

Д. И. Крылов – магистрант кафедры микро- и нанотехнологий аэрокосмического приборостроения
О. Л. Смирнов (канд. техн. наук, доц.) – научный руководитель

АНАЛИЗ И ВЫБОР ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

В настоящий момент применение влагозащитных покрытий является наиболее оптимальным решением по обеспечению надежности печатных узлов от климатических воздействий.

Влагозащитное покрытие предназначено для защиты электронных изделий, подвергаемых воздействию влаги, агрессивных химикатов и соляного тумана, температурных колебаний, механической вибрации и органических образований (например, грибковых). Акриловые покрытия (Ar) обладают наилучшей влагостойкостью, высокими диэлектрическими характеристиками, хорошей термоустойчивостью, высокой адгезией, однако имеют небольшую химическую стойкость. Полиуретановые (уретановые) (Pu) обеспечивают отличную химическую стойкость в сочетании с хорошими показателями защиты от влаги, диэлектрическими и температурными характеристиками. Силиконовые влагозащитные покрытия (Sr) обеспечивают высокие температурные (вплоть до 200 °C), диэлектрические показатели. Помимо этих видов покрытий также есть эпоксидные и париленовые.

Материалы на основе акрила отличаются хорошей прочностью, стойкостью к нагреву, влагостойкостью, высокими диэлектрическими характеристиками. Применяются там, где требуются хорошие электроизоляционные свойства. Акриловые покрытия в виде паяльных масок и фоторезисторных пленок хорошо освоены и широко применяются за рубежом. Диапазон температур применения акриловых материалов - 60... + 135 °C. Покрытия ремонтпригодны, легко удаляются нагреванием до 150 °C. Однако они имеют избирательную химическую стойкость и требуют для разных условий и изделий разное время сушки на воздухе, имеют большую усадку при испарении растворителя.

Полиакриловые лаки на основе термореактивных полимеров (акриловые полимеры и сополимеры) обладают высокой атмосферо- и светостойкостью, ударопрочностью, эластичны, имеют высокую адгезию. Служат для изготовления паяльных масок с последующим ультрафиолетовым отверждением.

Уретановые покрытия (UR)

Полиуретановые покрытия имеют хорошую химическую стойкость, атмосферостойкость и высокие температурные показатели. Применяются там, где требуется низкая влаго- и газопроницаемость и сопротивление истиранию.

Наибольшее применение получили гетероцепные полимеры, содержащие незамещенные или замещенные уретановые группы – полиуретаны. Диапазон рабочих температур уретановых покрытий - 60...+120 °C. Покрытия ремонтпригодны. Тонкие покрытия можно паять насквозь очень горячим (420 °C) паяльником или удалять механически. Поддаются восстановлению после ремонта. Имеют тусклый внешний вид.

Силиконовые покрытия или кремнийорганические полимеры имеют высокую термо-, свето- и атмосферостойкость, высокую гидрофобность и электрические свойства, обеспечивают высокие температурные, диэлектрические показатели. Но в ходе тестирования режима работы в условно влажной среде показывают результат в 10 – 20 раз хуже по сравнению с другими покрытиями. Один из серьезных недостатков этого покрытия – относительно большой коэффициент температурного линейного расширения, который может приводить к отрыву компонентов и проводников.

Материалы на основе эпоксидных смол давно получили самое широкое применение. Они обладают хорошей адгезией, высокой твердостью, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами. Используются в заливочных компаундах и в качестве полимерной основы влагозащитных покрытий. Эпоксидная смола или олигомер под действием отвердителей превращается в полимер.

Процесс отверждения полимеров сопровождается объемными усадками и возникновением усадочных напряжений. Эпоксидные смолы обладают минимальной химической усадкой.

Признано, что двухслойное или многослойное покрытие эффективнее однослойного той же толщины, так как часть дефектов (поры, раковины) первого слоя перекрываются при нанесении второго слоя. Недостаток – появление «пузырьковой сыпи».

Диапазон рабочих температур этих покрытий -60...+200 °С.

