



(12) Wirtschaftspatent

Korrigiert gemäß § 23 Absatz 2 Anordnung
über die Verfahren vor dem Patentamt

(19) DD (11) 210 140 C2

4(51) ~~H 01 C 17/08~~
H 01 C 17/12
C 23 C 15/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP H 01 C / 241 278 5

(22) 01.07.82

(44) 18.12.85

(44) 30.05.84

(71) siehe (72)

(72) Brode, Wolfgang, Dipl.-Phys., 6530 Hermsdorf, Am Stadion 57; Dintner, Helmut, Dr. Dipl.-Phys.; Henneberger, Jürgen, Dipl.-Chem.; Mattheis, Roland, Dipl.-Phys.; Nagel, Charlotte, Dipl.-Phys.; Pfeil, Georg; Rönnefarth, Bernd, Dipl.-Chem.; Steinhauer, Ingo, Dipl.-Phys.; Vogler, Gerold, Dr. Dipl.-Phys., DD

(54) Verfahren zur Herstellung relativ niederohmiger, stabiler NiCr(O)-Widerstandsschichten

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung relativ niederohmiger, stabiler NiCr(O)-Widerstandsschichten. Die Aufgabe und das Ziel reproduzierbar und damit ökonomischer Widerstandsschichten mit $\varrho = (150 \dots 250) \mu\Omega\text{cm}$ mit kleinem TKR herzustellen, wird dadurch gelöst, daß eine Sauerstoffkonzentration c_0 in der wachsenden Widerstandsschicht durch Variation des Reaktivgaspartialdrucks und der Kondensationsrate der Metallkomponenten auf einen Wert zwischen $10 \leq c_0 \leq 20$ Atom-% eingestellt und das Verhältnis der Chromkonzentration c_{Cr} zur Nickelkonzentration c_{Ni} in der sich bildenden Schicht durch c_0 bestimmt und entsprechend der Beziehung

$$\frac{c_{Cr}}{c_{Ni}} = \frac{100 \cdot k - \left(k - \frac{2}{3}\right) \cdot c_0}{100 - \frac{5}{3} \cdot c_0} \text{ (Atom-\%)} \text{ mit } k = 1,3 \dots 1,7$$

festgelegt wird, wobei die entstehenden Widerstandsschichten einen überwiegenden Chromanteil aufweisen, und der TKR allein über die Temperatur der Substrate während der Beschichtung gesteuert wird.

Brode, Dipl.-Phys. Wolfgang	H 01 C 17/08
Dintner, Dr. Dipl.-Phys. Helmut	H 01 C 17/12
Henneberger, Dipl.-Chem. Jürgen	C 23 C 15/00
Nägel, Dipl.-Phys. Charlotte	P 876/a
Mattheis, Dipl.-Phys. Roland	
Pfeil, Georg	
Rönnefarth, Dipl.-Chem. Bernd	
Steinhauer, Dipl.-Phys. Ingo	
Vogler, Dr. Dipl.-Phys. Gerold	

Titel der Erfindung

Verfahren zur Herstellung relativ niederohmiger, stabiler NiCr(O)-Widerstandsschichten.

Anwendungsgebiet der Erfindung

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung relativ niederohmiger, stabiler NiCr(O)-Widerstandsschichten mit kleinem TKR. Das erfindungsgemäße Verfahren findet bei der Herstellung derartiger Widerstandsschichten mittels üblicher reaktiver Kathodenzerstäubungs- oder Bedampfungs-
10 verfahren Anwendung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

