

Дата: 30.10.2023

Викладач: Юдіна Дар'я Олександрівна mikhailinadarya@gmail.com

Група № Е-1

Предмет: Електротехнічні матеріали та обладнання

Урок № 39

Тема: Провідникові резистивні матеріали

Матеріали високого питомого опору за призначенням можна поділити на провідникові резистивні матеріали, плівкові резистивні матеріали, матеріали для термопар.

Провідникові резистивні матеріали — це сплави для виготовлення дротяних резисторів (манганін, константан) та електронагрівальних елементів (ніхром, фехраль, хромаль). Висока нагрівостійкість цих сплавів досягається завдяки додаванню до їхнього складу досить великої кількості металів, які при нагріванні на повітрі утворюють суцільну оксидну плівку.

З металевих матеріалів для резисторів найбільше поширення одержали матеріали на основі нікелю, хрому й заліза, т.н ніхроми, і родинні їм матеріали на основі заліза, хрому й алюмінію, т.зв. фехрالی. У позначенні марки буква Х означає хром, буква Н-Нікель, буква Ю - алюміній. Цифра після кожної букви - процентний вміст цього елемента (масові відсотки). Залізо звичайне становить основу, його не позначають, а його зміст становить решта, тобто скільки потрібно, щоб доповнити до 100 %.

Застосування цих сплавів для нагрівачів і резисторів обумовлено двома головними обставинами. У перших, їх питомий опір зразковий в 40-60 раз перевищує питомий опір провідників - алюмінію й міді. Це пов'язане з порушенням структури матеріалу в сплаві декількох металів. У других, на поверхні цих матеріалів утворюється міцна, хімічно стійка плівка з окислів, що забезпечує високу жаростійкість матеріалів. Температурний коефіцієнт питомого опору ніхромів позитивний, тобто з ростом температури питомий опір збільшується. Це означає, що при використанні ніхрому як нагрівача потужність нагрівача в міру роботи, і, відповідно прогрівання самого резистивного матеріалу, буде зменшуватися. Важливо також, що температурні коефіцієнти розширення в плівки оксиду й у металу близькі, тому плівка не відшаровується при включенні - вимиканні нагрівачів.

Манганін — сплав на основі міді (мангану 12 %, нікелю 3 %, решта 85 % — мідь), є основним для виготовлення еталонних резисторів, шунтів і додаткових резисторів для вимірювальних приладів, резистивних датчиків тиску. Його електричний опір має малу залежність від температури, а спеціальним термічним обробленням можна забезпечити високу стабільність опору в часі. Манганін має дуже мале значення термоЕРС разом із міддю, що дає змогу широко використовувати його під час виготовлення електровимірювальних приладів найвищих класів точності.

Константан — сплав міді та нікелю (міді 58–60%, нікелю 32–40 %, мангану 1–2 % та ін.). Назва підкреслює стабільність електричного опору сплаву при зміні температури (з латин. constans — постійний, незмінний). Застосовують для виготовлення резисторів, термопар та електронагрівальних елементів, які працюють за температури +400–500 °С. Константан добре піддається механічному обробленню, що свідчить про його високі технологічні властивості. Високі механічні характеристики у поєднанні з пластичністю дають змогу виготовляти із цього сплаву найтонший дріт, стрічки, смуги та фольгу.

Ніхром — сплав нікелю (55–80 %), хрому (15–23 %), мангану (1,5 %) і заліза (решта). Характеризується високим питомим опором, високою термостійкістю, високотехнологічний, легко протягується в тонкий дріт або стрічки. Основний недолік — нестійкий до різких перепадів температури, що руйнують захисну оксидну плівку.

Застосовують для виготовлення елементів електронагрівальних приладів, зокрема паяльників, а також як матеріал для плівкових резисторів інтегральних схем.

Фехраль і хромаль — це сплави заліза з хромом та алюмінієм у різних пропорціях: фехраль— заліза 82 %, хрому 15 %, алюмінію 3 %; хромаль — заліза 65 %, хрому 30 %, алюмінію 5 %. Такі сплави значно дешевші від ніхрому, але менш термостійкі й менш технологічні, більш тверді й крихкі за ніхром, що ускладнює їхнє оброблення для отримання необхідних виробів. Тому дроти й стрічки з них можна виготовити тільки з більшим поперечним перерізом, а отже, їх застосовують в електронагрівальних елементах великої потужності.

