

ПРОИЗВОДИТЕЛИ РЭА ГОЛОСУЮТ ЗА ТЕХНОЛОГИЮ ВНУТРЕННЕГО МОНТАЖА

В условиях экономического кризиса правительство старается поддержать реальную экономику. Но даже при благоприятном стечении обстоятельств (если правительству удастся создать давно уже требуемую систему прямого государственного низкопроцентного кредитования промышленных предприятий) наша радиоэлектроника, которая потребляет преимущественно импортные компоненты, материалы, технологии и оборудование, теперь будет вынуждена покупать их по новым повышенным ценам. Цены на внутреннем рынке отечественных товаров и услуг тоже вырастут. А значит, увеличатся и затраты на продукцию российской радиоэлектроники. В связи с этим встает вопрос не только о конкурентоспособности отечественной радиоэлектронной продукции, но и о выживании российской электроники в целом. Радикальной мерой по спасению радиоэлектронной отрасли является внедрение технологии внутреннего монтажа функциональных узлов и переработка реальных схемотехнических решений во внутрисмонтированное исполнение.

Внутренний монтаж – это непосредственный монтаж кристаллов ИС в тело подложки электронных функциональных блоков (печатную плату). При этом сама плата становится корпусом. Соединение контактных площадок ИС с токоведущими дорожками электронного блока и формирование самих этих дорожек производится методом вакуумного напыления металла (в том числе – через металлические съёмные маски). Собственно исчезает и сама печатная плата в привычном для нас виде. Роль печатной платы начинает играть основа из металла, керамики, кремния, поликора, ситалла и т.д. В массовом производстве основа делается из металлической фольги (для теплонагруженных модулей – из кремневой пластины), в которой способами штамповки, лазерной резки или ионно-го травления создаются сквозные отверстия квадратной или прямоугольной формы с размерами, близкими к размерам закладываемых в эти отверстия кристаллов ИС.

Е.Назаров
ООО-raduga@yandex.ru

На ровном монтажном столе кристаллы ИС закладываются в соответствующие отверстия в подложке-основе активной стороной вниз. Кристаллы, имеющие разную толщину, в результате занимают положение, когда лицевые стороны всех кристаллов планаризированы с нижней плоскостью основы. В этом положении кристаллы фиксируются фотоотверждаемым клеем, который наносится с тыльной стороны каждого кристалла. После отверждения клея на всей поверхности сборки формируется диэлектрический слой парилена. (Широко известны великолепные свойства парилена: сплошность и равномерность нанесения по толщине, $\rho_v = 10^{17}$ Ом·см, $E = 250$ кВ/мм, $\text{tg}\alpha = 0,0002$, $\epsilon = 2,65$, низкая влаго- и газопроницаемость, рабочий диапазон температур от -100 до 150°C , отсутствие внутренних напряжений, химическая инертность.)

Поскольку парилен химически стоек, отверстия в нем, необходимые для доступа к контактным площадкам ИС, делают способом ионно-плазменного травления парилена через металлические съёмные маски. Через такие же съёмные маски, но имеющие не отверстия, а прорезы для формирования токоведущих дорожек электронного блока, производят напыления металлических проводников (титан – медь – никель), которые соединяют контактные площадки ИС с токоведущими дорожками электронного блока одновременно с их формированием. Во избежание подпыла (попадания металла под маску) металлические маски плотно прижимают к сборке магнитами. Таким способом создают необходимое количество слоев разводки. Затем на верхнем слое формируют контактные площадки для поверхностного монтажа пассивных и других компонентов, монтируемых традиционными способами.

Итак, какое же преимущество получают производители и разработчики РЭА, если решат производить те или иные электронные блоки не по технологии поверхностного, а по технологии внутреннего монтажа?

- Исчезнет проблема корпусирования СБИС, а СВЧ-кристаллы сохраняют в функциональных блоках свои проектные характеристики.
- Исключается проблема печатной платы. Методом свободных масок на внутренне смонтированные блоки легко на-



носятся проводники шириной 20–60 мкм. Причем топологический рисунок формируется экологически чистым методом вакуумного напыления металлов. Напыленные проводники не подвержены последующей деградации, а соединение контактной площадки ИС и токоведущей дорожки блока происходит одновременно с формированием топологического рисунка схемы (т.е. без пайки и сварки).

