

Оценка характеристик фторированных защитных покрытий для печатных плат и нерезинатных, не содержащих летучих органических соединений (NVOC) жидких флюсов на водной основе

Сауво 2009-03-19 Atco Форстен (Atso Forsten), магистр наук (инженер-электрик),
FMI, Technical Consulting

1. Предпосылки

Были проведены исследования, позволяющие оценить эксплуатационные свойства и совместимость серийно выпускаемых фторированных покрытий для защиты печатных плат (PCB) с шестью серийно выпускаемыми жидкими флюсами. Результаты испытаний предполагалось использовать в качестве общих рекомендаций по применению и потенциальным возможностям этих материалов.

В качестве исследуемого фторированного полимерного защитного покрытия использовалось покрытие для электронного оборудования 3M™ Novoc™ 1700 Electronic Grade Coating. Вещество Novoc™ 1700 представляет собой низковязкий покровный раствор с низким содержанием твердой фазы, при нанесении которого на печатную плату образуется тонкая защитная пленка. Традиционные высоковязкие конформные покрытия в процессе исследований не рассматривались, поскольку при их использовании в современных электронных устройствах могут возникать определенные проблемы, например неполное покрытие низкопрофильных компонентов. Это ограничивающее обстоятельство может привести к образованию газовых полостей и непокрытых областей, повышению давления воздуха или влаги в полостях или отверстиях на печатной плате и недопустимым показателям теплового расширения в критически важных структурах.

В качестве шести жидких флюсов были выбраны материалы на основе веществ, не содержащих летучих органических соединений (Non-Volatile Organic Compound - NVOC), и материалы на основе изопропанола (iso-propanol - IPA). Жидкие флюсы NVOC для пайки волной припоя последние несколько лет рассматривались в промышленности в качестве заменителя флюсов на основе IPA. Жидкие флюсы NVOC имеют ряд преимуществ по сравнению с жидкими флюсами на основе IPA, такие как негорючесть (что упрощает работу логистических систем и повышает безопасность применения), совместимость с требованиями по защите окружающей среды и низкая стоимость, поскольку в качестве растворителя в них используется вода. Флюсы NVOC обладают также улучшенными химическими свойствами. Для того чтобы подчеркнуть эти преимущества, часть исследований была посвящена сравнению свойств новейших жидких флюсов NVOC и свойств известных IPA-флюсов.

2. Эксперимент

Тестовые платы

Для большинства исследований использовались платы, разработанные FMI (рис. 1). Тестовая плата представляла собой комбинацию следующих тестовых образцов:

- Тестовые образцы "сопротивление изоляции поверхности" (Surface Insulation Resistance - SIR), (ширина промежутков и проводников 0,2 мм, участок 10 мм x 10 мм) и "объемное сопротивление" (матрица просверленных монтажных отверстий 6 x 6) для оценки токов утечки в испытаниях на воздействие влаги /пропитки (погружением) и влажного тепла
- Тестовые образцы "сопротивление изоляции поверхности", "характеристики процесса пайки волной припоя"; оценка свойств технологического процесса, позволяющих предотвратить образование *перемычек припоя (solder bridge)* и *пропущенных соединений (missed joint)* выполнялась с использованием специфических тестовых образцов и
- Матрица с просверленными сквозными монтажными отверстиями использовалась также для оценки характеристик процесса путем приемлемого *заполнения отверстий*. Результаты пайки на образцах были проанализированы визуально, усреднены и нормализованы в диапазоне 0–100 %.

В качестве контрольных образцов (reference) для некоторых тестов и тестовых групп использовались тестовые платы "без покрытия/без пайки" и "без покрытия/с пайкой". В процессе испытаний было протестировано в общей сложности 38 тестовых плат.

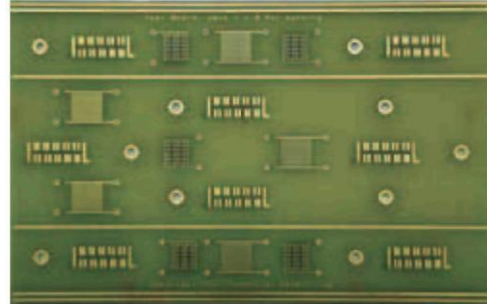


Рис. 1. Тестовые платы FMI для измерения показателей SIR и характеристик технологического процесса

Нанесение флюса

Нанесение всех флюсов выполнялось с использованием метода безвоздушного распыления. Для регистрации содержания твердой фазы нанесенного вещества производилось взвешивание всех тестовых плат до и после нанесения флюса. Содержание твердой фазы на плате является ключевым показателем для оценки как возможностей технологического процесса, так и воздействия на окружающую среду. Этот показатель рассматривался как особенно важный фактор из-за разного содержания твердой фазы (весовой процент 3,6–8,5 %) во флюсах, выбранных для оценки.

Процесс пайки

Процесс пайки выполнялся с использованием установки для пайки двойной волной припоя Elga ETS250, оборудованной предварительными нагревателями волны припоя (рис. 2). Были установлены следующие параметры процесса:

- Скорость контактного транспортера 0,7 м/мин
- Исходная температура радиатора предварительного нагрева составляла 550 °С, время предварительного нагрева – 1 минуту, средний градиент температуры на верхней стороне многослойного пластика FR-4 толщиной 1,6 мм составлял 1,7 °С/с, и температура на верхней стороне в конце предварительного нагрева составляла 130 °С
- Длина контакта при воздействии первой волны составляла приблизительно 10 мм, для второй волны – приблизительно 40 мм. Глубина второй волны была 8 мм, угол наклона транспортера составлял 6°, температура припоя составляла 258 °С, и в качестве припоя использовался состав SnAg 3.8 Cu 0.7
- Высота нижней поверхности печатной платы составляла 1 мм под поверхностью второй волны (номинальное значение)
- Для минимизации механических неточностей между тестовыми группами для всех тестовых плат использовался одинаковый паяльный носитель (soldering carrier)



Рис. 2. Установка для пайки двойной волной припоя Erska ETS250

Нанесение защитного покрытия

Нанесение защитного покрытия выполнялось методом погружения. Платы дренировались в вертикальном положении под углом 45° до полного прекращения падения с них капель. Все тестовые платы подвергались термической обработке в течение трех часов при температуре 75 °С и выдерживались в течение 24 часов при температуре 21 °С перед началом испытаний в условиях 85 °С / 85 %. Измерение контактов проводилось как для покрытий, высушенных воздушным способом, так и для покрытий, подвергнутых термической обработке.