Плівкові резистивні матеріали отримують з вихідних матеріалів в процесі отримання самих резистивних плівок. Властивості таких резистивних плівок значно відрізняються від властивостей вихідних матеріалів. Тонкі резистивні плівки наносять на ізоляційні підстави (підкладки) методом термічного випаровування у вакуумі; катодних, реактивним і іоноплазменним розпиленням, електрохімічним і хімічним осадженням і ін. В якості підстав використовують скло, кераміку, ситалл, поликор, шаруваті пластики і ін.

Залежно від вихідних матеріалів плівкові резистори поділяють на **метало плівкові і металооксидні, композиційні, вуглецеві**.

Для виготовлення металоплівкових и металооксидних резисторів застосовують тугоплавкі метали тантал, титан, нікель, хром, паладій, реній, вольфрам і сплави на їх основі.

Залежно від товщини плівок і умов їх нанесення параметри металоплівкових резисторів можна регулювати в широкому діапазоні. Для підвищення електричного опору резистивних плівок з титану і танталу їх наносять реактивним розпиленням в атмосфері азоту, кисню або вуглецю, тобто поєднують процеси отримання провідних і діелектричних шарів в одному циклі з використанням одного і того ж матеріалу. При окисленні на поверхні металевих плівок утворюються оксиди титану і танталу, які володіють хорошими діелектричними властивостями.

Металооксидних матеріали утворюють резистивні плівки, які мають високу термостійкість. Найбільш широке застосування для виготовлення таких резистивних плівок отримали матеріали на основі двоокису олова (SnO_2).

Композиційні резистивні матеріали являють собою механічні суміші дрібнодисперсних порошків металів і їх з'єднань з органічної або неорганічної зв'язкою.

Як проводить фази використовують провідники (порошки срібла, паладію) і напівпровідники (оксиди срібла, паладію, карбіди кремнію, вольфраму).

В якості в'язучих речовин застосовують термопластичні і термореактивні полімери, порошкоподібну скло, неорганічні емалі.

До недоліків композиційних резистивних плівок відносяться залежність опору від частоти і старіння при тривалому навантаженні.

Вуглецеві матеріали використовують в якості плівкового резистивного матеріалу у вигляді проводять модифікацій вуглецю: природного графіту, сажі, піролітичного вуглецю.

Урок № 40

Тема: Дорогоцінні метали

Дорогоцінні метали мають дуже цінну особливість, яка відрізняє їх від інших металів таблиці Менделєєва: ці речовини мають значну хімічну стійкість, стійкість до корозійних і окислювальних процесів. До дорогоцінних металів відносяться, крім золота, срібла ще й метали представляють платинову групу: платина, родій, осмій, рутеній, іридій,

паладій. Природних запасів дорогоцінних металів стає все менше, вони не лежать просто так в землі, а перебувають в руді, хоча зустрічаються і самородки, але видобуток, вилучення їх — процес досить трудомісткий. Саме тому величезне значення в наш час має правильна утилізація різних пристроїв, апаратів, радіодеталей, що містять дорогоцінні метали. Наша компанія займається скупкою радіодеталей, що містять дорогоцінні метали.

Золото (Au) — блискучий метал жовтого кольору з високою пластичністю, теплопровідністю та електропровідністю. Золото має виняткову хімічну інертність. Воно стійке на повітрі та у воді. З киснем, азотом, воднем, фосфором, стибієм і вуглецем безпосередньо не взаємодіє. На нього не діють ні розведені, ні концентровані кислоти. Золото розчиняється тільки в суміші нітратної (65–68 % маси) і хлоридної (32–35 % маси) кислот, узятих у співвідношенні 1:3 за обсягом ($\text{HNO}_3 + 3\text{HCl}$).

