

Эластичные изолирующие термопроводные материалы

Задача обеспечения отвода тепла всегда была актуальной для производителей радиоэлектронной аппаратуры. Для этого, как правило, используют специальные радиаторы и по возможности металлические элементы шасси аппаратуры. Но между корпусом охлаждаемых элементов и радиатором необходимо обеспечить очень хороший теплопроводный контакт, а их поверхности не являются идеально гладкими, фрагменты микрорельефа препятствуют плотному прилеганию поверхностей и ухудшают теплообмен. Разрешить эту проблему можно, используя специальные теплопроводные материалы. Наиболее распространенное решение — применение термопроводных паст, обычно на основе бериллия.

Илья Шахнович

sales@zolshar.ru

Термопроводные пасты легко доступны, дешевы и обеспечивают хороший термоконтакт. Но на этом их достоинства заканчиваются. Из недостатков прежде всего следует отметить следующее. 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 — то, что 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 хрупки. Кроме того, при тонкой прокладке может возникнуть паразитная емкостная связь между прибором и радиатором.

Лучшее решение здесь — 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 являются хрупкими и дорогими.

Как совместить несовместимое — эластичность и теплопроводность термопроводных 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-Pads. За два десятка лет ассортимент продуктов компании существенно расширился, и сегодня 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 термопроводных 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 повреждениям при сильном прижиме 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 силовых приборов (рис. 2).

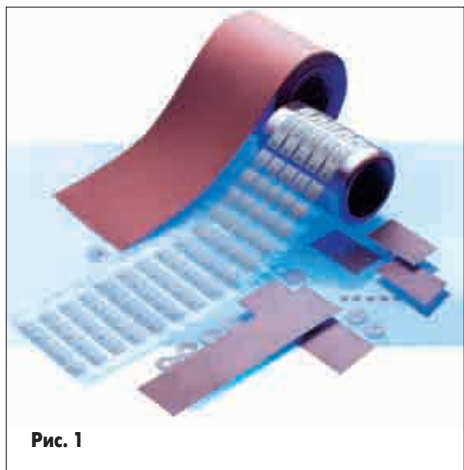


Рис. 1

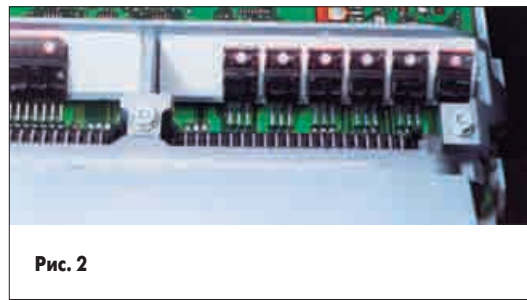


Рис. 2

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. Существуют 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 прижиге корпуса к радиатору, например, с помощью пружинной клипсы (рис. 3). Сравнительные характеристики вышеперечисленных материалов приведены в табл. 1.

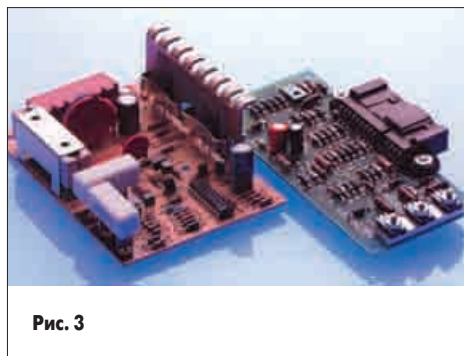


Рис. 3

При толщине 0,15 мм значение его пробивного напряжения составляет 6 кВ, а термосопротивления — 0,2 °С·дюйм²/Вт. Но в отличие от хрупких керамических аналогов, он очень пластичен, технологичен и гораздо дешевле.

В аппаратуре определенного вида (например, в телекоммуникационных устройствах или авиационно-космическом оборудовании) нельзя применять кремнийсодержащие материалы. Для таких случаев разработана группа материалов Poly-Pad. В материалах этой группы, также как и 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.

Таблица 1. Сравнительные характеристики материалов семейства Sil-Pad

Тип	Цвет	Толщина, дюймов/мм	Тепловое сопротивление, °С·дюйм ² /Вт	Теплопроводность, Вт/м·°С	Напряжение пробоя, В	Рабочий диапазон температур, °С	Состав
Sil-Pad 400	Серый	0,007/	0,45	0,9	3500	-60...180	Силикон/
		.007 in					0,18
Sil-Pad 400	Серый	0,009/	0,5	0,9	4500	-60...180	Силикон/
		.009 in					0,23
Sil-Pad 600	Зеленый	0,009/	0,35	1	4500	-60...180	Силикон/
							0,23
Sil-Pad 1000	Розовый	0,009/	0,35	1,2	4500	-60...180	Силикон/
							0,23
Sil-Pad 1500	Зеленый	0,010/	0,23	2	4000	-60...180	Силикон/
							0,25
Sil-Pad 2000	Белый	0,015/	0,2	3,5	4000	-60...200	Силикон/
							0,38
Sil-Pad K-4	Серый	0,006/	0,4	0,9	6000	-60...180	Силикон/
							0,15
Sil-Pad K-6	Бирюзовый	0,006/	0,3	1,1	6000	-60...180	Силикон/
							0,15
Sil-Pad K-10	Бежевый	0,006/	0,2	1,3	6000	-60...180	Силикон/
							0,15
Q-Pad II	Черный	0,006/	0,1	2,5	n/a	-60...180	Силикон/
							0,15
Q-Pad 3	Черный	0,005/	0,1	2	n/a	-60...180	Силикон/
							0,15
Poly-Pad 400	Желтый	0,009/	0,4	0,9	4500	-20...150	Полиэстер/
							0,23
Poly-Pad 1000	Желтый	0,009/	0,3	1,2	2500	-20...150	Полиэстер/
							0,23
Poly-Pad K-4	Желтый	0,006/	0,4	0,9	6000	-20...150	Полиэстер/
							0,15
Poly-pad K-10	Желтый	0,006/	0,2	1,3	6000	-20...150	Полиэстер/
							0,15

Для тех областей применения, где требуется повышенная прочность, предназначены материалы Sil-Pad K-4, Sil-Pad K-6 и Sil-Pad K-10. От обычных 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.