- Die Herstellung von Widerstandsschichten auf der Basis partiell oxidierten NiCr-Legierungsschichten ist seit langem bekannt und wird bereits seit vielen Jahren zur Produktion
15 von Dünnschichtwiderständen angewendet. Dabei sind die Hersteller bestrebt, ihre Technologie der Schichtabscheidung so zu führen, daß eine reproduzierbare hohe Ausbeute von Widerstandsschichten mit kleinem Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes (TKR) und mit einer hohen
20 Langzeitstabilität erreicht wird. Als relativ niederohmige Schichten werden in diesem Zusammenhang partiell oxidierte NiCr-Schichten mit einem spezifischen Widerstand von $\varrho = (150 \dots 250) \mu\Omega\text{cm}$ verstanden. Beispielsweise ergibt sich bei einer Schichtdicke von $d = 20 \text{ nm}$ ein Flächenwider-
25 stand $R_F = \varrho/d$ von $(75 \dots 125) \Omega/\text{Quadrat}$. Charakteristisch ist eine reaktive Prozeßführung der Schichtabscheidung, um eine gezielte teilweise Oxidation der kondensierenden Schicht zu realisieren. Da die reaktiven Bestandteile der

Beschichtungsatmosphäre in starkem Maße von der wachsenden Schicht gegettert werden, stellt der Reaktivgaspartialdruck in der Anlage während der Schichtabscheidung einen anlagenspezifischen Parameter dar, welcher keine Aussage über eine
5 interessierende Größe, den in die wachsende Schicht eingebauten Sauerstoff, liefert. Eine Folge davon ist die grundsätzliche Schwierigkeit, daß die Beschichtungstechnologie lediglich auf rein empirischem Wege festgelegt werden kann und die an einer Anlage gewonnenen Ergebnisse und Zusammen-
10 hänge nur bedingt auf andere Beschichtungsanlagen übertragbar sind. Die elektrischen Eigenschaften des späteren Bauelementes unterliegen, wegen der empirischen Technologiefestlegung immer einer relativ starken Streuung. Gleichzeitig ist zur Festlegung der Technologie eine Vielzahl von
15 Vorversuchen notwendig, um Bauelemente mit den angestrebten Parametern zu erhalten.

Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung relativ niederohmiger, sehr stabiler NiCr(O)-Wider-
20 standsschichten anzugeben, mit dem die Herstellung dieser Schichten reproduzierbar und ökonomisch vorgenommen werden kann.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur
25 Herstellung relativ niederohmiger [$\rho = (150 \dots 250) \mu\Omega\text{cm}$] elektrisch stabiler NiCr(O)-Widerstandsschichten in kleinem TKR mittels reaktiver Beschichtungstechnologien anzugeben, wobei die Eigenschaften der Widerstandsschichten im wesentlichen durch einen Parameter festgelegt werden sollen.
30 Es wurde gefunden, daß der wesentliche die Widerstandsschichteigenschaften beeinflussende Parameter die Sauerstoffkonzentration in der Widerstandsschicht ist. Kennt man die notwendige Konzentration, lassen sich eine Reihe anderer notwendiger Parameter in erfindungsgemäßer Weise fest-
35 legen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß

eine Sauerstoffkonzentration c_0 in der wachsenden Widerstandsschicht durch Variation des Reaktivgaspartialdrucks und/oder der Kondensationsrate der Metallkomponenten auf einen Wert zwischen $10 \leq c_0 \leq 20$ Atom% eingestellt und das
5 Verhältnis der Chromkonzentration c_{Cr} zur Nickelkonzentration c_{Ni} in der sich bildenden Schicht durch c_0 bestimmt und entsprechend der Beziehung

$$\frac{c_{Cr}}{c_{Ni}} = \frac{100 \cdot k - (k - \frac{2}{3}) \cdot c_0}{100 - \frac{5}{3} \cdot c_0} \quad (\text{Atom\%}) \quad \text{mit } k = 1,3 \dots 1,7$$

festgelegt wird, wobei die entstehenden Widerstandsschichten einen überwiegenden Chromanteil aufweisen und der TKR
10 allein über die Temperatur der Substrate in einem Bereich von $400 \text{ K} \leq T_S \leq 650 \text{ K}$ gesteuert wird. Im Fall einer Kathodenzerstäubung als Vakuumbeschichtungstechnologie wird ein Target mit einem Verhältnis der Zusammensetzung Cr/Ni von 60/40 ... 70/30 verwendet.

