

ВЛАГОЗАЩИТА ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

ОБЗОР МЕТОДОВ

В.Уразаев

Проблему обеспечения влагостойкости радиоэлектронной аппаратуры, а следовательно, и ее надежности в немалой степени осложняет разрозненность и однобокость информации о современных разработках в этой области. Ситуацию на информационном поле коротко можно охарактеризовать так: "Всяк кулик свое болото хвалит". В связи с этим любая попытка систематизировать и критически оценить существующие и перспективные методы влагозащиты печатного монтажа будет, по меньшей мере, не бесполезна.

К сожалению, радиоэлектронная аппаратура (РЭА) не наделена возможностями саморегулирующейся системы, позволяющими ей приспособиться к изменениям температуры и влажности воздуха в широких пределах. Повышение влажности воздуха, а в предельных случаях и конденсация влаги, приводят к ухудшению диэлектрических свойств изоляционных материалов и в первую очередь – оснований печатных плат (ПП). Доля отказов РЭА под воздействием влаги составляет 6–21% и 19–42%, соответственно при испытаниях и эксплуатации [1]. Поэтому при разработке аппаратуры приходится предусматривать специальные меры по ее защите, позволяющие устранить или снизить вредное влияние внешних факторов. Полная изоляция РЭА от любых внешних воздействий или, наоборот, ее абсолютная открытость при постоянной продувке инертным газом или осушенным воздухом – лишь крайние случаи из всего многообразия используемых методов. Здесь же речь пойдет лишь о методах, основанных на дополнительной защите печатных узлов (ПУ) с использованием достижений химии, преимущественно химии полимеров.

Разработкой различных компаундов для герметизации узлов и блоков РЭА занимается целое направление прикладной полимерной химии [2]. Чаще всего эти компаунды представляют собой не содержащие растворителей наполненные эпоксидные или эпоксидно-акрилатные композиции, которыми заливаются небольшие по размерам ПУ. Отверждение таких компаундов в большом объеме сопровождается значительной усадкой и высокими остаточными напряжениями, приводящими к разрыву проводников. Отработка рецептуры и режимов их отверждения для каждой реальной конструкции часто индивидуальна и порой даже близка к шаманству. Существенный недостаток метода – неремонтопригодность изделий.

У многих специалистов слово "влагозащита" ассоциируется с лаковым покрытием. Нанесение дополнительного полимерного покрытия на ПУ – один из наиболее распространенных методов влагозащиты. Это более универсальный и, что немаловажно, более экономичный метод по сравнению с заливкой изделий полимерными компаундами. Традиционно для нанесения покрытия использу-

ют лаки, а формирование полимерной пленки на поверхности ПУ происходит чаще всего в результате одновременно протекающих процессов испарения растворителя и реакции поликонденсации связующего. Сравнительные результаты испытаний на влагостойкость ПП без покрытия и с лаковым покрытием показывают [3], что скорость изменения (уменьшения) сопротивления изоляции в ПП с лаковым покрытием значительно меньше. В ПП с лаковым покрытием несколько выше и конечное значение сопротивления изоляции, хотя при увеличении времени испытаний, вероятно, эта разница исчезнет. Полимерное покрытие работает как дополнительный диффузионный барьер на пути влаги к поверхности ПП, а эффективность этого барьера будет тем выше, чем ниже его диффузионная проницаемость. Как известно, влагопроницаемость полимеров изменяется в довольно широких пределах [4]. Диапазон изменения коэффициента их влагопроницаемости составляет в зависимости от химической природы полимеров $(0,01-20) \cdot 10^{-10}$ г/см·ч·Па. Поскольку не из всех полимеров можно сформировать влагозащитные покрытия, удовлетворяющие другим многочисленным специфическим требованиям, реально этот диапазон значительно уже. Поэтому требовать от разработчиков создания абсолютно влагонепроницаемых полимерных покрытий невозможно. Следует отметить, что кроме функции диффузионного барьера, полимерное покрытие выполняет также и не менее важную функцию защиты поверхности ПП от загрязнений и/или случайных замыканий проводников.

