

Старый конь борозды не портит? Соперник ли УР-231 современным влагозащитным материалам?

В настоящее время на рынке — 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: это касается эксплуатационных и технологических свойств, внешнего вида изделия. В результате появилась идея провести испытания УР-231 по международному стандарту IPC-CC-830B и сравнить полученные результаты с характеристиками современных влагозащитных материалов фирмы CONCOAT. Оценивались эксплуатационные и технологические свойства. Испытания проводились в Англии, в тестовой лаборатории CONCOAT (рис. 1), одного из ведущих производителей влагозащитных покрытий.

Алексей Стахуров

materials@ostec-smf.ru

Сегодня 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 ак-

тивным 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. 1. Тестовая лаборатория CONCOAT



Рис. 2. Машина для селективной влагозащиты Asymtek



Рис. 3. Приборы для проведения испытаний влагозащитных материалов в лаборатории CONCOAT

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%-ный раствор диэтиленгликольуретана (ДГУ) в циклогексаноне.

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

Итак, в качестве испытуемых в тестовую лабораторию CONCOAT были предоставлены образцы следующих уретановых влагозащитных покрытий: УР-231, HumiSeal® 1A20, 1A33, 1H20 UR5.

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 80 °С. 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 1H20 UR5 — однокомпонентные полиуретановые материалы, отверждающиеся 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-830В. Он является основным и широко применяемым стандартом по влагозащитным покрытиям в электронике западной промышленности. Стандарт разработан на основе военного стандарта MIL-I-46058С 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, то есть 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 неотвержденного 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 неотвержденного 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 отверж-

дения 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, это облегчает выявление непокрытых участков на печатной плате и дефектов в отвержденном покрытии при визуальном осмотре. Выявление дефектов в покрытии УР-231 было затруднено из-за отсутствия в нем таких 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 данного узла. Это в свою очередь повлечет за собой дорогостоящий ремонт печатного узла, а в некоторых случаях и всего прибора.
- 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 гарантирует, что материал не станет питательной средой для бактерий. Если покрытие является питательной средой, то со временем воздействие бактерий на покрытие приведет к ухудшению его защитных свойств.
- 8. Гибкость.** Тест проводится в соответствии с IPC-TM-650, метод 2.4.5.1. на покрытых металлических образцах при комнатной температуре. Образцы по очереди изгибаются вокруг 3 мм оправки, и визуально отслеживается наличие трещин. Цель теста — гарантировать достаточную гибкость материала. При осмотре учитывается любой признак, поскольку даже мельчайшая трещина приводит к браку.
- 9. Горючесть.** Покрытие не должно поддерживать горение. Тест проводится по стандарту UL 94 HB при горизонтальном горении — 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 начнет 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 мА 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 $0,5 \times 10^9$ Ом является минимально допустимым показателем, при котором испытуемый материал проходит данный тест.

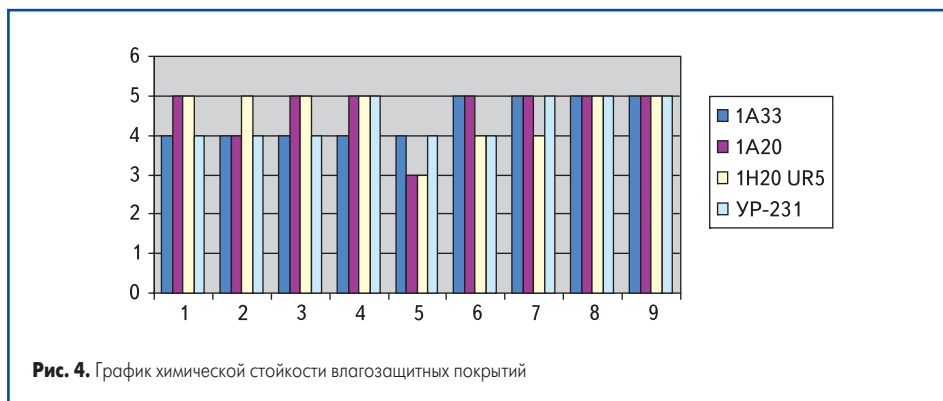


Рис. 4. График химической стойкости влагозащитных покрытий

Таблица 1. Результаты тестов

Материал	Ксилилен	МЭК	Толуол	Спирт	HNO ₃ (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
1H20UR5	5	5	5	5	3	4	4	5	5	41
UP-231	4	4	4	5	4	4	5	5	5	40

