

Защитные покрытия для печатных плат

С. Пескова¹

УДК 621.315 | ВАК 05.27.06

Тефлоновая сковорода хорошо известна каждой хозяйке. Практически незаметное покрытие обладает уникальными отталкивающими свойствами, благодаря которым пища на сковороде не пригорает. Единственное условие долгой эксплуатации этой кухонной утвари – избегать царапин на поверхности, ведь слой покрытия чрезвычайно тонкий.

Мы привыкли называть такое покрытие тефлоновым, хотя это калька торговой марки, как, например, скотч или ксерокс. Точное наименование покрытия – фторполимерное. Мало кому известно, что технология фторполимерных материалов пришла на кухню из военной техники.

Полвека назад военно-морской флот США поставил задачу разработки специального покрытия, стойкого к суровым условиям влажности и морской соли. В 1968 году лаборатория The Naval Research Laboratory выполнила масштабную исследовательскую программу по изучению различных материалов и технологий. Единственным материалом, который с честью выдержал все испытания, стал фторполимер.

Его появление на гражданском рынке, безусловно, связано с антипригарным покрытием. Расширение сферы применения долгое время сдерживалось высокой стоимостью сырья. Цена зависела от стоимости и доступности таких мономеров, как гексафторацетон. Кроме того, материал требует закупки специального дорогостоящего оборудования. Однако использование фторполимеров в различных областях промышленности и быта привело к тому, что за последнее десятилетие стоимость материалов снизилась, и его возможности реализуются в пищевой промышленности, типографиях, на конвейерах по упаковке грузов, в авиастроении и т. д. Спрос на фторполимеры во всем мире постоянно растет, в 2011 году он составил 7,25 млрд дол. Не последнее место в его распространении занимает электронная промышленность.

Фторполимеры – идеальный материал для покрытия печатных плат. Как и в примере со сковородой, они образуют тончайший защитный слой, который выдерживает температуры до 200 °С, наносится на плату путем обычного погружения в жидкость, не требует цикла отверждения и, что самое главное,

надежно защищает компоненты от любых агрессивных воздействий влаги или химических веществ.

Чтобы разобраться, правда ли возможно получить покрытие с перечисленными свойствами, рассмотрим, что представляет собой фторполимер. Это специальный класс защитных жидкостей – Novac Electronic Grade Coatings производства компании 3М, которые отличаются малой вязкостью, низким поверхностным натяжением. Активное их вещество – фторированные полимеры в сегрегированных гидрофторэфирных растворителях. Самый распространенный тип такого покрытия – 1700 Electronic Grade Coating торговой марки Novac (3М).

Фторполимеры отличаются сильными фторуглеродистыми связями. Фтор здесь электрически отрицателен и отталкивает любые элементы, кроме себя самого. При объединении с полимерной цепью атомы фтора значительно укрепляют ее, поскольку расстояние углеродфторных связей очень малое и достаточно сильное (477 кДж / моль). Так образуется его главное уникальное свойство отталкивания. Поэтому попадающая на покрытие капля собирается в полусферу и легко скатывается, если поверхность наклонить. Для сравнения, капля на любой другой поверхности растекается и при наклоне поверхности занимаемая ею площадь увеличивается.

Способность фторполимеров отталкивать нежелательные химические воздействия тестировалась на многомолекулярном спирте, хлорфениле и соли себациновой кислоты. Тест проводился методом погружения в течение 19 ч при температуре 100 °С. После этого поверхность покрытия изучалась под электронным микроскопом. Другой тест определял способность покрытия к миграции металлов (в результате которой образуются дендриты), для этого его (покрытие) погрузили в загрязненную среду 10^{14} Na⁺ / см² при влажности 95% и термоциклировании от 100 до -10 °С. Следов миграции после 100 циклов продолжительностью 4 ч на цикл обнаружено не было. Для

¹ Начальник отдела маркетинга, svetlana@platan.ru.

сравнения кремнийорганические покрытия (типа силиконовых) показали следы миграции уже после восьми циклов.

