

Динамика изменения адгезионных и электроповерхностных свойств материалов – подложек печатных плат после плазмохимического травления

А.И. Аверина¹, Н.В. Каширин¹, Р.В. Сидоров²

¹ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»

²ООО «ТЕХНОТЕХ»

Аннотация: в данной работе исследовались адгезионные и электроповерхностные свойства и их изменения с течением времени подложек печатных плат после их плазмохимического травления. Полученные зависимости измеряемых параметров от времени хранения образцов в естественных условиях лаборатории представляют собой сложные спадающие функции времени. Предложена методика анализа экспериментальных зависимостей путем аппроксимации различных участков линейными функциями. Данная методика позволяет определить скорости изменения исследуемых параметров на разных временных участках и времена перехода от одного участка к другому, представляющие собой критические времена хранения материалов после плазмохимического травления.

Ключевые слова: печатная плата, плазмохимическое травление, показатель адгезии, потенциал поверхности, время хранения

1. Введение

Технология производства печатных плат (ПП) подразумевает последовательное выполнение достаточно большого количества технологических операций [1]. Одна из заключительных – нанесение полимерного слоя паяльной маски для защиты отдельных участков ПП от растекания припоя во время пайки [2]. Для качественного нанесения паяльной маски производится операция подготовки поверхности ПП, основная цель которой обеспечение хорошей связки поверхности с полимерным слоем паяльной маски в течении длительного времени. Для этого искусственно поверхности придается необходимая шероховатость, увеличивающая адгезию между паяльной маской и поверхность ПП. Одним из способов подготовки поверхности, применяемых многими предприятиями – производителями ПП является активация поверхности ПП методом плазмохимического травления (ПХТ) [3,4]. Как показывает опыт адгезионные свойства поверхности приобретенные в результате её подготовки методом ПХТ ухудшаются с течением времени, то есть происходит процесс «старения» поверхности [5]. Следовательно, ухудшается адгезия между материалами ПП и паяльной маской. Процесс «старения» поверхности ПП достаточно быстрый и ухудшение адгезионных свойств происходит за небольшой промежуток времени. При этом, как показывает практика, для разных оснований – подложек ПП время сохранения адгезионных свойств различно.

Механизмы «старения» тонкого слоя активированной поверхности методом ПХТ к настоящему времени сформулированы лишь на качественном уровне и во многих деталях остаются недостаточно изученными [5]. С другой стороны, контактными производителям ПП важно иметь информацию о времени сохранности адгезионных свойств для различных материалов оснований ПП. Это позволит оптимизировать технологическую операцию нанесения паяльной маски, снизить процент отбраковки и

в итоге приведёт к уменьшению производственных затрат.

Целью наших исследований, проводимых совместно со специалистами ООО «ТЕХНОТЕХ» (г. Йошкар-Ола), лидирующего российского производителя ПП, являлось исследование состояния поверхности ПП и динамики изменения её адгезионных и электроповерхностных свойств со временем после подготовки ПП методом ПХТ перед нанесением защитной паяльной маски. В работе приводятся результаты проведенных исследований.

2. Образцы и методики эксперимента

В качестве объектов исследования выступали два нефольгированных материала – основания ПП: стеклотекстолит марки ML FR-4, толщиной 3 мм; композитный СВЧ-материал с нетканым керамическим наполнителем Rogers 3006, толщиной 1,5 мм. Для получения нефольгированных образцов заготовки фольгированных образцов проходили операцию травления на установке конвейерного типа, с модулями щелочного травления, аммиачной промывки, промывки водой, сушки [6, 7]. На исходных заготовках размером 355 × 460 мм с использованием сверлильно-фрезерного станка с ЧПУ были вырезаны образцы для исследований размером 70 × 70 мм так, что оставленные перемычки удерживали образцы на исходном листе заготовки. Заготовки с образцами подвергались операции ПХТ поверхности в установке «Terpla 3027-E» [4]. Процесс ПХТ проводился отдельно для каждой заготовки с образцами, которая помещалась в рабочую камеру установки (рис. 1). ПХТ проводилась в режиме низкотемпературной плазмы. После ПХТ заготовку продували азотом для удаления зол с поверхности и промывали проточной водой на установке промывки. Хранение заготовок с образцами осуществлялось в вертикальном положении на специальной подставке в естественных условиях лаборатории. Образцы из заготовки выламывались непосредственно перед исследованием.