Проверка влияния защитного покрытия на электрические контакты

Целью этого испытания являлось определение того, насколько легко электрический контакт может проходить через покрытие. Это свойство оценивалось путем нажатия подпружиненным серебряным (Ag-coated) штырьковым выводом радиусом 0,75 мм на поверхности печатных плат с иммерсионным золочением (immersion Au plated) с не нанесенным и нанесенным на них покрытием (рис. 3). Прилагаемое к контакту усилие измерялось с помощью весов Precisa BC1000J (чувствительность 10 мг). Подпружиненный штырьковый вывод крепился к настольному устройству для линейного перемещения, а печатная плата располагалась в верхней части весов. Контактное усилие постепенно увеличивалось до тех пор, пока электрический контакт (<100 Ом) не обнаруживался мультиметром Fluke 75.

На участке поверхности с нанесенным покрытием были выполнены пять последовательных измерений. После каждого измерения штырьковый вывод контактного приспособления протирался кусочком ткани microcloth во избежание накопления на нем материала. Наибольшее и наименьшее показания усилия отбрасывались, и результат вычислялся как среднее значение показаний трех измерений.

В качестве контрольного образца использовалась поверхность печатной платы с иммерсионным золочением без нанесенного на нее покрытия.

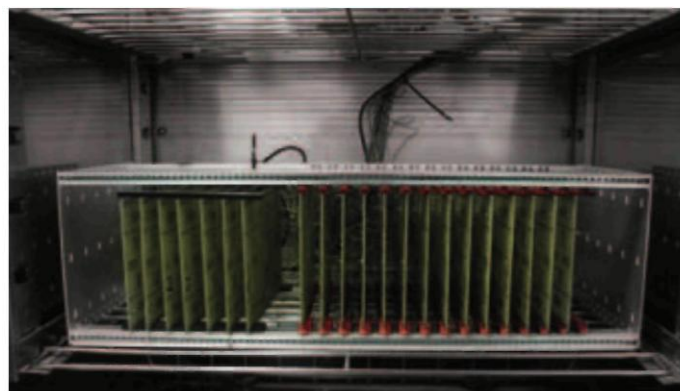


Рис. 3. Испытательная установка для измерения усилия, необходимого для прохождения электрического контакта через покрытие

Испытание на воздействие влаги (0,01 %-ный раствор NaCl)

Целью испытаний на воздействие влаги (капель воды) являлась демонстрация свойств пленки защитного покрытия в условиях воздействия носителей заряда (ионы хлора (Cl)) в водном растворе. Испытание на впитывание водяного конденсата/влаги выполнялось путем погружения одной

тестовой платы из каждой тестовой группы в 0,01 %-ный раствор NaCl с температурой 22 °С на одну минуту. Ближе к окончанию 1-минутного интервала



пропитки (в момент времени $t = 50$ с) на испытуемый образец в течение 10 с подавалось напряжение смещения 5,6 В через резистор смещения 1 кОм для иницирования ограниченных электрохимических реакций и измерения сопротивления испытуемого образца во время пропитки (измерения выполнялись в момент времени $t = 60$ с).

Примечание: эти испытания не предназначались для демонстрации свойств покрытия на устойчивость к газообразному хлору.

Испытание на воздействие влаги в точке росы

Рис. 4. Установка для испытаний на воздействие влажного тепла в лаборатории VTT/Electronics, Оулу, Финляндия

Целью испытаний на воздействие конденсации влаги в точке росы являлась демонстрация свойств защитного покрытия в условиях конденсации влаги (низкое содержание внешних ионов, водяная пленка на покрытии). На испытуемый образец через резистор цепи смещения 150 кОм подавалось непрерывное напряжение смещения 15 В. Затем выполнялся тест в условиях точки росы, в ходе которого находящийся под напряжением испытуемый образец на 5 секунд помещался в среду с водяным паром (генерируемым при кипении деионизированной воды). Измерение сопротивления выполнялось в момент времени $t = 5$ с после образования пленки конденсированной влаги на холодном образце.

Испытание на воздействие влажного тепла

Целью этого испытания являлась демонстрация свойств сопротивления изоляции поверхности (SIR) защитного покрытия в условиях повышенного тепла и влажности. Испытание проводилось в лаборатории VTT/Electronics города Оулу (Oulu), Финляндия. Для подачи напряжения смещения 15 В на испытуемые образцы через сопротивление цепи смещения 100 кОм использовалась автоматизированная система измерений VTT. Были задействованы сорок два канала измерений. На каждой тестовой плате в каждой тестовой группе были выбраны два образца для измерения SIR. Измерения этих двух образцов выполнялись отдельно. Тестовые образцы были установлены в открытую кассету с расстоянием между платами, равным 15 мм (рис. 4). Измерялось падение напряжения на резисторе смещения. Результаты испытаний были представлены в виде значения поверхностного сопротивления (SIR) тестового образца, вычисленного на основе значений падения напряжения и сопротивления резистора смещения.

Испытания проводились в следующих условиях: 240 часов при температуре 85 °С / относительной влажности (R.H.) 85 %. По истечении 240-часового периода условия испытаний были изменены на 85 °С / 95% R.H.; эти условия сохранялись в течение 24 часов для демонстрации поведения образца в близких к конденсации условиях. В начале испытаний температура в камере увеличивалась до 85 °С. Затем, после стабилизации температуры, была повышена влажность. В конце испытаний сначала был прекращен процесс увлажнения, а затем постепенно в течение 8 часов была снижена температура.

