

УДК 621.315.596

БЕЗДРАГМЕТАЛЬНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ ДЛЯ ПРОВОДНИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Д. ф.-м. н. Ш. Д. Курмашев, д. ф.-м. н. И. М. Викулин, А. В. Веремьева

Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова
Украина, г. Одесса
kurmash12@gmail.com

Разработаны физико-химические основы технологии формирования медных проводников путем вжигания композиций. Отработана технология получения исходных нанодисперсных медных порошков заданного гранулометрического состава. Разработаны составы композиционных паст. Представленная технология в состоянии обеспечить высокие технические характеристики получаемых проводниковых элементов и полностью исключить драгоценные металлы из состава композиций для микросборок массового применения.

Ключевые слова: гибридная технология, интегральная микросхема, толстые пленки, проводниковые пасты, элементы микросборок.

В производстве микроэлектронных устройств широкое распространение получила толстопленочная технология формирования пассивной части микросборок. Пассивные элементы (проводники, резисторы и диэлектрики) изготавливаются с применением соответствующих паст, представляющих собой композиции, состоящие из функционального наполнителя, стеклопорошка и органического связующего.

Сущность процесса изготовления толстопленочных микросхем заключается в нанесении на керамическую подложку специальных проводниковых, резистивных или диэлектрических паст путем продавливания их через сетчатый трафарет и в последующей термообработке (вжигании) этих паст.

Проводниковые и резистивные пасты состоят из порошков металлов и их оксидов, а также содержат порошки низкоплавких стекол (стеклянную фритту). В диэлектрических пастах металлические порошки отсутствуют. При вжигании паст стеклянная фритта размягчается, обволакивает и затем при охлаждении связывает проводящие частицы проводниковых и резистивных паст. Диэлектрические пасты после термообработки представляют собой однородные стекловидные пленки.

Толстопленочные проводниковые пленки должны обладать высокой проводимостью, хорошей адгезией к подложке, совместимостью с резистивными пастами для обеспечения электрического контакта, совместимостью с диэлектрическими пастами для создания конденсаторов и многослойной разводки соединений, возможностью присоединения навесных компонентов и внешних выводов микросхем термокомпрессией, ультразвуковой сваркой или пайкой.

До недавнего времени основу проводящих и резистивных композиций с различным содержанием стекла и соответствующих функциональных наполнителей составляли дорогостоящие и дефицитные драгоценные металлы и их соединения (Au, Ag, Pd, Pt и др.) [1].

В последние годы активно исследуется возможность изготовления проводниковых паст на основе благородных металлов. Работы, направленные на замену драгоценных металлов недорогими в композициях для получения проводящих паст, являются экономически оправданными и способствуют более широкому внедрению толстопленочной технологии в массовое производство микросборок для микроэлектронной аппаратуры.

Цель настоящей работы состоит в разработке технологии толстопленочных микросборок на основе медьсодержащих композиций, совместимых с другими толстопленочными элементами (диэлектрическими и проводящими), позволяющих проводить высокотемпературную обработку в воздушной атмосфере. Медь имеет достаточно низкую температуру плавления по сравнению с другими благородными металлами (за исключением алюминия).

Как известно [2], температура плавления ($T_{пл}$) оказывает большое влияние на процессы рекристаллизации, т. е. на рост зерен в процессе спекания порошков. Наиболее интенсивно рекристаллизация протекает при температурах на 15...25% ниже $T_{пл}$. Для ультрадисперсных порошков с размерами частиц порядка 10—100 нм наблюдался эффект снижения температуры плавления. Исследования структуры пленок показали, что рост зерен при формировании проводника происходит в результате механизма «шейкообразования» [3].

В работе представлена технологии получения медных нанодисперсных порошков заданного гранулометрического состава и высокой чистоты. Разработаны составы композиционных паст. Изучались совместимость медных проводников с другими пленочными элементами микросборок, а также обосновано применение в слоистых структурах других проводниковых и резистивных материалов.

Установлено влияние морфологии медного порошка и способа его получения на свойства толстопленочных проводниковых элементов. Определена зависимость характеристик медных проводников, вжигаемых на воздухе, от химического состава стеклянной матрицы соответствующего композиционного материала. Определено влияние оксида молибдена, входящего в состав резистивной композиции, на снижение ТКС резистивных пленок.

Разработан способ формирования проводниковых элементов на основе меди с использованием защитного слоя. Основным компонентом защитно-восстановительной композиции является бор. Установлена необходимость использования проводниковой композиции на основе бориды никеля, совместимой с медными проводниками, а также с резистивными и диэлектрическими толстопленочными элементами. В процессе высокотемпературной обработки бор играет роль восстановителя и окисляется до борного ангидрида.

Физико-химические исследования процессов, происходящих при вжигании медных проводников, позволили проследить изменение структуры медной и защитной композиций в процессе термообработки и определить механизм процесса формирования медного проводника с использованием защитного слоя. Он заключается в сближении частиц меди, расплавлении стекла, образовании между спекаемыми частицами жидкой прослойки, восстановлении окисленных медных частиц бором и твердофазном спекании частиц с выделением некоторой части стекла из объема проводника в поверхностные слои.

В результате проведенных исследований разработаны физико-химические основы технологии формирования медных проводников путем вжигания композиций. Оптимизированы параметры технологического процесса получения медного порошка: степень чистоты исходных компонентов, температурный режим синтеза.

Данная технология в состоянии обеспечить высокие технические характеристики проводниковых элементов и полностью исключить драгоценные металлы из состава композиций.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Kurmashev Sh.D., Bugaeva T.M., Lavrenova T.I., Sadova N.N.. Influence of the glass phase structure on the resistance of the layers in system "Glass-RuO₂"// Photoelectronics. 2009.— N 18.— P. 99—102.
2. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия.— Москва: Металлургия, 1980.
3. Гегузин Я.В. Физика спекания.— Москва: Наука, 1980.

Sh.D. Kurmashev, I. M. Vikulin, A. V. Veremjeva

Nanocomposites not containing precious metals for conducting elements of thick film integrated circuits.

The physical and chemical basis of the technology for forming copper wires by firing compositions is developed. The technology of obtaining source nano-dispersed copper powders of specified particle-size distribution is perfected. The compositions of composite pastes are developed. The presented technology is able to provide high performance conductive elements and to completely eliminate precious metals from the compositions for microassemblages for mass application.

Keywords: hybrid technology, integrated circuit, thick film conductivity paste.