оборудование) нельзя применять кремнийсодержащие материалы. Для таких случаев разработана группа материалов Poly-Pad. В них, так же, как и в Sil-Pad, в качестве основы использовано стекловолокно или диэлектрическая пленка, но силиконовый каучук заменен полистиролом.

Для применений, не требующих электроизоляции, компания Bergquist разработала материалы Q-Pad II и Q-Pad III — заменители теплопроводной пасты. Первый представляет из себя тонкую (38 мкм) алюминиевую фольгу, с двух сторон покрытую теплопроводным слоем силиконового каучука, второй — полимер с графитовым наполнителем на стекловолоконной основе.

Все описанные материалы поставляются как в рулонах, так и вы-

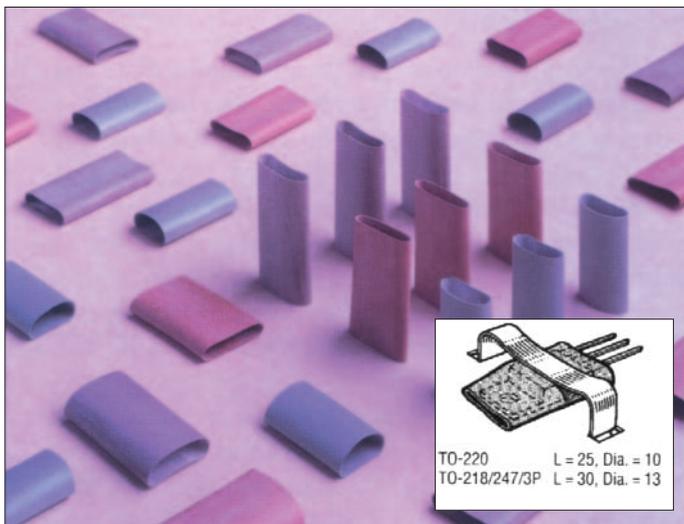


Рис.4. Sil-Pad в виде коротких трубок (SPT 400 и SPT 1000)

рубленные в форме, соответствующей термоконтным поверхностям наиболее распространенных корпусов полупроводниковых приборов, например, TO-66, TO-220, TO-126 и т. д. На них может быть нанесен клеевой слой, упрощающий монтаж. Кроме того, материалы Sil-Pad выпускают и в виде коротких трубок (рис.4) — это SPT 400 и SPT 1000. В частности, они предназначены для применения с мощными приборами в пластиковых корпусах, прижимаемых к радиатору пружинной клипсой.

Для СВЧ-применений компания Bergquist предлагает так называемые Sil-Pad-пластины — Sil-Pad Shield. Они представляют собой медные пластины, ламинированные с двух сторон материалом Sil-Pad 400 или Sil-Pad 1000 (рис. 5, 6). К медной пластине подсоединен вывод для заземления. Sil-Pad Shield незаменимы, когда необходимо снизить помехи от мощных СВЧ-элементов. Если использовать традиционные изоляторы, например слюду, между прибором и радиатором образуется электрическая емкость порядка 100 пФ, что на высоких частотах превратит даже заземленный радиатор в

антенну. Применение Sil-Pad Shield позволяет в этом случае на порядок снизить уровень паразитного излучения.

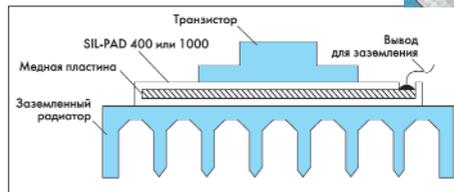


Рис.5. Структура Sil-Pad-пластины

Материалы группы Hi-Flow представляют новое поколение продуктов компании Bergquist. В их состав включен полимер, остающийся в твердом состоянии при температуре до 65°C, а при ее повышении размягчающийся и растекающийся по всей контактной поверхности. При

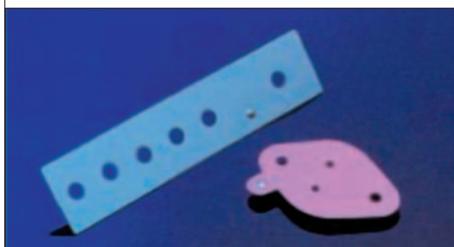


Рис.6. Sil-Pad-пластины

этом он заполняет все неровности поверхности. В результате теплопроводность чрезвычайно возрастает. Так, у заменителя теплопроводной пасты Hi-Flow 105 термосопротивление такое же, как и у пасты, — 0,32°C·см²/Вт. В качестве основы этого материала используется алюминиевая фольга, и он предназначен для применений, не требующих электроизоляции. Если же изоляция необходима, фирма предлагает материалы Hi-Flow 625 и Hi-Flow 115-AC с пленочной и стекловолоконной изолирующими основами, соответственно.