МЭК — метилэтилкетон
МЭА — моноэтаноламин

Таблица 2. Результаты тестов

Тест	Метод испытания	HumiSeal® Материал			UP-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	4,76×10 ⁹ Ом	3,05×10 ⁹ Ом	0,6×10 ⁹ Ом	4,75×10 ⁹ Ом
Термоудар	IPC-TM-650 2.6.7.1 2.6.11.1	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует

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

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

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 (рис. 4) — лак наносится на металлическую пластину и проходит полное отверждение в течение 12 часов при 80 °С. Толщина пленки должна быть 50 мкм.

Затем небольшой участок подвергается трению различными химическими веществами в течение 24 часов.

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

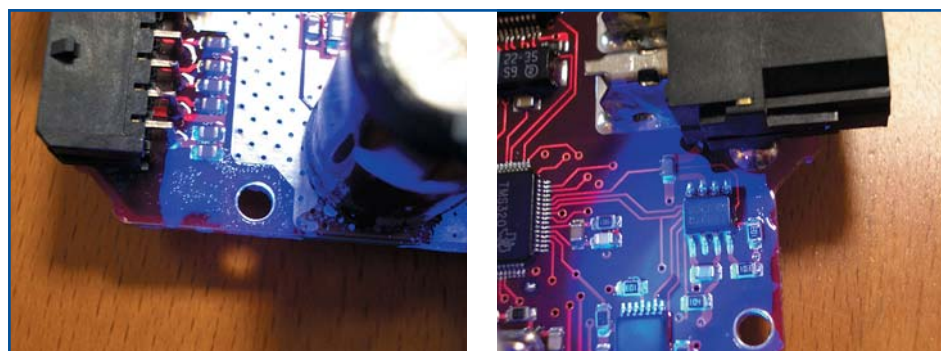


Рис. 5. Контроль качества нанесения влагозащитного покрытия HumiSeal

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

Все материалы HumiSeal являются однокомпонентными, а потому не требуют предварительного смешивания, 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 флуоресцирующих агентов (рис. 5) позволяет проводить контроль качества нанесения лака. Контроль проводится при помощи УФ ламп с длиной волны 350–400 нм. Эффекта прилипания пальцев удаётся 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 °С. В этом случае время отверждения сокращается до 12 и 4 часов соответственно. Ремонт покрытий HumiSeal осуществляется растворителем Stripper 1063, который также поставляется фирмой CONCOAT.

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 -65 до $+125$ °С. 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 1H20 UR5** — покрытие, не содержащее растворителей. Это уникальное покрытие является пожаробезопасным матери-

алом и, следовательно, не требует организации специальных помещений для проведения лакокрасочных работ. Корректировка вязкости проводится деионизированной водой.

Протестированные уретановые лаки HumiSeal соответствуют межотраслевым стандартам ИЕС-1086, ИРС-СС-830В и имеют санитарно-эпидемиологическое заключение. Также были проведены испытания в независимых лабораториях по военному стандарту MIL-I-46058С.

Заключение

Проведенные 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 все 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 в течение 12 минут;
- являются эластичными. Это препятствует образованию трещин в покрытии при термоударах;
- высокие эксплуатационные характеристики;
- ремонтпригодность;
- наличие в составе флюоресцирующих агентов облегчает визуальный контроль качества покрытия после нанесения и после отверждения.