Значения SIR были измерены повторно через 48 часов после окончания испытаний на воздействие влажного тепла в FMI (21 °С / 45% R.H.) путем измерения вручную всех тестовых образцов (через резистор цепи смещения 1 МОм подавалось напряжение смещения 15 В, и с помощью мультиметра Fluke 75 измерялось падение напряжения на резисторе смещения).

Проверка степени ионного загрязнения

Была выполнена оценка степени ионного загрязнения тестовых плат после пайки (измерения плат с нанесенным покрытием не проводились) с использованием измерительного прибора Alpha Metals Omega Meter модели 600 SMD (рис. 5). В качестве проверочного раствора использовался раствор 50/50 H₂O/IPA с температурой 40 °С. Время проверки составляло 15 минут. Проверочный раствор непрерывно распылялся на поверхности контрольных образцов. Результаты были представлены в нормализованном виде и выражены в микрограммах эквивалента NaCl на см² (в вычислениях учитывались обе стороны тестовых плат). Измерения проводились для одной печатной платы из каждой тестовой группы.



Рис. 5. Ионораф Alpha Metals Omega Meter модели 600 SMD

Характеристики процесса испытания флюсов

Табл. 1. Матрица тестовых групп и проведенных испытаний

Тестовая группа	Испытание электрических контактов	Испытания на воздействие влаги	Испытание на воздействие влаги в точке росы	Испытание на воздействие влажного тепла	Проверка степени ионного загрязнения	Характеристики процесса испытаний флюсов
Без флюса, без покрытия	•	•	•	•	•	
Без флюса, Noves™ 1700	•	•	•	•		
Контрольный флюс 1, без покрытия		•	•	•	•	•
Контрольный флюс 1, Noves™ 1700		•	•	•		
Контрольный флюс 2, без покрытия		•	•	•	•	•
Контрольный флюс 2, Noves™ 1700		•	•	•		
Флюс А, без покрытия		•	•	•	•	•
Флюс А, Noves™ 1700		•	•	•		
Флюс В, без покрытия		•	•	•	•	•
Флюс В, Noves™ 1700		•	•	•		
Флюс С, без покрытия		•	•	•	•	•
Флюс С, Noves™ 1700		•	•	•		
Флюс D, без покрытия		•	•	•	•	•
Флюс D, Noves™ 1700		•	•	•		

Табл. 2. Характеристики защитного покрытия

Защитное покрытие	Носитель	Содержание твердой фазы (весовой %)	Плотность (г/мл)	Вязкость сП, при 23 °С
3M™ Noves™ 1700	нонафторбутил метил эфир (nonafluorobutyl methyl ether) (3M™ Noves™ 7100DL)	2,0	1,50	0,6

Табл. 3. Характеристики жидких флюсов

Флюс	Описание	Носитель	Содержание твердой фазы (весовой %)	Плотность (г/мл)	Кислотное число (мг/ОН)
Multicore MF200	Контрольный флюс 1	IPA	6,4	0,830	48
Interflux 2005C	Контрольный флюс 2	IPA	3,4	0,814	28
Cobar 396-TNP	Флюс А	NVOC (вода)	3,0	1,007	28
Multicore MF300S	Флюс В	NVOC (вода)	4,6	1,012	37
Interflux 2009MLF	Флюс С	NVOC (вода)	3,6	1,00	25
Qualitek358	Флюс D	NVOC (вода)	8,5	1,030	52

3. Результаты

Влияние защитного покрытия на свойства электрических контактов

Табл. 4. Результаты проверки свойств контактов (усилие, необходимое для прокалывания покрытия тестовым выводом и образования контакта)

Образец (поверхность печатной платы с иммерсионным золочением)	Прикладываемое к контакту усилие, требуемое для прохождения вывода через покрытие (контактный вывод радиусом 0,75 мм)
Контрольная поверхность (печатная плата с иммерсионным золочением, без покрытия)	<0,1мН
Noves™ 1700, сушка на воздухе	0,3 Н (среднее значение 3 измерений)
Noves™ 1700, термическая обработка в печи, 3 часа / 75 °С	0,1 Н (среднее значение 3 измерений)

Были обнаружены большие расхождения результатов отдельных измерений. Для пленок, подвергшихся термической обработке в печи, требовалось меньшее усилие, чем для пленок, высушенных на воздухе; это может быть следствием более высокой жесткости термически обработанной пленки. Прикладываемое к контактам усилие, необходимое для формирования электрического контакта, является приемлемым для большинства типов соединителей.

Результаты проверки количества наносимого флюса и степени ионного загрязнения после пайки двойной волной припоя

Табл. 5. Сравнение содержания твердой фазы в нанесенном флюсе и результирующего уровня ионного загрязнения

Флюс	Идентификатор образца	Нанесенный флюс (г)	Нанесенный флюс (г/м ²)	Содержание твердой фазы (весовой %)*	Твердая фаза в нанесенном флюсе (мг)*	Измеренная степень ионного загрязнения (мкг/см ²)	Твердая фаза в нанесенном флюсе/измеренная степень ионного загрязнения
Контрольный	X	0	0	Нет данных	0	0,2	Нет данных
Контрольный флюс 1	41	0,72	45,0	6,4	46	2,4	19,2
Контрольный флюс 2	32	0,52	32,5	3,4	18	0,9	20,0
Флюс А	9	0,67	41,9	3,0	20	1,0	20,0
Флюс В	13	0,78	48,8	4,6	36	1,8	20,0
Флюс С	23	0,63	39,4	3,6	23	1,4	16,4
Флюс D	25	0,69	43,1	8,5	59	2,9	20,3

* Содержание твердой фазы и результаты вычислений получены для значений твердой фазы, указанных в спецификациях производителей

Содержание твердой фазы флюсов варьируется в диапазоне 3,0 – 8,5 % по весу. Для обеспечения баланса между результатами пайки и результирующим уровнем ионного загрязнения на плате необходимо соответствующим образом отрегулировать процесс нанесения флюса. При проведении этих оценочных измерений количество флюса не регулировалось в соответствии с содержанием в нем твердой фазы. Это обстоятельство необходимо учитывать при интерпретации результатов. При высоком показателе содержания твердой фазы увеличивается степень ионного загрязнения на плате после пайки, однако при небольшом содержании твердой фазы могут ухудшиться результаты пайки.