Фторполимерное покрытие отталкивает не только влагу, но и любые другие нежелательные последствия контакта с окружающей средой: на них не осаждаются пыль, они надежно защищают плату от химических реагентов, не проводят тепло, поэтому внешний нагрев не приводит к нагреву комплектующих. Отметим, что функция влагозащиты действует как при прямом попадании воды на поверхность платы, так и при образовании конденсата в результате резких перепадов температур.

Фторполимерные покрытия выгодно отличаются от своих конкурентов **низким поверхностным натяжением**, что связано со степенью смачиваемости поверхности (табл. 1). Хорошая смачиваемость поверхности указывает на то, что минимальный объем вещества займет максимальную площадь поверхности. Без хорошей смачиваемости не обойтись в клеевых или теплопроводящих материалах. Однако в конформных покрытиях этот параметр должен быть минимальным, то есть попадание влаги на защищенную плату не должно приводить к ее распространению по всей поверхности. Смачиваемость измеряется по углу капли жидкости, нанесенной на тестируемую поверхность. Чем больше угол, тем меньше смачиваемость. Водоотталкивающие поверхности должны иметь максимальный угол контакта. Для фторполимерных жидкостей он составляет 105 °С для воды и 65 °С – для гексадекана.

Таблица 1. Сравнительная таблица поверхностного натяжения конформных покрытий

Материал	Типичное значение, н/м	Типичное значение, дина/см
Фторуглеродные акрилаты	0,011–0,014	11–14
Тефлон	0,018–0,020	18–20
Силикон (кремнийорганика)	0,024	24
Полиэтилен	0,031	31
Эпоксидное покрытие	0,040	40
Полиуретан	0,040	40
Акрил	0,040	40

Один из вопросов, волнующих любого технолога на производстве печатных плат, – **совместимость конформного покрытия с материалами комплектующих**. Особое внимание уделяется пластиковым корпусам разъемов, кварцам, золоченым ламелям и др. Жидкость 1700 Novac предназначена для нанесения практически на любые поверхности: печатные платы, металл, стекло, подложки из меди или алюминия, гибкие полиимидные пленки и др.

У фторполимерного покрытия есть еще одно уникальное свойство: при контакте с материалом конформного покрытия (особенно после 15-минутной температурной выдержки при 100 °С) определенные фторполимеры перестраивают свою микроструктуру, чтобы минимизировать разницу в поверхностной энергии между покрытием и подложкой. Это обеспечивает адгезию покрытия к любым материалам, включая медь, эпоксидку, стеклоткань.

Помимо хорошей адгезии к широкому спектру материалов покрытие 1700 3M **не требует маскирования**

Таблица 2. Основные характеристики фторполимерных покрытий

Параметр	Значение
Прочность на разрыв (ASTM D1708)	4000–5000 psi
Растяжение (ASTM D1457)	50%
Ударная прочность (ASTM D256)	13 ft - LB/ in
Твердость (ASTM D2240)	60–90 НВ (по Шору D)
Износостойкость (Tabor)	>15 мг
Коэффициент трения (ASTM D1894)	0,15–0,35 статичный
Пробивное напряжение (ASTM D149)	1 400 В/мил
Рабочая температура	–100 ... 500 °F макс (–73...260 °С)
Температура плавления	-
Теплопроводность	-
Стойкость к химическому воздействию (ASTM D543)	Хорошая
Стойкость к солевому туману (ASTM B117)	Превосходная
Влагопоглощение (ASTM D570)	<0,03%
Толщина	0,0008" – 0,002"

Таблица 3. Свойства конформных защитных покрытий 3M Novac Electronic Grade Coatings (серии 1700 и 1900)

