УДК 655.335

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ
ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА
НА ЕГО РАЗРЕШАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ В УСЛОВИЯХ
ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАТ
И КОРПУСОВ МИКРОСХЕМ**

Ермолаев Евгений Валерьевич

преподаватель кафедры конструирования
и производства керамических изделий микроэлектроники
ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»

Ермолаев Павел Валерьевич

инженер-технолог
АО «Завод полупроводниковых приборов»

Аннотация: В работе рассмотрено влияние толщины фоточувствительного материала на его разрешающую способность при воспроизведении печатных элементов методом трафаретной печати. В качестве печатного материала выбрана металлизационная вольфрамовая паста, используемая в производстве изготовления металлокерамических корпусов для интегральных микросхем.

Ключевые слова: Трафаретная печать, печатный элемент, металлизационная вольфрамовая паста, разрешающая способность, печатный канал, фоточувствительный материал, толщина фоторезиста.

**RESEARCHING THICKNESS PHOTOSENSITIVE MATERIAL EFFECT
ON THE RESOLUTION IN THE PRODUCTION OF METALL-CERAMICS
PACKAGES FOR INTEGRATED CIRCUIT**

Ermolaev Evgeny Valerievich

Ermolaev Pavel Valerievich

Abstract: In this article considers thickness photosensitive material effect on the resolution in the reproducing printed elements by screen printing. As a printed

material, a metallization tungsten paste was chosen, which is used in the production of metall-ceramic packages for integrated circuits.

Key words: Screen printing, printing element, metallization tungsten paste, resolution, printed channel, photosensitive material, photoresist thickness.

Использование жидких фоточувствительных материалов при производстве металлокерамических плат и корпусов микросхем необходимо для создания сетчатых трафаретов, которые активно применяются для нанесения коммутационных проводников на поверхности керамических слоев корпуса микросхемы. Металлизация керамических слоев корпуса осуществляется посредством проталкивания металлизационной пасты через открытые участки трафарета под давлением ракельного полотна. В работах [1, 2] отмечается многообразие факторов, влияющих на разрешающую способность трафаретной печати, вследствие чего четкость края проводникового рисунка может варьироваться в достаточно широких пределах. В данной работе проведены эксперименты, позволяющие выявить связь между толщиной фоточувствительного материала и его разрешающей способности. В качестве фоторезиста была выбрана популярная и широко востребованная в области микроэлектроники марка капиллярной пленки Capillex. Широкая линейка типоразмеров толщины фоторезиста позволила выполнить ряд запланированных исследований.

Для демонстрации фотографий, т.е. «контрольных точек» для визуального отслеживания качества края проводников, были условно выбраны проводники, нанесенные на поверхность керамических подложек на толщинах 18, 25, 35 и 50 мкм. В качестве элементов проводников были выбраны как линейные участки с тонкими проводниками, так и квадратные элементы изображения, которые позволяют оценить степень неровности края трафаретного рисунка. Трафаретная сетка для всех толщин фоторезиста использовалась одной марки с размером ячеек в свету 40 мкм и диаметром трафаретной проволоки 25 мкм. При этом толщина профиля трафаретной сетки с указанными параметрами составила 50 ± 2 мкм.

На Рис. 1 и Рис.2 представлены фотографии качества печатных элементов квадратной формы и линейных участков.

Рис. 1. Динамика изменения четкости печатных элементов квадратной формы в зависимости от толщины фоточувствительного материала

Для всех толщин фоторезиста использовали один и тот же источник излучения мощностью 3000 Вт. Расстояние от трафарета до источника излучения фиксированное (60 см) и не менялось при проведении исследований. Время экспонирования для каждой марки фоторезиста было установлено исходя из рекомендаций поставщика.