- Поскольку топологии блока и кристаллов планаризированы и отсутствуют выводы микросхем и других полупроводниковых элементов, в схеме смонтированного блока отсутствуют паразитные явления как конденсаторной, так и индуктивной природы. Отсутствие дополнительной антенны, в качестве которой выступают разного рода выводы, снижает чувствительность электронного блока к внешним электромагнитным воздействиям.
- При переходе от поверхностного монтажа микросхемы к внутреннему ее быстродействие увеличивается на порядок, поскольку уменьшается длина электрических связей.
- Проблема теплоотвода внутрисмонтированных блоков решается радикальным путем – подложки и все кристаллы утоняются до толщины самого тонкого из них, тыльные стороны кристаллов и подложки металлизуются, а все кристаллы и подложки припаиваются к единому теплоотводящему основанию.

- Поскольку основные факторы, вызывающие производственные дефекты в рамках технологии поверхностного монтажа, в технологии внутреннего монтажа отсутствуют, в последней имеет место лишь начальный контроль (контроль материалов и режимов) и конечный контроль (контроль готового электронного микроблока, в т.ч. динамический). Таким образом, существенно сокращаются общие затраты на контрольные операции.
- Поскольку ни пластмассовых корпусов, ни полимерных плат в технологии внутреннего монтажа нет, то и таких дефектов как "поп-корн" и связанных с ним требований к хранению и подготовке элементов к пайке тоже нет.
- Массогабаритные характеристики внутрисмонтированных блоков в 20–50 раз меньше, чем блоков, смонтированных по технологии поверхностного монтажа. Минимальный вес элементов (кристаллов), размещение кристалла внутри подложки, пластичность парилена обуславливают виброустойчивость блоков при ускорениях в тысячи g.
- Отечественная технология свободных масок при производстве внутрисмонтированных функциональных блоков разрабатывалась еще в конце 1980-х–начале 1990-х годов. Прогнозируя уменьшение размеров контактных площадок кристаллов СБИС, технологи разработали такую технологию, которая позволяет сегодня соединять мето-

дом вакуумного напыления токоведущие дорожки шириной 10 мкм с контактными площадками 25×25 мкм.

- Поскольку диэлектрический слой и соединения контактных площадок кристаллов с токоведущими дорожками блока формируются в вакуумных установках в условиях минимальных температур, имеется реальная возможность "вживлять" в тело электронного блока новейшие кристаллы ИС, содержащие наноразмерные структуры, чувствительные к повышению давления и температуры.

Описанные преимущества технологии внутреннего монтажа электронных блоков с использованием свободных масок обусловили и такие важнейшие факторы, определяющие конкурентоспособность отечественной РЭА, как резкое снижение затрат на производство и экологическая чистота производственных процессов. Другими словами, на вопрос: "Как технология внутреннего монтажа может содействовать преодолению нашей радиоэлектроникой финансового кризиса?" – можно ответить следующим образом.

В случае перехода на внутренний монтаж:

- сократится стоимость компонентов (кристаллы ИС на один–два порядка дешевле своих корпусных аналогов);
- не нужно создавать производство новейших корпусов ИС (например, BGA-корпусов) и тратить средства на корпусирование ИС за рубежом;
- не нужно организовывать "передовые" производства печатных плат (гигантские затраты!);
- исключаются затраты на регенерацию, переработку, хранение и утилизацию вредных веществ и отходов, необходимые при производстве корпусов ИС и печатных плат;
- можно эффективно использовать имеющиеся схемотехнические и программные разработки для производства конкурентоспособной РЭА, меняя лишь технологическое исполнение блока с выводного (штырькового) или поверхностно смонтированного исполнения на внутренне смонтированное;
- можно значительно уменьшить габариты конструктивов и внешних корпусов РЭА;
- можно получить большой экономический эффект от увеличения надежности РЭА и, как следствие, повысить ее конкурентоспособность.