Свойства	Семейство покрытий						
	Серия 1700			Серия 1900			
Полимер	Фторсодержащий акрилат			Фторсодержащий акрилат			
Растворитель	Novac 7100			Novac 7100 и 7200			
Модель покрытия	1702	1700	1710	1901	1902	1904	1908
Концентрация твердых веществ, %	0,2	2	10	1	2	4	8
Рекомендованный метод нанесения	Погружение			Распыление/погружение			Погружение
Толщина покрытия методом погружения, мкм	0,1	0,1-0,2	-	<0,1	0,1-0,2	0,3-0,6	0,8-1,3
Толщина покрытия методом распыления, мкм	-	-	-	1-3	2-5	3-6	-
УФ определение	Нет			Нет			
Время сушки, мин				<2			
Отверждение	Не требуется			Не требуется			
Диэлектрическая константа (1 кГц, 30% RH)	3,2			3,2			
Диэлектрическая проницаемость (1 кГц, 30% RH)	0,02			0,02			
Диэлектрическая прочность (В/мил при 35% RH)	2000			2000			

Таблица 4. Свойства конформных защитных покрытий 3M Novac Electronic Grade Coatings (серии 2700 и 2702)

Свойства	Семейство покрытий				
	Серия 2700			Серия 2702	
Полимер	Фторсодержащий акрилат			Фторсодержащий акрилат (гибрид)	
Растворитель	Novac 7200			Novac 7200	
Модель покрытия	27002	2701	2704	2708	2702
Концентрация твердых веществ, %	0,2	1	4	8	2
Рекомендованный метод нанесения	Селективное распыление	Распыление/погружение		Погружение	Распыление/погружение
Толщина покрытия методом погружения, мкм	<0,1	<0,1	0,3-0,6	0,8-1,3	0,1-0,2
Толщина покрытия методом распыления, мкм	-	1-3	3-6	-	2-5
УФ определение	Есть			Нет	
Время сушки, мин				<2	
Отверждение	Не требуется			15-60 мин при 70-150 °C	
Диэлектрическая константа (1 кГц, 30% RH)	3,2			5,5	
Диэлектрическая проницаемость (1 кГц, 30% RH)	0,02			0,02	
Диэлектрическая прочность (В/мил при 35% RH)	2500			2900	

для таких компонентов, как разъемы, позолоченные ламели, элементы управления и контроля. Если контакты-разъемы являются ножевыми, то в результате сочленения ответной части слой пленки легко удаляется, и контакт восстанавливается. Материал отличается малой механической прочностью, поэтому легко удаляется путем простого трения, что устраняет необходимость в маскировании, а также обеспечивает ремонтпригодность покрытия.

Любые конформные покрытия помимо защиты от внешних факторов среды обеспечивают **диэлектрическую защиту** различной степени. Наиболее надежными считаются полиуретановые покрытия. Фторполимерные покрытия уступают по пробивным характеристикам своему конкуренту, тем не менее их изоляционные и диэлектрические способности достаточно высокие – 40 кВ/мм. Основные характеристики фторполимерных покрытий приведены в табл. 2.

Покрытие 1700 допускает различные методы нанесения: погружение, распыление, капельный и капиллярный методы, с использованием кисти. Производитель рекомендует применять метод погружения, обеспечивающий максимальную эффективность нанесения при минимальном расходе жидкости. Скорость

погружения позволяет контролировать толщину покрытия, которая может варьироваться от 1 до 6 мкм (стандартная толщина других покрытий – от 25 мкм). Полный перечень покрытий для печатных плат производства 3M Novac приведен в табл. 3 и 4.

В отличие от полиуретана фторполимерные покрытия обладают рядом преимуществ, ускоряющих и облегчающих процесс нанесения и ремонта покрытия:

- возможность использования любого типа нанесения: погружение, напыление, селективное распыление, кисть;
- не требуют времени на отверждение, высыхают за несколько секунд;
- применение покрытия не требует маскирования разъемов или ламелей;
- покрытие ремонтпригодно для последующей пайки без удаления;
- возможность усиления свойств покрытия благодаря увеличению слоев;
- специальные покрытия для УФ-инспекции и контроля качества.

Фторполимерные покрытия – надежная замена полиуретановых покрытий нового поколения для изделий, требующих высокой надежности в эксплуатации. ●