Рисунок 1. Заготовка с образцами перед её помещением в рабочую камеру «Terpla 3027-E»

Исследования включали в себя последовательные измерения потенциала поверхности ϕ и показателя адгезии поверхности F_a на каждом образце.

Потенциал поверхности ϕ измерялся с помощью измерителя параметров электростатического поля ИПЭП-1 [8]. Измерения производились на каждой стороне в пяти точках по всей его площади. За результат принимались средние значения измеряемого параметра. Во избежание соприкосновения поверхностей образца и стола, образец устанавливался на диэлектрические подставки, расположенные по его

углам (рис. 2а).

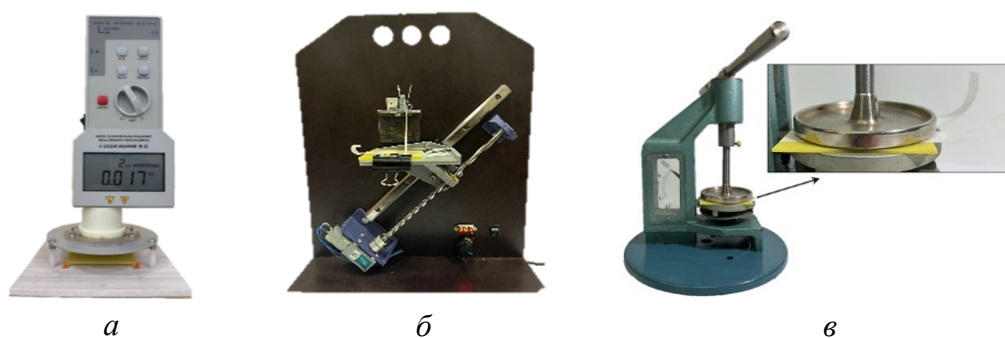


Рисунок 2. *а* – измерение потенциала поверхности φ ; *б* – измерения показателя адгезии с помощью адгезиметра; *в* – ручной пресс для прижима ленты к поверхности образца

Для измерения показателя адгезии поверхности образцов использовался метод отрыва липкой ленты в соответствии с ГОСТ 32299-2013 [16]. В качестве липкой ленты использовалась полиимидная клейкая лента «RageX», шириной 15 мм. Для реализации этого метода нами был сконструирован адгезиметр (рис. 2б), обеспечивающий отрыв ленты от поверхности образца под углом 90° при постоянной скорости и разработана методика определения показателя адгезии [9]. Перед началом эксперимента липкая лента наклеивалась на поверхность образца (при этом отслеживалось возникновение воздушных пузырьков между лентой и поверхностью образца) и прижималась к ней с помощью ручного пресса (рис. 2в). Во всех экспериментах величина силы прижатия $F_{пр}$ и времени выдержки $t_{выд}$ под действием силы $F_{пр}$ были постоянными и составляли величины $F_{пр} = 2000 \text{ Н}$, $t_{выд} = 30 \text{ сек}$.

Эксперимент сводился к измерению показателя адгезии F_a и потенциала поверхности φ в зависимости от времени хранения t . Для каждого измерения использовался индивидуальный образец, выломанный из заготовки.

3. Результаты и обсуждение

Полученные нами результаты исследований представлены на рисунках 4 и 5 в виде зависимостей $F_a = f(t)$ и $\varphi = f(t)$.

