

Технология влагозащиты и электроизоляции изделий РЭА полипараксилиленом

В современном производстве РЭА и вычислительной техники специального назначения важная роль в обеспечении надежности их работы при воздействии различных климатических факторов принадлежит методам влагозащиты. Для электронных модулей до III поколения РЭА включительно существующие лаковые материалы на основе эпоксидных, уретановых и силиконовых связующих в основном соответствовали требованиям обеспечения влагозащиты. Однако с появлением современной высокоинтегрированной элементной базы области применения традиционных лаков резко сократились, вплоть до полного отказа от их применения. Увеличение насыщенности радиоэлементами, в том числе бескорпусными, применение безвыводных пассивных и активных компонентов, высокоомных ИЭТ, особенно чувствительных к токам утечки, новых миниатюрных мощных ИС с большим количеством выводов, монтируемых на печатные платы с шагом меньше 0,625 мм, а также использование миниатюрных многоконтактных соединений приводит к необходимости использовать новые принципы влагозащиты изделий, эксплуатируемых в особо жестких условиях воздействия факторов окружающей среды.

Валентина Ширшова

laser@rusavia.spb.ru

Уникальным способом обеспечения надежной защиты электронных устройств различного назначения является технология нанесения полимерных покрытий из газовой фазы в вакууме. Покрытия, получаемые вакуумным осаждением, имеют существенное отличие по структуре и свойствам от покрытий, получаемых из жидких сред, и реализуют свои защитные свойства при толщине 8–12 мкм.

Основными их преимуществами являются высокие электроизоляционные свойства, низкая газо- и влагопроницаемость, возможность формирования покрытия при нормальных температурах, однород-

ность покрытия по толщине на изделиях очень сложной конфигурации, отсутствие токсичности.

Наиболее хорошо изученными и нашедшими широкое промышленное применение являются полипараксилиленовые покрытия (ППКП), получаемые вакуумпиролитической полимеризацией из циклоди-п-ксилиленов, химические формулы которых приведены на рис. 1.

Для защиты изделий с электронными компонентами такое покрытие под общим названием «Парилен» (в трех модификациях N, C, — рис. 1) впервые применила фирма Union Carbide (США). Парилен и в настоящее время широко используется в передовых западных технологиях авиакосмической, военной и промышленной техники, в изделиях радио- и электротехнического назначения. Покрытие соответствует требованиям стандарта США MIL-i-46058С. Ведущей зарубежной компанией в области синтеза ППКП и конструирования установок для их нанесения является фирма NOVA TPAN Corp. (США) с ее многочисленными филиалами в разных странах мира.

ППКП наносятся на специальных вакуумных установках (рис. 2).

Покрытие толщиной 5–10 мкм не содержит точечных отверстий и благодаря низкой паро- и газопроницаемости характеризуется исключительно высокой влагостойкостью и устойчивостью к проникновению коррозирующих жидкостей и газов. Кроме того, толщина наносимого слоя получается равномерной, исключается образование натеков, оголение острых кромок, непокрытых мест, например под элементами сложных электронных схем, в узких каналах (рис. 1).

В отличие от лаковых покрытий, когда для обеспечения требуемых защитных свойств покрытие осуществляется методом многократного нанесения материала толщиной 50–80 мкм, при использовании