15 Ausführungsbeispiel

Es sollen NiCr(O)-Schichten mit einem spezifischen Widerstand von $\varrho = 200 \text{ } \mu\Omega \text{ cm}$ bei kleinem TKR und hoher Langzeitstabilität hergestellt werden. Da der spezifische Widerstand im infrage kommenden Bereich des Cr/Ni-Verhältnisses eindeutig von der Sauerstoffkonzentration abhängt, ergibt sich ein Wert von $c_0 \approx 15$ Atom%. Um Schichten mit günstigen Stabilitätseigenschaften zu erhalten, wird das Cr/Ni-Verhältnis der Schicht, welches im Falle der Kathodenzerstäubung der Targetzusammensetzung ent-
25 spricht, erfindungsgemäß nach obiger Formel auf den Bereich $c_{Cr}/c_{Ni} = (62/38 \dots 67/33)$ Atom% festgelegt. Mit dieser erfindungsgemäßen Festlegung der Schichtzusammensetzung bezüglich Chrom, Nickel und Sauerstoff wird durch eine einfache Variation des Reaktivgaspartialdrucks und/oder
30 der NiCr-Kondensationsrate die erforderliche erfindungsgemäße Sauerstoffkonzentration in den Schichten eingestellt, und weiterhin wird die Substrattemperatur, bei welcher der Temperaturkoeffizient einen hinreichend kleinen

Wert aufweist, eingestellt, wobei sich im betrachteten Beispiel eine Temperatur im Bereich von (425 ... 625) K ergibt. Beispielsweise beträgt die Substrattemperatur 525 K, wenn das Verhältnis c_{Cr}/c_{Ni} zu 65/35 gewählt wird, um obige 5 Widerstandsschichten zu erhalten. Die erfindungsgemäßen Beziehungen sind anlagen- und verfahrensunabhängig. Durch ihre Anwendung gelingt es, durch die gezielte Einstellung von zwei Parametern, der Sauerstoffkonzentration sowie der Substrattemperatur während der Abscheidung, Schichten mit 10 dem vorgegebenen spezifischen Widerstand herzustellen und gleichzeitig den TKR unter 5 ppm/K und die Langzeitstabilität der Schichten bei einer Lagerung an Luft über 1000 Stunden bei 400 K unter 0,8 Promille zu halten.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Herstellung relativ niederohmiger - mit einem spezifischen Widerstand ϱ im Bereich von $150 \leq \varrho \leq 250 \mu\Omega\text{cm}$ - elektrisch stabiler NiCr(O)-Widerstandsschichten mit kleinem TKR mittels reaktiver Vakuumbeschichtungstechnologien, gekennzeichnet dadurch, daß eine Sauerstoffkonzentration c_O in der wachsenden Widerstandsschicht durch Variation des Reaktivgaspartialdrucks und der Kondensationsrate der Metallkomponenten auf einen Wert zwischen $10 \leq c_O \leq 20 \text{ Atom\%}$ eingestellt und das Verhältnis der Chromkonzentration c_{Cr} zur Nickelkonzentration c_{Ni} in der sich bildenden Schicht durch c_O bestimmt und entsprechend der Beziehung

$$\frac{c_{Cr}}{c_{Ni}} = \frac{100 \cdot k - (k - \frac{2}{3}) \cdot c_O}{100 - \frac{5}{3} \cdot c_O} \text{ (Atom\%)} \text{ mit } k = 1,3 \dots 1,7$$

festgelegt wird, wobei die entstehenden Widerstandsschichten einen überwiegenden Chromanteil aufweisen, und der TKR allein über die Temperatur der Substrate während der Beschichtung gesteuert wird.

2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß im Fall einer Kathodenzerstäubung als Vakuumbeschichtungstechnologie ein Target mit einem Verhältnis der Zusammensetzung von Cr/Ni von (60/40 ... 70/30) Atom% verwendet wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Substrattemperatur T_S während der Beschichtung in einem Bereich von $400 \text{ K} \leq T_S \leq 650 \text{ K}$ geregelt wird.