



## ПРЕЦИЗИОННОЕ НАНЕСЕНИЕ ВЛАГОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ

**Владимир Копытов**  
lines@ostec-smt.ru

**З**адача оптимизации производственных затрат является актуальной во все времена, а в период мирового финансового и экономического кризиса становится особенно важной. Поэтому в первую очередь внимание технологов направлено на автоматизацию трудоёмких операций, требующих применение большого количества ручного труда. При этом качество и надёжность выпускаемой продукции также должны возрасти за счёт улучшения повторяемости параметров технологических процессов и снижения влияния «человеческого фактора».

Одной из технологических операций, обеспечивающих надёжность работы электронной аппаратуры в широком диапазоне температуры и влажности, является нанесение влагозащитных покрытий. В данной публикации автор познакомит читателей с современными методами нанесения влагозащитных покрытий, обеспечивающими снижение трудоёмкости при повышении повторяемости параметров процесса.

Селективное нанесение влагозащитного материала подразумевает не только снижение трудозатрат при производстве, но и уменьшение расхода дорогостоящего материала, снижение времени сушки за счет применения современных материалов. Если широко известный материал UR231 приходилось наносить в три слоя и сушить порядка двух дней в вытяжных шкафах, то современные материалы Humiseal можно наносить одним слоем, отверждение «на отлип» происходит в среднем за 10-15 минут, а для материала UV40 время отверждения порядка 30 секунд под воздействием ультрафиолетового (УФ) излучения.

Снижение уровня дефектности и повышение качества продукции можно обеспечить только за счет минимизации влияния человеческого фактора путем применения автоматического оборудования и отладки технологического процесса. Не следует забывать, что

снижение трудоёмкости, а значит и себестоимости выпускаемой продукции повышает её конкурентоспособность на рынке в любых условиях.

Реальная надежность печатного узла будет зависеть не только от технологии нанесения покрытия, но также и от следующих факторов:

- толщины и физических свойств самого влагозащитного покрытия;
- адгезии между влагозащитным покрытием и печатной платой;
- класса точности печатной платы и плотности монтажа компонентов.

В критических местах печатной платы (с большой плотностью элементов и проводников) можно наносить покрытие увеличенной толщины или дополнительное покрытие с улучшенными электрофизическими свойствами. Традиционными методами нанесения влагозащитных покрытий (нанесение кистью, окунанием и распылением) сделать это довольно сложно. Для решения подобных задач



Рис. 1 Установки нанесения влагозащитного покрытия: Asymtek SL-940E, Asymtek C-740LN, Asymtek C-341

компанией Asymtek были созданы установки селективного нанесения влагозащитных покрытий. Они могут работать как в составе производственной линии (что практически полностью исключает воздействие человеческого фактора), так и отдельно (рис. 1).

### 1 ПРЕЦИЗИОННОЕ СЕЛЕКТИВНОЕ НАНЕСЕНИЕ ВЛАГОЗАЩИТНОГО МАТЕРИАЛА

Часто при разработке печатного узла конструкторами и технологами упускаются свойства защитной паяльной маски. Кроме основной обязанности - препятствие образованию перемычек припоя в процессе оплавления, паяльные маски выполняют функцию сдерживания развития электромиграционных эффектов (например, развитие дендритов) и защиты печатной платы от загрязнений.

Современные печатные платы имеют первоначальный уровень влагозащиты в виде качественно нанесенной паяльной маски, толщина которой составляет порядка 15-25 мкм. Она покрывает поверхность печатного узла, оставляя окна для контактных площадок. Конечно, паяльные маски не обеспечивают гарантированный уровень защиты печатного узла в жестких условиях эксплуатации, но для средних условий эксплуатации с влажностью не более 85 %, качественно нанесенная паяльная маска позволяет обеспечить необходимый уровень влагозащиты самой печатной платы, а также проводников на её поверхности. Например, для автомобильной промышленности, для стационарных устройств в отапливаемых и не отапливаемых помещениях, для носимых приборов этого может быть вполне достаточно. Для того чтобы понять, где такой подход применим, рассмотрим требования, предъявляемые к паяльным маскам.

Современные паяльные маски (по стандарту IPC-SM-840C) подразделяются на два класса:

- Класс Т - телекоммуникация (включая компьютерную, телекоммуникационную аппаратуру). Паяльная маска этого класса применяется для высококачественной аппаратуры гражданского и промышленного назначения, для которой требуется обеспечение длительной работоспособности без проведения технического обслуживания.
- Класс Н - высокая надежность/военное назначение (включает аппаратуру, которая работает непрерывно). Паяльная маска этого класса применяется там, где необходим высокий уровень надежности и бесперебойное обслуживание, например, для военного или медицинского назначения.