Высокое содержание твердой фазы может иметь свои преимущества, поскольку на плату попадает меньший объем носителя (воды). Установка для распыления флюса должна быть достаточно точно настроена, так чтобы обеспечивалось нанесение небольших количеств флюса.

Количество твердых веществ, наносимых на плату, по-видимому, коррелирует с измеренной на плате степенью ионного загрязнения; каждые 10 мг твердой фазы образуют на плате ионное загрязнение 0,5 мкг в эквиваленте NaCl при использовании флюсов как на основе изопропанола (IPA), так и на водной основе. В этом отношении результат, полученный для флюса С, несколько отличается от остальных результатов.

Результаты определения характеристик технологического процесса

При интерпретации представленных ниже результатов необходимо учитывать следующие аспекты:

- Для процесса были установлены общие параметры, а не специально настраиваемые для каждого из флюсов
- Флюсы, выбранные для проведения испытаний, имели разные показатели содержания твердой фазы, и флюс, нанесенный на плату, не "корректировался" в соответствии с содержанием твердой фазы

Табл. 6. Результаты оценки характеристик процесса нанесения флюса

Флюс	Идентификатор образца	Нанесенный флюс (г)	Содержание твердой фазы в наносимом веществе (мг)	Перемычки припоя (%)	Пропущенные соединения (%)	Кромка сквозного монтажного отверстия (%)	Среднее значение (%)
Контрольный флюс 1	42	0,75	48	96,3	85,0	100	93,8
Контрольный флюс 2	35	0,53	18	70,0	56,3	55,6	60,6
Флюс А	8	0,56	17	92,5	78,8	99,4	90,2
Флюс В	12	0,60	28	93,8	76,3	100	90,0
Флюс С	18	0,67	24	95,7	87,5	97,5	93,6
Флюс D	30	0,76	65	87,5	91,3	63,0	80,6

Оценка пропущенных соединений была получена как среднее значение результатов измерений четырех тестовых образцов в середине платы, а перемычки припоя оценивались как среднее значение результатов измерений всех 8 тестовых образцов. Кромка монтажных отверстий (via fillet) оценивалась на всех пяти матрицах отверстий 6 x 6 (критерии: смачивание припоя к подкосу отверстия (hole knee) минимум 50 % от длины окружности). Показание 100 % означает, что "аномалий не обнаружено".

Ухудшенные характеристики процесса, полученные для контрольного флюса 2, могут быть обусловлены низким содержанием твердой фазы и недостаточным количеством нанесенного флюса. Для флюса D получены более низкие результаты характеристик процесса, чем для флюсов А, В и С, хотя содержание твердой фазы в нанесенном флюсе было высоким. Флюс А имеет относительно неплохие характеристики, несмотря на малое количество твердой фазы в нанесенном флюсе. Наилучшие характеристики были определены для флюсов В и С. Во флюсе В был обнаружен действующий смачивающий агент (поверхностно-активное вещество), улучшающий пайку кромки. Флюс, как правило, не влияет на пропущенные соединения, однако, как видно из полученных результатов, в этом случае такое влияние вероятно оказывалось. Характеристики процесса при использовании контрольного флюса 1 идентичны характеристикам NVOC-флюсов В и С, однако содержание наносимой твердой фазы довольно высокое.

Результаты, полученные в передней части платы, оказались существенно ниже результатов в ее центре и задней части. Разница показана в таблице 6. Результаты получены для двух тестовых образцов, расположенных в передней части платы, и для четырех – в середине платы. Можно предположить, что более высокая плотность воды (по сравнению с IPA) будет

инициировать стекание жидкости по наклонному транспортеру. В передней части тестовых плат (20 мм) для всех флюсов на водной основе содержались частички припоя, что указывает на низкий показатель количества/активности флюса на поверхности платы. Во флюсах на основе IPA частички припоя отсутствовали, однако для тестовых образцов были получены несколько более низкие характеристики процесса.

Табл. 7. Отличие характеристик процесса в передней части платы от характеристик в центре платы

Флюс	Идентификатор образца	Перемычки припоя в центре тестовой платы (%)	Перемычки припоя в передней части тестовой платы (%)
Контрольный флюс 1	42	100	97
Контрольный флюс 2	35	75	63
Флюс А	8	100	90
Флюс В	12	100	90
Флюс С	18	100	63
Флюс D	30	95	73

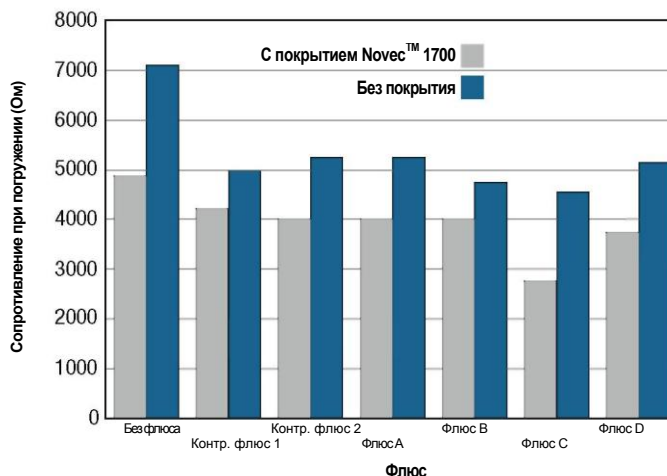
Испытание на воздействие влаги в 0,01 %-м растворе NaCl

Матрица монтажных отверстий 6 x 6 имеет естественное сопротивление 4,9 кОм (без флюса, без покрытия) в 0,01 %-м (по весу) растворе NaCl. Нанесение флюса и пайка снижает удельное электрическое сопротивление тестового образца до значения порядка 4 кОм за счет ионных загрязнений (образцы с флюсом, без покрытия). Исключением является флюс С (2,8 кОм, без покрытия), однако такой результат может быть вызван ограниченным количеством образцов.