Покрытие ремонтпригодно. Тонкие покрытия можно паять насквозь, легко удалять механически. Поддается восстановлению после ремонта за счет процессов холодного отверждения. Имеет хороший внешний вид.

В таблице 1 дано сравнение некоторых свойств разных видов покрытий.

Таблица 1

Сравнение свойств покрытий

Свойства	Силиконовые	Акриловые	Уретановые
Время отверждения, мин	60	10	15
Условия отверждения	24 ч при КТ, 30 мин при 80 °С	24 ч при КТ, 30 мин при 80 °С	20 ч при 90 °С
Площадь покрытия, м ² /л	6	11	7,5
Рабочие температуры	-65...+200	-60...+130	-70...+120
ТКЛР (коэф. линейного расширения)	$7,5 \times 10^{-5}$	16×10^{-5}	15×10^{-5}
Диэлектрическая проницаемость	2,5	2,5	3,6
Тангенс угла потерь	0,01	0,01	0,03
Влагостойкость	5×10^{-8}	6×10^{-8}	$1,5 \times 10^{-12}$

Мы рассмотрели четыре основные группы покрытий. В настоящее время большее внимание, особенно в микроэлектронике, уделяется париленовым покрытиям. Полипараксилилен (парилен) (ХУ)

Высокопрочное качественное покрытие с хорошей адгезией, устойчивостью к растворителям и хорошими электрическими свойствами, на ощупь напоминает полиэтиленовую пленку. Пришло в Россию из военной промышленности США. Производство парилена – это высокотехнологичный процесс без применения растворителей и катализаторов. Исходным веществом для получения полипараксиленового покрытия служат полимеры в виде сухого гранулированного белого порошка.

Получаемое покрытие покрывает все поверхности слоем одинаковой толщины, в том числе тонкие зазоры, полости и «пазухи» при печатном монтаже. Полипараксилилен применим в микроэлектронике, оптике, при капсулировании веществ и материалов, чувствительных к влаге, когда требуется высокое качество и минимальная масса покрытия. Одно из его преимуществ в том, что благодаря отсутствию внутренних напряжений и усадки не происходит обрыва проводников.

Но покрытие не ремонтпригодно и применяется там, где требуется идеальное сплошное и равномерное покрытие. Ремонт невозможен – его сдирают шкуркой.

Диапазон рабочих температур полипараксилилена -70... + 150 °С.

Для защиты печатных узлов для военной техники используют эпоксиуретановые лаки УР-231 и УР-231Л. Применение других покрытий запрещено военной приемкой. Для печатных узлов гражданской аппаратуры учитывают группу жесткости климатических воздействий.

Таблица 2

Группы жесткости климатических воздействий

Воздействующий фактор	Группа жесткости			
	1	2	3	4
Температура, К/°C	Верхнее значение			
	328/55	358/85	373/100	393/120
	Нижнее значение			
	248/-25	233/-40	213/-60	
Относительная влажность, %	При температуре до 308 К/35 °C		При температуре до 313 К/40 °C	
	75		98	
Перепад температур, К/°C	От 248/-25 до 328/+55	От 233/-40 до 358/+85	От 213/-60 до 373/+100	От 213/-60 до 393/+120
Атмосферное давление, Па (мм рт. ст.)	86 000...106 000 (630...800)		53 600 (400)	
			666 (5)	

Для аппаратуры 1 группы жесткости рекомендуется применять уретановые влагозащитные покрытия, которые обладают высокими химическими и атмосферными показателями, но низкой влагопроницаемостью.

Для аппаратуры 2 и 3 групп жесткости применяют многие влагозащитные покрытия в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

Для аппаратуры 4 группы жесткости рекомендуется применять акриловые влагозащитные покрытия, которые обладают высокими влаго- и термостойкостью.

Библиографический список

1. Журнал "Компоненты и технологии" http://www.kit-e.ru/articles/elcomp/2007_5_164.php
2. Энциклопедия производства изделий микроэлектроники ЗАО предприятие Остек <http://www.ostec-materials.ru/enc/6/19.html>
3. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. – М.: Форум: Инфра-М, 2005 – 560с.