

Маскирующие ленты для производства электроники

Что общего между печатными платами и скафандром? А между 3D-принтером и луноходом? Одна незаметная деталь — каптоновая лента янтарного цвета. Благодаря своей окраске лента получила название «янтарный скотч».

Светлана Пескова

Материал Kapton, разработанный компанией DuPont, имеет в своей основе полиимид, который и дает янтарную окраску ленте. Полиимиды характеризуются хорошими термостабильностью, химической стойкостью, а также отличными механическими качествами. Другими словами, они выдерживают высокие температуры, причем не рвутся и не тянутся. Это связано с низким коэффициентом трения полиимида, что позволяет использовать их в качестве антифрикционного материала и защитного покрытия от механических воздействий, например, для предохранения плоского шлейфа от трения, царапин или проколов. Кроме того, на полиимиды не действуют широко применяемые масла и растворители: они устойчивы к слабым кислотам. Каптоновая лента практически не имеет усадки, не становится мягкой и не трансформируется при нагреве (в отличие от лент с полиэфирным связующим звеном).

Благодаря таким качествам сегодня на основе каптоновых лент производятся самые разнообразные материалы: скафандры для космонавтов, обмотка для электрики в авиастроении, покрытия для нагревающихся платформ 3D-принтеров и многое другое. Одна из областей применения связана с производством электроники, где лента используется в качестве

термоизолятора. Такие ленты имеют разные названия: каптоновая лента, маскирующая лента, янтарный скотч, термоскотч (однако этот термин используется в двух значениях: и как термоизолятор, и как термопрокладка).

При производстве печатных плат и монтаже компонентов определенные технологические процессы требуют защиты и маскирования участков платы. Эти процессы включают:

- защиту участка печатной платы «над» контактными выводами во время операции золочения;
- защиту позолоченных контактных выводов (ламелей) печатной платы во время волновой пайки;
- защиту дорогостоящих компонентов от статического электричества в процессе хранения;
- защиту чувствительных компонентов при ручной пайке;
- другие.

Маскирующие ленты-термоскотч 3М

Первая маскирующая лента была изобретена в 1925 году сотрудником компании 3М. Она имела слабые адгезивные свойства и помогла избежать дополнительных затрат при покраске автомобильного кузова, который мастерам приходилось перекрашивать по несколько раз.

Сегодня компания 3М выпускает широкий ассортимент полиимидных лент, которые предназначены для различных областей промышленности. Все ленты выполняют функцию маскирования, но одни используются в порошковом покрытии, а другие в электронике.

Технические характеристики ленты 5413

- Тип адгезива: силиконовый.
- Основа: полиимидная пленка каптон.
- Толщина: 0,07 мм.
- Толщина основы: 0,03 мм.
- Цвет основы: янтарный.
- Усадка: 0,03% при +250 °C.
- Адгезия к нержавеющей стали: 2,2 Н/10 мм.
- Прочность на разрыв: 58 Н/10 мм (578 Н/100 мм).
- Диэлектрическая прочность: 7000 В (при толщине 0,07 мм).
- Рабочая температура: -73...+260 °C.
- Срок хранения: 36 мес.



Рис. 1. Маскирующая лента 5413 3М

Таблица. Различные типы лент 3М для электронной промышленности

Наименование	Толщина, мкм	Цвет	Преимущества
7413, 5413	70	Янтарный	Высокая температурная стойкость
5414	60	Белый	Основа из поливинилового спирта (ПВС) (водорастворимая) и синтетический водорастворимый адгезив для маскирования золотых штифтов на печатных платах во время пайки волной припоя. Полноту растворяется во время промывки водой. Доступна в высечной форме. Не производит статического разряда. Поставляется в влагозащитных пакетах
5419	70	Янтарный	Антистатическая лента на основе 0,025-мм полиимидной пленки с низкостатическим силиконовым адгезивом для пайки волной припоя и оправлением припоя. Отсутствие статического электрического разряда при размотке и высокая температурная стойкость
5433	70	Янтарный	Аналог антистатической ленты 5419 на защитном лайнере. Упрощает производство высечки
9703	50	Бежевый	Токопроводящая лента без растворителя на подложке, характеризующаяся анизотропной электропроводностью при однородной толщине и высокой конечной силе сцепления, с умеренной термостойкостью
8901	61	Синий	Термостойкая лента с силиконовым адгезивом для использования при композитном склеивании или для удаления капель после склеивания. Хорошо подходит в качестве маскировочной ленты при конформном покрытии печатных плат

В зависимости от индустрии, для которой предназначена маскирующая лента, ее материал меняется. Например, при травлении или металлизации используется лента на основе полиэстера. Лента со стекловолокном предусмотрена для порошковых покрытий и пеноустойчивой обработки. Полиимидные ленты предпочтительны в качестве маскирующих там, где нанесение покрытия происходит при высоких температурах.

