

УДК 621.315

**СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ИМПОРТНЫХ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ  
ПАСТ <sup>1</sup>****Гурин Виталий Михайлович**

Магистрант Калужского филиала Московского технического  
университета имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Калуга  
vitaly.gurin918@yandex.ru

**Шмелькова Анастасия Альбертовна**

Магистрант Калужского филиала Московского технического  
университета имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Калуга

**Фадеев Даниил Владимирович**

Магистрант Калужского филиала Московского технического  
университета имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Калуга

**Ткачев Дмитрий Эдуардович**

Магистрант Калужского филиала Московского технического  
университета имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Калуга

**Разумков Игорь Сергеевич**

Магистрант Калужского филиала Московского технического  
университета имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Калуга

**Аннотация**

В статье приведено описание современной толсто пленочной технологии, позволяющей получить пассивные элементы, а также проводники и изолирующие слои. Описано краткое проведение исследования наиболее применяемых отечественных и импортных проводниковых паст и дан их сравнительный анализ.

**Ключевые слова:** толсто пленочная технология, проводниковые пасты, гибридные интегральные схемы, металлизация отверстий, адгезия.

**COMPARISON OF DOMESTIC AND IMPORTED THICK-FILM PASTES****Vitaly M. Gurin**

Master student of the Kaluga branch of the Moscow Technical

<sup>1</sup> Научный руководитель: **Адарчин Сергей Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования и технологии производства электронных приборов Калужского филиала Московского технического университета имени Н.Э. Баумана.  
Россия, г. Калуга. E-mail: adarchin@rambler.ru

University named after N.E. Bauman, Russia, Kaluga  
vitally.gurin918@yandex.ru

**Shmelkova A. Anastasia**

Master student of the Kaluga branch of the Moscow Technical  
University named after N.E. Bauman, Russia, Kaluga

**Fadeev V. Daniil**

Master student of the Kaluga branch of the Moscow Technical  
University named after N.E. Bauman, Russia, Kaluga

**Tkachev E. Dmitry**

Master student of the Kaluga branch of the Moscow Technical  
University named after N.E. Bauman, Russia, Kaluga

**Razumkov S. Igor**

Master student of the Kaluga branch of the Moscow Technical  
University named after N.E. Bauman, Russia, Kaluga

---

**ABSTRACT**

---

The article provides a description of modern thick-film technology, which makes it possible to obtain passive elements, as well as conductors and insulating layers. A brief study of the most used domestic and imported conductive pastes is described and their comparative analysis is given.

---

**Keywords:** thick-film technology, conductor pastes, hybrid integrated circuits, metallization of holes, adhesion.

---

С каждым годом производство гибридных интегральных схем выходит на новый виток развития. Разрабатываются все более сложные изделия, которые содержат большое количество слоев. Уменьшается ширина проводников и зазоров токопроводящего рисунка, диаметр отверстий также становится меньше, повышается соотношение диаметра отверстия к толщине печатной платы. Для металлизации отверстий в этих изделиях требуются все более высокотехнологичные процессы, обеспечивающие хорошую производительность и качество изделий.

Непрерывно возрастающие требования к компактности и надежности изделий электронной техники (ИЭТ) привело к тому, что традиционные сборочные коммутационные носители компонентов не полностью обеспечивают оптимизацию узлов и блоков гибридных интегральных схем. Использование сборочных модулей, выполненных по толсто пленочной технологии, позволяет в ряде случаев устранить эту проблему.

В условиях санкционной политики обеспечение независимости отечественной промышленности от импортных поставок является насущной проблемой, в рамках которой весьма актуально создание импортозамещающей технологии металлизации отверстий керамических печатных плат.

Целью данной статьи является анализ и сравнение отечественных и импортных проводниковых паст для металлизации переходных отверстий для гибридных интегральных схем, выполненных по толсто пленочной технологии.

#### Описание толсто пленочной технологии

Толсто пленочную технологию, позволяющую получать плёнки толщиной от единиц до нескольких десятков микрон в стандартном исполнении, применяют для изготовления пассивных элементов: резисторов, конденсаторов, проводников и контактов в гибридных толсто пленочных микросхемах, а также проводников и изолирующих слоёв в некоторых типах многоуровневых коммутационных интеграционных печатных плат [1]. Высокая надежность толсто пленочных элементов обусловлена прочным сцеплением с керамической подложкой (более 50 Н/см<sup>2</sup>), которое достигается процессом вжигания пасты в поверхностный слой керамики и химическими свойствами применяемых материалов – в основном, это драгоценные металлы и керамика [2].