Надо сказать, что за рубежом производители РЭА тоже ощутили недостатки технологии поверхностного монтажа электронных блоков и начинают развивать методы внутреннего монтажа кристаллов [1,2].

Однако многим разработчикам электронных блоков пока еще психологически трудно перейти, по сути, к микроэлектронной технологии внутреннего монтажа. Чтобы облегчить этот переход, сообщим, что технология внутреннего монтажа содержит намного меньше технологических переходов и операций, чем технология поверхностного монтажа. Для производства внутрисмонтируемых блоков

требуется малое количество материалов и лишь несколько видов технологического оборудования.

Основные виды оборудования для внутреннего монтажа – это установка нанесения париленовых слоев, установка ионного травления париленовых слоев и установка вакуумного напыления слоев металлизации. Следует отметить, что технология свободных масок – отечественная, советская технология. Она так и не была освоена ни в Европе, ни в США, ни в Японии. И это не случайно! Только московским ВНИИЧЕРМЕТ было разработано 300 видов ферроникелевых сплавов, маски из которых по коэффициентам температурного расширения точно соответствовали соответствующим подложкам из алюминия, кремния, керамики, стекла, поликора и т.д.

Усилия НПП "КВП "Радуга", направленные на популяризацию технологии внутреннего монтажа среди разработчиков РЭА, начинают приносить плоды.

На конференции, посвященной переходу производителей РЭА на технологию внутреннего монтажа, проведенной НПП "КВП Радуга" 22 ноября 2008 года в Москве, присутствовали представители более 30 предприятий, которых заинтересовали технологии внутреннего монтажа. Среди них – такие передовые разработчики РЭА, как ОАО "МННРЭ" "Альтаир" (г. Москва), ФГУП "НИИ импульсной техники" (г. Москва), ОАО НПП "Сапфир" (г. Москва), ООО НПП "Геофизика Космос" (г. Москва), ФГУП НПО измерительной техники" (г. Москва), ФГУП "КНИРТИ" (г. Жуков), ФГУП ЦНИИ "Комета" (г. Москва), ФГУП "НИИАА" (г. Москва), ОАО ЦНИТИ "Техномаш" (г. Москва), ОАО "НИПОМ" (г. Дзержинск), ФГУП "ВНИИА" (г. Москва), ФГУП "РНИИ КП" (г. Москва), ФГУП БСКБ "Восток" (г. Барнаул), ФГУП НПП "Темп" (г. Москва), ОАО "РПКБ (г. Раменское), ОАО "Концерн радиостроения "Вега" (г. Воронеж), ОАО "НПК "Дедал" (г. Дубна), ФГУП "ЦЭНКИ" (г. Москва), ЗАО "Кондиционер" (г. Гагарин), ОАО ГНПП "Регион" (г. Москва), ОАО "НПП ЭлТом" (г. Томилино), ФГУП "КРИИТМУ" (г. Калуга), ФГУП "НИИ авиационного оборудования" (г. Жуковский), НТЦ "ЮРИОН" (г. Москва), НПП "ЭЛПА" (г. Зеленоград) и др.

Перед участниками конференции выступила группа руководителей и специалистов предприятий-изготовителей оборудования для производства электронных блоков методом внутреннего монтажа: ООО "Базальт" (г. С.-Петербург), ООО "ЭСТО-Вакуум" (г. Зеленоград), ОАО "НИИ точного машиностроения" (г. Зеленоград), фирма "Мультитех" (г. С.-Петербург), ООО НПП "КВП "Радуга" (г. Москва), КБ машиностроения (г. Витебск).

Доклады технологов и машиностроителей были достаточно оптимистичны. Было отмечено, что замена полиимида на парилен в технологии внутреннего монтажа открывает новые горизонты. Ведь еще недавно внезапное прекращение производства адгезионного пленочного полиимида, который применялся в серийном производстве функциональных радиоэлектронных блоков и многокристальных модулей методом внутреннего монтажа кристаллов (ОСТ В11 1009-2001



