СТАРЫЙ КОНЬ БОРОЗДЫ НЕ ПОРТИТ? СОПЕРНИК ЛИ УР-231 СОВРЕМЕННЫМ ВЛАГОЗАЩИТНЫМ МАТЕРИАЛАМ?

Алексей Стахуров
materials@ostec-smt.ru

В настоящее время на рынке присутствует большой выбор различных защитных покрытий, каждое со своими преимуществами и областями применения. В России традиционно для защиты печатных плат от воздействий окружающей среды применяется лак УР-231. Мы часто слышим мнение о капризности и нестабильности свойств этого влагозащитного покрытия. Нам стало интересно, а соответствует ли УР-231 современным требованиям, предъявляемым к материалам при производстве радиоэлектронной аппаратуры? Ведь с каждым годом требования производителей радиоэлектронной аппаратуры к технологическим материалам возрастают: эксплуатационные свойства, технологические, внешний вид изделия. В результате этого родилась идея о проведении испытаний УР-231 по международному стандарту IPC-CC-830B и сравнении полученных результатов с характеристиками современных влагозащитных материалов фирмы HUMISEAL. Оценивались эксплуатационные и технологические свойства. Испытания проводились в тестовой лаборатории HUMISEAL в Англии, одного из ведущих производителей влагозащитных покрытий.

Рис. 1 Тестовая лаборатория CONCOAT

На сегодняшний день для полной изоляции печатных плат от контакта с окружающей средой проводят их герметизацию влагозащитными материалами. Совместное воздействие влаги и других внешних факторов повышает вероятность отказов радиоэлектронной аппаратуры. При ненадежной герметизации возможно проникновение влаги к активным частям радиоэлектронного изделия. Наличие загрязнений на поверхности печатных плат в условиях электрических полей приводит к образованию электролитических пар. В свою очередь, это является одной из причин возникновения отказов, выражающихся в шунтирующих утечках и коротких замыканиях. Необходимо отметить, что герметизация влагозащитными материалами обеспечивает также дополнительную механическую защиту радиоэлектронной аппаратуры при монтаже, наладке и ремонте.

Рис. 2 Машина для селективной влагозащиты Asymtek

Как было сказано, традиционно для герметизации электронной элементной базы в производстве аппаратуры применяется лак УР-231. Это двухкомпонентная система, состоящая из полуфабрикатного лака и отвердителя. Полуфабрикатный лак представляет собой раствор алкидно-эпоксидной смолы Э-30. Отвердитель — 70% раствор диэтиленгликольуретана (ДГУ) в циклогексаноне.

Проведенное тестирование дало ответ на часто задаваемый вопрос: существуют ли на сегодняшний день влагозащитные покрытия, способные полностью заменить консервативный УР-231?

Итак, в качестве испытуемых в тестовую лабораторию HUMISEAL были предоставлены образцы следующих уретановых влагозащитных покрытий: УР-231, HumiSeal® 1A20, 1A33, 1H20UR5.

Рис. 3 Приборы для проведения испытаний влагозащитных материалов

HumiSeal® 1A20 — это однокомпонентная полиуретановая система, отверждение осуществляется при атмосферной влажности в нормальных условиях за 60 минут. Уменьшение времени отверждения достигается повышением температуры полимеризации до 800С. В этом случае время полимеризации до исчезновения эффекта прилипания пальцев составляет 12 минут. Для максимальной защиты печатных плат от воздействий окружающей среды производитель рекомендует наносить 2 слоя покрытия с 30 минутной выдержкой между стадиями нанесения.

HumiSeal® 1A33 и 1H20UR5 — однокомпонентные полиуретановые материалы, отвердевающие при нормальных условиях. Реакция полимеризации в нормальных условиях проходит медленно, но может быть ускорена повышением температуры до 80°С. При такой температуре время полимеризации составляет 12 минут. Для достижения необходимого уровня защиты печатного узла достаточно нанести один слой покрытия.

Испытания проводились в соответствии со стандартом IPC-CC-830B. Он является основным и широко применяемым стандартом по влагозащитным покрытиям в электронике западной промышленности. Этот стандарт разработан на основе военного стандарта MIL-I-46058C и позволяет провести типовые экспресс испытания и квалифицировать влагозащитное покрытие. Методика тестирования описана в стандарте IPC-TM-650.