Особый интерес для разработчиков электронной аппаратуры представляют материалы группы Gap Pad. Благодаря особому теплопроводному изолирующему полимеру, материал чрезвычайно легко деформируется, плотно прилегая ко всем компонентам на печатной плате (рис.7). Такие материалы могут служить прокладкой между печатными платами и теплоотводящим элементом — металлическим корпусом устройства или радиатором (рис.8). Материалы данной группы различаются теплопроводностью, толщиной, необходимым усилием прилегания к поверхности платы (вплоть до совсем небольшого у материала Gap Pad HC 1100 с гелеподобной поверхностью). Некоторые из них включают усиливающий стекловолоконный слой, предохраняющий от механического повреждения. Очевидно, что чем толще такие материалы, тем выше их термосопротивление, но и тем лучше они заполняют пустоты неровной поверхности. Напряжение

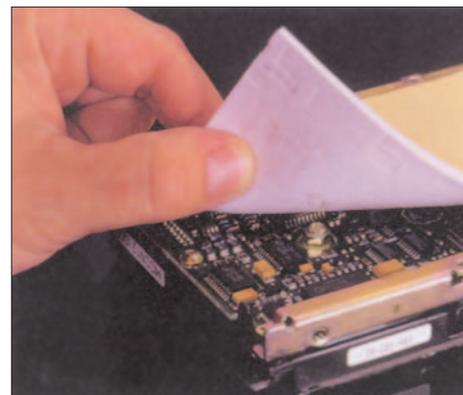


Рис.7. Применение материалов группы Gap Pad

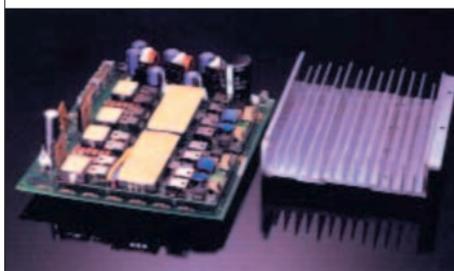


Рис.8. Применение материалов группы Gap Pad

пробоя материалов Gap Pad -3...10 кВ, диапазон рабочих температур – -60...200°C.

Если же свойств материалов Gap Pad окажется недостаточно, можно воспользоваться продуктами группы Gap Filler. Это – жидкие материалы, состоящие из двух компонентов, вулканизирующихся при смешении. Вулканизация происходит в течение нескольких часов при комнатной температуре либо в течение пяти минут при 100°C в зависимости от типа материала. Таким образом, практически не оказывая силового воздействия на элементы печатной платы, можно заполнить ее поверхность теплопроводным электроизолирующим материалом. Причем его толщина может быть сколь угодно мала. В этом – принципиальное отличие от материалов Gap Pad, а ведь чем тоньше материал, тем ниже термосопротивление.

Материалы Gap Filler выпускаются как на силиконовой основе, так и без кремнийсодержащих компонентов. У них отличные теплопроводные и электроизолирующие характеристики, высокая механическая и химическая устойчивость как при высоких (до 200°C), так и при низких (-60°C) температурах. Немаловажно, что при необходимости поверхность легко очищается от нанесенного материала.

В заключение следует отметить еще два продукта компании Bergquist. Это – самоклеящийся материал Bond Ply и термопрокладки Softface. Материалы типа Bond Ply 100 представляют собой стекловолоконную основу с нанесенными с обеих сторон акриловыми клеевыми слоями. При термосопротивлении и пробив-

ном напряжении, как и у материалов типа Sil-Pad, продукты Bond Ply обладают высокой адгезией и удобны при необходимости крепления радиатора к процессору компьютера или к печатной плате силового модуля.

Термопрокладки Softface на полистироловой основе предназначены для их монтажа на поверхность радиаторов или иных устройств методом горячей штамповки, что особенно удобно при серийном производстве. К радиатору с нанесенным слоем Softface охлаждаемый прибор можно крепить непосредственно, не пользуясь теплопроводными пастами или изоляционными материалами. Материалы Softface выпускаются в двух модификациях – с электроизоляционными свойствами (2,5 и 4 кВ) и электропроводящие.