Способ изготовления теплонагруженных радиоэлектронных блоков

Операция	Вид оборудования
1. Формирование отверстий для размещения кристаллов в кремниевой подложке (алюминиевой фольге, керамической пластине и т.д.)	Установка ионно-плазменного травления кремниевых подложек (устройство штамповой просечки, установка лазерной резки и т.д.)
2. Установка кристаллов в отверстия подложки	Манипулятор кристаллов с вакуумным захватом
3. Фиксация кристаллов в планаризированном положении с помощью клея	Установка трафаретной печати, микродозатор
4. Формирование диэлектрического слоя парилена	Установка нанесения париленовых покрытий
5. Формирование окон париленовой пленки для вскрытия и очистки контактных площадок ИС	Установка ионно-плазменного травления париленовых слоев
6. Формирование токоведущего рисунка функционального радиоэлектронного блока методом вакуумного напыления металла через съемные технологические маски	Установка вакуумного напыления металлов
7. Нанесение припойной пасты для монтажа пассивных компонентов	Устройство трафаретной печати, микродозатор
8. Установка чип-компонентов	Манипулятор чип-компонентов с вакуумным захватом
9. Оплавление припойной пасты	Печь для плавления припойной пасты
10. Нанесение влагозащитного покрытия электронного блока	Устройство нанесения париленового покрытия

"Микросборки и многокристальные модули") поставило многих разработчиков и производителей РЭА перед проблемой – где найти материалы и технологии, способные заменить адгезионный пленочный полиимид? Попытки использовать препрег ("связующий" слой) для достижения адгезии подложек и обычных полиимидных пленок хороших результатов не дали. Несколько лучшие результаты были получены при работах с полиимидными лаками и термостойкими фоторезистами.

Прорывной оказалась идея использовать в качестве диэлектрических слоев функциональных радиоэлектронных блоков 7–8-мкм пленки ди-пара-ксилилена (парилена), осаждаемые на поверхность основы функционального блока в вакууме (ТУ-6-14-50-91). Технология осаждения парилена широко известна как технология влагозащиты радиоэлектронных модулей бортовых, корабельных, наземных радиоэлектронных комплексов, транспортных средств, работающих в условиях повышенной влажности в соответствии с требованиями ГОСТ в 20.39.304-98 (группа эксплуатации 2.1-2.05) и ОСТВ 104.460007.008-2000 "Военный стандарт отрасли" Аппаратура радиоэлектронная. Сборочно-монтажное производство. Покрытия на основе полипара-ксилилена, поли-хлор-пара-ксилилена и комбинированные покрытия. Типовые технологические процессы".

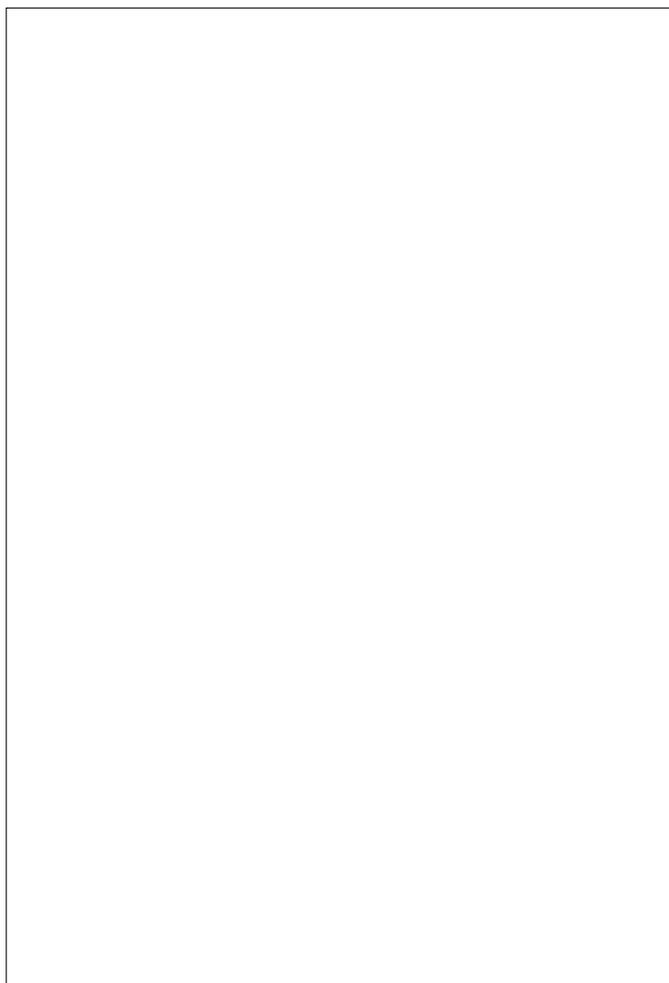
По сути, парилена является гидрофобным, химически стойким СВЧ-материалом, родственным фторопласту [3]. Адгезия париленовой пленки и подложки определяется во многом способом формирования пленки (модель "сублимация – пиролиз – осаждение", реализуемая в вакуумных установках).

