

Применение тонкопленочной технологии для изготовления прецизионных коммутационных плат

О.И. Павлова¹, Т.С. Тимошенко¹, А.С. Воробьев², Д.А. Борейко¹

¹АО «Омский научно-исследовательский институт приборостроения»

²АО «МЦСТ»

Аннотация: в работе показана возможность получения на поверхности LTCC платы многослойной тонкопленочной структуры, состоящей из нескольких слоев металлизированных тонкопленочных проводников, разделенных диэлектриком. Контактные площадки, тонкопленочные проводники и отверстия в межслойной изоляции формировались методом прецизионной фотолитографии. Для качественного формирования структур поверхность LTCC платы была подвергнута дополнительной обработке, что позволило получить шероховатость поверхности не хуже 250 нм. Также в технологии была учтена усадка керамики. В результате работы были получены коммутационные платы на подложке из LTCC, на которой сформирована многослойная тонкопленочная структура с шагом выводов 150 мкм.

Ключевые слова: тонкопленочная технология, коммутационная плата, многослойные структуры, низкотемпературная к

1. Введение

Одной из тенденций развития современной РЭА является обеспечение ее технологической независимости и полная или частичная локализация на территории РФ. При этом универсальные и специализированные интегральные схемы различной степени интеграции, являющиеся основой современной техники, имеют ряд технических сложностей, особенно это касается монтажа кристаллов с малым шагом выводов (150 мкм и меньше). Поэтому разработка эффективной технологии создания прецизионных коммутационных плат является важной задачей. В настоящей работе рассмотрена возможность создания гибридных плат с малым шагом выводов для монтажа кристаллов методом flip-chip. В качестве подложки была использована керамическая плата, изготовленная по технологии LTCC [1]. Применение технологии низкотемпературной керамики позволяет реализовать основную коммутацию микросхем, полигоны заземления и питания, а также обеспечить высокий уровень теплоотведения и надежность внутренних соединений. Однако, в силу недостаточной разрешающей способности проводник-зазор (порядка 100 мкм) и минимально возможного шага отверстий, обеспечиваемых стандартной технологией (300 мкм) создание контактных площадок для монтажа внешних активных элементов с малым шагом выводов, имеет ряд сложностей. Применение технологии прецизионной фотолитографии при изготовлении финишных слоев коммутационной платы позволит решить эту задачу [2].

Целью работы является исследование возможности применения тонкопленочной технологии прецизионной фотолитографии для изготовления контактных площадок на LTCC плате для монтажа внешних активных элементов.

2. Подготовка образцов и экспериментальные результаты

Классическая технология нанесения тонких пленок подразумевает, что в качестве основания для нанесения тонкопленочных слоев выступают подложки с низкой шероховатостью (обычно 13-14 класса обработки поверхности). Например,

шероховатость поверхности подложки из ситалла СТ-50, который используется для создания тонкопленочных плат различного назначения равна 1,8 нм. Такая степень обработки поверхности позволяет получить плотные, качественные металлизированные пленки проводящего рисунка, избежать их разрывов. Однако нанесение многослойных структур на такие подложки осложнено плохой адгезией последующих напыляемых слоев к основанию. На рисунке 1 представлено АСМ-изображение исходной поверхности LTCC платы, шероховатость поверхности которой составила более 350 нм.

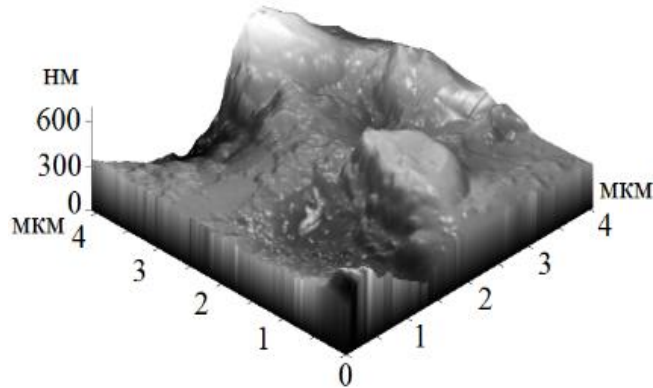


Рисунок 1. АСМ-изображения LTCC платы с шероховатостью поверхности.

Для подготовки поверхности перед нанесением тонких пленок керамические платы были подвергнуты шлифованию, что позволило снизить высоту неровностей поверхности и получить шероховатость поверхности не хуже 250 нм. При этом шлифованная поверхность керамических подложек все еще остается достаточно пористой для хорошей адгезии диэлектрических и проводящих слоев к основанию, что способствует возможности формирования многоуровневой коммутации [3]. На рисунке 2 представлена топология верхнего слоя LTCC платы, который представляет собой контактные площадки для установки активных компонентов с шагом 300 мкм.

