

УДК 621.793

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕТАЛЛИЗАЦИИ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ПОДЛОЖЕК ИЗ СТЕКЛОТЕКСТОЛИТА FR4 ДЛЯ РЕЛЬЕФНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТВасилий Денисович Воронов⁽¹⁾, Денис Дмитриевич Васильев⁽²⁾*Студент 5 курса⁽¹⁾, студент 6 курса⁽²⁾,
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана**Научный руководитель: Ю.В. Панфилов,
доктор технических наук, заведующий кафедрой "Электронные технологии в
машиностроении"***Аннотация**

Проведены эксперименты по магнетронному распылению меди на стеклотекстолит FR4 без адгезионного подслоя хрома, с подслоем за два вакуумных цикла и с подслоем в одном вакуумном цикле. Измерена адгезия покрытия методом скрайбирования. Проведено гальваническое наращивание меди на образцах.

Введение

Из множества возможных материалов для производства печатных плат особое внимание заслуживает фольгированный стеклотекстолит типа FR4. Это диэлектрик на основе нескольких слоев стеклоткани, пропитанных смолой и имеющих нулевую степень горючести. Именно хорошие диэлектрические свойства, стабильность характеристик и размеров, высокая устойчивость к воздействиям неблагоприятных климатических условий и высокие физические и химические характеристики сделали этот материал самым востребованным для производства высококачественных рельефных печатных плат. Стандартный FR4 представляет собой композитный материал на основе стекловолокна (стеклотекстолит). Стандартный FR4 толщиной 1,6 мм состоит из восьми слоев ("препрегов") стеклотекстолита. Таким образом, FR4 является наиболее распространенным во всем мире базовым материалом для производства двухсторонних, многослойных и рельефных печатных плат, а так же для производства односторонних печатных плат с повышенными требованиями к механической прочности [1].

Конструкция и технология изготовления рельефных печатных плат (РПП) (рис. 1, б) существенно отличаются от традиционных двухсторонних (ДПП) и многослойных (МПП) плат (рис. 1, а).

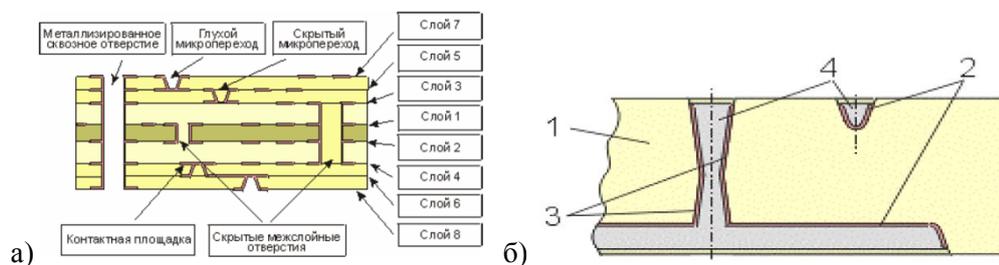


Рис.1. Сечение многослойной (а) и рельефной (б) печатной платы, где 1 – диэлектрическое основание, 2 – медные проводники, 3 – металлизированные отверстия, 4 – рельеф платы, заполненный припоём.

Металлизация (то есть создание на диэлектрическом основании слоя металла, чаще всего меди) в производстве МПП является одним из самых важных технологических этапов, так как

во многом определяет электрофизические характеристики и надежность ЭУ, обеспечивает требуемую плотность коммутационных элементов и, тем самым, плотность монтажа ячеек. Самая простая технология металлизации диэлектриков – это фольгирование (например, плакированием слоистых пластиков медной фольгой), поэтому большинство исходных материалов для производства ПП представляют собой фольгированные диэлектрики. Однако, фольгирование не обеспечивает металлизации отверстий (переходных, монтажных) и необходимую плотность коммутации в соответствии с современными требованиями к РПП, что стимулировало появление других технологий металлизации, причем комбинация магнетронного метода нанесения и гальванической технологий осаждения оказалась наиболее пригодной (в смысле технологической совместимости) для изготовления РПП [2].