В зависимости от технологии нанесения краски следует выбирать ленты, обращая внимание на усилие на разрыв. Если при нанесении покрытия применяются дозаторы под высоким давлением, лента должна иметь максимальное разрывное усилие. Также ленты различаются по диэлектрической прочности: у обычных маскирующих лент для покраски она составляет 2300 В, у 5413 для электроники — 7000 В.

Самая популярная маскирующая лента для электроники — это 54133 М (рис. 1), которая производится из полиимидной пленки марки Kapton (производства DuPont) с нанесенным на нее силиконовым адгезивом. Данная связка — полиимидная пленка и силиконовый адгезив — обеспечивают оптимальные характеристики маскирующей ленты 5413.

В частности, полиимидная основа Kapton (или, как ее еще называют, «янтарный скотч») устойчива к воздействию высоких температур, негорюча, нечувствительна к воздействию химикатов и излучений. Как дополнительный «бонус»: материал является хорошим изолятором и выдерживает напряжение пробоя до 7 кВ.

Выбор силиконового адгезива не случаен. При производстве лент используется три типа клея: акриловый, каучуковый и силиконовый. Самые сильные адгезивные свойства при низкой термостойкости демонстрирует каучуковый клей, поэтому его применение в маскирующих лентах не оправдано. Акриловый клей имеет широкий температурный диапазон, от минусовых температур до +150 °C. Силиконовый же клей работает даже при +260 °C.

В ленте 5413 силиконовый адгезив призван решать две задачи. С одной стороны, он должен плотно прилегать к защищаемому участку

платы, с другой — не должен оставлять следов после удаления ленты. Силиконовый адгезив ленты 5413 характеризуется прочным соединением с пленкой, поэтому после ее удаления очистка не требуется.

Подводя итог сказанному, можно прийти к заключению, что полиимид обладает целым набором уникальных свойств: электрических, термических, химических и механических. Это лучшее решение для термо- и электроизоляции, электростатической защиты и улучшения огнестойкости.

Китайские каптоновые ленты

В настоящее время на рынке представлено много каптоновых лент стоимостью 300–400 рублей. При этом оригинальная лента 3М в два раза дороже, как минимум. В чем же разница?

Во-первых, в наличии самой ленты Kapton. Это зарегистрированная торговая марка фирмы DuPont, а потому китайские ленты на этикетках обычно не имеют надписи Kapton, как и собственно самой ленты. Оригинальная лента Kapton используется в авиастроении, в космических аппаратах Apollo, и ее уникальные свойства защищены патентами. Свойство «каптона» присваивается лентам российскими поставщиками китайской продукции.

Следующий момент заключается в том, что компания DuPont производит только полиимидную пленку, а не готовую клейкую ленту. Технология нанесения клеевого слоя принадлежит 3М. Поэтому превосходство таких характеристик ленты, как прочность на сдвиг, чистота поверхности после удаления, адгезия

к различным материалам будут всегда на стороне 3М.

«Но даже если там и нет каптоновой ленты, она же работает!» — скажут некоторые. Мы готовы с этим согласиться. Для простых применений (типа 3D-принтеров), где прочность на сдвиг и высокотемпературные свойства ленты не столь критичны, китайские ленты вполне себя оправдывают.

Примеры применения

Основные задачи, для решения которых применяются полиимидные ленты, — маскирование, механическая защита проводников от проколов и трения, защита от электростатики. В таблице приведены различные типы лент 3М для электронной промышленности.

Примеры применения ленты 5413 в электронике

1. Один из этапов производства печатной платы — процесс SMOBC (solder mask over bare copper — маска поверх необработанной меди), в результате которого металлизированный олово-свинец удаляется с поверхности меди в специальном растворе. Лента надежно защищает участки платы от подтекания раствора электролита под ленту.
2. Лента может защищать медные дорожки, не покрытые паяльной маской. Она плотно закрывает участки между проводящими дорожками.
3. В процессе осаждения проводящего золота на ламели необходимо защитить участок печатной платы над их выводами. Лента наносится на участок платы, прижимается, затем плата пропускается через ванну с раствором для удаления паяльной маски. После этого происходит нанесение золота, лента удаляется и плата промывается.
4. Защита чувствительных компонентов и ламелей при волновой пайке и ИК пайке (рис. 2). Лента выдерживает нагрев до +260 °C без трансформации с кратковременным повышением температуры до +370 °C. Кроме того, лента 5413 имеет большое усилие на разрыв, поэтому не сдвигается и не деформируется при воздействии потоков высокого давления.
5. Защита компонентов от статического электричества при хранении.
6. Защита этикеток и бар-кодов на печатных платах и других устройствах. Защита любых поверхностей от воздействия химически активных веществ.