Наибольшее распространение для влагозащиты специальной техники получил эпоксидно-уретановый лак УР-231 [5]. В состоянии поставки – это двухкомпонентная система, состоящая из раствора алкидно-эпоксидной смолы Э-30, изготовленной из смеси тунгового и льняного масел, и отвердителя (70%-ного раствора уретана ДГУ в циклогексаноне). Массовое практическое использование лака УР-231 уже само говорит о том, что по совокупности свойств он превосходит другие лаки аналогичного назначения, предлагаемые отечественными производителями. "Бочку меда" портят лишь жалобы производителей на его "капризность", выражающуюся в нестабильности свойств получаемых из него покрытий. Проанализировав химический состав лака и реальные условия его применения, можно предположить несколько возможных причин этого явления.

Проблемы возникают как у производителя, так и у потребителя. Использование в рецептуре полуфабриката лака экзотического тунгового масла в силу объективных и субъективных причин постоянно провоцирует предприятие-изготовитель на уменьшение количества этого компонента, а в идеале – на отказ от него. Технические характеристики лака, изготовленного только на основе льняного масла, значительно хуже. Кроме того, известно, что получить продукт со стабильными свойствами на основе исходных материалов расти-



тельного происхождения, отличающихся нестабильным химическим составом, тоже непросто. У потребителя же проблемы могут возникнуть из-за другой составляющей – уретана ДГУ. Это связано с ограниченным сроком хранения и особыми условиями хранения лака, обусловленными высокой чувствительностью уретана ДГУ к влаге воздуха и повышенной температуре.

Особо следует остановиться на использовании влагозащитных покрытий на кремнийорганической основе. Казалось бы, использование эффекта гидрофобности в таких покрытиях позволит совершить качественный скачок в разработке высокоэффективных влагозащитных покрытий. Однако в нормативно-технической документации кремнийорганические покрытия на основе жидкости 136-41 (ранее ГЖ-94) рекомендованы для применения лишь в легких и средних условиях эксплуатации. Видимо, это объясняется низкой гидролитической устойчивостью полисилоксановых полимеров, а также сравнительно большим коэффициентом их влагопроницаемости [4]. Во всяком случае, резервы для развития работ в этом направлении далеко не исчерпаны. Об этом, в частности, свидетельствует рекламируемое ЦКБ РМ силоксановое покрытие "универсал", предназначенное для различных целей и в том числе для нанесения влагозащитных покрытий на ПП [6]. В отличие от жидкости 136-41, это однокомпонентная система (раствор полимера в органическом растворителе). Удельное объемное сопротивление этого покрытия ($1 \cdot 10^{15}$ Ом·см) внушает оптимизм.

На эффекте гидрофобности основан также принцип действия новых материалов типа "эпилам" [7]. Эпиламирующие составы содержат раствор фторсодержащих поверхностно-активных веществ в специально подобранных растворителях. При обработке ПУ фтор-

содержащее поверхностно-активное вещество адсорбируется поверхностью и образует на ней очень тонкую пленку. После закрепления на поверхности пленка обладает высокими гидрофобизирующими свойствами, а также высокой химической и термической стабильностью. ПП с такими покрытиями при испытаниях на влагостойкость демонстрируют существенное превышение нормы, указанной в п. 2.5.4. ГОСТ 23752 "Платы печатные. ОТУ".

Для получения влагозащитного полимерного покрытия вовсе не обязательно использовать лакокрасочные материалы. Так, предлагается метод вакуумной пиролитической полимеризации [8]. Первые сообщения об использовании формируемых этим методом полипараксилиленовых (париленовых) покрытий относятся к восьмидесятым годам. За рубежом их наносили на корпуса часов, использовали в военной и космической технике. Привлекательность этого метода обусловлена возможностью получения покрытия одинаковой толщины (от единиц ангстрем до десятков микрометров) по всей поверхности, в том числе в труднодоступных местах (щелях, глухих и сквозных отверстиях и др.). К сожалению, это преимущество одновременно является и недостатком, так как влечет за собой усложнение защиты контактных поверхностей на ПУ и соединителях. Для реализации метода разработано специализированное оборудование. По целому ряду причин, особенно экономических, будущее этого метода видится в первую очередь в области микроэлектроники.