Золото стійке до дії атмосферної корозії і не тьмяніє. Межа міцності на розтяг золотого дроту дорівнює 150 МПа, відносне видовження при розриві — приблизно 40 %. Тобто золото має найвищі, порівняно з усіма іншими металами, пластичність і ковкість. Воно легко розплющується на найтонші пластинки — сухозлітки. Так, 1 г золота можна розплющити в пластинку площею 1 м². Товщина найтонших пластинок золота 0,1 мкм. За електропровідністю золото посідає третє місце після срібла й міді.

В електронній техніці його використовують як контактний матеріал, матеріал для корозієстійких покриттів резонаторів надвисоких частот, внутрішніх поверхонь хвилеводів, гальванічних покриттів контактних поверхонь, золотих провідників, контактних площадок і роз'ємів друкованих плат. Мікросхеми можуть містити сотні дротяних з'єднань, у кожному з яких є крихітна кількість золота. Тонкі плівки золота застосовують як напівпрозорі електроди у фоторезисторах і напівпровідникових фотоелементах.

Срібло (Ag) — білий блискучий метал, стійкий до окиснення при нормальній температурі. Серед металів срібло відрізняється найменшим питомим опором. Межа міцності на розтяг для срібного дроту дорівнює орієнтовно 200 МПа, відносне видовження при розриві — приблизно 50 %.

Срібло застосовують у широкій номенклатурі контактів в електричній апаратурі різної потужності. Високі значення питомих теплоємності, теплопровідності й електричної провідності срібла забезпечують, порівняно з іншими металами, найменше нагрівання контактів і швидке відведення тепла від контактних точок. Його використовують і для безпосереднього нанесення на діелектрики (як електроди) у виробництві керамічних і слюдяних конденсаторів. Ним покривають внутрішні поверхні хвилеводів для отримання шару високої провідності. Із цією ж метою срібленню піддають провідники високочастотних котушок, струмопровідні контакти, дроти.

Порівняно з іншими дорогоцінними металами, срібло має знижену хімічну стійкість. Зокрема, має схильність до утворення непровідних темних плівок у результаті взаємодії із сірководнем, мізерна кількість якого завжди є в атмосфері. Тому срібні контакти не рекомендовано застосовувати разом із гумою, ебонітом та іншими матеріалами, що містять сірку. Наявність вологи також прискорює перебіг реакції.

Платина (Pt) — сріблясто-білий метал, що практично не сполучається з киснем і дуже стійкий до хімічних реагентів. Платина чудово піддається механічному обробленню, витягується в дуже тонкі нитки й стрічки. На відміну від срібла, платина не утворює сірчистих плівок при взаємодії з атмосферою, що забезпечує платиновим (як і золотим) контактам стабільний перехідний опір. Платину застосовують для виготовлення термопар, розрахованих на робочі температури до +1600 °С (у парі зі сплавом платинородієм). Через малу твердість її іноді використовують для контактів у чистому вигляді, але вона є основою для деяких контактних сплавів. Найбільш поширені сплави платини з іридієм — вони не

окиснюються, мають високу твердість, мале механічне зношення, однак дорогі. Їх застосовують тоді, коли треба забезпечити високу надійність контактів.

Паладій (Pd) — важкий сріблястий метал, за деякими властивостями подібний до платини й часто є її заміником, тому що дешевший у 4–5 разів. Використання паладію в електровакуумній техніці обумовлене його здатністю активно поглинати водень. Останній, на відміну від інших га дифундує в паладій, а потім знову виділяється в чистому вигляді під час нагрівання паладію у вакуумі до температури +350–500 °С. Виділеним із паладію чистим воднем наповнюють деякі типи газорозрядних приладів. Паладій та його сплави зі сріблом і міддю застосовують як контактні матеріали. У відпаленому стані паладій має дуже хороші механічні властивості: межа міцності на розтяг — приблизно 200 МПа, відносне подовження при розриві — до 40 %, температура плавлення — +1554 °С. Паладій добре полірується, не тьмяніє, не схильний до корозії, але легше піддається хімічному впливу. Порівняно з іншими платиновими металами менш стійкий до дії окисників, розчиняється в суміші нітратної і хлоридної кислот.