Цель данной работы - сравнение методов магнетронного осаждения меди на подложки FR-4 для определения более технологичного метода получения покрытия с удовлетворительной адгезией.

Описание экспериментов

Пленки меди и хрома получались методом магнетронного распыления мишени из хрома и меди на установке ВУП при помощи импульсного униполярного источника APOL-M-3PDC в лаборатории кафедры «Электронные технологии в машиностроении».

Каждый из образцов был получен в различном технологическом цикле. Получены три образца – 1) FR-4 с медной пленкой; 2) FR-4 с адгезионным подслоем хрома и медной пленкой (нанесение хрома и меди производилось за 2 разных цикла на одном магнетроне со сменой мишеней) ;3) FR-4 с адгезионным подслоем хрома и медной пленкой (нанесение хрома и меди производилось за 1 цикл на двух разных магнетронах) (табл. 1).

Таблица 1. Параметры экспериментов

| № п/п | Характеристики | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
|-------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | Материал мишени | Cu | Cr | Cu | Cr | Cu |
| 2 | Материал подложки | FR-4 | FR-4 | FR-4 | FR-4 | FR-4 |
| 3 | Расстояние, мм | 95 | 95 | 95 | 212 | 95 |
| 4 | Диаметр мишени, мм | 100 | 100 | 100 | 50,8 | 100 |
| 5 | Рост, мбар | $4,8 \cdot 10^{-5}$ | $5,5 \cdot 10^{-5}$ | $4,8 \cdot 10^{-5}$ | $4,9 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-5}$ |
| 6 | P, мбар | $2,2 \cdot 10^{-5}$ | $2,8 \cdot 10^{-3}$ | $2,2 \cdot 10^{-5}$ | $1,9 \cdot 10^{-3}$ | $1,9 \cdot 10^{-3}$ |
| 7 | Qar, л/ч | 0,63 | 0,52 | 0,63 | 0,63 | 0,63 |
| 8 | I, А | 0,85 | 0,64 | 0,85 | 0,25 | 0,4 |
| 9 | U,В | 469 | 398 | 469 | 450 | 399 |
| 10 | P, кВт | 0,398 | 0,26 | 0,398 | 0,11 | 0,18 |
| 11 | F, кГц | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 12 | T, % | 80 | 80 | 80 | 40 | 80 |
| 13 | t, мин | 13 | 0,5 | 13 | 6 | 13 |
| 14 | T выдержки, минут | 40 | 5 | 40 | 0 | 40 |

Результаты экспериментов

В результате проведенных экспериментов были получены 3 образца (рис. 2).

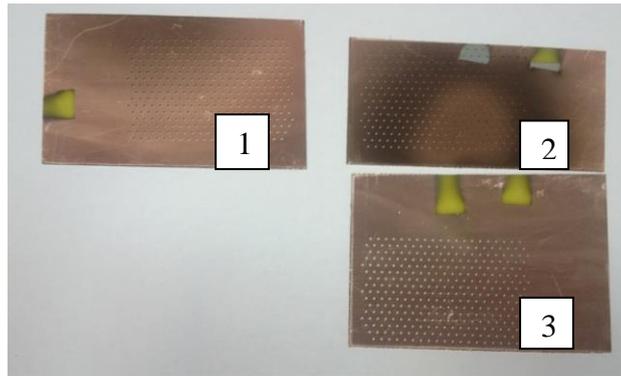


Рис. 2. Полученные образцы с: 1) FR4 (только медное покрытие);
2) FR4 (медное покрытие с адгезионным подслоем хрома за два различных цикла нанесения);
3) FR4 (медное покрытие с адгезионным подслоем хрома в одном цикле нанесения);

Образец №2, наносимый в разных циклах нанесения меди и хрома прогорел, медная пленка вздулась за счет испарения под действием высокой температуры от магнетрона. С обратной стороны также видны следы прогара подложки, по этой причине на следующий образец медь наносилась при меньшей мощности (рис. 3).