Ниже, в таблицах 1-3, приведены требования, предъявляемые к паяльным маскам.

Таблица 1 Сопротивление изоляции при воздействии влаги

Класс	Температура	Влажность	Напряжение смещения, В (-)	Тестовое напряжение, В (-)	Длительность, ч	Образец испытания: плата по IPC-B-25A	Требования (МОм)
T	65°C	90 ±3%	нет	100	24 ч	Е, F и С	500
H	20-65°C	90 -5 +3%	50	100	6,6 суток	D, C	100
							500
							500

Таблица 2 Электрохимическая миграция

Класс	Температура	Влажность	Напряжение смещения (В)	Тестовое напряжение (В)	Длительность, ч	Образец испытания: плата по IPC-B-25A	Требования
T	85 ±2°C	минимум 85%	10	45-100	500	D, C	Падение сопротивления не более чем в 10 раз
H	85 ±2°C	90%	10	10	168	D, C	Сопротивление ≥ 2 МОм)

Таблица 3 Требования по испытаниям на термшок

Класс	Температура	Количество циклов
T	-65 до + 125°C	100
H	-65 до + 125°C	100

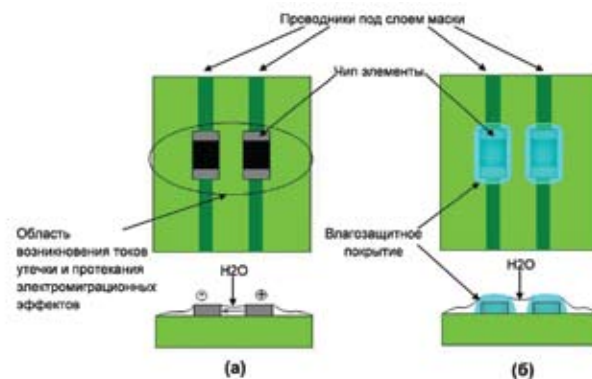


Рис. 2 Воздействие влаги на печатный узел с плотным монтажом чип элементов: (а) - без влагозащитного покрытия, (б) - с влагозащитным покрытием

Современные маски полностью соответствуют классам Н и Т, а сопротивление изоляции может достигать 10<sup>12</sup>-10<sup>14</sup> Ом (например, паяльные маски фирмы ELECTRA POLYMERS & CHEMICALS). Паяльная маска может защитить только печатную плату и проводники. Контактные площадки и выводы корпусированных элементов требуют дополнительной защиты в виде влагозащитного покрытия с хорошей адгезией к покрываемым материалам. Без применения качественных влагозащитных покрытий, воздействие влаги и химических соединений может привести к развитию различных электромиграционных и коррозионных процессов (рис. 2, а), которые, в свою очередь, могут повлечь за собой отказ электроники. Часто при разработке изделий конструкторы не учитывают расход технологических материалов и требуют покрытие либо всего печатного узла, либо тех участков, которые возможно покрыть, используя применяемую на предприятии технологию влагозащиты. Применение устаревших методов (покрытие кистью, окунание), попадание загрязнений в процессе хранения и нанесения материала - все