На сегодняшний день толсто пленочная технология имеет большой спрос в производстве интегральных микросхем. Ее достоинство - использование недорогих, но высокопроизводительных процессов. Для формирования конфигурации пленочных элементов используется трафаретный способ печати паст специального состава. [3]

Одной из проблем современной микроэлектроники является осуществление контроля величины адгезии покрытий к подложкам. Под адгезией или прилипанием понимают образование связи вследствие действия молекулярных, электрических или химических сил между приведенными в контакт разнородными твердыми или жидкими телами. Для объяснения явления адгезии в настоящее время предлагаются следующие теории: механическая, адсорбционная, электрическая, диффузионная, химическая.

Механические методы контроля величины адгезии не позволяют создать картину ее распределения по площади подложки. Вопрос интерпретации данных, получаемых разрушающими методами (электромагнитными, электрохимическими, термическими), также весьма сложен. В связи с этим наблюдается постоянный интерес к теоретическому обоснованию явления адгезии.

Поскольку для обеспечения приемлемых эксплуатационных характеристик паяного контакта, прежде всего, необходимы высокое качество и надежность паяного соединения, которые при неблагоприятных условиях могут стать «слабым звеном» паяной конструкции. Поэтому было проведено исследование на анализ отечественных и импортных толсто пленочных паст для определения наилучшей связи проводника ГИС и припоя.

#### Исследование металлизации проводниковых паст

Для исследования было выбрано 4 вида паст (таблица 1).

Пасты были нанесены на керамических алюмооксидных подложках толщиной 0,63мм и диаметром отверстий 0,33 мм методом трафаретной печати по толсто пленочной технологии.

Порядок выполнения операций:

1. Металлизация отверстий со стороны скрайбирования
2. Сушка (в течение 16 мин при 180°C) – 2 раза
3. Вжигание (в течение 1.5 часов при выдержке 10 минут max t=850°C)
4. Повторная металлизация отверстий со стороны скрайбирования
5. Сушка (в течение 16 мин при 180°C) – 2 раза
6. Вжигание (в течение 1.5 часов при выдержке 10 минут max t=850°C)
7. Металлизация отверстий с нескрайбированной стороны
8. Сушка (в течение 16 мин при 1/80°C) – 2 раза
9. Вжигание (в течение 1.5 часов при выдержке 10 минут max t=850°C)
10. Повторная металлизация отверстий с нескрайбированной стороны

11. Сушка (в течение 16 мин при 180°C) – 2 раза

12. Вжигание (в течение 1.5 часов при выдержке в 10 минут max t=850°C)

Таблица 1. Результаты сравнительного анализа на этапе заполнения отверстий

Марка пасты, изготовитель	Условная вязкость, мм	Переходное сопротивление, Ом	Порядок выполнения операций	Результат контроля
Отечественный производитель Паста №1-1	26-28	0,04-0,05	1-12	Паста полностью заполняет отверстия, но из-за низкой вязкости остаются углубления со стороны металлизации (см. рис. 1).
Отечественный производитель Паста №1-2	22-23	0,01-0,015	1-9 10, 11, 12 не проводились, визуально отверстие заполнено	Полости внутри отверстия, между слоями, нанесенными с разных сторон пластины. Неполное заполнение отверстий пастой (см. рис. 2).
Импортный производитель Паста №2	15-16	0,007-0,019	1-9 10, 11, 12 не проводились, визуально отверстие заполнено	Наблюдаются крупные области, отличающиеся по цвету, обусловленные рыхлостью пасты (см. рис. 3).
Отечественный производитель Паста №3	18-19	0,01-0,04	1-9 10, 11, 12 не проводились, визуально отверстие заполнено	Наблюдается неполное заполнение вдоль стенок отверстия (см. рис. 4).

Контроль проводился визуально с помощью микроскопа и рентгеновского аппарата неразрушающего контроля.