Обзор различных полимерных защитных покрытий был бы неполным без упоминания о так называемой "зеленке", хотя зеленый цвет такого покрытия совершенно не обязателен [9]. Поскольку палящая маска остается на поверхности ПП, то одновременно выпол-

няет и роль влагозащитного покрытия. Различают маску поверх оплавленного припоя (SMOTL) и маску поверх открытой меди (SMOBC). Нанесение маски поверх оплавленного припоя предпочтительнее для ПП, работающих в жестких условиях. Следует отметить, что при использовании групповой пайки волной припой под маской также расплавляется. При этом возможны разрушение маски, появление раковин и образование перемычек между соседними

В начале девяностых годов автору довелось побывать на одном из предприятий, изготавливающих РЭА для космической техники. На сборочном участке его внимание привлекла необычная картина. По меньшей мере десяток "белых косынок" занимались тем, что заостренными деревянными палочками что-то выковыривали из отверстий в ПП. Оказалось, что еще во времена Юрия Гагарина была разработана "оригинальная" технология влагозащиты печатных узлов, при которой ПП погружалась в битумный лак, после сушки лак вручную удалялся из отверстий, а затем проводилась пайка ЭРЭ и т.д. Такие изделия слетали в космос успешно. Благодаря этому счастливому событию несколько десятков лет целый сборочный участок на предприятии был обеспечен подобной "работой". Шли годы. Были разработаны более эффективные методы влагозащиты, но заказчик упрямо не разрешал изменять проверенную технологию без проведения натурных испытаний, стоимость которых равнялась стоимости запуска одной ракеты. Предприятие не могло решиться на такие затраты. Единственное, чего за долгие годы смогла добиться служба главного технолога, так это разрешения использовать дополнительное покрытие лаком УР-231. ПУ превратился в своеобразный "бутерброд". Причем внутренний слой начинки этого бутерброда (битумный лак) способен аккумулировать влагу, а внешний слой (лак УР-231) препятствует ее удалению. Хуже не придумаешь. Однако сверхосторожные заказчики, видимо, руководствуясь принципом "кашу маслом не испортишь", дали добро на это далеко не бесспорное решение... Скорее всего, вся эта история – всего лишь исключение из правила. А об экономических и технических ее последствиях нам остается только догадываться.

Сегодня предприятия, вынужденные проводить дополнительные мероприятия по повышению влагостойкости изготавливаемой РЭА, можно условно поделить на две группы. К первой относятся те, для которых еще долгие годы верхом совершенства будет лак УР-231, а в некоторых случаях и битумный лак. Это в основном предприятия "оборонки". Свойственный им консерватизм гарантирует от явных провалов, но одновременно и противодействует использованию всего нового. Почему-то только в русском языке, когда речь идет об использовании в производстве новых технологий, применяется термин с явным насильственным подтекстом – "внедрение". Следует подчеркнуть, что для предприятий этой группы характерны продуманная организация производства, двойная система контроля, богатый опыт и традиции. Вторая группа предприятий – полная противоположность первой. Это предприятия малого и среднего бизнеса, сформировавшиеся в последнее десятилетие и ориентированные преимущественно на платежеспособную часть рынка (нефтегазовый комплекс, энергетика, связь и др.). Такие предприятия восприимчивы к новшествам. В то же время выбор ими того или иного метода влагозащиты РЭА часто ничем не мотивирован, а контроль на производстве иногда вообще отсутствует. Хорошо бы соединить положительные факторы обеих групп предприятий. Возможно, это всего лишь вопрос времени.

проводниками при высокой плотности монтажа. На ПП с поверхностно монтируемыми компонентами чаще всего наносят маску поверх открытой меди. К сожалению, паяльная маска при всех ее преимуществах не обеспечивает влагостойкость ПУ на 100%, поскольку места пайки ЭРЭ остаются незащищенными.

