

# Новый материал для термоподложек — акриловый эластомер

Светлана ПЕСКОВА

Для производства теплопроводящих подложек, паст и адгезивов чаще всего используется кремнийорганический материал (силикон). Однако недавно было обнаружено, что кремниевые подложки выделяют силоксан, который загрязняет поверхности приборов. Решить эту проблему позволяют подложки из нового материала — акрилового эластомера. Его основные характеристики и преимущества рассмотрены в данной статье.

Подложки выполняют несколько функций: обеспечение теплопроводности между двумя материалами, заполнение зазоров, клейкость, защита от деформаций и смещений, огнеупорная изоляция. В любом исполнении материал решает первостепенную задачу термоинтерфейса, то есть быстрого переноса тепла с одной поверхности на другую

для поддержания температуры нагревающегося компонента в рабочем диапазоне.

Все теплопроводящие материалы являются композитными и имеют сходную структуру (рис. 1). Это неорганический наполнитель в органической силиконовой основе.

В качестве неорганического наполнителя обычно применяются оксид алюминия, нитрид алюминия, нитрид бора и карбид кремния, поскольку они улучшают теплопроводность. Значение теплопроводности зависит от качества обработки поверхности, типа и размера распределения неорганического наполнителя. Наполнитель  $Al_2O_3$  с различным размером частиц демонстрирует лучшие показатели по сравнению с другими неорганическими наполнителями с одинаковым размером частиц. Было замечено, что теплопроводность чистого кремния можно увеличить в несколько раз благодаря применению массива нанозлектронов на основе УНТ (углеродные нанотрубки).

Органосиликоновая матрица влияет на упругоэластические свойства материалов-заполнителей зазоров. Кремнийорганическая матрица работает как эластомер — создает гибкость, пластичность и мягкость подложки. Силиконовое основание производится методом гидросилилированием винилсиликонов и гидросиликонов с платиновым комплексным катализатором. Схематическая диаграмма вулканизации между  $Si-CH=CH_2$  ( $Si-Vi$ ) и  $Si-H$  показана на рис. 2.

Кремниевые подложки обладают рядом уникальных свойств и широко используются в электронной промышленности. Однако некоторое время назад были замечены определенные проблемы при использовании эластомерных кремниевых подложек, в которых в качестве наполнителя применяются керамический порошок. Обе проблемы связаны с содержащемся в кремниевом наполнителе силоксане. В зависимости от температуры нагрева он может выделяться как в виде масла, так и в виде газа. Выделяемые низкомолекулярные летучие частицы обладают низким поверхностным натяжением, поэтому трудно очищаются и обладают малой адгезией.

Первая проблема заключается в том, что при долгой работе на высоких температурных режимах они выделяют масла, которые вызывают загрязнение поверхности устройства (рис. 3). К таким масляным пятнам мо-