Входному контролю подвергались лаки в жидком состоянии, т.е. до нанесения на тестовые платы. Химические, физические и электрические тесты покрытия проводились после отверждения лака.

Методика испытаний описана ниже, а результаты тестов приведены в таблицах 1 и 2.

1. Визуальный контроль — это визуальная экспертиза, которая гарантирует отсутствие видимых загрязнений в материале. Образец неотвердевшего материала помещается в стеклянную колбу и исследуется на любое загрязнение, наличие твердых частиц или других инородных включений.

2. Отверждение — Полимеризация лаков проходит согласно рекомендациям изготовителя. Это дает гарантию, что материал прошел полное отверждение, и покрытие достигло всех заявленных производителем свойств.

3. Спектральный анализ — Проводится химический анализ состава неотвердевшего лака. Это позволяет определить изменения в составе лака от партии к партии.

4. Вязкость — Измерение проводится при помощи вискозиметра Брукфилда (Brookfield Viscometer) по стандарту ASTM D-1084. Это позволяет определить допустимое изменение вязкости и гарантировать постоянство поставки материала.

5. Внешний вид — Материал наносится на тестовую плату и осматривается после отверждения под увеличением. Это дает гарантию, что покрытие является достаточно гладким, имеет гомогенность в структуре, прозрачность. Позволяет выявить такие дефекты, как: прилипание наличие пузырей, мелких отверстий или волдырей.

6. Флюоресценция — Проводится для того, чтобы гарантировать наличие в материале УФ активных агентов, что облегчает выявление непокрытых участков на печатной плате и дефектов в отвердевшем покрытии при визуальном осмотре. Выявление дефектов в покрытии УР-231 было затрудненно из-за отсутствия в нем этих агентов. А ведь контроль целостности полимеризованной пленки является важнейшей технологической операцией. Отсутствие покрытия на участке печатного узла, из-за воздействия агрессивных факторов окружающей среды, приведет к выходу из строя этого узла. Это в свою очередь повлечёт за собой дорогостоящий ремонт печатного узла, а в некоторых случаях и всего прибора.

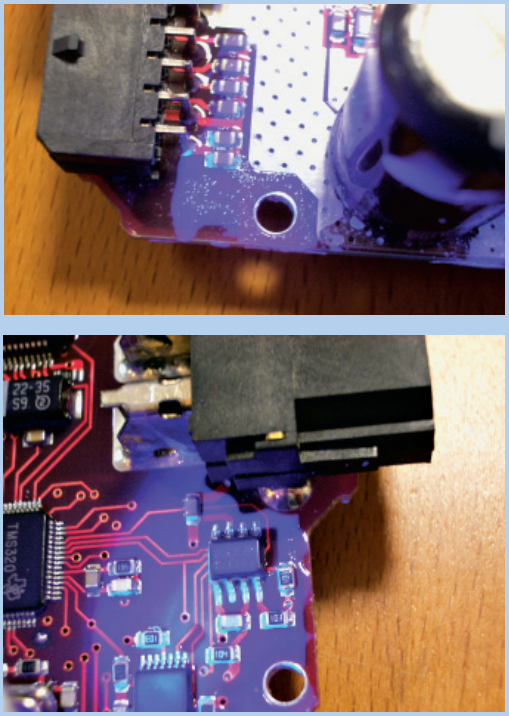


Рис. 4 Контроль качества нанесения влагозащитного покрытия

7. Грибостойкость — Проводится в соответствии с IPC-TM-650, метод 2.6.1.1. Покрытые образцы подвергаются воздействию культурами грибов и бактерий, которые обычно присутствуют при эксплуатации электронной аппаратуры. Это даёт гарантию, что материал не будет являться питательной средой для бактерий. Если покрытие является питательной средой, то со временем воздействие бактерий на покрытие приведёт к ухудшению его защитных свойств.

8. Гибкость — Тест проводится в соответствии с IPC-TM-650, метод 2.4.5.1. Проверяется на покрытых металлических образцах при комнатной температуре. Образцы по очереди изгибаются вокруг 3 мм оправки и визуально отслеживается наличие трещин. Цель теста состоит в том, чтобы гарантировать достаточную гибкость материала. При осмотре учитывается любой признак, так как даже мельчайшая трещина приводит к браку.