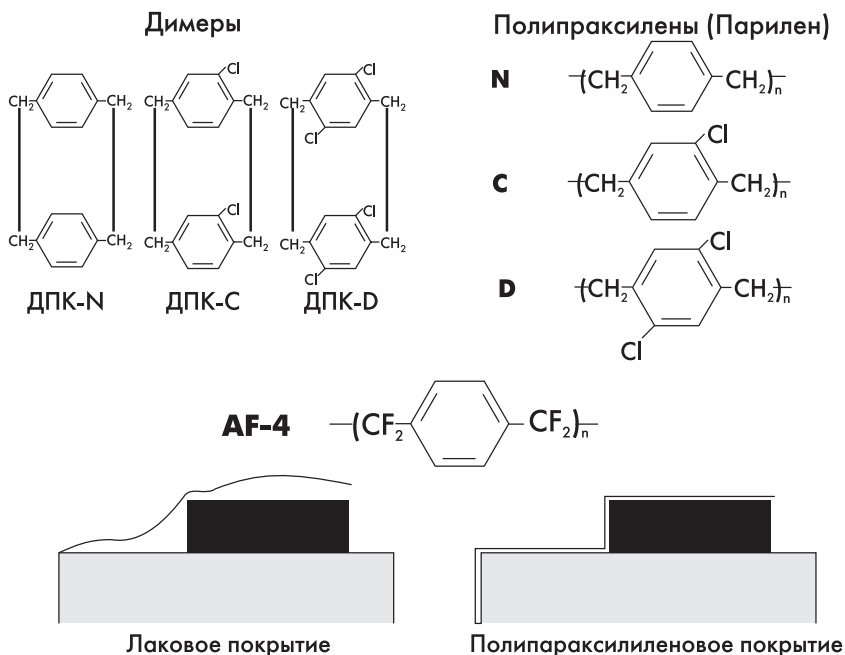


Рис. 1

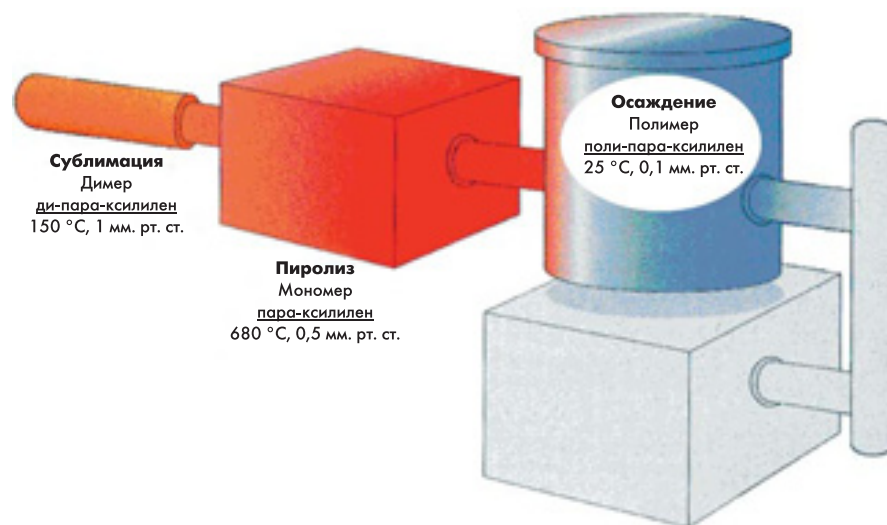


Рис. 2

ППКП эквивалентное по защитным свойствам покрытие наносится за одну операцию. Важной особенностью ППКП является отсутствие внутренних напряжений, так как осаждение идет из газовой фазы, минуя жидкую.

В настоящее время в России освоено производство исходных продуктов ди-пара-ксилилена (ТУ6-14-50-96) и ди-хлор-ди-пара-ксилилена (ТУ6-14-88-96). Данные материалы введены в отраслевые стандарты: ОСТ В 107.460007.008-2000 «Аппаратура радиоэлектронная. Сборочно-монтажное производство. Покрытия на основе пара-ксилилена и хлорпара-ксилилена», ОСТ107.9.4003-96 «Покрытия лакокрасочные. Технические требования к технологии нанесения», РД107.9.4002-96 «Покрытия лакокрасочные. Номенклатура, свойства, область применения» и в ОСТ5.9221 «Покрытия лакокрасочные. Выбор покрытий. Технические требования».

Влагозащита электронных модулей бортовых, корабельных и наземных радиоэлектронных комплексов, а также транспортных средств, работающих в условиях повышенной влажности, с использованием указанных материалов соответствует требованиям групп эксплуатации 2.1–2.5 ГОСТ РВ 20.57.306-98.

Стоимость 1 дм² покрываемой поверхности составляет от 0,5 до 3 \$ и зависит от размеров изделий, их конструктивного исполнения, необходимой толщины покрытия и от количества одновременно покрываемых изделий.

Кроме того, для каждого конкретного применения решаются вопросы, связанные с очисткой поверхности от ионных и жировых загрязнений, специальной подготовкой поверхности (аппретирование), защитой мест, не подлежащих покрытию, технологией ремонта изделий.

При решении вопроса о целесообразности применения ППКП в каждом конкретном случае исходят из условий эксплуатации изделия, конструктивно-технологического исполнения, экономических показателей, требований к чистоте и экологии процесса.

Весьма целесообразно применение ППКП в электронных модулях с высокой плотностью монтажа, в том числе БИС, ГИС и т. п.

Перспективно также применение ППКП для создания дополнительной защиты изделий микроэлектронной техники и резистивно-пленочных элементов, герметизированных в металлические или металлокерамические корпуса. В этом случае обеспечивается защита непосредственно каждого элемента конструкции, в том числе ИС, полупроводниковых приборов, резисторов и т. д., что в 3–5 раз повышает влагоустойчивость изделия в целом, а в ряде случаев может быть исключе-

на общая герметизация изделия в корпусе, составляющая до 30 % от общей трудоемкости и стоимости изделия.