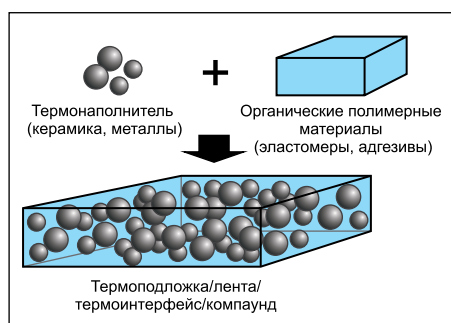


Рис. 1. Структура теплопроводящего материала

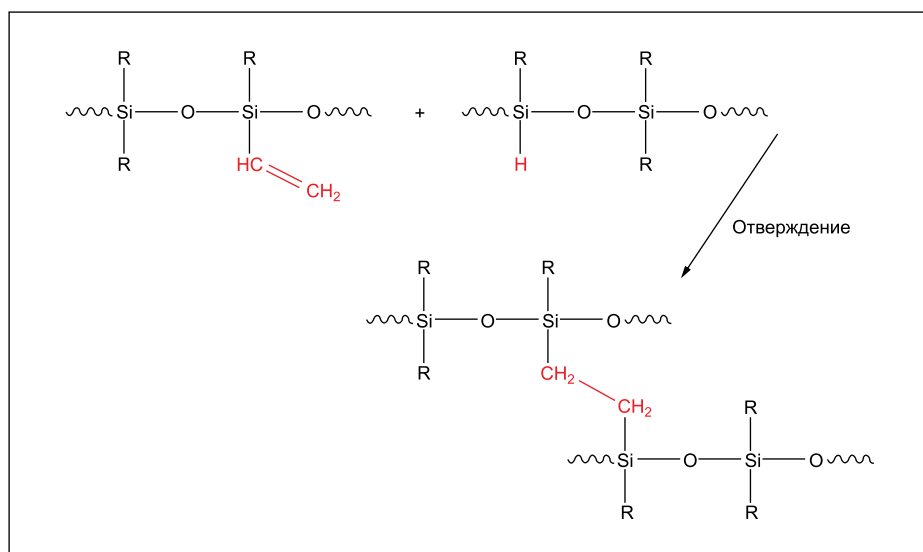


Рис. 2. Схематическая диаграмма вулканизации

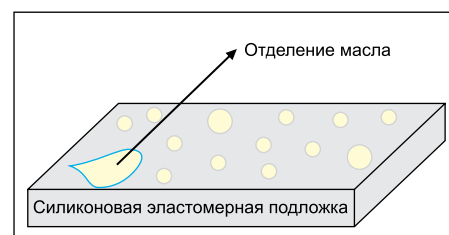


Рис. 3. Протечка масла при использовании кремниевых подложек

**Таблица 1.** Основные характеристики акриловой подложки 5590Н

Материал основы	наполненный акриловый полимер
Толщина	0,5 мм
Тип наполнителя	керамика
Материал лайнера	PET
Адгезивные способности	без адгезивного слоя, подложка слегка липкая
Твердость	30 (Asker), 60 (Шор 00)
Теплопроводность	3 Вт/м·К
Термосопротивление	3 °С·см <sup>2</sup> /Вт
Диэлектрическая прочность	33 кВ/мм
Объемное сопротивление	2,7·10 <sup>12</sup> Ом/см
Воспламеняемость	UL V0
Максимальная рабочая температура	+110 °С кратковременно (часы и дни), +80 °С (недели и месяцы)

гут прилипать другие материалы и создавать опасные предпосылки проводимости.

Вторая проблема кремниевых подложек связана с избыточным газовыделением, при нагреве подложек происходит выброс вредного газа силоксана. Выделение газа связано с двумя процессами: нагревом подложки и образованием вакуумной среды. Летучие компоненты высвобождаются и загрязняют оптические поверхности. Для уменьшения выброса газа используется дополнительный процесс отверждения подложки, при котором летучие вещества из жидкой фазы переходят в газообразную. Однако в результате этого процесса подложка становится твердой и теряет эластичность.

При использовании кремниевых подложек могут возникать перечисленные ниже негативные последствия:

- загрязнение печатной платы и возникновение короткого замыкания;
- выход из строя чувствительных к кремнию компонентов;
- загрязнение поверхностей светодиодов и оптических приборов, снижение уровня светового потока.

Каким образом можно минимизировать опасность выделения силоксана? С одной стороны, необходимо увеличить объем наполнителя (кремний, металл и т. д.), это позволит снизить долю силиконового эластомера. Однако негативным последствием такого шага будет увеличение жесткости подложки и снижение ее конформных свойств. С другой стороны, можно уменьшить содержание элементов с низкой молекулярной массой в эластомере, чтобы сократить их миграцию при нагреве. Очевидно, что подобное решение приведет к удорожанию подложки.

В связи с вышесказанным многие устройства, такие как оптика, медицинское оборудование, датчики, отличаются жесткими требованиями, что не позволяет использовать в их конструкции кремниевые подложки. Поэтому некоторые производители выпускают термоинтерфейсы без применения керамического порошка, а именно на основе акрила. Такие подложки характеризуются мягкостью и хорошей теплопроводностью. Тесты, проведенные с акриловыми подлож-

**Таблица 2.** Диэлектрические характеристики подложки 5590Н

5590Н	100 МГц		500 МГц		1 ГГц	
	Диэлектрическая константа	Тангенс угла диэлектрических потерь	Диэлектрическая константа	Тангенс угла диэлектрических потерь	Диэлектрическая константа	Тангенс угла диэлектрических потерь
Толщина, мм	5,7	0,03	5,5	0,024	5,4	0,024

ками (методом ASTM E 595 при +100 °С и вакуумной среде 10<sup>-5</sup> мм рт. ст. в течение 24 ч), показали значительно меньшее конденсирование газа силоксана (полностью избежать выделения газа невозможно).

Например, в ассортименте продукции «ЗМ» такая подложка маркируется как 5590Н. Акриловые подложки сохраняют все характеристики своих кремнийорганических аналогов (табл. 1), но добавляют еще одно преимущество — низкую стоимость.

Таким образом, использование акриловых подложек позволяет избежать двух проблем теплоотвода: выделения газа силоксана, осаждающегося на поверхности печатной платы и оптики, и выделения масла, приводящего к возникновению пробоя и короткого замыкания. Диэлектрические характеристики подложки приведены в таблице 2. Следует подчеркнуть стабильность электроизоляционных свойств термоинтерфейса в полном рабочем температурном диапазоне и при всем сроке эксплуатации.

Отдельно следует рассмотреть вопрос долговременной стабильности термопрокладки.