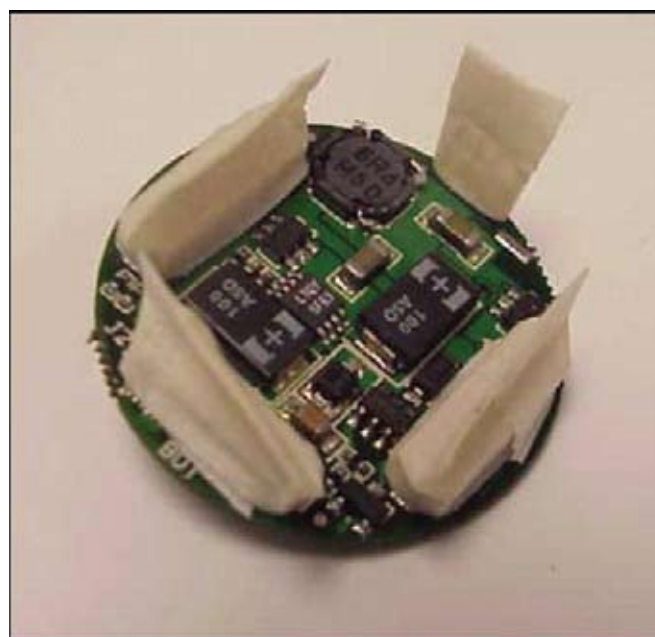


Рис. 3 Пример использования маскировочных колпачков

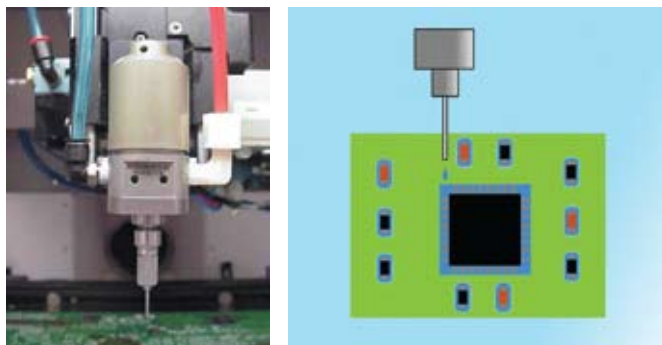


Рис. 4 Модуль SC400 (а) и пример селективного нанесения влагозащитного материала (б)

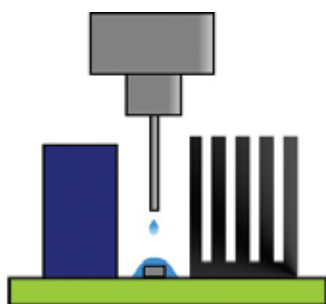


Рис. 5 Защита элемента в труднодоступных местах

это может только ухудшить параметры изготавливаемого печатного узла. В таких процессах для защиты разъемов, крепежных и других элементов от попадания на них материала во время нанесения влагозащитного покрытия используются специальные колпачки (рис. 3), защитные ленты или герметики, применение которых увеличивает расход материала и повышает трудоёмкость.

Чтобы уменьшить количество технологических операций и обеспечить требуемую надежность, необходим комплексный подход к разработке конструкции изделия и технологии его изготовления. Влагозащиту маленьких чип-элементов, расположенных близко друг к другу, или микросхем можно осуществить селективно, избирательно (рис. 2, б). Плюсы такого подхода: минимальное использование материала, защита всего компонента или выводов компонента (в случае корпусированных герметичных элементов), снижение времени и трудозатрат на повторную защиту печатной платы и проводников, уменьшение или полное отсутствие операции маскирования. Для этих целей компанией Asymtek был разработан модуль SC400 (рис. 4, а). Управление модулем осуществляется сигналом с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). За счет этого можно обеспечить как нанесение материала отдельными точками, так и линиями, при этом точно дозируя объем (рис.4, б). Ширина линии будет зависеть от диаметра и высоты иглы, а также от параметров самого материала. Сложные насыщенные печатные узлы с высокой плотностью монтажа, высокие близкорасположенные компоненты, например, конденсаторы, являются проблемными местами для технологий влагозащиты. Чаще всего на такие места невозможно нанести покрытие кистью и распылением и, очень проблематично, окунаем. Излишки материала, оставшегося после окунания, сложно потом убрать продувкой сжатым воздухом.

В этих случаях поможет модуль SC400. Он оснащен иглой, длина которой может варьироваться от 6 до 13 мм (иглы другой длины можно заказать отдельно), поэтому доступ к труднодоступным участкам упрощается (рис. 5). Минимальная ширина наносимого отпечатка может достигать 1,5 мм.

