



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75288 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
C22C 38/00  
C21D 10/00  
H01C 7/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) СПЛАВ ДЛЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ РЕЗИСТОРІВ ТА СПОСІБ ЙОГО ОДЕРЖАННЯ

1

(21) 20041008192  
(22) 08.10.2004  
(24) 15.03.2006  
(46) 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006 р.  
(72) Башев Валерій Федорович, Білецька Ольга Євгенівна, Большаков Володимир Іванович, Брехаря Григорій Павлович, Доценко Федір Федорович, Рябцев Сергій Іванович  
(73) ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(56) SU 1636466, A1, 23.03.1991  
SU 1817484, A1, 11.12.1989  
SU 515167, 03.06.1976  
SU 1654361, A1, 07.06.1991  
JP 03050801, A, 05.03.1991  
ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ.  
Т.93.- №3.- 2002.- С.105-112

2

(57) 1. Сплав для тонкоплівкових резисторів, що містить залізо та вуглець, який **відрізняється** тим, що він містить залізо та вуглець у такому співвідношенні компонентів (ат.%):  
вуглець - 65,0 - 75,0, залізо - решта.  
2. Спосіб одержання сплаву для тонкоплівкових резисторів, який включає триелектродне іонно-плазмове розпилення набірних мішеней, які складаються зі статистично рівномірно розташованих квадратів чистих елементів, що ізолювані один від одного бар'єрними комірками, які знаходяться під потенціалом анода, який **відрізняється** тим, що спочатку розпилюють чисті елементи вуглець і залізо, а потім проводять термообробку напиленого аморфного сплаву при температурі  $(823 \pm 10)$  К протягом  $60 \pm 5$  с.

Винахід відноситься до розробки сплавів, які використовують як пасивні резистивні елементи в мікроелектроніці для отримання тонкоплівкових резисторів (ТПР) із заданим поверхневим електроопором (ПО).

Відомий аморфний сплав для тонкоплівкових резисторів і спосіб його отримання [А. С. СРСР 1636466, C22C21/00, H01C7/06, Заяв. 25.08.88. Оуб. Бюл № 11, 1991 г.], який містить компоненти у такому співвідношенні, мас. % : кобальт -  $24,5 \div 54,0$ , вольфрам -  $0,2 \div 6,0$ , алюміній - решта. Спосіб отримання цього сплаву включає іонно-плазмове розпилення мозаїчних мішеней, які складаються зі статистично рівномірно розташованих квадратів кобальту, вольфраму та алюмінію, що ізолювані один від одного бар'єрними комірками, які знаходяться під потенціалом аноду.

Плівки, які отримані з цих сплавів, мають недостатній діапазон: поверхневого опору (до 500 Ом/кв) та температурний коефіцієнт електроопору у межах  $10^{-5} - 7 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

Ознаками, спільними з рішенням, що заявляється, є: отримання сплаву методом іонно-плазмового розпилення мозаїчних мішеней, які складаються зі статистично рівномірно розташованих квадратів вихідних елементів і які ізолювані один від одного бар'єрними комірками, що знаходяться під потенціалом аноду.

Відомий сплав [В.С. Жигалов, О.А.Баюков, Р.С.Искаков, Г.И. Фролов. Исследование фазовых переходов в пленках Fe-C. - РАН. Физика металлов и металловедение. - 2002.- т.93.- № 3. - С.105-112], що прийнятий за прототип, який містить  $\text{Fe}_{1-x}\text{C}_x$  ( $0,19 > x < 0,49$ ). Цей сплав має недостатній поверхневий опір (400-500 Ом/кв) та достатньо великий температурний коефіцієнт електроопору  $\approx 1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$  що не задовольняє вимогам сучасної мікроелектроніки: не дозволяє знижувати габарити тонкоплівкових резисторів, збільшувати їх температурно-часову стабільність, прецизійність електрофізичних характеристик та розширювати межі номіналів поверхневого електроопору.