Рис. 2. Динамика изменения четкости линейных печатных элементов в зависимости от толщины фоточувствительного материала

Из представленных рисунков можно отметить, что толщина фоторезиста однозначно влияет на степень неровности края печатных элементов, а значит и на его разрешающую способность. Степень неровности края проводников начинает убывать с увеличением толщины фоторезиста по прямолинейному закону. При этом минусовой диапазон означает, что площадь печатного элемента становится несколько меньше относительно размеров элемента трафарета. Хорошо видно, что фоторезист толщиной менее 35 мкм, не позволяет нанести печатные элементы с ровным краем проводников. При этом площадь проводника получается несколько больше площади элементов трафарета. При появлении такой ситуации в реальной практике, возможно, в худшем случае – образование короткого замыкания соседних проводников (печатных элементов), а в лучшем – снижение сопротивления изоляции керамического материала. При использовании фоторезиста, толщиной более 35 мкм, площадь печатных элементов начинает уменьшаться. Визуально это явление хорошо просматривается на печатных элементах квадратной формы. Скорее всего это связано с большим объемом фоторезиста из-за повышенной

толщины, который при проявлении недостаточно хорошо вымывается из ячеек данной марки трафаретной сетки. Возможно, что такой толщины фоторезист лучше использовать для сеток с большим номером, т.е. с увеличенной ячейкой и диаметром проволоки.

Рванный край печатных элементов для фоторезиста толщиной 18 мкм и 25 мкм получается из-за того, что металлизационная паста выходит за пределы печатных каналов трафарета, сформированных на сетке в процессе его изготовления. Процесс образования такого печатного канала связан с тем, что технология изготовления трафаретов с использованием капиллярных пленок предполагает смачивание трафаретной сетки водой с последующим приклеиванием на нее фоторезиста. Вследствие взаимодействия капиллярной пленки с водой молекулы светочувствительного материала набухают и диффундируют в ячейки сетки на определенную глубину. В идеальном случае молекулы размягченного фоторезиста должны диффундировать так, чтобы с печатной стороны трафарета остался ровный слой фоторезиста. Печатные каналы (открытые участки трафарета, получаемые вследствие экспонирования и последующего проявления) должны обеспечивать с запечатываемой поверхностью плотный контакт по всей площади печатных элементов – в таком случае край проводника будет ровный. На Рис.3 более наглядно представлен принцип образования неровного края проводников, связанный с недостаточной толщиной фоточувствительного материала.

Рис. 3. Принцип образования неровного края печатных элементов вследствие малой толщины фоточувствительного материала

Таким образом, вследствие малой толщины фоточувствительного материала на печатной стороне трафарета остается «обедненный» слой

фоторезиста и контакт трафарета с запечатываемой поверхностью получается неплотный. В местах неплотного контакта происходит вытекание печатного материала, в данном случае металлизационной пасты, и край проводника выглядит как «зубья пилы», в некоторых литературных источниках его называют пилообразный контур.

Можно предположить, что для обеспечения четкого края печатных элементов, воспроизводимых методов трафаретной печати, необходимо соблюдать оптимальное соотношение толщины профиля трафаретной сетки h (всегда указывается производителем) и толщины фоточувствительного материала z . Исходя из наших проведенных исследований, можно утверждать, что для марки фоторезиста Capillex оптимальное соотношение h/z должно быть в области близкой к 1,4. При данном соотношении соблюдается четкий край проводника и площадь печатных элементов, пренебрегая явлением растекания печатного материала (является неизбежным), равна площади элементов трафаретной печати.

В перспективе на будущее необходимо провести исследования с использованием фоторезиста марки Capillex на других толщинах трафаретной сетки и проверить правильность рекомендуемого соотношения h/z .

В заключение данной работы необходимо отметить, что экспериментальные исследования были выполнены при поддержке гранта УМНИК-2020.

Список литературы

1. Ермолаев Е.В., Ермолаев П.В. Исследование технологических факторов, влияющих на разрешающую способность светочувствительного материала трафаретной печатной формы // Сборник материалов X международной научно-практической конференции «Наука и техника. Мировые исследования». -М.: ЦПМ «Академия бизнеса», 2021. – С. 19-30.

2. Ермолаев Е.В., Ермолаев П.В. Исследование влияния вязкости металлизационных паст на разрешающую способность трафаретной печати в производстве металлокерамических плат и корпусов микросхем // Сборник материалов IX международной научно-практической конференции I МЦНС «Наука и просвещение». – 2021. – С. 23-29.