9. Горючесть — Покрытие не должно поддерживать горение. Тест проводится по стандарту UL 94 HB при горизонтальном горении, т.е. открытое пламя подводится под углом 90° к поверхности покрытого образца. Цель теста состоит в том, чтобы гарантировать наличие в материале антипиренов, способных погасить любой огонь, который начнёт развиваться на его поверхности.

10. Сопротивление напряжению диэлектрика — Данный тест проводится в соответствии с IPC-TM-650, метод 2.5.7.1. Материал должен противостоять приложенному напряжению 1500 В в течение 1 минуты, не превышая 10 м·А тока утечки.

11. Влагостойкость изоляции — Этот тест проводится в соответствии с IPC-TM-650, метод 2.6.3.4, для того чтобы гарантировать неизменность изоляционных свойств материала при циклических воздействиях: высокая температура и высокая влажность, низкая температура и высокая влажность.

Значение 0,5 x 10^9 Ом является минимально допустимым показателем, при котором испытуемый материал проходит этот тест.

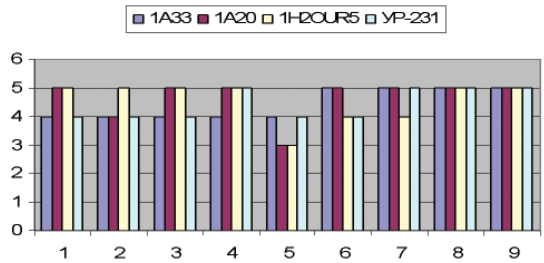
12. Теромудар — Тест проводится на тестовой плате в соответствии с IPC-TM-650, метод 2.6.7.1. Покрытие подвергается 100 циклам от — 65°C до +125°C, с изменением 20°C в минуту.

Гибкость при низких температурах — металлическая пластина покрывается материалом толщиной 50 мкм. Отверждение покрытия происходит до достижения им максимальных свойств (80°C, 12 часов) и затем пластину помещают в камеру холода с температурой -65°C и -40°C.

Далее образец извлекается из камеры и проверяется на гибкость. Для этого теста используют 3 мм. оправку. Испытание проводится в течение 5 секунд после удаления образца из камеры.

Химическая стойкость — лак наносится на металлическую пластину и проходит полное отверждение в течение 12 часов при 80 °C. Толщина плёнки должна быть 50 мкм. Затем небольшой участок подвергается трению различными химическими веществами, в течение 24-часов.

Рис. 5 Химическая стойкость влагозащитных покрытий



Что касается технологических свойств, то уретановые лаки фирмы CONCOAT более технологичны в применении, чем лак УР-231:

- УР-231 двухкомпонентная система, и следовательно, с ограниченным сроком жизни (менее 5 часов);
- для обеспечения максимальной защиты электронных компонентов УР-231 необходимо наносить в 3 слоя. HUMISEAL же рекомендует для своих покрытий один слой;
- УР-231 тяжело удаляется с поверхности платы при ремонте печатного узла;
- в связи с отсутствием в УР-231 флюоресцирующих агентов затруднён контроль качества нанесения лака и визуальный контроль отвердевшей плёнки;
- отверждение покрытия в нормальных условиях затруднительно;
- сложно реализовать метод окунания из-за маленького времени жизни композиции УР-231.

Все материалы HumiSeal® являются однокомпонентными, т.е. не требуют предварительного смешивания,

Таблица 1 Химическая стойкость

Материал	Ксилилен	МЭК	Толуол	Спирт	HNO3 (1%)	КОН	МЭА	Машинное масло	Бензин	Сумма
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1A33	4	4	4	4	4	5	5	5	5	40
1A20	5	4	5	5	3	5	5	5	5	42
1H2OUR5	5	5	5	5	3	4	4	5	5	41
УР-231	4	4	4	5	4	4	5	5	5	40