Ввиду химической стойкости парилена для формирования отверстий в нем применяется лишь один способ – ионно-плазменное травление парилена через съемные металлические технологические маски. Проводящие металлические слои наносят на парилена методом вакуумного напыления металла: через съемные металлические технологические маски при прямом формировании проводящего рисунка или сплошным напылением металлов на всю поверхность электронного блока с последующим применением фотолитографии.

Использование свободных технологических масок позволяет в данном случае сократить число основных единиц технологического оборудования, необходимого для производства функциональных радиоэлектронных блоков до никогда ранее не достигаемого минимума.

На конференции были предложены новые способы производства функциональных радиоэлектронных блоков методом внутреннего монтажа кристаллов с использованием париленовых диэлектрических слоев (см. таблицу).

Как видим, весь парк технологического оборудования для производства функциональных радиоэлектронных блоков сводится к нескольким типам. Это установка ионно-плазменного травления (операции 1 и 5); манипуляторы кристаллов и чип-компонентов (операции 2 и 8); устройства трафаретной печати (операции 3 и 7); установка нанесения париленового



покрытия (операция 4 и 10); установка напыления металлов (операция 6); печь оплавления припойных паст (операция 9).

Таким образом, пять-семь видов основного оборудования заменяют весь набор технологического оборудования, необходимого для производства печатных плат и монтажа электронных блоков.

Названные установки вакуумного напыления металлов и печь для оплавления припойных паст используются также в некоторых дополнительных операциях, например в операции припайки блока к теплоотводящему радиаторному основанию или операции нанесения металлических пленок для температурной и электромагнитной защиты функциональных блоков.

В связи с необходимостью применения других видов подложек, кроме кремниевых (например – ситалловых, поликорковых, керамических, металлических и т.д.), комплект оборудования может быть дополнен соответствующими видами лазерного, штамповочного оборудования, установками электроэрозионной резки и т.д.

При производстве теплонагруженных электронных блоков (например, СВЧ-блоков) установки ионно-плазменного травления кремниевых подложек из базового комплекта могут быть использованы для их утонения, а также для утонения пластин, содержащих иные (кроме СВЧ) полупроводниковые структуры.

Идея использования скоростного анизотропного ионно-плазменного травления кремниевых пластин, которые являются основанием функциональных радиоэлектронных блоков, изготавливаемых методом внутреннего монтажа, была высказана генеральным директором ООО "ЭСТО-Вакуум" Берлиным Е.В. Технология анизотропного травления кремния, позволяющая формировать отверстия в кремниевых пластинах и утонять их, отработана на ООО "ЭСТО-Вакуум" и ОАО "НИИ точного машиностроения" (г. Зеленоград). Она чрезвычайно перспективна для производства СВЧ и силовых функциональных радиоэлектронных блоков.

Сегодня может быть предложен новый способ производства теплонагруженных функциональных радиоэлектронных блоков (например, СВЧ-блоков). Он включает в себя следующие операции:

1. утонение кремниевой подложки – основы функционального радиоэлектронного блока – до толщины СВЧ-кристалла методом скоростного ионно-плазменного травления;
2. формирование в кремниевой подложке-основе сквозных отверстий с размерами, чуть превышающими размеры устанавливаемых в данные отверстия кристаллов;
3. металлизация одной из сторон кремниевой подложки-основы с тем, чтобы можно было паять эту сторону эвтектическими припоями;
4. утонение тыльной стороны кремниевых шайб, содержащих иные (не СВЧ) полупроводниковые структуры до толщины СВЧ-кристалла;