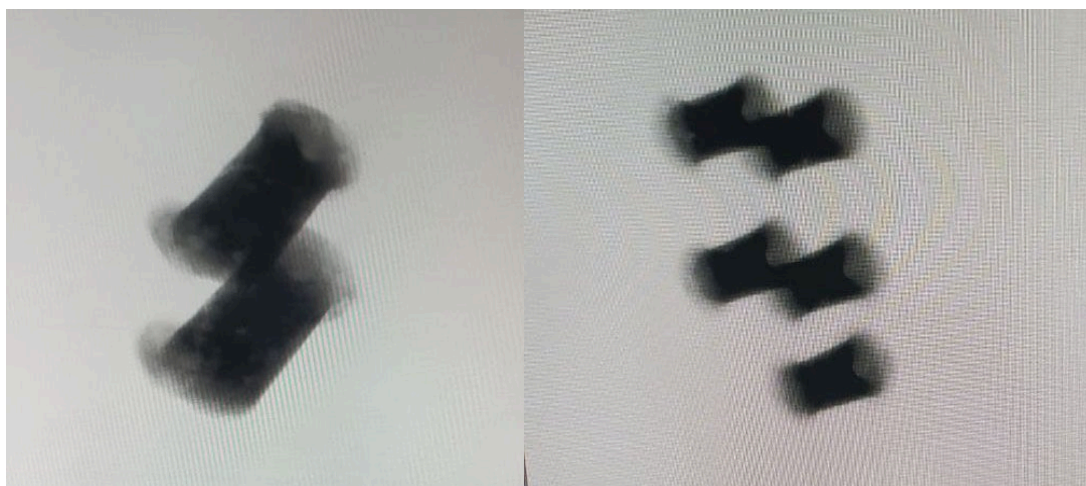


Рисунок 1 Паста №1-1

Из рентген снимка пасты №1-1 можно увидеть, что паста полностью заполнила отверстия и не имеет явных пустых полостей.



Рисунок 2 Паста №1-2

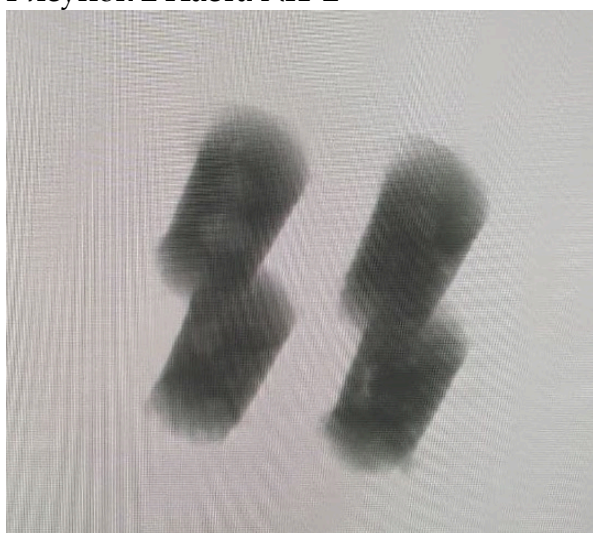


Рисунок 3 Паста №2

По рисунку 2 и 3 видно, что после вжигания паст №1-2 и №2, остаются пустые полости, несмотря на хорошее протекание пасты в отверстие во время намазки.