Принципиально иной подход к решению проблемы повышения влагостойкости печатного монтажа предложен в работе [10]. Как уже упоминалось, влагозащитное покрытие – лишь диффузионный барьер на пути влаги. Что же произойдет, если этот барьер будет пройден? Влага окажется один на один с диэлектриком печатной платы. И влагостойкость будет определяться уже свойствами диэлектрического основания, в первую очередь свойствами его поверхностного слоя. В качестве основания обычно используется стеклотекстолит. Для него, как и для всех композиционных материалов, характерна дефектность структуры, особенно на границе раздела стекло – эпоксидная смола. Следствием этого являются капиллярная пористость, повышенное влагопоглощение и, наконец, снижение электроизоляционных свойств во влажной среде. Проблема не нова. Поэтому в арсенале разработчиков композиционных материалов накопилось множество приемов, позволяющих уменьшить дефектность структуры. Полностью же устранить ее практически невозможно. Таким образом, изготовители ПП – своеобразные заложники мастерства разработчиков и изготовителей фольгированных стеклотекстолитов. О получаемом результате они могут узнать лишь по завершении технологического процесса изготовления ПП. Однако электроизоляционные характеристики оснований ПП, независимо от исходного состояния стеклотекстолита, можно повышать, используя так называемое полимеризационное наполнение*. Суть технологии, предложенной автором, заключается в том, что дефекты структуры стеклотекстолита устраняются в готовой ПП методом порозаполнения, известным из других областей техники. Для порозаполнения используются полимеризационноспособные композиции на основе бифункциональных мономеров, содержащие вещественные инициаторы полимеризации. Основные операции при этом:

- заполнение дефектов структуры стеклотекстолита, в том числе дефектов структуры эпоксидной смолы, простым погружением ПП в композицию;
- удаление избытка композиции с поверхности ПП промывкой в воде;
- полимеризация композиции в объеме стеклотекстолита при термообработке.

Особенности технологии и состава композиции гарантируют отсутствие заполимеризованной композиции на поверхности контактных площадок и стенок переходных металлизированных отверстий. Использование данной технологии позволяет повысить сопротивление изоляции ПП в среднем на 1–3 порядка, а в отдельных случаях (ремонт многослойных ПП) даже на восемь порядков. Полимеризационное наполнение не исключает использования дополнительного лакового покрытия и/или паяльной маски. Более того, как оказалось, оно эффективно даже для ПП, уже имеющих паяльную маску.

На критику собственного детища рука не поднимается. Автор представляет это своим оппонентам. Можно лишь сказать, что использование предложенной технологии возможно в нескольких вариантах. Первый предусматривает ее применение для ремонта ПП с пониженным сопротивлением изоляции. Доказано, что экономическая и техническая эффективность этого решения не вызывает сомнений. Второе направление – использование технологии в мас-

*ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2002, №4, с.46–48.



совом масштабе для повышения надежности ПП. Для изготовителя ПП это потребует дополнительных расходов, а экономический эффект перейдет к потребителю. И, наконец, полимеризационное наполнение может быть успешно использовано для решения актуальной проблемы микроминиатюризации ПП.

В настоящее время на российском рынке широко предлагаются аэрозольные химические препараты различного назначения для производства, эксплуатации и сервисного обслуживания электронного оборудования [11]. Это растворители, лаки, смазки и т.п. Препараты поставляются целым рядом зарубежных фирм под торговыми марками Cramolin, Kontakt Chemie, Chemtronics и др. Преимущества аэрозольных препаратов очевидны. Очевидны и потенциальные их потребители. Не вызывает сомнений и эффективность, в том числе экономическая, применения данных препаратов, в первую очередь на стадии освоения производства новых изделий (макетирование, изготовление опытных образцов и установочных партий). Среди многообразия препаратов есть и лаки, предназначенные для влагозащиты ПУ. Специалистов, видимо, больше всего заинтересует аналог лака УР-231 – полиуретановый лак Urethane 71. По данным его разработчиков, покрытие этим лаком образует прочную и гибкую водоотталкивающую пленку с хорошими электроизоляционными свойствами, высокими химической и термостойкостью. Рекомендуются акриловые изоляционные лаки (Plastik 70) и кремнийорганические лаки (Silisol 73).

Зарубежными фирмами предлагаются также различные гидрофобизирующие жидкости, в том числе жидкости, способные вытеснять воду (Fluid 101). Аналогичные жидкости, правда, в менее широком ассортименте, изготавливают и отечественные предприятия. При полимеризационном наполнении дефекты структуры стеклотекстолита в ПП заполняются жидкой композицией, которая при термообработке превращается в твердый полимер с высокими электроизоляционными свойствами. А если жидкость уже сама обладает высокими электроизоляционными, да еще и гидрофобными свойствами, стоит ли ее отверждать? Иногда бывает и так, что натурные испытания проще и дешевле общепринятой процедуры, заканчивающейся типовыми испытаниями. Так вот, печатные узлы на ПП с паяльной маской, поверхность которых дополнительно обработана жидкостью Fluid 101, успешно эксплуатируются на объектах нефтедобычи уже в течение нескольких лет. Конечно, данное решение не следует воспринимать как абсолютную истину. Годами сложившуюся систему постановки изделий на производство никто не отвергает. И будет очень хорошо, если кто-то возьмется за детальную проверку этого решения по классическим канонам. При положительном исходе даже в частных случаях просматривается очень удачное решение проблемы 100%-ной защиты поверхности ПП с паяльной маской и, благодаря этому, отказа от дополнительных лаковых покрытий.

