

Н.И. Нефедов¹, Л.В. Семенова¹

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В ОБЛАСТИ КОНФОРМНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ВЛАГОЗАЩИТЫ И ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИИ ПЛАТ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА И ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Рассмотрены тенденции развития защитных конформных покрытий, выполняющих функции диэлектрического изолятора и диффузионного барьера по отношению к влаге. Проведен анализ научно-технической документации и охранных документов ведущих стран мира по проблеме влагозащиты и электроизоляции электронных устройств и компонентов.

Ключевые слова: конформные покрытия, влагозащитные электроизоляционные лаки, печатные платы и элементы радиоэлектронной аппаратуры.

N.I. Nefyodov¹, L.V. Semyonova¹

DEVELOPMENT TENDENCIES IN THE FIELD OF CONFORMAL COATINGS FOR THE MOISTURE PROTECTION AND ELECTRICAL INSULATION OF PRINTED-CIRCUIT BOARDS AND ELECTRONICS ELEMENTS

The development tendencies of protective conformal coatings, functioning as a dielectric insulator and diffusion barrier relative to the moisture are considered in the paper. The analysis of scientific and technical documentation along with the protection documents of leading countries was performed in the field of moisture protection and electrical insulation of electronic units and components.

Keywords: conformal coatings, moisture-protective and electro-insulative varnishes, printed-circuit boards and electronics elements.

¹ Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

Современный уровень развития вычислительной техники, управляющих алгоритмов и исполнительных устройств позволяет электронике управлять все более сложными и ответственными процессами, контролировать параметры работы сложных устройств. Если в прошлом жесткие условия эксплуатации предполагались в основном для электроники специального или военного назначения, то сегодня эксплуатация радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в условиях повышенной влажности и термоциклирования, солевого тумана или повышенной вибрации становится распространенным случаем в повседневной жизни.

Датчики и системы безопасности, светофоры и индикационные табло, устройства для транспорта и добывающей промышленности – это краткий список применений, которые предполагают эксплуатацию электроники в жестких условиях.

Перед производителями отечественной и иностранной электронной техники все чаще встает вопрос, как обеспечить эксплуатацию производимого устройства в жестких условиях. При этом в каждом случае решение должно учитывать ряд индивидуальных факторов, например, в какой среде предполагается работа устройства и его назначение, какие дополнительные свойства нужно обеспечить наряду с защитой устройства от воздействия внешней среды, какие технологические и производственные возможности есть в распоряжении предприятия. Часто становится востребованным поиск специальных решений с уникальными характеристиками в каждом конкретном случае.

В то же время наряду с индивидуальностью задач, стоящих перед производителями электронных устройств, современное развитие электроники характеризуется едиными тенденциями, а именно:

- минимизация электронных устройств и компонентов;
- обеспечение широкого температурного диапазона эксплуатации устройств;
- одновременное наличие слабых и мощных сигналов тока на одном печатном узле (ПУ);
- увеличение количества мощных компонентов на одном ПУ;
- высокие механические нагрузки при эксплуатации РЭА.

С учетом высокой конкуренции в современном производстве РЭА важная роль в обеспечении надежности ее работы при воздействии различных климатических факторов принадлежит методам влагозащиты. Органические покрытия являются чрезвычайно важным и экономичным средством защиты электронных устройств и компонентов, выступают в качестве экрана, предохраняющего от воздействия агрессивной среды. В качестве влагозащитных покрытий специалисты широко используют: конформные покрытия (лаки на основе акриловых, эпоксидных, уретановых, органосилоксановых и париленовых полимеров), клеи, герметики, компаунды и др. [1–3].

Анализ охраняемых документов по проблеме влагозащиты и электроизоляции печатных плат (ПП) и элементов РЭА, проведенный по ведущим странам мира: Российская Федерация (СССР), США, Япония и др., показал, что наибольшее количество запатентованных изобретений (41%) имеют американские заявители. Второе место по количеству запатентованных конформных покрытий делят Япония (20%) и Российская Федерация (19,4%). Широкие исследования в области разработки конформных покрытий для защиты плат печатного монтажа ведут также немецкие фирмы (6,9%), а также такие страны, как Китай, Тайвань и Корея, Швейцария, Нидерланды. Период поиска составил 20 лет. На рисунке приведены данные по количеству запатентованных изобретений по ведущим странам мира.