(13) C2

(11) 75288

(19) UA

Спільними із прототипом ознаками є використання сплаву, що містить залізо та вуглець.

Відомий спосіб іонно-плазмового напilenня [А. С. СРСР № 1817484 ДСП МПК 5 С23С14/36, Заяв. 11.12.89. Оpub. Бюл. № 19. - 1993 г.], який включає триелектродне іонно-плазмове розпилення набірних мішеней, що складаються зі статистично рівномірно розташованих квадратів чистих металів Cu і W, які ізольовані один від іншого бар'єрними комірками, що знаходяться під потенціалом аноду (300В), при напрузі на мозаїчних мішенях (-2кВ), анодному струмі 1А, струмі розряду 20мА, робочому тиску в камері  $(0,8-1,6) \cdot 10^{-3}$  Па. Робочий газ - аргон, час напilenня - 360с.

Спільними з прототипом ознаками є:

- триелектродне іонно-плазмове розпилення набірних мішеней, що складаються зі статистично рівномірно розташованих квадратів чистих елементів, що ізольовані один від одного бар'єрними комірками, які знаходяться під потенціалом аноду (300 В), при напрузі на мозаїчних мішенях (-2 кВ), анодному струмі 1А, струмі розряду 20 мА, робочому тиску в камері  $(0,8-1,6) \cdot 10^{-3}$  Па. Робочий газ у розпилювальній камері - аргон, термін напilenня – 360 с.

Задачею винаходу є розроблення сплаву для тонкоплівкових резисторів та спосіб його отримання шляхом триелектродного іонно-плазмового розпилення набірних мозаїчних мішеней з чистих елементів (заліза і вуглеця) та термообробкою напilenого аморфного сплаву. Це дозволяє отримати сплав, який містить 65,0...75,0 ат. % вуглецю, залізо - решта, має прецизійні електрофізичні характеристики, а також високу корозійну стійкість, менші габаритні розміри пасивних елементів мікросхем.

Суттєвими ознаками сплаву, що заявляється, є використання вуглецю та заліза у такому співвідношенні компонентів (ат. %):

- вуглець 65,0...75,0,
- залізо - решта.

Відмінними від прототипу ознаками є використання вуглецю та заліза в такому співвідношенні компонентів (ат. %):

- вуглець 65,0...75,0,
- залізо - решта.

Сплави з таким вмістом вуглецю невідомі.

Суттєвими ознаками способу, що заявляється, є:

- триелектродне іонно-плазмове розпилення набірних мішеней, що складаються зі статистично рівномірно розташованих квадратів чистих елементів С і Fe, що ізольовані один від одного бар'єрними комірками, які знаходяться під потенціалом аноду 300 В, при напрузі на мозаїчних мішенях (-2 кВ), анодному струмі 1 А, струмі розряду 20 мА, робочому тиску у камері  $(0,8-1,6) \cdot 10^{-3}$  Па. Робочий газ - аргон, час напilenня 360 с;

- термообробка напilenого аморфного сплаву при температурі  $(823 \pm 10)^\circ\text{K}$  протягом  $60 \pm 5$ с.

Відмінними від прототипу ознаками є:

- розпилення чистих елементів С і Fe у новому співвідношенні;

- термообробка напilenого аморфного сплаву при температурі  $(823 \pm 10)^\circ\text{K}$  протягом  $60 \pm 5$  с.

Запропонований спосіб дозволяє отримати невідомий раніше сплав однорідної структури при кількості вуглецю ( $> 60$  ат. %).

Напilenі іонно-плазмовим методом корозійностійкі плівки Fe-C після термообробки мають аморфно-кристалічну структуру, яка складається з ферито-цементної суміші та аморфного вуглецю. Отриманий після термообробки ТКО сплавів Fe-C знаходиться на рівні  $\approx 1,4 \dots 2,0 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$  номінали поверхневого електроопору в залежності від складу і часу напilenня після обробки змінюються у межах 800-4000 Ом/кв. Запропонований склад і режим його термообробки надають сплаву нові корисні властивості.