В заключение следует отметить, что проблема повышения влагостойкости печатного монтажа, несомненно, комплексная. Конечный результат, как правило, определяется удачным сочетанием конструктивно-технологических характеристик изделий и тщательным соблюдением технологии изготовления на всех ее этапах. Автор не претендует на абсолютную полноту обзора всех направлений в области влагозащиты печатного монтажа, а также абсолютную правильность своих высказываний, и с благодарностью воспримет любые замечания и предложения, в той или иной мере касающиеся данной проблемы.

Автор выражает благодарность д-ру техн. наук, профессору А.М.Медведеву за ценные замечания при подготовке статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Писарев В., Критенко М., Постнов В. Система испытаний – основа обеспечения надежности РЭА. – Электроника: НТБ, 2002, № 5.
2. Электроника: Энциклопедический словарь / Гл. ред. В.Г. Колесников. – М.: Сов. Энциклопедия, 1991. – 688 с.
3. Медведев А.М. Надежность и контроль качества печатного монтажа. – М.: Радио и связь, 1986. – 216 с.
4. Химическая энциклопедия. Т.1 / Гл. ред. И.Л. Кнунянц. – М.: Сов. Энциклопедия, 1988. – 623 с.
5. ТУ 6-21-14-90. Лаки эпоксидно-уретановые УР-231 и УР-231Л.
6. <http://ckbrm.ru/page46.html>.
7. Синюгина Л.А., Белов Е.Н., Комлевский А.В. и др. Материалы типа "эпилам" для влагозащиты микросборок и узлов на печатных платах. Приложение "Технологии, оборудование, материалы" к журналу "Экономика и производство", 1999, № 7.
8. Костин А.С., Крутько А.Т., Нефедов Т.В. Применение покрытий на основе парилена для влагозащиты и герметизации изделий РЭА. Приложение "Технологии, оборудование, материалы" к журналу "Экономика и производство" 1999, № 5.
9. <http://www.eworld.ru/support/smpcbr.htm>.
10. Уразаев В.Г. О проблеме влагостойкости печатного монтажа. – Компоненты и технологии, 2002, № 4.
11. Переятевец А. Химия для электроники. – Компоненты и технологии, 2001, № 5.

Контакты по e-mail: urazaev@yandex.ru

Конференция и выставка по печатным платам Expo 2003

Ассоциация предприятий электронных межсоединений объявила о проведении конференции и выставки печатных плат Expo 2003 22–27 марта 2003 года в Лонг-Бич (США). Программа конференции сконцентрирована на последних достижениях в производстве печатных плат (ПП) и печатных узлов (ПУ) и обеспечивает всеобъемлющую информацию о новых материалах, методах и технологических процессах. Тематика сообщений охватывает методы повышения качества конечной продукции; перспективные способы монтажа, включающие межсоединения с высокой плотностью контактов и гибкие платы; тестирование печатных узлов в целях поиска неисправностей и повышения надежности; сборку печатных узлов; методы проектирования и конструирования устройств с высокой плотностью монтажа, быстроедействие и ВЧ; встроенные пассивные компоненты.

