

Винахід належить до області електротехніки, а саме до нагрівальних елементів; виготовлених за товстоплівковою технологією на підкладках з різних матеріалів. Пропонується для теплообмінних пристроїв різного призначення.

Відомий електричний резистивний нагрівальний елемент, виготовлений за товстоплівковою технологією на металевій емальованій підкладці, на яку нанесена електропровідна композиція, що містить 20-90% електропровідної фази - одного або декількох з металів: Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Al, In, Ti, Sn, Pb, Sb, Bi, а також скло та органічну зв'язку. Після відпалу електропровідної композиції наноситься ізоляційний шар, що складається з різноманітних смол, лаків, клеїв та неорганічних пінистих матеріалів, які утворюють ізоляційне покриття при температурах, близьких до кімнатної [Патент Великобританії №1463317, 1977. Электрический резистивный нагревательный элемент. Н 05 В 3/26, 5/08].

Недоліки нагрівальних елементів, виготовлених за вказаним у патенті способом, такі:

- складність технологічного процесу подрібнення пластичних металів, що складають електропровідну фазу, до дисперсності, загальноприйнятої в товстоплівковій технології;
- зростання вартості технології виготовлення нагрівального елемента через необхідність застосування ізоляційних покриттів;

- висока вартість деяких металів. Відома резистивна композиція для товстоплівкової технології на основі боридів нікелю та ситалу. Підкладкою служить кераміка 22ХС. В залежності від кількісного співвідношення між Ni, В та склозв'язкою питомий поверхневий опір становить 0,1, 0,59, 2,3 та 14,6 Ом/кв. Температура відпалу - 850°C [Авторское свидетельство СССР №1061633, 1981. Резистивная композиция. Н 01 С 7/00].

Використання зазначеної композиції як матеріалу для нагрівального елемента є неефективним внаслідок необхідності використання високотемпературного відпалу (850°C) та жорстких вимог щодо термостійкості та теплопровідності підкладок.

Найбільш близьким за технічним вирішенням до способу, що пропонується, є спосіб виготовлення нагрівального елемента на термостійкій плоскій керамічній підкладці методом трафаретного друку з застосуванням електропровідної пасти, з якої формують покриття, товщину, ширину та довжину котрого підбирають таким чином, щоб отримати при відпалі необхідне значення опору. За електропровідну фазу паст запропоновано Mo, W, Pt. Далі на поверхню керамічної підкладки зі сформованим електропровідним шаром наносять тонкий шар суспензії або пасти, виготовленої з використанням керамічного матеріалу, що служить як підкладка, та термостійкого керамічного матеріалу з близьким значенням коефіцієнта термічного розширення. Отриманий таким способом елемент відпалюють. Далі до електропровідного покриття відповідним чином кріплять виводи [Патент Японії №56-16953, 1981. Способ изготовления нагревательного элемента. Н 05 В 3/28].

Недоліки прототипу:

- складність технологічного процесу подрібнення пластичних металів електропровідної фази до дисперсності, що застосовується в товстоплівковій технології;
- подорожіння технології виготовлення нагрівального елемента внаслідок необхідності застосування ізоляційного покриття.

В основу винаходу поставлена задача одержання нагрівального елемента з використанням товстоплівкової технології на підкладках з різною термостійкістю (при аналогічних характеристиках нагрівальних елементів), тобто розширення вибору матеріалів для підкладок при спрощенні технологічного процесу.

В запропонованому нами способі виготовлення нагрівального елемента за товстоплівковою технологією, який полягає в нанесенні на діелектричні підкладки електропровідної пасти методом трафаретного друку, відпалі її та кріпленні виводів, порівняно з прототипом електропровідна паста включає:

- скло, мас.% 2,0-10,0 від провідної фази;
- органічну зв'язку, мас.% 25,0-30,0 від загальної маси;
- провідну композицію слідуючого складу, мас.%:

Ni 82,0-61,0;

В 17,0-1,8;

У або La 10,4-36,0.

Електропровідна паста крихка, що дає змогу використовувати при її подрібненні найпростіше дешеве помельне обладнання.

Використання електропровідної пасти вищезазначеного складу в даному способі дозволяє проводити відпал при температурах 500-850°C, тобто використовувати її на різних підкладках, таких як скло, ситал, кераміка, метал з діелектричним покриттям.

Застосування цієї композиції в даному способі дає можливість виготовляти нагрівальний елемент без спеціального захисного покриття, оскільки запропонована провідна фаза практично не змінює свої властивості при нагріванні. Це спрощує технологію промислового виробництва нагрівальних елементів.