Тонкое защитное покрытие обеспечивает некоторые преимущества в плане предотвращения движения носителей заряда (ионы хлора (Cl)) при погружении в раствор NaCl. Использование Novoc™ 1700 продемонстрировало приблизительно 20 %-е улучшение показателя сопротивления по сравнению с образцами без нанесенного покрытия.

Примечание: это испытание предназначалось исключительно для демонстрации поведения покрытия при наличии ионов хлора (Cl-) и не предполагало оценку свойств покрытия в среде газообразного хлора.

Рис. 6. Результаты испытаний на воздействие влаги в 0,01 %-м растворе NaCl



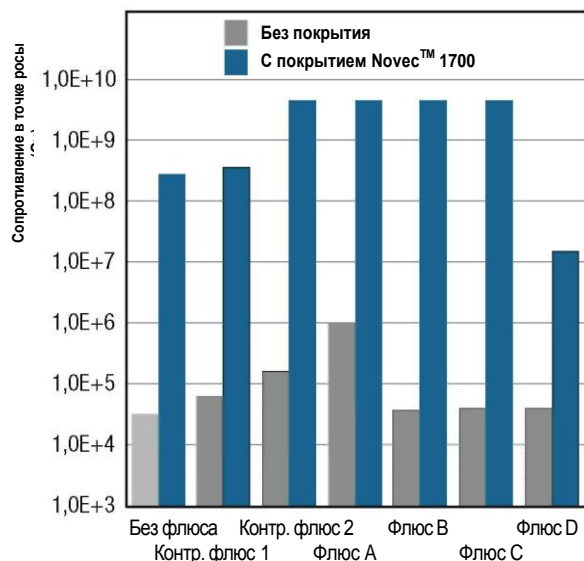
Испытание на воздействие влаги в точке росы

Для испытаний на воздействие влаги в точке росы использовался тестовый образец в виде матрицы монтажных отверстий 6 x 6. Это испытание демонстрирует воздействие внезапных изменений температуры и относительной влажности окружающего воздуха. Такая ситуация может возникнуть, например, при перемещении холодных устройств в теплую влажную среду или при включении оборудования, долгое время находившегося в режиме хранения, во влажной среде.

Образцы без нанесенного на них покрытия демонстрируют проблематичное поведение. Начальное сопротивление испытуемого образца (при температуре 23 °C и относительной влажности 45 %) падает с 0,45 ГОм (максимальная измеримая величина) до приблизительно 30 кОм. Для тестового варианта флюса А, имеющего минимальные показатели содержания твердой фазы и ионного загрязнения (среди NVOC-флюсов), сопротивление в точке росы составляет 1 МОм.

Образцы с защитным покрытием 3M™ Novoc™ 1700 Electronic Grade Coating имеют сопротивление по крайней мере на 5 декад (decade) выше, чем непокрытые образцы. Изменение сопротивления не могло быть измерено на образцах с покрытием Novoc™ 1700 с контрольным флюсом 2, флюсом А, В или С, поскольку результаты превышали максимальное измеримое сопротивление (0,45 ГОм). Образец с флюсом D с покрытием Novoc™ 1700 имел сопротивление меньше ожидаемого из-за высокого уровня ионного загрязнения твердой фазы. (Примечание: для флюса D потребовался бы меньший объем вещества, наносимого на тестовую плату, из-за присутствия в нем более высокого содержания твердой фазы. Такой результат следует интерпретировать скорее как следствие избыточного количества нанесенного флюса, а не как проблему с его эксплуатационными свойствами).

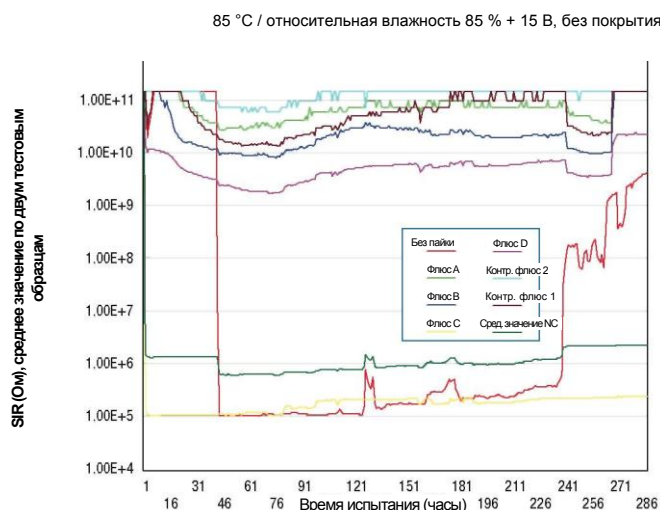
Рис. 7. Результаты испытания на воздействие влаги в точке росы



Испытание на воздействие влажного тепла

(85 °C / относительная влажность 85 % + напряжение смещения 15 В в течение 240 часов, затем 85 °C / относительная влажность 95 % + напряжение смещения 15 В в течение 24 часов)

Рис. 8. Результаты испытаний при температуре 85 °C / относительной влажности 85 % + напряжении смещения 15 В для образцов без покрытия (NC ("no coating") означает "без покрытия")



Для двух тестовых образцов без покрытия получен неудовлетворительный результат (для других двух образцов определено усредненное результирующее значение) при испытании вариантов "без пайки" и "флюс С". Другой образец на той же самой плате показал хороший результат для обоих вариантов. Эти результаты отражают среднее значение.