На семинарах и консультациях, проводимых во время работы выставки, будут рассмотрены такие вопросы, как достижения в создании схем на гибких платах, касающиеся материалов, технологических процессов и применения; ламинаты и оптимальная конструкция многослойных ПП; конструирование ПУ для ВЧ-приложений; конструирование цифровых устройств высокого быстродействия и управление импедансом; конструирование ПУ со сквозными микроотверстиями и с высокой плотностью монтажа; обзор технологических процессов изготовления ПУ; проектирование технологических конструкций; межсоединения следующего поколения, в том числе оптоэлектронные; защита от электромагнитных помех на уровне ПУ; методы точного определения импеданса; конструирование контактных площадок и ПУ с высоким выходом годных; встроенные пассивные резисторы и конденсаторы – материалы, процессы изготовления и применение.

www.e-insite.net/epp/

33-я Международная конференция по контролю ИТС '2002

В Балтиморе (США) с 8 по 10 октября проходила Международная конференция по контролю (ИТС) – основная в мире конференция по электронному контролю полупроводниковых приборов, печатных плат и систем, охватывающая весь цикл контроля от верификации проекта, диагностирования и анализа дефектов до совершенствования проекта и технологического процесса на основе их данных. Во время конференции специалисты ознакомились с проблемами промышленности и их решениями, предлагаемыми академическими учеными, проектировщиками, изготовителями систем проектирования и контрольно-измерительного оборудования и инженерами по контролю.

На пленарных заседаниях были представлены доклады по таким важнейшим темам, как контроль ЗУ; достижения в контроле системы-на-кристалле; измерения временных субмикросекундных параметров; сжатие данных контроля; проверка контролепригодных ЗУ, их контроль встроенными схемами и ремонт на уровне чипа; новые методы диагностирования; достижения в моделировании отказов и генера-

ции тестовых программ; тестеры для контролепригодных приборов; автоматизация производственного контроля; контроль и устранение неисправностей в микропроцессорах; контроль нестабильности в гигагерцевых цифровых системах; контролепригодность и производственные проблемы; методы контроля смешанных сигналов; совершенствование автоматизированной контрольно-измерительной аппаратуры; встроенный контроль для МЭМС; контроль ВЧ-приборов и др.

В первые дни конференции ее организаторы провели также ряд фундаментальных консультаций по современному состоянию технологии контроля. Они касались усовершенствования технологии периферийного сканирования, методов проектирования контролепригодных приборов, технологии контроля полупроводниковых пластин, основ и недавних разработок в области логического контроля, стратегии контроля систем в корпусе и др.

www.itctestweek.org/advprogramh.htm

Новая технология создания многослойных печатных плат LTCC-M

Фирмой Lamina Ceramics разработана новая технология создания многослойных печатных плат (МПП), пригодных для плотного монтажа компонентов и работы на ВЧ, с высокой мощностью рассеяния и в жестких условиях окружающей среды. Новые МПП предназначены для изготовления на них СВЧ-усилителей для базовых станций, широкополосных усилителей для мультимедийных сетей и СВЧ-сумматоров мощностей.

В изготовлении новой МПП – керамической многослойной структуры на металле, обжигаемой за один прием при низкой температуре, – используется запатентованный технологический процесс присоединения керамики к металлу (процесс LTCC-M). Он включает ряд операций, сходных с операциями стандартного процесса LTCC. Но основное отличие нового процесса – в присоединении необожженной керамической структуры к металлическому основанию из кобальта или из композиции CuMoCu (13/74/13) с использованием специальных материалов и обжига при температуре 900°C.

Добавление металлического слоя обеспечивает ряд преимуществ МПП. Например, при новой технологии можно создавать пустоты, доходящие до металла, что позволяет монтировать мощные компоненты непосредственно на металлическом основании или на один-два слоя выше. Это устраняет необходимость присоединения корпусированных компонентов к большому теплоотводу на керамическом ос-

новании, что при стандартной технологии LTCC требует механической обработки как основания, так и теплоотвода. Металлическое основание обеспечивает рассеяние мощности в сотни ватт, а ВЧ-потери в линии передачи на 40 ГГц составляют всего 0,02 дБ/мм. Кроме того, размеры платы LTCC-M достигают 40x40 см, благодаря чему на ней можно разместить во много раз больше компонентов, чем на LTCC, чьи размеры ограничены 15x15 см. Основные операции LTCC-M:

- резка заготовок диэлектрических подложек для каждого слоя;
- пробивка сквозных отверстий для соединения между слоями;
- нанесение металлической, диэлектрической и резистивной паст на каждый слой;
- соединение слоев;
- совместный обжиг необожженной многослойной структуры и металлического основания.

Сравнение различных оснований МПП приведено в таблице.