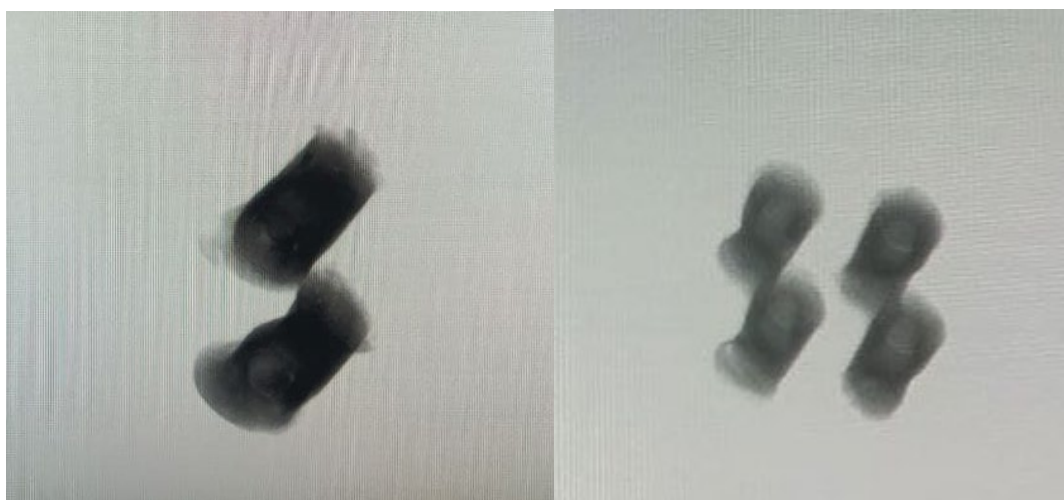


Рисунок 4 Паста №3

По рентген снимку пасты №3, можно наблюдать неполное заполнение вдоль стенок отверстия.

В результате анализа и сравнения отечественных и импортных проводниковых паст для металлизации переходных отверстий для гибридных интегральных схем, выполненных по толсто пленочной технологии, было выявлено, что оптимальный результат достигается при использовании пасты №1-1 отечественного производителя.

Исследование адгезии проводниковых паст

Для проверки проводниковых паст было изготовлено 5 плат с одинаковым рисунком на керамической подложке из AlN. Проверялись 5 видов проводниковых паст: 3 отечественных и 2 импортные.

Для проверки адгезии припаивались 2 вида провода: медный провод с сечением 0,5 мм и провод МГТФ-0,12.

Провода паялись вручную и предварительно нанесенной на площадки припойной пастой через дозатор. Режим пайки составил 325°C для каждого испытания. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний на адгезию

Наименование проводниковой пасты		Ручная пайка, адгезия не менее 10 Н	Пайка на предварительно нанесенную припойную пасту, адгезия не менее 10 Н
Отечественная паста №1	Медный	0-10	5
	МГТФ	25-30	10
Отечественная паста №2	Медный	15-20	5
	МГТФ	0-25	25-30
Отечественная паста №3	Медный	0-5	0-10
	МГТФ	15-20	35
Импортная паста №1	Медный	0-5	0-5
	МГТФ	0-5	15-20
Импортная паста №2	Медный	0-5	5-10
	МГТФ	0-5	20-30

Из результатов приведенных в таблице 2, видно что отечественная толсто пленочная паста ничем не уступает импортной, а при ручной пайке даже превосходит.

**Список литературы:**

1. Потенциал толстопленочной технологии / М.А. Васютин, Д.П. Островский, С.А. Адарчин, В.М. Гурин // Наноиндустрия 2020/ Т. 13, № S4(99). – С. 184 – 185.
2. Красников Г.Я. Развитие полупроводниковой микроэлектроники ОАО «НИИМЭ и Микрон», история отечественной электроники. В 2 томах / Г.Я. Красников, Е.С. Горнев. – М., 2013.
3. Красов, В. Г. Толстопленочная технология в СВЧ микроэлектронике / В. Г. Красов, Г. Б. Петаускас, Ю.С. Чернозубов.- М.: Радио и связь, 1985- 98-103с.
4. Kasap, S.; Capper, P., eds. (2017). Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. Springer International Publishing. pp. 707–721. ISBN 978-3-319-48933-9.
5. Yebi, A.; Ayalew, B. (2015). "Partial Differential Equation-Based Process Control for Ultraviolet Curing of Thick Film Resins". Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control.

**References:**

1. The potential of thick-film technology / M.A. Vasyutin, D.P. Ostrovsky, S.A. Adarchin, V.M. Gurin // Nanoindustry 2020/ V. 13, No. S4(99). - S. 184 - 185.
2. Krasnikov G.Ya. Development of semiconductor microelectronics of JSC NIIME and Mikron, history of domestic electronics. In 2 volumes / G.Ya. Krasnikov, E.S. Gornev. - M., 2013.
3. Krasov, V. G. Thick-film technology in microwave microelectronics / V. G. Krasov, G. B. Petauskas, Yu.S. Chernozubov.- M.: Radio and communication, 1985-98-103s.
4. Kasap, S.; Capper, P., eds. (2017). Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. Springer International Publishing. pp. 707–721. ISBN 978-3-319-48933-9.
5. Yebi, A.; Ayalew, B. (2015). "Partial Differential Equation-Based Process Control for Ultraviolet Curing of Thick Film Resins". Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control.