Технологія виготовлення нагрівального елемента включає підготовку підкладок, підготовку контактів та виводів, виготовлення паст, нанесення їх та впалення, приварювання виводів.

За матеріал для підкладок беремо: кераміку, скло, ситал, метал з електроізоляційним покриттям.

Приготування електропровідної пасти проводиться за стандартною технологією. Електропровідна фаза пасти складається з нікелю, бору та ітрію або лантану.

Отриману пасту наносимо на підкладки різних матеріалів методом трафаретного друку через металеву або капронову сітку, розміри комірки якої залежать від необхідної товщини електропровідного шару. Після підсушування при температурах від 125 до 280 С (в залежності від складу органічної зв'язки) на шар пасти накладаємо металеві контакти і проводимо впалювання при температурах 500-850°C. Таким чином, нагрівальний елемент виготовляємо за один цикл високотемпературного відпалу.

Контакти виготовляємо з листового металу, який за значенням коефіцієнта термічного розширення

близький до матеріалу підкладки. Після закріплення контактів зачищаємо їх та приварюємо до них виводи, вимірюємо поверхневий опір, визначаємо інші фізичні та електротехнічні властивості.

Спосіб виготовлення нагрівального елемента підтверджується наступними прикладами.

За вищезазначеною технологією виготовляємо нагрівальні елементи на основі різних варіантів провідної фази та складів скла і проводимо їх апробацію на різних підкладках, таких як віконне скло, кераміка ВК-94 (22ХС), ситал 50, метал з діелектричним покриттям різної термостійкості. В табл. 1 наведені значення питомого поверхневого опору та робочої температури для нагрівальних елементів на керамічних підкладках, виготовлених на матеріалі, який використаний в прототипі, а також виготовлених на пастах з оптимальним співвідношенням усіх складових та відпалених при різних температурах (в залежності від властивостей склозв'язки та матеріалу підкладки). В п.2 табл. 1 приведено оптимальне співвідношення інгредієнтів провідної фази.

В таблицях 2 та 3 наведені значення поверхневого опору і робочих температур нагрівальних елементів для паст, виготовлених з використанням провідної фази оптимального складу (п.2 табл. 1) при різних співвідношеннях скла й провідної фази та неорганічної і органічної складової.

Таблиця 1

Поверхневий опір та робоча температура нагрівальних елементів на різних підкладках в залежності від складу електропровідної фази при оптимальній температурі відпалу (вміст скла – 5,0%, органічної зв'язки – 28,0%)

		Провідна фаза, мас. %		Матеріал підкладки	Темпера- тура відпалу, °С	Питомий поверхне- вий опір, Ом/кв	Робоча температу- ра нагріваль- ного еле- мента, °С
1.	Прототип	Mo – 95,0 W – 95,0 Pt – 90,0		Кераміка –“– –“–	920 920 820	0,15 0,15 0,05	270 280 280
№ п/п	Інгредієнти провідної фази, мас. %			Матеріал підкладки	Темпера- тура відпалу, °С	Питомий поверхне- вий опір, Ом/кв	Робоча температу- ра нагріваль- ного еле- мента, °С
	Ni	B	Y або La				
1	2	3	4	5	6	7	8
2.	77,60	7,10	15,30	1. Скло 2. Кераміка 3. Ситал 4. Метал + скломаль 5. Метал + кераміка	500 760 800 680 820	0,05 0,10 0,20 0,15 0,30	180 300 250 350 400
3.	82,00	7,50	10,50	1. –“– 2. –“– 3. –“– 4. –“– 5. –“–	–“– –“– –“– –“– –“–	0,06 0,13 0,22 0,17 0,35	170 300 240 340 390

1	2	3	4	5	6	7	8
4.	70,00	17,00	13,00	1.		0,07	170
				2.		0,13	280
				3. --	--	0,23	230
				4.		0,18	330
				5.		0,35	380
5.	62,00	2,00	36,00	1.		0,08	160
				2.		0,14	280
				3. --	--	0,22	230
				4.		0,18	330
				5.		0,33	390
6.	61,00	16,00	23,00	1.		0,08	160
				2.		0,14	280
				3. --	--	0,24	230
				4.		0,16	330
				5.		0,33	380
7.	70,00	1,80	28,20	1.		0,06	170
				2.		0,16	200
				3. --	--	0,22	240
				4.		0,17	340
				5.		0,38	380
8.	75,00	14,60	10,40	1.		0,07	160
				2.		0,13	290
				3. --	--	0,21	250
				4.		0,17	330
				5.		0,35	390
9.	84,00	2,70	13,30	1.		0,10	н. ад.
				2.		0,15	н. ад.
				3. --	--	0,30	н. ад.
				4.		-	р. п.
				5.		0,80	н. ад.
10.	69,00	19,0	12,00	1.		0,70	н. ад.
				2.		0,25	н. ад.
				3. --	--	0,40	н. ад.
				4.		-	р. п.
				5.		-	р. п.
11.	61,00	2,00	37,00	1.		-	р. п.
				2.		0,25	н. ад.
				3. --	--	-	р. п.
				4.		-	р. п.
				5.		-	р. п.