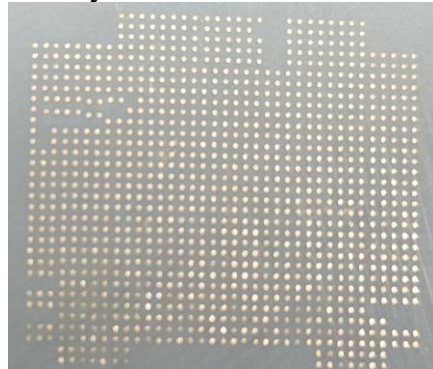


Рисунок 2. Исходный рисунок на верхнем слое LTCC платы.

Для достижения шага выводов в 150 мкм необходимо постепенное уменьшение шага в нескольких слоях тонкопленочной коммутации, разделенных диэлектрической пленкой. При этом толщина тонкопленочного диэлектрика, зачастую соизмерима с толщиной металлизации. Поэтому для предотвращения разрывов на краях проводников и накопления дефектов проводники смежных слоев в многослойной структуре должны быть уложены с минимальными наложениями. Для обеспечения гарантированной целостности слоя, а также для формирования необходимого профиля переходных отверстий нанесение диэлектрика необходимо осуществлять в два этапа [4]. Причем на первом слое диаметр отверстий должен быть больше, чем на втором.

Технология гибридных плат, где в качестве основания выступает LTCC подложка

осложнен тем, что неконтролируемая усадка при спекании может давать расхождение проводящего рисунка до 100-150 мкм (при том, что габаритный размер будет оставаться в допуске). При таких уходах топологического рисунка необходимо масштабирование фотошаблонов первого слоя диэлектрика в «реальный» размер топологии. Опытным путем было выявлено, что отверстия первого слоя диэлектрика должны соответствовать размеру отверстий на толсто пленочной плате, что позволит упростить процесс совмещения сокращается в несколько раз. После формирования первого слоя металлизации с тем же масштабом, что и первый слой диэлектрических отверстий, необходимо постепенное масштабирование фотошаблонов для приведения в конечном итоге последнего слоя металлизации к масштабу 1:1.

3. Результаты эксперимента

В результате проведенных работ на поверхности LTCC-платы была сформирована тонкопленочная структура, состоящая из четырех слоев тонкопленочных проводников, разделенных диэлектриком.

Общий вид полученной коммутационной платы представлен на рисунке 3.

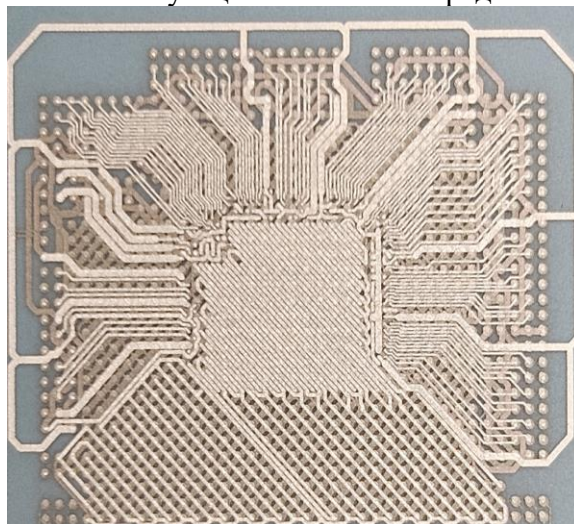


Рисунок 3. Общий вид коммутационной платы

Проведенные исследования ряда образцов показали, что на платах отсутствуют критические дефекты топологии (обрывы проводников, недотравленные участки), а адгезия тонкопленочных слоев к керамическому основанию находится в диапазоне 0,5-2,0 МПа и зависит от шероховатости поверхности керамики и количества нанесенных тонкопленочных слоев.

4. Заключение

В результате проведенной работы установлено, что применение комбинированной технологии LTCC и прецизионной фотолитографии позволяет получать сложные коммутационные платы с шагом выводов 150 мкм и менее. Также выявлено, что применение прецизионной фотолитографии на LTCC платах требует учета следующих особенностей:

- необходимость дополнительной подготовки поверхности LTCC платы;
- усадки LTCC платы после спекания;
- формирование отверстий в диэлектрике на первом слое в размер контактных площадок LTCC-платы.

Список литературы

1. Егоров Г.Н. Многослойные керамические микросхемы. Низкотемпературная совместно обжигаемая керамика. // Электроника, 2006, № 3.
2. Вендик И.Б., Холодняк Д.В., Симин А. Многослойные интегральные схемы сверхвысоких частот на основе керамики с низкой температурой обжига. Компоненты и технологии, №5 2005.
3. Хроленко Т.С. Многослойные платы ГИС, изготовленные по технологии LTCC с применением тонких пленок / Т.С. Хроленко, Т.Н. Торгаш, Я.М. Перцель и др. // Техника радиосвязи. – 2017. – Вып. 1 (32). – С. 79 – 91.
4. Борейко Д. А., Тюменцев А. И., Павлова О. И. Проектирование тонкопленочных LC-фильтров в бескорпусном исполнении // Техника радиосвязи. 2024. Выпуск 3 (62). С. 75–81.