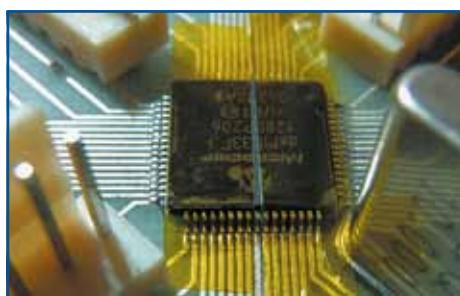


Рис. 2. Защита чувствительных компонентов при пайке

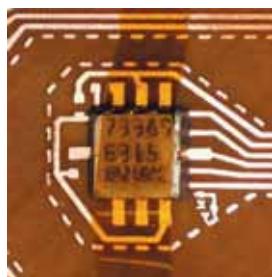


Рис. 3. Каптоновая лента на гибкой печатной плате



Рис. 4. Каптоновая лента для электроизоляции



Рис. 5. Каптоновая лента для электроизоляции в аккумуляторах

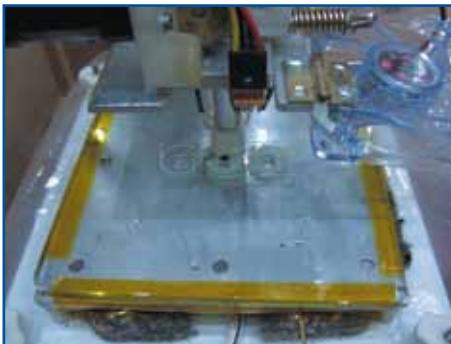


Рис. 6. Использование каптоновой ленты на платформе 3D-принтеров

7. Работа с гибкими печатными платами-шлейфами (рис. 3).
8. Ручная пайка и выпайка: любая работа термофена, пайка и выпайка горячим воздухом связаны с неконтролируемым потоком нагретого воздуха, который может расплавить пластиковые корпуса или повредить BGA-шарики.
9. Лента Kapton является хорошим изоляционным материалом и широко применяется для изоляции проводов и кабелей (рис. 4, 5). Здесь используются такие преимущества



Рис. 7. Лунный модуль LM-2 (США)



Рис. 8. Лента Kapton в космической промышленности

Примеры применения вне электроники

ленты, как теплостойкость до +300 °C, устойчивость к воздействию растворителей, устойчивость к УФ-излучению, негорючность и огнестойкость. Лента применяется для изоляции сердцевины кабеля, тяговых двигателей, межслойной изоляции в трансформаторах и обмотках катушек.

Например, в авиационной промышленности каптоновая лента предназначена для изоляции для электропроводки, а легкость ленты служит дополнительным преимуществом.

10. Высоковольтная и высокотемпературная изоляция электрических цепей, фиксация подвижных проводников в электронных устройствах.

11. Маскирующая лента при порошковом покрытии, при производстве трансформаторов и конденсаторов.

1. Каптоновая пленка широко распространена в 3D-принтерах (рис. 6): как для изготовления самих принтеров и термоизоляции никромовой проволоки при нагреве экструдеров, так и для 3D-печати. Она клеится на платформу сборки для фиксации напечатанных изделий или для защиты при нагреве платформы. Несмотря на надежность фиксации, лента легко удаляется, не оставляя следов.

2. Лента используется для производства диафрагм громкоговорителей, здесь она выступает как несущая основа для напыления алюминиевого токопроводящего слоя в пленочных акустических системах.

3. Каптон используется для изготовления «окон» в рентгеновских детекторах. Он хорошо пропускает рентгеновские лучи, предотвращает накопление электрических зарядов, механически прочен и термически стабилен.
4. Лента применяется в качестве изолятора в сверхвысоком вакууме.
5. Самое известное применение каптоновой ленты — это программа Apollo, где она предназначалась для теплоизоляции в лунном модуле (рис. 7), во внешних слоях скафандров, в космических зондах и солнечных парусах (рис. 8).
6. В криогенном оборудовании (холодильники, климатические установки, компрессоры, системы вентиляции) лента обеспечивает электроизоляцию при низких рабочих температурах.
7. Защита отдельных участков от перегрева при температурной обработке, например, защита выводов термистора или нагревательного резистора HotEnd на 3D-принтерах.

Преимущества маскирующей ленты 5413

- Высокая температурная стойкость, до +260 °C, кратковременно до +370 °C.
- Достаточная толщина клеевого слоя, не допускающая подтекания под ленту.
- Не оставляет следов после удаления, не требует очистки.
- Удобство нанесения и монтажа, прозрачность ленты обеспечивает визуализацию покрытия.
- Высокая стойкость к сдвигу, не деформируется при попадании потока под высоким давлением.
- Механическая прочность предотвращает проколы и царапины.
- Защита от электрического заряда до 7 кВ.