1	2	3	4	5	6	7	8
12.	59,00	11,00	30,00	1. 2. 3. —" 4. 5.	—"	0,15 0,20 — — —	н. ад. н. ад. р. п. р. п. р. п.
13.	80,00	1,60	18,40	1. 2. 3. —" 4. 5.	—"	0,10 0,15 0,20 — 0,40	н. ад. н. ад. н. ад. р. п. н. ад.
14.	80,00	12,00	8,00	1. 2. 3. —" 4. 5.	—"	0,15 0,25 0,20 — 0,70	н. ад. н. ад. н. ад. р. п. н. ад.

Примітка до графі 8 таблиці:

н.ад. — незадовільна адгезія з підкладкою;

р.п. — реакція пасти з матеріалом підкладки при відпалі.

Таблиця 2

Поверхневий опір та робоча температура нагрівальних елементів на різних підкладках в залежності від кількості скла в пасти (пасти з оптимальним співвідношенням інгредієнтів провідної фази)

№ п/п	Скло, мас. % від загальної кількості порошку	Матеріал підкладки	Температура відпалу, °С	Питомий поверхневий опір, Ом/кв	Робоча температура нагрівального елемента, °С	Примітки
1.	2,0	1. Скло 2. Кераміка 3. Ситал 4. Метал+склоемаль 5. Метал+кераміка	500 760 800 680 820	0,07 0,13 0,23 0,18 0,35	170 280 230 330 380	
2.	10,0	1. —" 2. —" 3. —" 4. —" 5. —"	—" —" —" —" —"	0,06 0,15 0,22 0,19 0,35	170 290 240 330 390	
3.	5,0	1. 2. 3. —" 4. 5.	—" —" —" —" —"	0,05 0,10 0,20 0,15 0,30	180 300 250 350 400	Оптимальний вміст скла

№ п/п	Скло, мас. % від загальної кількості порошку	Матеріал підкладки	Температу- ра відпалу, °C	Питомий по- верхневий опір, Ом/кв	Робоча тем- пература нагріваль- ного елемен- та, °C	Примітки
4.	1,0	1. 2. 3. — 4. 5.	—	0,18 0,24 0,32 0,48 0,23	140 260 220 310 380	Неза- довільна відтворюван. значень опо- ру
5.	12,0	1. 2. 3. — 4. 5.	—	0,18 0,24 0,32 0,26 0,38	150 260 240 300 350	Неза- довільна відтворюван. значень опо- ру

Таблиця 3

Поверхневий опір та робоча температура нагрівальних елементів, створених на різних підкладках (оптимальні співвідношення між інгредієнтами провідної фази та провідною фазою і склом) в залежності від вмісту органічної зв'язки в пасті

№ п/п	Органічна зв'язка, мас. % від загальної маси	Матеріал підкладки	Температу- ра відпалу, °C	Питомий по- верхневий опір, Ом/кв	Робоча тем- пература нагріваль- ного елемен- та, °C	Примітки
1.	25,0	1. Скло 2. Кераміка 3. Ситал 4. Метал+ скломаль 5. Метал+ кераміка	500 760 800 680 820	0,06 0,13 0,22 0,17 0,35	170 300 240 340 390	Оптимальна кількість зв'язки
2.	28,0	1. — 2. — 3. — 4. — 5. —	— — — — —	0,05 0,10 0,20 0,15 0,30	180 300 250 350 400	
3.	30,0	1. 2. 3. — 4. 5.	—	0,08 0,15 0,21 0,16 0,30	170 290 230 340 390	

№ п/п	Органічна зв'язка, мас. % від загальної маси	Матеріал підкладки	Температу- ра відпалу, °C	Питомий по- верхневий опір, Ом/кв	Робоча тем- пература нагріваль- ного елемен- та, °C	Примітки
4.	20,0	1. 2. 3. —" 4. 5.	—"	0,09 0,22 0,20 0,28 0,39	120 230 200 300 310	Реологія пас- ти неза- довільна
5.	35,0	1. 2. 3. —" 4. 5.	—"	0,06 0,11 0,27 0,18 0,32	140 220 210 300 320	Реологія пас- ти неза- довільна