5. металлизация тыльной стороны утоняемых шайб с тем, чтобы можно было паять ее эвтектическими припоями;
6. сквозная разрезка шайб на кристаллы алмазными дисками;
7. закладка кристаллов в соответствующие отверстия подложки-основания (производится таким образом, чтобы рабочие поверхности кристаллов и подложки составляли одну сторону, а металлизированные поверхности – другую);
8. нанесение эвтектического состава на металлизированные части подложки-основания и кристаллов;
9. наложение на металлизированную сторону подложки и кристаллов общего радиаторного основания;
10. расплавление эвтектики и припайка подложки-основания и всех кристаллов к радиаторному основанию;
11. формирование диэлектрического париленового покрытия в установке нанесения париленового покрытия;
12. вскрывание окон в париленовой пленке над контактными площадками ИС методом ионно-плазменного травления через свободную технологическую маску;
13. нанесение проводников через съемную технологическую маску в установке вакуумного напыления металла;
14. повторение операций 11, 13 необходимое количество раз и формирование в верхнем слое металлизации контактных площадок для установки ЧИП-компонентов;
15. нанесение пасты на контактные площадки поверхностно монтируемых элементов;
16. установка ЧИП-элементов;
17. оплавление припойной пасты;
18. отмывка электронного блока.

Формирование внешнего электро- и влагозащитного париленового покрытия электронного блока.

Ввиду того, что рабочие температуры некоторых частей электронного блока могут превышать 125°C, на внешний защитный слой парилена могут быть нанесены дополнительные пленки металлизации. Пленки внешней металлизации позволяют: увеличить теплоотвод от наиболее теплонагруженных участков; защитить парилена от взаимодействия с кислородом атмосферы, что увеличивает термостойкость париленовой пленки до 400°C; обеспечить дополнительную электромагнитную защиту.

В докладах представителей технологического блока, в том числе в докладе одного из первых авторов технологии внутреннего монтажа – главного специалиста ОАО "Ангстрем" Б.И. Черного говорилось, что отечественная технология внутреннего монтажа предпочтительнее зарубежных разработок. Более того, сегодня наш технологический машиностроительный комплекс готов не только обеспечивать опытное, но и серийное производство радиоэлектронных блоков методом внутреннего монтажа. Важно также, что в соответствующих государственных программах предусмотрены разработка и начало производства технологического оборудования для массового выпуска радиоэлектронных функциональных блоков по

технологии внутреннего монтажа. Программа предусматривает унификацию технологических операций и оборудования, что несет в себе большие экономические перспективы.

Как отмечалось выше, метод внутреннего монтажа устраняет потребность в печатных платах и корпусирование кристаллов ИС. Кристаллы ИС монтируются непосредственно в тело основы радиоэлектронного блока одновременно с нанесением токоведущих дорожек без пайки и сварки. Оплавление припойных паст применяется в данном случае только для монтажа пассивных элементов.

Практически весь процесс сборки внутреннего монтажа радиоэлектронных блоков осуществляется на нескольких видах технологического оборудования:

- Установка прецизионной лазерной резки отверстий в подложке радиоэлектронного блока.
- Устройство для прецизионной установки кристаллов в отверстия подложки блока.
- Устройство нанесения доз клея для фиксации кристаллов в отверстиях подложки.
- Установка для нанесения парилового диэлектрического слоя.
- Установка ионно-плазменного травления парилового слоя.
- Установка вакуумного напыления проводников.
- Устройство для установки чип-компонентов.
- Печь оплавления припойных паст в защитной бескислородной среде.

Это универсальное технологическое оборудование предлагают специалисты НПП "КВП "Радуга".

Новая серия универсальных печей "Радуга-70,71,73" (рис.1) применяется не только для оплавления припойных паст (в том числе бессвинцовых) при производстве массивных (шириной до 500 мм) электронных блоков на печатных платах, но и для сушки лаковых покрытий типа УР-231, ЭП-730, ЭП-9114 в течение 15–25 мин по терморadiационному режиму (ОСТ4 ГО.054.205, карта 67 и РД 107.9.4002-96, стр. 81).