## 2 ЧЕРЕДОВАНИЕ СПЛОШНОГО И ПРЕЦИЗИОННОГО НАНЕСЕНИЯ ВЛАГОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ

Следующим уровнем селективности может стать сплошное вла-

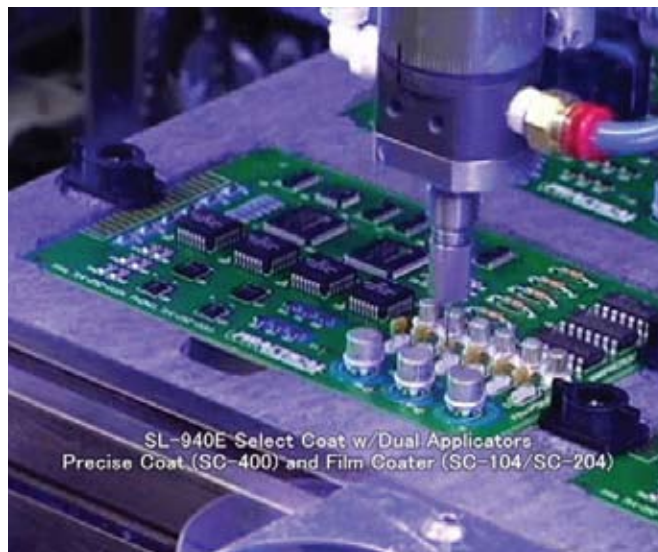


Рис. 6 Прецизионное нанесение материала с помощью аппликатора SC400



Рис. 7 Пленочное нанесение влагозащитного материала с помощью аппликатора SC204

гозащитное покрытие ответственных участков печатного узла и точечное покрытие элементов вне этих зон с помощью различных модулей селективного нанесения покрытия (рис. 10). Например, когда используются компоненты в негерметичных корпусах или применяется элементная база, не соответствующая условиям эксплуатации. Комбинация сплошных способов нанесения влагозащитного материала и прецизионного нанесения, позволяет уменьшить расход материала и обеспечить при этом надежность печатного узла.

Увеличение толщины влагозащитного покрытия там, где это необходимо, и минимальное использование материала на «пустых», слабо населенных и неотвеченных участках печатного узла, показано на рис. 6 и 7.

## 3 ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ АППЛИКАТОРА PRECISECOAT™ SC400

Нанесение влагозащитного материала Humiseal UV40 в лаборатории Asymtek. Пример применения одного из перспективных влагозащитных материалов для защиты мобильного телефона.

Цель: показать совместимость аппликатора PreciseCoat™ SC400 с материалом Humiseal UV40. Материал двойного отверждения UV40, содержащий 100% твердых веществ, разработан как альтернатива распрощраненным материалам на основе растворителя, для уменьшения выделения летучих органических соединений (ЛОС).

Оборудование	C-740
Тип влагозащитного покрытия	Уретановый лак
Наименование влагозащитного покрытия	HumiSeal® UV40
Параметры материала	Содержание твердых веществ 100% Вязкость 800сП Плотность 1,06 г/см3 Отверждение: УФ + влага
Игла	21 калибр x 6,5 мм (Iwashita)
Время дозирования вкл/выкл	10 мс/47мс
Давление внутри головки	414 кПа (60 psi)
Давление внутри емкости с материалом	34 кПа (6 psi)
Линейная скорость	80 мм/с
Высота дозирования	3 мм
Диаметр точки	3 мм начальный, 4 мм после завершения

Результат: линии 3-4 мм шириной и точки 3-4 мм диаметром были достигнуты при толщине покрытия 0,5 мм (рис. 8 и 9). Материал довольно вязкий и тягучий, поэтому необходимо выдержать определенное время, чтобы можно было прочистить весь внутренний объем иглы сжатым воздухом, иначе будет сложно достигнуть чистого отделения материала от иглы. Иглы со скошенными кромками позволяют упростить эту операцию.

Следует заметить, что материал чувствителен к свету и влаге в окружающей среде. Чтобы уменьшить вероятность закупоривания иглы и отверждения материала до процесса нанесения, все соединительные шланги должны быть изготовлены из материалов, не пропускающих УФ-излучение. Давление внутри емкости с жидкостью должно осуществляться сухим сжатым воздухом; если воздух в помещении для этого не подходит, можно использовать азот.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Применение прецизионного селективного нанесения влагозащиты ориентировано, в первую очередь, на печатные узлы с высокой плотностью монтажа и наличием труднодоступных участков.
- С помощью модуля SC400 облегчается задача нанесения материала на миниатюрные печатные узлы, в которых зоны, нуждающиеся в покрытии, и зоны, не требующие его, расположены близко друг к другу.
- Прецизионное покрытие элементов и паяных соединений позволяет обеспечить надежность печатного узла в условиях воздействия влаги и уменьшить расход влагозащитного материала.
- Модуль SC400 в дополнение к способам сплошного селективного покрытия печатного узла позволяет сократить расход материала и время на выполнение процесса влагозащиты. ■■