Іонно-плазмове напilenня здійснювали на приладі УРМ 3.279.014 з розробленим додатковим прискорювачем іонів робочого газу при таких режимах: напруга на мозаїчній мішені (-2 кВ), анодний струм - 1 А, струм розряду 20 мА, робочий тиск у камері  $(0,8-1,6) \cdot 10^{-3}$  Па, робочий газ - аргон, час напilenня 360 с. Контроль за ступенем аморфізації плівок здійснювали на дифрактометрі ДРОН -2,0 та за допомогою чотиризондового методу вимірювання електроопору в процесі неперервного нагрівання у вакуумі. Мозаїчна мішень представляє набір квадратів (16 шт.) розміром  $20 \times 20 \times 5$  мм чистих елементів Fe і С, що рівномірно розташовані по площині розпилення. Квадрати цих елементів ізольовані один від одного екрануючими бар'єрними комірками, які знаходяться під потенціалом аноду і слугують додатковим прискорювачем через виникаючу неоднорідність електричного поля іонів робочого газу (аргону), які розпиляють мішень. Завдяки додатковим прискорювачам кінетична енергія іонів, що розпиляють мішень, зростає в 5-6 разів і дає можливість отримувати метастабільну аморфну структуру в сплаві. Сплави для тонкоплівкових резисторів містять залізо та 65,0-75,0 ат. % вуглецю спочатку розпилюються в аморфному стані, а потім вони проходять термообробку при температурі 823К протягом 60с. У таблиці наведено склади сплавів та їх властивості. Як видно з таблиці, оптимальний склад і режими термообробки, які необхідні для досягнення поставленої задачі винаходу, відповідають номерам №№ 2, 3, 5, 7, 9, 12.

Тонкі плівки із заявлених матеріалів можуть бути застосовані при виготовленні середньо- та високоомних прецизійних резисторів у мікросхемах. Порівняно з прототипом заявлені склади дозволяють досягти більш прецизійних значень ТКО плівкових резисторів за рахунок наближення практично до нуля ТКО з одночасним суттєвим поширенням інтервалів значень поверхневого електроопору і сприяти поліпшенню прецизійності і довготривалості роботи пасивних елементів мікросхем за рахунок використання тонкоплівкових резисторів у рівноважному відпаленому стані. Отримані плівки Fe-C мають високу адгезію до діелектричних підкладок на рівні  $\approx 50$  МПа.

Уведення в склад напilenих плівок підвищеного вмісту вуглецю забезпечує отриман-

ня у вихідному стані аморфної структури, а після запропонованої термообробки - прецизійних електрофізичних характеристик, а також високої корозійної стійкості (за рахунок надвисокого вмісту вуглецю) і підвищеної адгезії напильних плівок. Перевагами даного технічного рішення є: використання дешевих компонентів, зменшення габарит-

них розмірів пасивних елементів мікросхем завдяки зменшенню значень номіналів поверхневого електроопора і збільшення надійності їх роботи внаслідок досягнення в них рівноважної структури і фазового складу.

Заявлене рішення відповідає критеріям винаходу.

Таблиця

Склади плівкових бінарних сплавів Fe-C та їх електричні властивості після термообробки

№ п/п	Температура обробки, К	Час обробки, с	Склад, С, (ат. %)	Rs. Ом/кв	ТКО, $10^{-6}$ , К $^{-1}$
1.	823	60	63	420	9
2.	823	60	65	800	2
3.	823	60	75	4100	1,4
4.	823	60	77	4500	-3,5
5.	823	60	70	3600	1,7
6.	813	60	70	3900	4,5
7.	833	60	70	3600	1,7
8.	823	55	70	3750	2,1
9.	823	65	70	3600	1,7
10.	810	60	70	3900	5,3
11.	823	50	70	3850	4,1
12.	838	60	70	3600	1,7