

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 упругопластические свойства материалов — заполнителей зазоров. Кремнийорганическая матрица работает как эластомер — создает гибкость, пластичность и мягкость подложки. Силиконовое основание производится методом гидросилилирования 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 применяют керамический порошок. Обе проблемы связаны с содержащимся в кремниевом наполнителе силоксаном. 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-

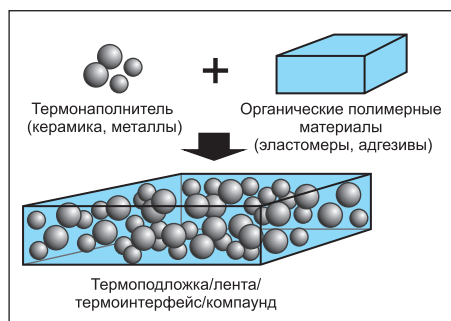


Рис. 1. Структура теплопроводящего материала

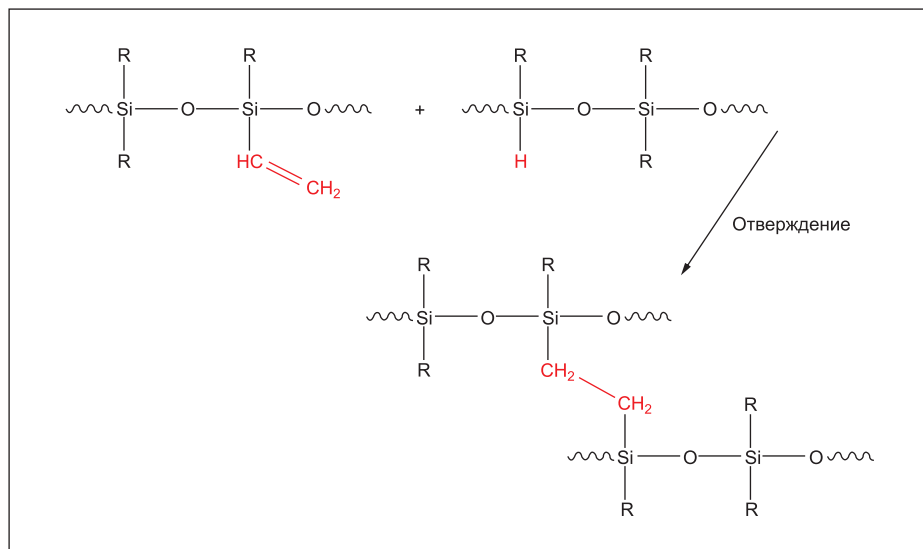


Рис. 2. Схематическая диаграмма вулканизации

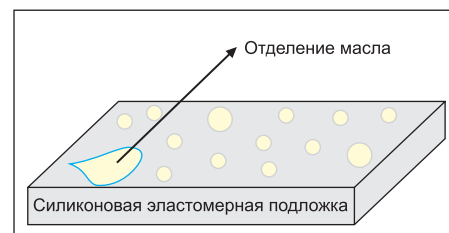


Рис. 3. Протечка масла при использовании кремниевых подложек

Таблица 1. Основные характеристики акриловой подложки 5590H

| | |
|----------------------------------|---|
| 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 °C·см ² /Вт |
| Диэлектрическая прочность | 33 кВ/мм |
| Объемное сопротивление | 2,7×10 ¹² Ом/см |
| Воспламеняемость | UL V0 |
| Максимальная рабочая температура | +110 °C кратковременно (часы и дни), +80 °C (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 под-

Таблица 2. Диэлектрические характеристики подложки 5590H

| 5590H | 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 |

ложками (методом ASTM E 595 при +100 °C и в вакуумной среде 10⁻⁵ 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 5590H. 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 ремонтоспособность 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-

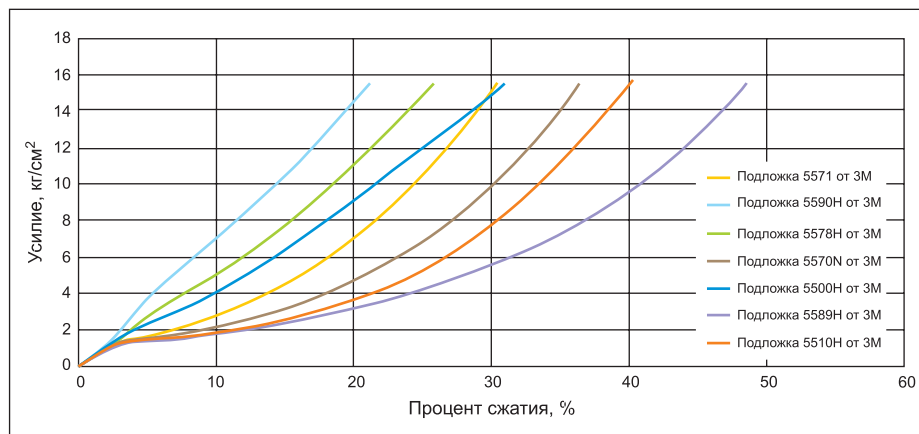
Таблица 3. Долговременная термостабильность прокладки 5590H

| 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 недопустимый для оборудования промышленного уровня.

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

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 5590H при усилии 14 кг/см² 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. ■