Таким образом, продукты компании Bergquist способны удовлетворить самый взыскательный вкус разработчиков и технологов радиоэлектронной аппаратуры. Их применение сулит экономический выигрш как непосредственно на этапе производства, так и последующей эксплуатации изделий. Сами материалы отвечают требованиям коммерческих и военных стандартов США и могут применяться практически в любой области – от бытовых устройств до военной техники. Отрадно, что продукция фирмы Bergquist доступна на российском рынке с 1993 года, во многом – усилиями ее российского дистрибьютора, компании "Золотой шар". Благодаря широкой сети представительств, компания "Золотой шар ЭК" обеспечивает поставки продукции практически во все регионы России и ближнего зарубежья. В их числе и материалы фирмы Bergquist. Звоните! Тел. (095) 234-0110. ○

Легенды и мифы полупроводниковой промышленности

Греции и Риму потребовались столетия для создания своей продуманной мифологии со всеми ее богами, богинями и легендами. Полупроводниковой промышленности оказалось достаточно 50 лет для появления "чиповых мифов". Самое известное положение развивающегося полупроводникового фольклора – сформулированный еще в 1965 году закон Мура. Сегодня вопрос справедливости этого закона – предмет активной дискуссии. А уж если закон Мура требует пересмотра, то, очевидно, и другие широко распространенные "мудрые постулаты" могут оказаться не столь справедливыми.

Миф первый: чем выше уровень интеграции, тем лучше. На протяжении всей недолгой истории микроэлектроники изготовители стремятся с помощью технологических достижений втиснуть на чипы как можно большее число дополнительных транзисторов и схемных блоков. Но серьезную роль при переходе к 90-нм технологии начинает играть "абсурдная" стоимость шаблонов, иногда превышающая 1 млн. долл. Окупить ее может лишь крупносерийное производство. Вот почему, несмотря на то, что построение микросхемы с более чем 1 млрд. транзисторов уже возможно, большинство производителей не идут на необходимые для этого астрономические затраты, а выпускают изделия, содержащие меньше (и намного меньше) 100 млн. транзисторов. Повышение стоимости производства сказывается и на числе разрабатываемых новых микросхем: в 1998 году их было 38 тыс., а в 2002-м – 30 тыс. По оценкам фирмы VLSI Research, к 2007-му их число не превысит 23 тыс.

Миф второй: КМОП-технология дешевле и лучше других. Несмотря на то, что, согласно прогнозам фирмы IC Insights, продажи микросхем, выполненных на базе полупроводниковых соединений (SiGe, GaAs), за период 2003–2008 годы возрастут с 2,1 млрд. до 4,4 млрд. долл. (среднегодовой прирост – 16%), их доля в общем объеме продаж составит всего 1,7%. Это, в первую очередь, обус-

ловлено огромными инвестициями, вкладываемыми на протяжении нескольких десятилетий в развитие КМОП-технологии.

Тем не менее, число изделий на полупроводниковых соединениях непрерывно растет. SiGe-микросхемы весьма перспективны для применения в волоконно-оптических и беспроводных ВЧ-системах, а арсенидгаллиевая технология незаменима при создании усилителей мощности для сотовых телефонов. Фирма Agere Systems недавно предпочла изготавливать преусилители драйверов дисковых накопителей не по КМОП-технологии, а на SiGe, что позволило почти вдвое снизить потребляемую мощность. К тому же, издержки производства этих устройств за последнее время значительно сократились.

Миф третий: интеллектуальная собственность третьей стороны экономит время и затраты. Возможность снизить стоимость новых микросхем при повышении их сложности изготовители видят в использовании уже разработанных схемных блоков (встраиваемых процессоров, памяти и стандартных интерфейсов), т.е. интеллектуальной собственности (IP) третьей стороны. Но мало кто отдает себе отчет в том, что большинство IP – это не обычные "plug-and-play" изделия. Чтобы их характеристики соответствовали требованиям разрабатываемой системы, зачастую необходима их доработка. Для успеха на этом рынке фирмы-поставщики IP должны тратить 60% времени, требуемого для создания изделия, на его верификацию. Но тестирование и верификация – дорогостоящие процессы, и не все фирмы проводят их полностью. Такое положение, конечно, не приведет к исчезновению третьих поставщиков, хотя наиболее "слабые" уйдут с рынка.

Таким образом, все "чиповые мифы" отражают лишь долю истины. Каждый всеобъемлющий закон, как правило, содержит исключения.