В некоторых сферах электроники ремонтпригодность компонентов не предусмотрена. Если мы используем практику повторного нанесения термопасты на процессоры материнских плат домашних компьютеров, то термоматериалы в телевизорах, видеодисплеях или силовой электронике не подлежат замене. А значит, они должны выполнять свою функцию на протяжении всего срока службы оборудования.

Традиционная термопаста, вне зависимости от качества и производителя, имеет два существенных недостатка: она является электропроводной и не выдерживает пере-

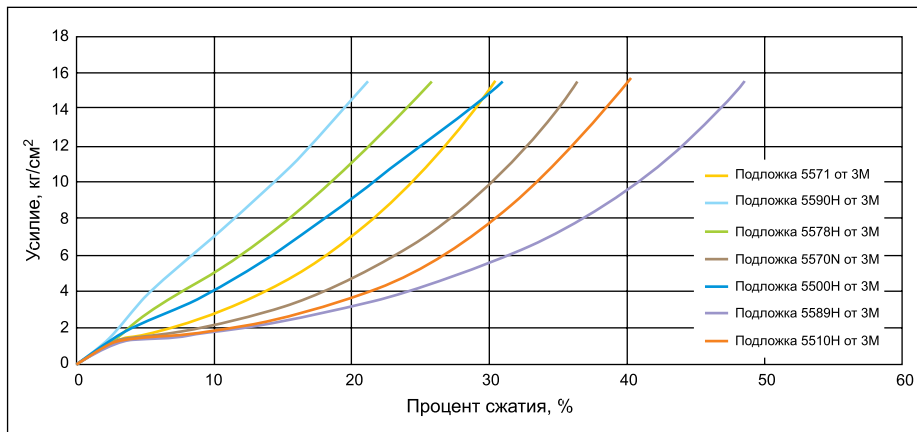
**Таблица 3.** Долговременная термостабильность прокладки 5590Н

Срок работы, ч	0	500	1000	2000
Теплопроводность, Вт/м·К	3			
Твердость (Аскер С)	30	33	34	
Внешний вид	— без изменений			

грева. После нагрева термопасты выше определенного уровня она высыхает и твердеет (улетучивается жидкая фракция, выделяясь в силоксан), в результате на процессоре образуется твердый нетеплопроводный слой, который в скором времени приведет к выходу оборудования из строя по причине перегрева. Замена термопасты — процесс сложный и трудоемкий, совершенно не допустимый для оборудования промышленного уровня.

Акриловые подложки 5590Н отличаются высокой долговременной стабильностью, зависимость теплопроводности от срока эксплуатации материала показана в таблице 3. Тест проводился в высокотемпературной камере при температуре +110 °С.

Акриловые подложки немного уступают кремнийорганическим аналогам по мягкости и термосопротивлению. Однако эти параметры находятся в допустимом пределе и не оказывают негативного влияния на выбор материала теплоотвода. Например, мягкость подложки влияет на ее способность сгладить неровности на поверхности радиатора и компенсировать приложенную механическую нагрузку. На рис. 4 показано различие в мягкости акриловых подложек на основе зависимости приложенного усилия и компрессии подложки. Как видно, подложка 5590Н, при усилии 14 кг/см<sup>2</sup> сжимается на 20%, не допуская контакта силового компонента с радиатором.



**Рис. 4.** Зависимость компрессии от приложенного усилия

Суммируем основные особенности акриловой термоподложки 5590H:

- хорошая мягкость и конформность на неровных поверхностях;
- отличные компрессионные свойства;
- акриловый эластомер без применения кремния;
- высокие диэлектрические показатели;
- хорошая адгезия обеспечивает низкое термосопротивление поверхности;
- отличная долговременная стабильность параметров теплопроводности и электроизоляции;
- возможность нарезки в любую форму.

Области применения акриловых подложек:

- заполнение пустот между электронными компонентами и корпусом;
- отвод тепла от микросхем, процессоров, транзисторов и т. д.;
- заполнение зазоров в телевизионном оборудовании и дисплеях;
- термоподложка для монтажа на радиатор;
- термоинтерфейс для светодиодных плат;
- термоинтерфейс для приложений, где нельзя использовать силиконовые подложки.

В заключение подчеркнем принципиальные особенности нового теплоотводящего

материала — акрилового эластомера. В первую очередь акриловые подложки не выделяют силоксан, загрязняющий поверхности оптических приборов и светодиодов, поэтому их применение особенно выгодно в светодиодной осветительной технике. Во-вторых, при нагреве акрил не выделяет масляные вещества, приводящие к пробоям силового компонента, поэтому силовая электроника — это второй целевой сегмент рынка данного материала. При вышеперечисленных достоинствах акриловый материал дешевле в производстве, что позволяет снизить стоимость конечного изделия. ■