В табл. 1 приведены свойства полипара-ксилиленов. Покрытия характеризуются исключительно низкой влагопроницаемостью, высокими диэлектрическими свойствами, термостабильностью, хорошими физико-механическими свойствами.

На наших предприятиях в основном применяются полипара-ксилиленовые покрытия, в то время как в западных технологиях (~80 %) — полихлорпара-ксилилен. Последний имеет более высокие технико-экономические показатели процесса (уменьшение времени нанесения покрытия до 2–3 часов и не требует охлаждения камеры осаждения). В то же время для получения полипара-ксилиленового покрытия толщиной 10–15 мкм необходимо 4–5 часов с применением охлаждения. Это связано с различными критическими температурами «конденсации» паров мономеров при формировании покрытия, которые составляют 30 °С и 70 °С соответственно. Полихлорпара-ксилиленовые покрытия более прозрачны, эластичны и имеют более высокие значения термостабильности, а также значительно более низкую газопроницаемость (N, O₂, H₂S, CO₂, SO₂, Cl), однако уступают ППКП по электрической прочности примерно в 2 раза.

Несмотря на достаточно низкую диэлектрическую проницаемость применяемых

Таблица 1

Параметр	Значение параметра	
	полипара-ксилилен	полидихлорпара-ксилилен
Диэлектрическая проницаемость		
60 Гц	2,65	3,15
10 ⁶ Гц	2,65	2,95
Электрическая прочность, кВ/мм	260	145
Объемное удельное сопротивление, Ом·см		
при 50 % ф	1×10 ¹⁷	8×10 ¹⁶
при 90 % ф	10 ¹³	10 ¹⁴
Тангенс угла диэлектрических потерь		
60 Гц	0,0002	0,020
10 ⁶ Гц	0,0006	0,013
Предел прочности при растяжении, кг/см ²	600	910
Относительное удлинение при разрыве, %	30–200	200
Плотность, г/см ³	1,11	1,29
Коэффициент трения		
статический	0,25	0,29
динамический	0,25	0,29
Температура плавления, °С	405	280
Водопоглощение за 24 часа, %	0,01	0,06
Термический коэффициент линейного расширения 10 ⁻⁵ /°С		
	6,9	3,5

Таблица 2

Диэлектрическая проницаемость	1 МГц	2,35
Тангенс угла диэлектрических потерь	1 МГц	<0,001
Объемное сопротивление	Ом·см (23°С)	5,3×10 ¹⁶
Поверхностное сопротивление	Ом (23°С)	1,3×10 ¹⁴
Диэлектрическая прочность	кВ/мм	250
Разрывное удлинение	%	20
Разрывное напряжение	Мпа	45
Влагопоглощение	%	<0,1
Термостабильность	°С	>450

ППКП (2,65 — для незамещенного полимера, 3,1 — для монохлорзамещенного полимера и 2,82 — для дихлорзамещенного полимера), их термическая стабильность ограничена 150–200 °С, что не позволяет использовать такие покрытия, например, в микроэлектронике в качестве межслойной изоляции для полупроводниковых приборов (чипов). В настоящее время основным материалом для этой цели является SiO₂, характеризующийся, однако, наряду с высокими термическими свойствами, весьма высокой диэлектрической постоянной (= 4,0). Его замена на другие материалы с существенно более низкими значениями (2,0–2,4) позволит значительно повысить частотный диапазон чипов.

Одним из наиболее привлекательных материалов в этом плане является поли-ф, ф, ф', ф'-тетрафтор-п-ксилилен, имеющий диэлектрическую постоянную 2,35 и термостабильность более 450 °С. Что немаловажно, технология нанесения его на поверхность аналогична применяемым для производства чипов вакуумным твердотельным технологиям.

Некоторые характеристики пленок поли-ф, ф, ф', ф'-тетрафтор-п-ксилилена приведены в табл. 2.

Работы по получению поли-ф, ф, ф', ф'-тетрафтор-п-ксилилена, изучению его свойств и практическому применению активно начали проводиться только в последние годы как за рубежом, так и в России (ГНЦ РФ НИФХИ

им. Л. Я. Карпова, г. Москва). В настоящее время большой интерес к этому новому уникальному полимерному материалу проявляют ведущие западные микроэлектронные фирмы: Texas Instruments, IBM, Eastman Kodak Company и др. На Западе этот полимер известен также под торговой маркой Parylene AF-4 (Разработчик — Specialty Coating Systems, США).

Благодаря уникальному сочетанию свойств и преимуществу метода полимер используется в самых различных областях: оптика, химия, медицина, фармакология, библиотеки, архивы, музеи и т. д., что позволяет говорить о большом будущем применения этого материала.