Количество запатентованных изобретений (в %) на конформные покрытия в ведущих странах мира

Среди основных разработчиков конформных покрытий в США следует назвать: Dow Corning Corp., Dymax Corp., Loctite Corp., General Electric Com., Specialty Coatings Systems Inc.; в Японии: Hitachi Chemical Co., Sumitomo Electric Ind., Showa Denko KK; в Российской Федерации: ОАО «Концерн Гранит-Электрон», Институт технической химии (ИТХ) Уральского отделения РАН, ФГУП «НПП „Полет”», ЗАО «Электроизолит»,

ОАО «Центральное конструкторское бюро специальных радиоматериалов»; в Германии: CRC Ind. Deutschland GmbH, Henkel, Siemens AG, BASF Lacke & Farben и др.

При анализе отобранного массива документов выявились тенденции развития в области создания защитных покрытий для электронных изделий (табл. 1).

Таблица 1

Тенденции развития в области конформных покрытий для защиты печатных плат и элементов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА)

Выявленные тенденции развития объекта исследования	Фирмы-разработчики конформных покрытий	Технические решения, реализующие тенденции
Повышение влагостойкости конформного покрытия	Dow Corning Corp. (США), Specialty Coatings Systems Inc. (США), Dymax Corp. (США) и др.	Модифицирование макромолекул полимеров путем введения гидрофобных функциональных групп
Увеличение удельного объемного электрического сопротивления пленки	ИТХ Уральского отделения РАН (РФ), General Electric Com. (США), Loctite Corp. (США) и др.	Модифицирование структуры полимерной матрицы и введение в композицию специальных добавок
Повышение адгезии пленки	Dow Corning Corp. (США), Nippon Steel Chemical Co. (Корея), Showa Denko KK (Япония) и др.	Использование промоторов адгезии
Ускорение процесса пленкообразования при температуре 20°C (формирование покрытий)	ЦКБ РМ силиконовое покрытие «Универсал» (РФ), Chase Corp. (Япония), Loctite Corp. (США) и др.	Модифицирование структуры макромолекулы и введение катализаторов отверждения
Повышение эластичности пленки	ГОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)» (РФ), DSM IP Assets BV (Корея) и др.	Введение в рецептуру пластификаторов
Повышение стойкости к удару	Hitachi Chemical Co. (Япония), BYD Co. Ltd. (Китай), CRC Ind. Deutschland GmbH (Германия) и др.	Модифицирование структуры макромолекулы
Повышение термостойкости покрытия	Sumitomo Bakelite Co. (Япония), Harbin Res Inst. of Chemical (Китай), General Electric Com. (США) и др.	Модифицирование макромолекулы полимера и введение сшивающих агентов (получение трехмерной структуры)

Выявлены технические требования, предъявляемые к влагозащитным электроизоляционным лакам (табл. 2).

Таблица 2

Технические требования к влагозащитным лакам

Показатели	Значения показателей
Водопоглощение за 30 сут, % (не более)	1
Удельное объемное электрическое сопротивление пленки, Ом·см (не менее): – в исходном состоянии – после выдержки при температуре (40±2)°C и повышенной влажности (95±2)% в течение 96 ч	5·10 ¹⁴ 1·10 ¹³
Адгезия пленки, балл (не более)	1
Время высыхания до степени 3 при температуре 20°C, ч (не более)	6
Эластичность пленки при изгибе, мм (не более)	1
Прочность пленки при ударе, см (не менее)	50

После проведения анализа научно-технической документации [4–7] и охранных документов можно сделать вывод, что для защиты печатных плат и элементов РЭА применяются в основном 5 классов конформных покрытий – акриловые, силиконовые, полиуретановые, эпоксидные, париленовые [8]. Также выявлено применение других конформных покрытий (полиимидных, диаллилфталатных, поливосков и пр.) [9]. *Акриловые покрытия* – относительно дешевые, быстроотверждаемые, легко наносимые и ремонтпригодные, обладают длительной жизнеспособностью, влагостойки, как силиконовые и полиуретановые, однако уступают им по стойкости к растворителям и спиртам. Выдерживают температурный диапазон – от -59 до $+132^{\circ}\text{C}$, имеют требуемую диэлектрическую прочность, толщина покрытий составляет 25–125 мкм. *Силиконовые покрытия* – гибкие, легко наносимые, но трудно ремонтируемые. Обладают отличной влагостойкостью, теплостойкостью и стойкостью к растворителям. Имеют высокий температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР), но ограниченную жизнеспособность. Диэлектрическая прочность невысокая, температурный диапазон – от -65 до $+200^{\circ}\text{C}$. Толщина покрытий составляет 50–205 мкм. *Полиуретановые покрытия* получают из одно- и двухкомпонентных систем. Отличаются долговечностью, отличной абразивостойкостью и стойкостью к растворителям. Влагостойкость такая же, как у акриловых и силиконовых покрытий. Трудно ремонтируются на больших участках. Температурный диапазон – от -59 до $+132^{\circ}\text{C}$. Способны сохранять диэлектрические свойства длительно. Толщина покрытий составляет 25–125 мкм. *Эпоксидные покрытия* чаще всего представляют собой двухкомпонентные системы. Обладают отличной стойкостью к влаге и растворителям, но имеют короткую жизнеспособность. Трудно ремонтируются, а с больших участков удалить их почти невозможно. Температурный диапазон – от -59 до $+132^{\circ}\text{C}$. Толщина покрытий составляет 25–125 мкм. Указанные четыре класса покрытий наносятся напылением или окунанием. *Париленовые покрытия* обладают исключительными защитными функциями, но наносятся парохимическим осаждением, что требует специального оборудования, поэтому они дорогостоящие. Насчитывают три типа париленовых покрытий, различающихся по химической структуре и свойствам. Обладают высокой диэлектрической прочностью. Толщина покрытий составляет 12–50 мкм.