Производственные затраты при новой технологии значительно ниже, чем при стандартной LTCC, и при 24 слоях, каждый толщиной 0,1 мм, стоимость платы составляет 30 цент/см².

www.laminaceramics.com

Характеристики различных оснований МПП

Характеристика	LTCC-M на кобальте	LTCC-M на CuMoCu	LTCC	Керамика (96%)	Фторопласт с наполнителем из керамики	Стекло-волокно FR4
Габариты, см	40x40	40x40	15x15	15x15	60x60	60x60
Теплопроводность, Вт/м·°C	40	170	2-3	24,7	0,61	1,7
Козф. лин. расширения, 10 ⁻⁶ /°C	6,7 (до 300°C)	5,5 (до 400°C)	5,8 (до 400°C)	8,2 (до 400°C)	1,7-24 (до 400°C)	13 (до 400°C)
Диэлектрическая постоянная	6 на 15 ГГц	5,5 на 15 ГГц	7,8 на 2 ГГц	9 на 15 ГГц	6,15 на 15 ГГц	5,4 на 15 ГГц
Тангенс угла диэлектрических потерь при 25 °C	0,0015 на 15 ГГц	0,0005 на 15 ГГц	0,002 на 16 ГГц	0,001 на 15 ГГц	0,0025 на 15 ГГц	0,032 на 15 ГГц
ВЧ-потери, дБ	0,3 на 12 ГГц	0,17 на 12 ГГц	0,2-0,5 на 12 ГГц	0,25 на 12 ГГц	0,4 на 12 ГГц	1,5 на 12 ГГц



Производство Fastwel: уникальный рентген-контроль монтажа



Российская компания Fastwel (www.fastwel.ru) известна на рынке как контрактный производитель РЭА. С декабря 2002 года на производстве Fastwel при монтаже электронных модулей введен 100%-ный рентген-контроль посредством уникальной для России установки рентгеновского контроля качества пайки *rcba|analyser* фирмы Phoenix|x-ray. Монтаж на печатные платы ИС в корпусах BGA и CSP, особенно с шагом выводов менее 0,5 мм, стал главным объектом контроля для этой установки.

Установка *rcba|analyser* – новейшее решение в области рентгеновского контроля качества пайки электронных компонентов. В отличие от визуальных систем контроля, она контролирует параметры сборки, влияющие на безотказность изделия в будущем, после механических и климатических воздействий. Технология наклонного представления паяного соединения в различных плоскостях и многократное увеличение (до 1900 раз) позволяют эффективно обнаруживать весь спектр микродефектов в паяном соединении, перемычки между выводами компонентов, непропаянные и ненадежные (например, холодная пайка) соединения, "паразитные" брызги припоя под корпусами элементов. Высокую контрастность изображения обеспечивают автоматическая фокусировка излучения и возможность плавной регулировки его параметров, а также повышенная чувствительность приемника рентгеновской установки. Благодаря возможности формировать описания эталонных объектов в своей памяти рентгеновская установка способна автоматически контролировать пайку серийных изделий любого ти-

па. Заказчик может получить задокументированные результаты контроля в виде распечатки копии рентгенограммы на цветном принтере высокого разрешения, что немаловажно для электронных устройств, предназначенных для работы в составе оборудования ответственного применения и в жестких климатических условиях.

Таким образом, компания Fastwel стала единственным производителем в России, предлагающим полный комплекс монтажа электронных модулей со 100%-ным рентген-контролем качества пайки. На своем предприятии в Москве компания Fastwel предлагает полный комплекс услуг заказного производства электронных модулей любой сложности: от разработки высокотехнологичного электронного оборудования до комплектации производственной программы и упаковки конечных изделий. Кроме того, компания разрабатывает и производит аппаратные и программные средства для АСУ технологическими процессами – изделия в формате MicroPC, выносные модули УСО, а также необходимый набор аксессуаров и вспомогательных устройств. Большинство изделий предназначены для работы в диапазоне температур от -40 до +85°C. В странах СНГ продукцию Fastwel представляет эксклюзивный дистрибьютор – фирма ПРОСОФТ (www.prosoft.ru).

Компания FASTWEL Россия, 119313 Москва, а/я 242

тел. (095) 234-0639, факс 232-1654

e-mail: info@fastwel.com,

web: <http://www.fastwel.ru>