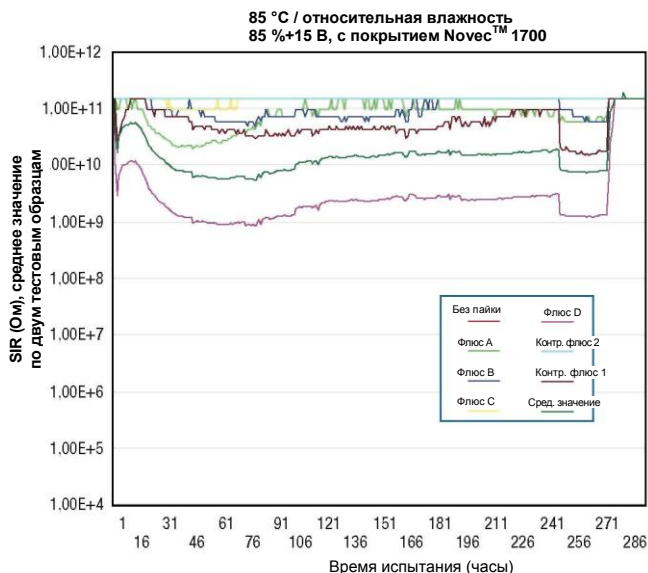
Анализ неудовлетворительных результатов:

- Образец с идентификатором 1, без покрытия, без пайки, тестовый образец 1 из 2: при анализе под микроскопом обнаружен загрязненный (неизвестным жидким веществом) участок размером приблизительно 0,2 x 0,02 мм под углом 45° между штырьками тестового образца (промежуток 0,2 мм). При визуальном осмотре характер загрязнения не определяется. Миграция не обнаружена.
- Образец с идентификатором 19, без покрытия, флюс С, тестовый образец 2 из 2: при 40-кратном (40X) увеличении местоположение или механизм нарушений не были определены. На тестовом образце присутствовало некоторое локальное потемнение поверхности контактов, но на изоляционных промежутках никаких подозрительных следов обнаружено не было.

Обычно подобные нарушения являются, отчасти, случайными по своей природе. Значительное уменьшение сопротивления SIR могло быть вызвано несущественными поверхностными эффектами, если на поверхности печатной платы отсутствовало защитное покрытие.

Для тестового варианта "флюс D" получено минимальное значение сопротивления SIR, что обуславливается высоким показателем содержания твердой фазы, оставшейся на плате (это скорее вызвано избыточным количеством нанесенного флюса, а не его свойствами).

Рис. 9. Результаты испытаний при тем-ре 85 °C / отн. влажности 85 % +напряжение смещения 15 В для образцов с нанесенным покрытием Novoc™ 1700



На образцах, покрытых веществом Novoc™ 1700, каких-либо нарушений не обнаружено. Нанесение покрытия на образцы, обработанные флюсом D, не привело к улучшению показателя SIR по сравнению с образцами без покрытия. Наилучшие характеристики были определены для флюсов В и С. Величина поверхностного сопротивления SIR на протяжении всех испытаний не выходила за пределы диапазона измерений даже в течение 24-часового периода при относительной влажности 95 % (часы испытательного интервала 240-264). Максимальное обнаруживаемое значение SIR во время испытаний было определено для образцов без пайки, без флюса и с контрольным флюсом 2 с покрытием Novoc™ 1700. Примечание: красная линия для тестового образца без пайки скрыта светло-синей линией тестового варианта "контрольный флюс 2".

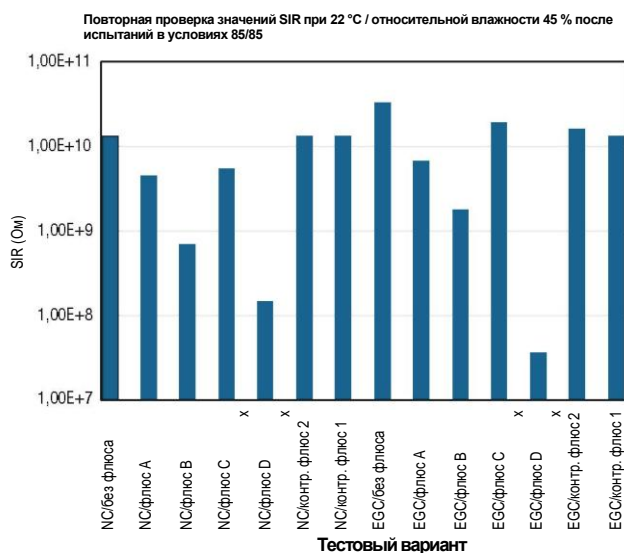
В конце испытаний на всех тестовых образцах восстановилось максимальное измеримое значение SIR.

Замечание по всем тестовым вариантам:

В лаборатории FMI Technical Consulting были проведены аналогичные оценочные испытания. Значения SIR в этих испытаниях были существенно ниже (на 1-2 декады) по сравнению с результатами, указанными в этой публикации.

Одно отличие от ранее выполненных измерений заключается в том, что все образцы в этих испытаниях подверглись сушке в течение 3 часов при температуре 75 °С, были выдержаны при температуре 21 °С в течение 24 часов и затем подверглись испытаниям на воздействие влажного тепла. Предшествующие испытания не включали в себя эту процедуру предварительной сушки. Предварительная сушка удаляет/уменьшает объем полиспиртов и других гидроскопичных и ионизирующих веществ на поверхностях образцов, чем, вероятнее всего, и объясняются эти отличия. В VTT были выполнены все возможные повторные проверки на этих образцах, нумерация образцов, реализованы проводные соединения и схема испытательной установки.