Проведенный анализ показывает, что наилучшими влагозащитными и электроизоляционными свойствами обладают модифицированные силоксановые и полиуретановые связующие. Покрытия на их основе технологичны, ремонтпригодны и эффективны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочкин В.Ф., Гуревич А.Е. Лакокрасочные материалы и покрытия в производстве радиоаппаратуры. Л.: Химия. 1991. С. 52–59.
2. Чеботаревский В.В., Кондрашов Э.К. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении. М.: Машиностроение. 1978. 295 с.
3. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Лебедева Т.А., Малова Н.Е. Развитие авиационных лакокрасочных материалов //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. №5. С. 49–54.
4. Семенова Л.В., Кондрашов Э.К. Модифицированный бромэпоксидный лак ВЛ-18 для защиты полимерных композиционных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2010. №1. С. 29–32.
5. Семенова Л.В., Малова Н.Е., Кузнецова В.А., Пожого А.А. Лакокрасочные материалы и покрытия //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 315–327.
6. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Лебедева Т.А. Основные направления повышения эксплуатационных, технологических и экологических характеристик лакокрасочных покрытий для авиационной техники //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 96–102.

7. Aircraft Engineering and Aerospace Technology //International Journal. 2004. V. 76. №5. P. 523–526.
8. Medgyes B.K., Ripka G. Electronics Technology Journal /In.: 30-th International Spring Seminar, 9–13 May. 2007. Budapest Univ. of technol. & Econ. Budapest, 2007. P. 429–433.
9. Yang Wei Discussion for Three Proofing's Technology Plan of Military Electric Product //Electronics Process Technology. 2009. №3 (www.en.cnki.com.cn).

REFERENS LIST

1. Kochkin V.F., Gurevich A.E. Lakokrasochnye materialy i pokrytija v proizvodstve radioapparatury [Paintwork materials and coverings in production of radio equipment]. L.: Himija. 1991. S. 52–59.
2. Chebotarevskij V.V., Kondrashov Je.K. Tehnologija lakokrasochnyh pokrytij v mashinostroenii [Technology of paint and varnish coverings in mechanical engineering]. M.: Mashinostroenie. 1978. 295 s.
3. Kondrashov Je.K., Kuznecova V.A., Semenova L.V., Lebedeva T.A., Malova N.E. Razvitie aviacionnyh lakokrasochnyh materialov [Development of aviation paintwork materials] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravochnik. 2012. №5. S. 49–54.
4. Semenova L.V., Kondrashov Je.K. Modificirovannyj bromjepoksidnyj lak VL-18 dlja zashhity polimernyh kompozicionnyh materialov [The modified bromo-epoxy varnish of VL-18 for protection of polymeric composite materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2010. №1. S. 29–32.
5. Semenova L.V., Malova N.E., Kuznecova V.A., Pozhoga A.A. Lakokrasochnye materialy i pokrytija [Paintwork materials and coverings] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 315–327.
6. Kondrashov Je.K., Kuznecova V.A., Semenova L.V., Lebedeva T.A. Osnovnye napravlenija povysenija jekspluatacionnyh, tehnologicheskikh i jekologicheskikh harakteristik lakokrasochnyh pokrytij dlja aviacionnoj tehniki [The main directions of increase of operational, technical and ecological characteristics on paint and varnish coverings for the aircraft equipment] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 96–102.
7. Aircraft Engineering and Aerospace Technology //International Journal. 2004. V. 76. №5. P. 523–526.
8. Medgyes B.K., Ripka G. Electronics Technology Journal /In.: 30-th International Spring Seminar, 9–13 May. 2007. Budapest Univ. of technol. & Econ. Budapest, 2007. P. 429–433.
9. Yang Wei Discussion for Three Proofing's Technology Plan of Military Electric Product //Electronics Process Technology. 2009. №3 (www.en.cnki.com.cn).