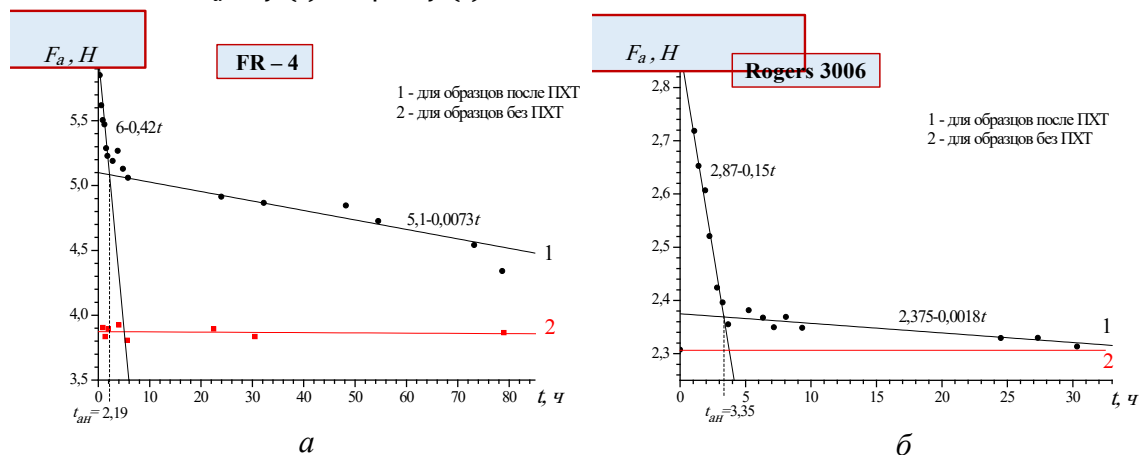


Рисунок 4. Значения показателя адгезии от времени хранения образцов. *а* – стеклотекстолит марки FR-4; *б* – СВЧ-материал с нетканым керамическим наполнителем Rogers 3006

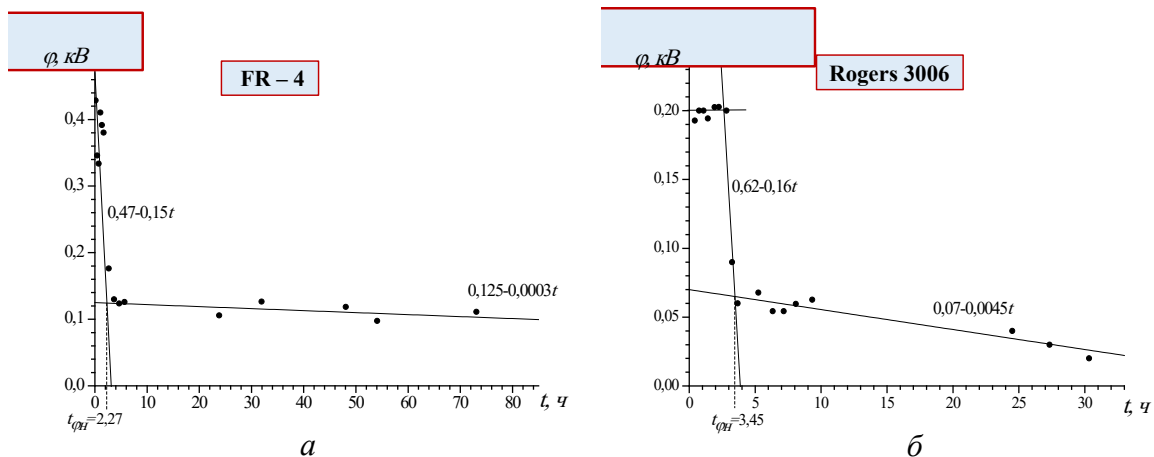


Рисунок 5. Значения потенциала поверхности φ от времени хранения образцов. *a* – стеклотекстолит марки FR-4; *б* – СВЧ-материал с нетканым керамическим наполнителем Rogers 3006

Как видим из рисунков для необработанных образцов показатель адгезии поверхности с течением времени практически не изменяется. В то время как для образцов, прошедших операцию ПХТ показатель адгезии и заряд поверхности изменяются, при чем полученные зависимости представляют собой сложные спадающие функции. Обращает на себя внимание, что на всех зависимостях можно выделить два основных участка. Первый участок – начальный, который характеризуется быстрым спадом измеряемых параметров. Второй участок – конечный участок на котором спад становится более медленным. Анализ полученных зависимостей заключался в аппроксимации конечного и начального участков эмпирическими линейными функциями вида $Y = Y_0 - vt$, где коэффициент v отражает наклон зависимости и характеризует скорость изменения измеряемого показателя от времени t . Эмпирические коэффициенты Y_0 и v были определены путём подбора.