МЭК — МетилЭтилКетон
МЭА — МоноЭтанолАмин

Тест	Метод испытания	HumiSeal® Материал			УР-231
		1A20	1A33	1H20 UR5	
Визуальный контроль	Визуально	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
Отверждение	N/A	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
Спектральный анализ	IPC-TM-650 2.3.42	Регистрируется прибором	Регистрируется прибором	Регистрируется прибором	Регистрируется прибором
Вязкость	ASTM D-1084	85 cPs	185 cPs	99 cPs	
Внешний вид	Визуально	Соответствует	Соответствует	Соответствует	**Не соответствует**
Флуоресценция	Визуально при УФ	Соответствует	Соответствует	Соответствует	**Не соответствует**
Грибостойкость	IPC-TM650 2.6.1.1	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
Гибкость	IPC-TM-650 2.4.5.1	Соответствует	Соответствует	Соответствует	**Не соответствует**
Горючесть	UL 94 HB	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
Сопротивление напряжению диэлектрика	IPC-TM-650 2.5.7.1	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
Влагостойкость изоляции	IPC-TM-650 2.6.3.4	4.76 x10^9 Ом	3.05 x10^9 Ом	0.6x10^9 Ом	4.75 x10^9 Ом
Термоудар	IPC-TM-650 2.6.7.1 2.6.11.1	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует

Таблица 2
Результаты типовых испытаний по IPC-CC-830

и следовательно, отпадает необходимость в организации на производстве рецептурной лаборатории. Время жизни в приготовленном состоянии у этих материалов достигает 12 месяцев. Возможно нанесение всеми известными методами: окунание, распыление, при помощи кисти или автоматического селективного метода. Для обеспечения максимальной защиты электронных компонентов достаточно наносить один слой. Наличие флюоресцирующих агентов позволяет проводить контроль качества нанесения лака. Контроль проводиться при помощи УФ ламп с длинной волны 350-400 нМ. Эффекта прилипания пальцев удается избежать уже после 30 минутной выдержки на воздухе при комнатной температуре, после чего возможна финишная сборка аппаратуры. Окончательное проявление всех физических и электрических свойств наступает после 30 дней у лаков 1A33,1H20 UR5 и 7 дней у лака 1A20. Для ускорения процесса полимеризации необходимо повысить температуры до 85°C. В этом случае время отверждения сокращается до 12 и 4 часов соответственно. Ремонт покрытий HumiSeal® осуществляется растворителем Stripper 1063, который также поставляется фирмой HUMISEAL.

Исходя из опыта можно дать следующие рекомендации по применению лаков марки HumiSeal®:

HumiSeal® 1A20 — покрытие, имеющее наибольшую химическую стойкость из всех однокомпонентных материалов HumiSeal®. Его рекомендуется использовать в тех случаях, когда требуется обеспечить максимальный уровень защиты от агрессивных химических веществ, например, в случае полного погружения изделия в топливо или иные горюче-смазочные материалы.

HumiSeal® 1A33 — уретановое влагозащитное покрытие высочайшего качества, широко используемое в военной электронике и авиации. Этот лак имеет высокие показатели эластичности и квалифицирован для эксплуатации в течение длительного времени при температурах от минус 65 до плюс 125°C. Также отлично выдерживает термоудары. Влагозащитное покрытие после окончательной полимеризации обеспечивает превосходную защиту от брызг растворителей, охлаждающих жидкостей, антифризов, смазочных веществ, соляного тумана или щелочных газов.

HumiSeal® 1H20UR5 — покрытие, не содержащее растворителей. Это уникальное покрытие является пожаробезопасным материалом и, следовательно, не требует организации специальных помещений для проведения лакокрасочных работ. Корректировка вязкости проводится деионизованной водой.

Протестированные уретановые лаки HumiSeal® соответствуют межотраслевым стандартам IEC-1086, IPC-CC-830B и имеют Санитарно Эпидемиологическое Заключение. Также были проведены испытания в независимых лабораториях по военному стандарту MIL-I-46058C.

Заключение

Проведённые испытания лишь подтвердили мнение о несовершенстве лака УР-231. На основании полученных результатов мы сделали следующий вывод: хотя лак УР-231 и показал себя удовлетворительно в некоторых тестах, он всё же значительно проигрывает современным влагозащитным покрытиям HumiSeal® в технологичности.

Однокомпонентные уретановые влагозащитные покрытия HumiSeal® обеспечивают эффективную влагозащиту, химзащиту и обладают следующими преимуществами по сравнению с УР-231:

- Готовы к применению
- Имеют длительный срок жизни в приготовленном виде — до 1 года
- Наносятся большим количеством способов
- Для эффективной защиты достаточно наносить 1 слой
- Сушка на отлип до 15 минут
- Являются эластичными. Это препятствует образованию трещин в покрытии при термоударах
- Высокие эксплуатационные характеристики
- Ремонтопригодность
- Наличие в составе флюоресцирующих агентов облегчает визуальный контроль качества покрытия после нанесения и после отверждения.