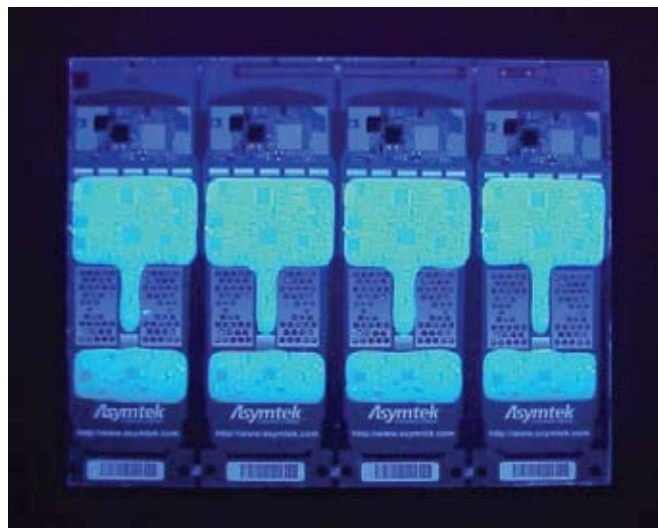


Рис. 8 Демонстрационная мультиплата мобильного телефона с покрытием UV40, нанесенным аппликатором SC400

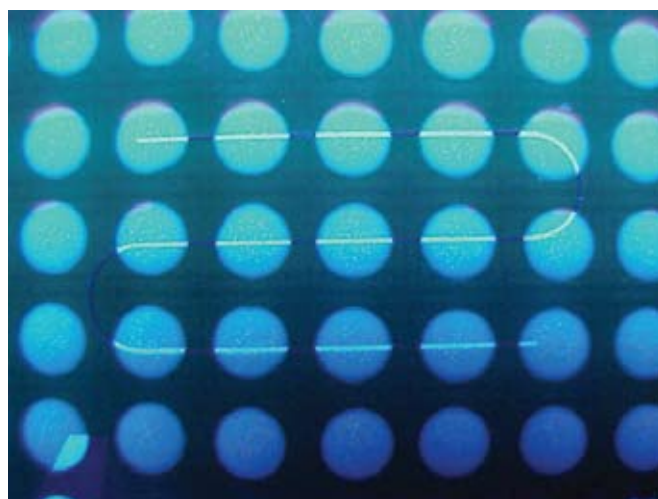


Рис. 9 Дозирование материала UV40 отдельными точками диаметром 3 мм, с помощью аппликатора SC400

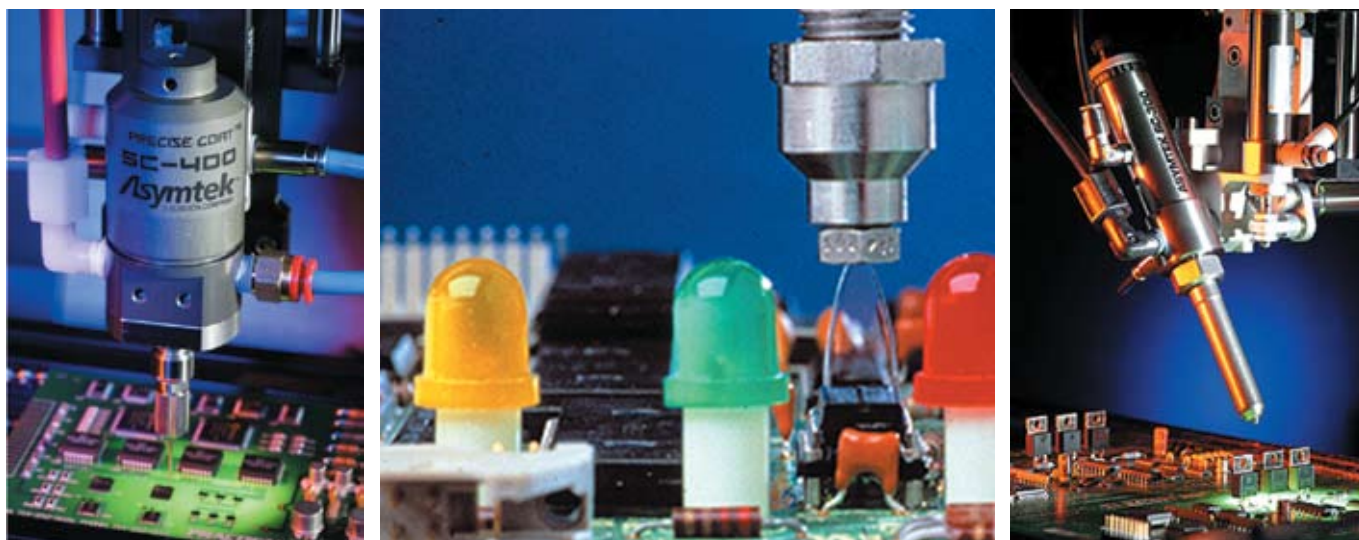


Рис. 10. Модули нанесения влагозащитного материала используемые в установках Asymtek (слева направо): SC 400, SC10x/20x, SC300