

Н. С. ПУЧКОВА, А. Н. СМИРНОВ, А. И. ЛАЗУР

Украина, г. Одесса, Науч.-исследов. технологический ин-т «Темп»

Дата поступления в редакцию
18.01–30.06 2000 г.

Оппонент к. т. н. Л. И. ПАНОВ

СИСТЕМА ПАСТ «АНАЛОГ-4» РАСШИРЯЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ТОЛСТОПЛЕНОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Система резистивных паст с низким ТКС и заданным значением номинала позволяет расширить возможности конструирования микросборок.

Повышенные требования к точности приборов и средств автоматизации потребовали создания новых прецизионных резисторов. Одним из важнейших показателей их прецизионности является температурный коэффициент сопротивления (ТКС). Выпускаемые в настоящее время резистивные пасты для толстопленочных гибридных микросборок имеют ТКС в пределах $\pm(100\dots250)\cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ и не всегда удовлетворяют жестким требованиям в отношении допусков на параметры.

Целью настоящей работы явилось создание усовершенствованных составов паст для получения резисторов с ТКС в пределах $\pm 50\cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, имеющих низкий уровень шумов и улучшенное качество поверхности.

Исследован путь снижения ТКС толстопленочных резисторов за счет применения сложных композиций на основе соединений рутения. В качестве функционального материала резистивных паст использовались сложные оксиды рутения: двуокись рутения, рутенит свинца, рутенит висмута.

В результате разработана и готовится к серийному изготовлению система паст «Аналог-4», основу которой составляют резистивные пасты серии 5400 (см. **таблицу**). Проводники изготавливаются из пасты 4350Т на основе Ag–Pd. При необходимости пленочные элементы могут защищаться пастой марки 0011 на основе многокомпонентного легкоплавкого стекла. Возможно применение на обратной стороне подложки диэлектрической изоляционной пасты марки 0032 на основе кристаллизующихся стекол.

Полученные экспериментальные результаты показали, что сопротивление толстопленочных резисторов и значение ТКС во многом зависят от дисперсности функциональной фазы и постоянного

Характеристики резистивных элементов из паст серии 5400

Характеристика	Марка пасты				
	5421	5431	5441	5451	5461
Удельное поверхностное сопротивление, Ом/□	100	10^3	10^4	10^5	10^6
Допустимое отклонение от номинала, %, не более	–30	–30	–30	–30	–30
ТКС в интервале температур $-60\dots+125^\circ\text{C}$, $10^6 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	± 50	± 50	± 50	± 50	± 50
Уровень шумов, дБ, не более	–20	–10	–5	+10	+20
Толщина подсушенного слоя, мкм	23 ± 3	23 ± 3	23 ± 3	21 ± 2	21 ± 2
Изменение сопротивления:					
после пятикратного термоциклирования ($-60\dots+125^\circ\text{C}$), %, не более –					
для неподогнанных резисторов	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
для подогнанных резисторов	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
после воздействия температуры среды 85°C и электрической нагрузки 10 Вт/см , %, не более –					
для неподогнанных резисторов	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
для подогнанных резисторов	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
после воздействия повышенной влажности воздуха (98%, 40°C , 30 сут), %, не более –					
для неподогнанных резисторов	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
для подогнанных резисторов	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Ориентировочный расход соединений рутения на 1 кг пасты, г	0,42	0,35	0,30	0,28	0,25
Ориентировочная цена 1 кг пасты, тыс. грн.	4,2	4,25	4,35	4,4	4,5

Характеристики проводниковых элементов из пасты марки 4350Т

Удельное поверхностное сопротивление, Ом/□	≤0,05
Толщина подсушенного слоя, мкм	25±5
Растекаемость проводника шириной 600 мкм, мкм	≤50
Адгезия к подложке, кгс/см	≥50
Устойчивость к воздействию припоя ПСрОС 3-58, ПОС-61, с	≥10
Содержание драгоценных металлов в пасте, %:	
серебра	62±2
палладия	13±1
Ориентировочная цена 1 кг пасты, тыс. грн.	18

Необходимость применения паст 0011 и 0032 определяет потребитель.

Характеристики изоляционных защитных элементов из пасты 0011

Электрическая прочность изоляции, В:	
один слой (20±5 мкм)	≥100
два слоя (35±5 мкм)	≥300
Сопротивление изоляции, Ом	≥10 ¹⁰
Растекаемость, мкм	≤50
Температура вжигания, °С	520±5
Через изоляционный слой возможна подгонка резисторов серии 5400	
Ориентировочная цена 1 кг пасты, тыс. грн.	1,3

Характеристики изоляционных диэлектрических элементов из пасты 0032

Удельная емкость, пФ/см	≤400
Сопротивление изоляции, Ом	≥10 ¹¹
Растекаемость, мкм	25
Напряжение пробоя, В	≥300
Ориентировочная цена 1 кг пасты, тыс. грн.	1,7

связующего. Варьируя количество фракционированной по размерам частиц функциональной фазы и количество фракционированного по размерам частиц постоянного связующего (стеклянная фритта) удалось получить толсто пленочные резисторы со значением ТКС в пределах $\pm(20...50) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Использование в пастах металлоорганики в качестве временной связки позволяет осуществлять скоростную автоматическую печать (до 1000 отп./ч) мультиплицированной топологии пленочных элементов на подложках больших размеров и обеспечивать при этом минимальную растекаемость паст.

Проведены типовые испытания паст на соответствие техническим условиям. Опытные образцы паст прошли испытания в составе изделия на предприятии — потребителе паст.

Проводниковые и резистивные пасты вжигаются в одинаковом температурном режиме. Полный цикл вжигания составляет 30—40 мин, включая выдержку при максимальной температуре (855°С) в течение 10 мин. Проводники могут вжигаться в сокращенном цикле — 25—30 мин.

Защищенные резисторы (как и незащищенные) могут с высокой точностью корректироваться методом лазерной подгонки.

Существенным преимуществом паст серии 5400 является возможность производить корректировку сопротивления и получать любые промежуточные значения номинала путем смешивания паст соседних номиналов, при этом параметры резисторов, приведенные в таблице, не изменяются.

При работе с системой паст «Аналог-4» в качестве подложек используются керамические подложки, изготавливаемые ПО «Титан» [1].

Разработанная система паст "Аналог-4" с низким ТКС в совокупности с подложками 0.737.003 ТУ является перспективной для изготовления толсто пленочных микросборок РЭА различного класса и назначения, а также может найти применение при изготовлении переменных резисторов роторного и линейного типа.

Ряд номиналов паст, обеспечивающий получение промежуточных номиналов путем смешивания, значительно расширяет возможности конструирования микросборок.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Лисогорский В. И., Щербаков Н. А., Писаренко В. В., Шульга В. С. Особенности изготовления алюмооксидных подложек для ГИС по лицензии фирмы "Мурата" // Техника средств связи. Сер. Технология производства и оборудование. — 1988. — Вып. 3. — С. 79—82.