Все описанные материалы поставляются как в рулонах, так и вырубленные в форме, соответствующей термоконтактным поверхностям наиболее распространенных корпусов полупроводниковых приборов, например, ТО-66, ТО-220, ТО-126 и т. д. На них может быть нанесен клеевой слой, упрощающий монтаж. Кроме того, материалы Sil-Pad выпу-

скают 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.

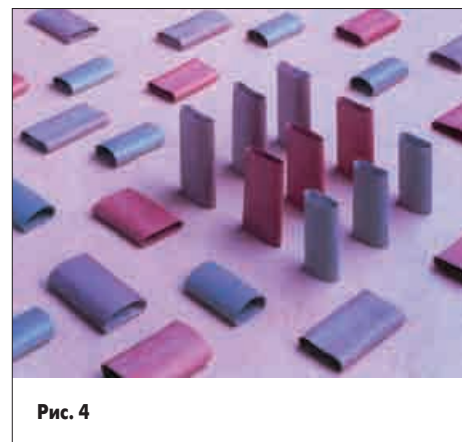


Рис. 4

Для СВЧ-применений компания Bergquist предлагает Sil-Pad Shield — 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 в тех случаях, 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 в антенну даже заземленный радиатор. Применение Sil-Pad Shield позволяет в этом случае на порядок снизить уровень паразитного излучения.

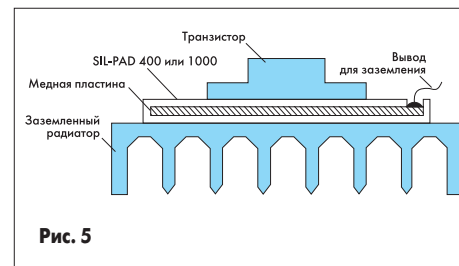


Рис. 5

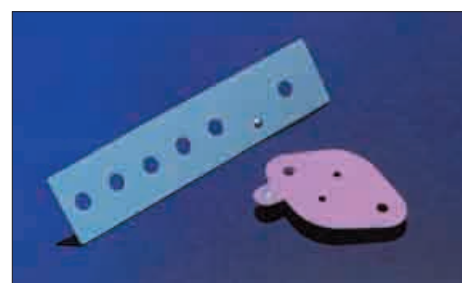


Рис. 6

Материалы группы Hi-Flow представляют новое поколение продуктов компании Bergquist. В состав этих материалов включен полимер, остающийся в твердом состоянии при температуре до 65 °С, а при ее повышении размягчающийся и растекающийся по всей контактной поверхности. При 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, — $0,32 \text{ СЧсм}^2/\text{Вт}$. В качестве основы этого материала используется алюминиевая фольга. Он предназначен для применения в тех случаях, когда не требуется электроизоляция. 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 теплородной 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 пробоя материалов Gap Pad — $3 \dots 10 \text{ кВ}$, диапазон рабочих температур — $-60 \dots +200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Если же свойств материалов Gap Pad окажется недостаточно, можно воспользоваться продуктами группы Gap Filler. Это жидкие материалы, состоящие из двух компо-

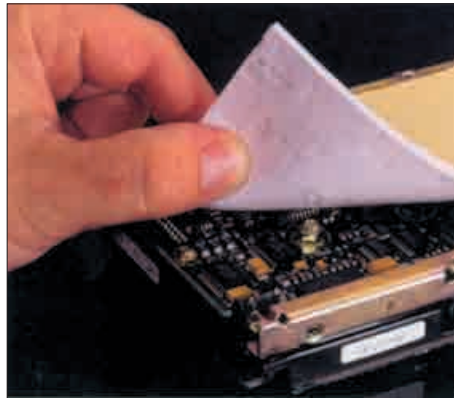


Рис. 7

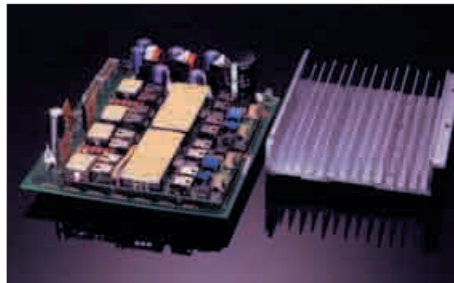


Рис. 8

нентов, вулканизирующихся при смешении. Вулканизация происходит в течение нескольких часов при комнатной температуре либо в течение пяти минут при $100 \text{ }^\circ\text{C}$ в зависимости от типа материала. Таким образом, практически не оказывая силового воздействия на элементы печатной платы, можно заполнить ее поверхность теплопро-

водным электроизолирующим материалом. Его толщина может быть сколь угодно мала, и, следовательно, термосопротивление может быть сколь угодно низким. В этом заключается принципиальное отличие от материалов Gap Pad.

Материалы Gap Filler выпускаются как на силиконовой основе, так и без кремнийсодержащих компонентов. Они имеют отличные теплопроводные и электроизолирующие характеристики, высокую механическую и химическую устойчивость как при высоких (до $200 \text{ }^\circ\text{C}$), так и при низких ($-60 \text{ }^\circ\text{C}$) 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 пробивном напряжении, как 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 выигрыш как непосредственно на этапе производства, так и во время 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. ■