Рис. 10. Результаты измерений SIR через 48 часов после испытаний на воздействие влажного тепла



Значения SIR были проверены повторно в FMI при температуре 22 °С и относительной влажности (R.H.) 45 %. На тестовый образец подавалось испытательное напряжение 15 В, и на резисторе цепи смещения 10 МОм измерялось падение напряжения. На основе значений деления напряжения (voltage division) и резистора смещения вычислялась величина SIR. Результаты были выражены в виде среднего значения показаний двух тестовых образцов на каждый тестовый вариант.

Уровни сопротивления всех тестовых вариантов были ниже ожидаемого значения по сравнению с результатами, полученными во время измерения в VTT. Системы измерений в VTT и FMI были тщательно проверены, и результаты следует рассматривать как достоверные. Предполагается, что влага, оставшаяся в многослойном пластике печатной платы после продолжительного воздействия в условиях влажного тепла, могла повлиять на результаты.

В тестовом варианте "флюс D" получено постоянно пониженное значение SIR, даже при комнатной температуре. Поскольку величина SIR существенно ниже значения, измеренного сразу же после завершения теста в условиях 85 °С / 85 % относительной влажности, можно предположить, что остаточная влага в пластике печатной платы и высокий уровень загрязнения в варианте "флюс D" инициировали химические реакции на проверяемом участке тестового образца. При визуальном осмотре под 40-кратным увеличением обнаружено потемнение поверхностей металлических контактов, особенно на электроде с положительным смещением, однако эти изменения были незначительными. В промежутках между проводниками обнаружены следы остаточного флюса, но без миграционных трасс.

Тестовый вариант "без флюса" (без пайки, низкий уровень загрязнений, все варианты с покрытием) продемонстрировал, как ожидалось, самое высокое значение SIR.

Для контрольных флюсов на основе IPA и для флюса С получены более высокие значения SIR, чем для других вариантов.

4. Выводы, обсуждение

Оценка защитных покрытий

Существует множество возможных способов оценки свойств защитных покрытий. Разработчик испытаний должен четко представлять себе, какое свойство покрытия должно демонстрироваться в каждом из испытаний.

Уровень ионного загрязнения под фторсодержащим покрытием, по всей видимости, негативно влияет на диэлектрические свойства. Для получения приемлемых результатов ионное загрязнение сборок печатных плат должно поддерживаться на уровне 2 мкг/см² в эквиваленте NaCl. В системах пайки волной припоя необходимо тщательно контролировать удельный вес жидкой фазы во флюсе (г/м³). Если уровень ионного загрязнения ниже 1,5 мкг/см², то, в соответствии с результатами испытаний, окончательные свойства сравнимы с результатами для очищенныхборок. Следовательно, для обеспечения максимального уровня надежности рекомендуется перед нанесением покрытия на сборки печатных плат выполнять их (борок) чистку.

Защитное покрытие 3M™ Novoc™ 1700 обеспечивает значительное улучшение показателя SIR на всех тестовых образцах и общей надежности во всех видах испытаний по сравнению с образцами без покрытия. Это демонстрирует совместимость покрытия Novoc™ 1700 со всеми испытываемыми флюсами.

Свойства электрического контакта через слой покрытия являются приемлемыми. Покрытие обеспечивает надежный электрический контакт. Для соединителей с очень низкими показателями контактного давления требуются отдельные испытания.

Воздействие тепловой энергией (термообработка) после воздушной сушки существенно не изменило свойства слоя при электрическом контакте. В действительности, оказалось несколько легче достичь электрического контакта через пленку, подвергшуюся термообработке.

Оценка NVOC-флюсов

Общие сведения

Было обнаружено, что показатель SIR зависит в основном от степени ионного загрязнения, оставшегося на плате после пайки. Все подвергшиеся испытаниям NVOC-флюсы имели разное содержание твердой фазы, что должно учитываться при настройке процесса нанесения флюса. Ниже приводятся рекомендуемые объемы наносимого флюса, определенные на основе измерений показателя SIR и характеристик пайки:

Табл. 8. Рекомендуемое количество наносимого флюса

Флюс	Вес жидкой фазы флюса (г/м ³)	Вес твердой фазы флюса (г/м ³)	Оценочное количество ионного загрязнения, оставшегося на плате после пайки (мкг/см ² в эквиваленте NaCl)
A	40-50	1,2-1,5	0,96-1,20
B	28-33	1,29-1,52	1,00-1,22
C	35-42	1,26-1,51	1,00-1,21
D	17-22	1,45-1,87	1,16-1,50

Как видно из результатов испытаний, количество твердой фазы в нанесенном на плату флюсе приводит к образованию ионного загрязнения с уровнем порядка 1/1250 мкг/см² (0,08 %).

Нанесение достаточно малого количества флюса D может оказаться довольно сложной задачей. Для получения устойчивых результатов при использовании флюса D требуется точная и стабильная установка для нанесения флюса.

Результаты, полученные для NVOC-флюсов, при сравнении их с результатами для контрольных флюсов на основе IPA были в целом одинаковыми в части характеристик пайки и показателя SIR/тока утечки.

Примечание 1: при реализации систем нанесения флюсов на водной основе в оборудовании пайки волной припоя необходимо тщательно оценить совместимость конструкции и систем вентиляции оборудования с веществами на водной основе. В большинстве видов серийно выпускаемого оборудования волновой пайки возникают некоторые требующие решения проблемы.

Примечание 2: флюсы на водной основе имеют тенденцию к стеканию по наклонной нижней поверхности печатной платы в заднюю часть платы. В этих случаях хорошей идеей может оказаться использование автономных установок для нанесения флюса с горизонтальным транспортером. Поскольку большая часть воды испаряется, печатную плату можно затем переместить на наклонный транспортер. 3D-форма поверхности реальной сборки плат может снизить тенденцию к стеканию флюса.