Рис. 3. Прогар подложки из FR-4

Произведены измерения адгезии подложки (методом скрайбирования) при помощи прибора Elcometr 107 (рис.4). Руководствуясь таблицей эксплуатации, был выбран метод испытания BSEN ISO 2409 : толщина покрытия – 0-60 мкм, тип подложки – твердый, количество режущих зубьев – 6, расстояние между зубьями – 1мм. Производилась наклейка скотча на образцы, а затем плавный отрыв под углом 60 ° (рис. 5).



Рис. 4. Elcometer – 107

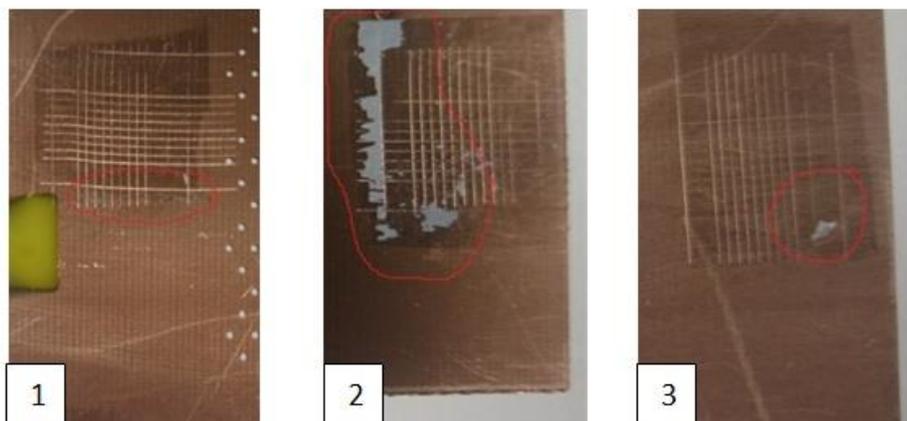


Рис. 5. Результаты скрайбирования 1-го (FR4 с медным покрытием), 2-го (FR4 с медным покрытием и адгезионным подслоем хрома, наносимыми в двух различных циклах) и 3-го (FR4 с медным покрытием и адгезионным подслоем хрома, наносимыми в одном цикле) образцов.

По результатам скрайбирования видно, что адгезия у всех образцов хорошая; оценка адгезии 0 по ISO 2409.

Затем были проведены эксперименты по гальваническому наращиванию меди на каждый образец (табл. 2). Каждый из образцов выдержал процесс (рис. 6).

Таблица 2. Параметры гальванического осаждения меди

| № п/п | Параметр | Значение |
|-------|----------------------------------------------------|----------|
| 1 | Плотность тока, А/дм ² | 1 |
| 2 | Напряжение, В | 0,3 |
| 3 | Время осаждения без перемешивания электролита, мин | 10 |
| 4 | Время осаждения с перемешиванием электролита, мин | 20 |

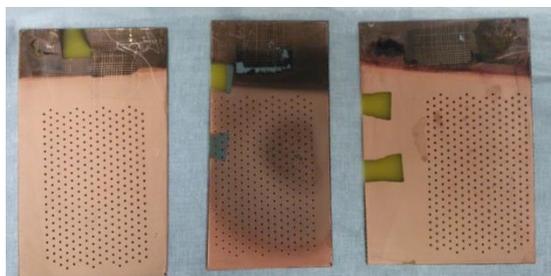


Рис. 6. Образцы после гальванического осаждения меди

Выводы

Результаты нанесения меди с адгезионным подслоем хрома, а также без него в одном и различных технологических циклах показали, что необходимость в нанесении адгезионного подслоя хрома на стеклотекстолит FR4 отсутствует, а также полученное покрытие выдерживает метод гальванического наращивания. FR4 не выдерживает высокие температуры и прогорает, поэтому при металлизации поверхности медью методом магнетронного распыления необходимо избегать высокого температурного воздействия осаждаемого материала на подложку.

Литература

1. <http://www.pcb.spb.ru/fr4.html>
2. <http://www.studfiles.ru/dir/cat34/subj1252/file11411/view123726.html>