Эти печи имеют, с одной стороны, большой запас мощности и достаточное количество зон нагрева и охлаждения, что позволяет задавать разные температурные режимы, а с



Рис. 1. Универсальная печь "Радуга-73" для оплавления припойных паст и сушки лаковых покрытий



Рис.2. Универсальная ванна "Радуга-60" для отмычки водосмываемых и органосмываемых флюсов

другой стороны, – легко перестраиваются на экономичный режим сушки печатных плат и лаковых покрытий.

Печи модульные и легко достраиваются. Наряду с сетчатым конвейером в печах "Радуга-70,71,73" используются универсальные транспортные рамки-спутники, в которых происходит не только распайка радиоэлектронных блоков, но и их последующая отмычка в отмывочных ваннах "Радуга-60".





Рис.3. Установка "Каролина 15" для плазмохимического и ионно-химического травления диэлектрических и полупроводниковых оснований и париленовых слоев

Отмывочные ванны "Радуга-60" (рис.2) универсальны и имеют взрывопожаробезопасное исполнение. В них производится отмывка радиоэлектронных блоков как от остатков водосмываемых флюсов, так и от остатков органосмываемых канифольных флюсов.

В ваннах применен способ машинного продольного полоскания: электронные блоки, закрепленные на универсальных транспортных рамках, устанавливаются в групповые кассеты-тележки и погружаются в отмывочную жидкость. В процессе мойки тележка совершает обратное-поступательные перемещения с заданной частотой, что обеспечивает продольное полоскание всех электронных блоков, находящихся в кассете. Этот метод отмывки не имеет недостатков таких известных методов, как отмывка ультразвуком, барбатируванием и струйная отмывка. Ванна снабжается обратно-осмотической системой фильтрации и оборота отмывочной жидкости.

Предлагаемое НПП "Радуга" оборудование – универсальное, оно чаще всего не встраивается в сборочно-монтажные линии, так как в условиях роста номенклатуры производимых радиоэлектронных блоков включение печей и установок в технологические линии может, наоборот, создать ряд трудностей. Например, для установления нового температурного режима (пайка разных электронных узлов) встроенной в линию печи оплавления припойных паст надо будет останавливать всю линию, в то время как на отдельно стоящей печи пайку электронных блоков с



Рис.4. Установка V3-901M для нанесения париленового покрытия

разной массой и теплоемкостью можно обеспечить, управляя только скоростью движения конвейера.

Установка ионно-плазменного травления (рис.3) предназначена для анизотропного скоростного травления полупроводников и диэлектриков. На ней можно не только формировать отверстия под кристаллы в подложке электронного блока, но и освобождать от диэлектрического слоя контактные площадки ИС и формировать переходные отверстия.

Манипулятор для установки кристаллов может также наносить дозы клея для их фиксации.

Установка для нанесения париленовых покрытий (рис.4) применяется для формирования рабочих диэлектрических слоев электронного блока и для нанесения электро- и влагозащитных покрытий.

Печь для оплавления паст в бескислородной среде (рис.5) может обеспечить не только качественную пайку электронных узлов, но и сушку, задубливание и полимеризацию применяемых в электронном узле материалов.



Рис.5. Печь "Радуга-10.5МА" для оплавления припойных паст, сушки и задубливания материалов в бескислородной среде

В результате использования новейших методов сборки и монтажа функциональных радиоэлектронных блоков количество технологических операций и парк необходимого технологического оборудования может быть сокращен до минимума, ранее никогда не достигавшегося.

ЛИТЕРАТУРА

1. Штар Й., Ляйзинг Г. Новые материалы и способы выполнения соединений для современных печатных плат. – Электронные компоненты, 2005, №9.
2. Айер М., Ли Б.В. и др. Технологии встраивания активных чипов в интегрированные системы. – Печатный монтаж, 2008, №1.
3. Назаров Е., Кокорева И. Перспективные технологии производства радиоэлектронных блоков на печатных платах. – ЭЛЕКТРОНИКА: наука, технология, бизнес, 2008, №3.