Флюс А

Флюс А имеет самое низкое содержание твердой фазы (3,0 % по весу) из флюсов, проверенных в ходе испытаний. Было определено, что сложно нанести требуемое количество флюса для достижения достаточной активности в процессе пайки. Вместе с флюсом должно быть нанесено большое количество воды, удаление которой перед предварительным нагревом/пайкой может быть сопряжено с определенными сложностями. Несмотря на низкое содержание твердой фазы и низкое кислотное число, флюс А обладает приемлемыми свойствами пайки, однако наилучшие свои характеристики он может продемонстрировать в системах пайки с одиночной волной припоя. Несмотря на малое количество остаточных ионов, обнаруженных на плате, флюс А имеет лишь средний показатель SIR.

Флюсы В и С

Флюсы В и С имеют средний показатель содержания твердой фазы (4,6 и 3,6 соответственно). Они обладают очень хорошими характеристиками пайки. Испытания на воздействие влажного тепла и другие тесты продемонстрировали приемлемые характеристики флюсов (в основном они зависят от уровня ионного загрязнения).

Флюс D

Флюс D характеризуется исключительно высоким содержанием твердой фазы, и для него требуется очень точное устройство нанесения покрытия распылением. Высокое содержание твердой фазы может иметь свои плюсы при реализации процесса, поскольку на платы распыляется гораздо меньше воды, что упрощает сушку и предварительный нагрев сборок.

К недостаткам флюса D можно отнести чрезмерное количество наносимого вещества, обнаруженное во время испытаний по оценке характеристик технологического процесса и показателя SIR. Некоторые системы распыления не способны обеспечить достаточно аккуратное нанесение небольших количеств флюса.

Семейство торговых марок 3M™ Novoc™

Торговая марка Novoc™ присваивается широкому спектру запатентованных продуктов 3M™. Хотя каждый из них имеет свою уникальную формулу и эксплуатационные свойства, все продукты Novoc™ в своей совокупности предназначены для обеспечения безопасных, эффективных и экологически рациональных решений для различных вариантов промышленного применения. К ним относятся чистка прецизионного и электронного оборудования, теплопередача, пожаротушение, нанесение смазочных материалов и ряд специализированных применений химических продуктов.

Специализированные жидкости 3M™ Novoc™ Engineered Fluid - Аэрозольные очистители 3M™ Novoc™ ■ Жидкий агент для пожаротушения 3M™ Novoc™ 1230 Fire Protection Fluid ■ Покрытия для электронной промышленности 3M™ Novoc™ Electronic Coating ■ ПАВ-материалы 3M™ Novoc™ для электронной промышленности

США	Китай	Европа	Япония	Корея	Сингапур	Тайвань
3M™ Electronics Markets Materials Division 800 810 8513	3M™ China Ltd. 86216275 3535	3M™ Belgium N.V. 32 3 250 7521	Sumitomo 3M™ Limited 813 3709 8250	3M™ Korea Limited 82 2 377 141 14	3M™ Singapore Pte. Ltd. 6564508888	3M™ Taiwan Limited 886 227049011

Использование продукта: все утверждения, техническая информация и рекомендации, представленные в данном документе, основаны на результатах испытаний или опыте, которые компания 3M™ считает достоверными. Однако многие факторы, не зависящие от возможностей компании 3M™, могут влиять на особенности применения и эксплуатационные характеристики продуктов 3M™ в конкретных случаях; к ним относятся условия использования продукта, время и условия окружающей среды, в которых предполагается использовать тот или иной продукт. Поскольку эти факторы являются уникальными, известны пользователю и могут им контролироваться, пользователь должен оценить возможности использования продукта 3M™ для конкретной цели и его пригодность для конкретного метода применения.

Гарантия и частичное возмещение ущерба: если не оговорено особо в документации на продукцию 3M™, дополнительных вкладышах в общей упаковке или в упаковке отдельных продуктов, компания 3M™ гарантирует, что каждый продукт 3M™ соответствует действующим спецификациям на момент его поставки. На отдельные продукты могут предоставляться дополнительные или иные гарантии, указанные в документации на продукт, на вкладышах в общей упаковке или в упаковках отдельных продуктов. 3M™ НЕ ДАЕТ НИКАКИХ ИНЫХ ГАРАНТИЙ, ПРЯМЫХ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ, ВКЛЮЧАЯ, ПОМИМО ПРОЧЕГО, ЛЮБЫЕ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОЙ ПРИГОДНОСТИ ПРОДУКТА ИЛИ ЕГО ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КОНКРЕТНЫХ ЦЕЛЯХ ИЛИ ЛЮБЫЕ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ, ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПОРЯДКА ДЕЛОВЫХ ОТНОШЕНИЙ, ТАМЖЕЖЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ ИЛИ ТОРГОВОГО ОБЫКНОВЕНИЯ. Пользователь должен самостоятельно и под свою ответственность определить пригодность продукта 3M™ для использования по конкретному назначению и возможность его применения в предполагаемых пользователем целях. Если в течение гарантийного периода обнаружен дефект продукта 3M™, исключительным правом пользователя и единственной обязанностью 3M™ и продавца является, на усмотрение 3M™, замена продукта или возмещение его покупной стоимости.

Ограничение ответственности: за исключением случаев, предусмотренных законом, компания 3M™ и продавец не несут ответственности за любые прямые, косвенные, фактические или побочные убытки или ущерб, вызванные применением продукта 3M™, безотносительно заявленной теории права, включая ответственность по гарантийным обязательствам, контрактам, а также ответственность за ущерб от небрежного обращения с продуктом или объективную ответственность.



Подлежит повторному использованию.
Напечатано в США.
Дата выпуска: 5/11 ©3M™ 2011.
Все права защищены 7564NB
60-5002-0513-7

3M™ и Novoc™ являются товарными знаками компании 3M™.
Используются по лицензии дочерними компаниями и филиалами 3M™.