На рисунках 4 и 5 представлена аппроксимация экспериментальных точек на первом и втором участках сплошными линиями, описываемых указанными на рисунках уравнениями. Пересечение аппроксимирующих прямых первого и второго участков дает условные времена перехода t_a и t_φ от начальных быстропадающих участков зависимостей к конечным медленно спадающим участкам. Полученные нами условные времена переходов, во-первых, различны для исследуемых материалов – подложек ПП, во-вторых, практически совпадают для зависимости адгезии и потенциала поверхности каждого образца от времени его хранения. Корреляция условных времен перехода по показателю адгезии и потенциалу поверхности позволяет высказать предположение, что изменение адгезионных свойств поверхности с течением времени после ПХТ может быть связано с изменением заряда этой поверхности. Различие в этих временах для исследуемых образцов обусловлено разной способностью материалов к сохранению поверхностного заряда, приобретенного после ПХТ. Однако, различие в скоростях изменения показателя адгезии поверхности и поверхностного заряда как на начальном, так и на конечном участках полученных зависимостей указывает, что изменение адгезионных свойств не может быть объяснено только лишь уменьшением заряда поверхности. Более того, на образце Rogers 3006 поверхностный заряд практически не изменяется при малых временах хранения после ПХТ, в то время как показатель адгезии на этом же временном интервале уменьшается.

Определенные времена t_a и t_φ , представляющие собой практически одно время

для конкретного материала, по нашему мнению отражают критическое время хранения ПП после её ПХТ перед последующей операцией – нанесением на поверхность защитной паяльной маски.

4. Выводы

Проведенные исследования не позволяют высказать предположения о механизмах изменения адгезионных свойств поверхности и поверхностного заряда. Однако, использование разработанных методик измерения показателя адгезии и потенциала поверхности позволяют определить скорости изменения исследуемых параметров на разных временных участках полученных зависимостей и условные времена перехода от одного участка к другому. Результаты могут быть полезны при анализе состояния поверхности после её активации методом ПХТ, а также технологам реальных производств как ПП, так и в других технологиях для определения допустимого времени хранения материала после активации его поверхности методом ПХТ перед последующей технологической операцией.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-03-2023-068/4 от 04.10.2023 г.

Список литературы

1. Печатные платы: Справочник / Под редакцией К.Ф. Кумбза. В 2-х книгах. Книга 1. М.: Техносфера, 2023. – С. 1016.
2. Петров Н. Защитная паяльная маска: с самого начала // Технологии в электронной промышленности. 2015. № 4. С. 44-46.
3. Терешкин В., Григорьева Л., Фантгоф Ж. Подготовка поверхности и отверстий при производстве печатных плат // Технологии в электронной промышленности. 2006. № 1. С. 40-43.
4. Плазменно-химическое микротравление. Альтернатива перманганатке или спасение для фторопластов. URL: <https://tehnoteh.ru/kompaniya/articles/plazmenno-khimicheskoe-mikrotravlenie-alternativa-permanganatke-ili-spasenie-dlya-ftoroplastov/> (дата обращения 20.12.2023).
5. Акишев Ю.С., Гильман А.Б., Грушин М.Е., Драчев А.И., Каральник В.Б., Петряков А.В., Трушкин Н.И. Изменение во времени поверхностных свойств полимеров, модифицированных в плазме // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2012. Т. 55. № 4. С. 42-51.
6. Терешкин В. А., Фантгоф Ж. Н., Григорьева Л. Н. Травление печатных плат и регенерация травильных растворов // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 3. С. 26-29.
7. Григорьева А., Колесниченко Д., Гукасов Д. «Элтрамед»: высокопроизводительная система для автоматической регенерации аммиачно-хлоридного травильного раствора // Технологии в электронной промышленности. 2021. № 5. С. 26-29.
8. Описание типа средства измерений для государственного реестра средств измерений. URL: <http://media.belgim.by/grsi/12999.pdf> (дата обращения 22.01.2024).
9. Аверина А. И., Гурьянов А. Е. Исследование адгезионных свойств поверхности печатной платы // Студенческая наука и XXI век. 2023. Т. 20, № 1(23). Ч. 1. С. 4-8.