



Patent beschränkt
aufrechterhalten nach
§ 12 Abs. 3 ErstrG

(51) Int. Cl.⁵: **H 01 C 7/00**
H 01 C 7/06

DEUTSCHES PATENTAMT

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Aufrechterhaltung kann Einspruch eingelegt werden

(21) Aktenzeichen:	(22) Anmeldetag:	(44) Veröff.-tag der DD-Patentschrift:	(45) Veröff.-tag der Aufrechterhaltung:
DD H 01 C / 271 230 4	20. 12. 84	20. 11. 85	22. 09. 94

(30) Unionspriorität:

—

(72) Erfinder: Heinrich, Armin, Dr. rer. nat., 01324 Dresden, DE; Vinzelberg, Hartmut, Dr. rer. nat., 01309 Dresden, DE; Schumann, Joachim, Dr. rer. nat., 01237 Dresden, DE; Lange, Felix, Prof. Dr. habil., 01326 Dresden, DE; Uhlisch, Horst-Heiner, Dr.-Ing., 01324 Dresden, DE; Müller, Albrecht, Dipl.-Phys., 14532 Kleinmachnow, DE

(73) Patentinhaber: Institut für Festkörper- und Werkstofforschung Dresden e. V., Helmholtzstr. 20, 01069 Dresden, DE

(54) Präzisionswiderstandsschicht für den Mittel- und Hochohmbereich

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 2 724 498 C2 DE-OS 2 605 174 DE-OS 2 510 311 DD 210 779
Electronics and Communications in Japan 9 (1969) 11, S. 162–170

Patentansprüche:

1. Präzisionswiderstandsschicht für den Mittel- und Hochohmbereich, die aus einer Cr-Si-O-Legierung besteht und auf einem isolierenden Substrat in einer Schichtdicke von 10 bis 500 nm angeordnet und getempert ist, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Atomverhältnis Si/Cr 0,2 bis 10 und die Sauerstoffkonzentration 5 bis 55 At-% beträgt, die Schicht 5 bis 70 At-% Al, bezogen auf das ternäre System Si–Al–Cr enthält und bei einer Temperatur $\geq$ der Kristallisationstemperatur der metallischen Phase wärmebehandelt ist.
2. Präzisionswiderstandsschicht für den Mittelohmbereich nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Schicht 10 bis 30 At-% Al enthält.
3. Präzisionswiderstandsschicht für den Hochohmbereich nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Schicht 30 bis 50 At-% Al enthält.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Elektronik/Elektrotechnik. Objekte, bei denen ihre Anwendung möglich und zweckmäßig ist, sind beispielsweise diskrete Widerstände, Widerstandsnetzwerke sowie Widerstandselemente in integrierten Schaltungen und Sensoren.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Nach der DE-OS 2724498 ist eine auf einem Substrat angeordnete Widerstandsschicht bekannt, die aus einer homogenen Mischung einer oder mehrerer Chrom-Silizium-Verbindungen und einem Oxid oder mehreren Oxiden des Chroms und/oder Siliziums besteht. Der Nachteil dieser Widerstandsschichten besteht darin, daß auf Grund der chemischen Zusammensetzung und der durch die Wärmebehandlung erzielten Struktur der Schicht, sich sowohl im Mittelohmgebiet als auch, wie aus Thin Solid Films 65 (1980) S.33 bekannt, im Hochohmgebiet zu stark negative Temperaturkoeffizienten ergeben (bei $\zeta = 16000 \mu\Omega\text{cm}$ $\text{TK} = -400 \text{ ppm/K}$ bzw. bei $\zeta \approx 1 \Omega\text{cm}$ $\text{TK} < -500 \text{ ppm/K}$). Weiterhin ist im Hochohmgebiet nachteilig, daß die Einstellung des Temperaturkoeffizienten technologisch ungenügend beherrschbar ist, da er sowohl mit wachsender Tempertemperatur als auch mit zunehmendem Sauerstoffgehalt in der Schicht sehr steil abfällt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, im Mittel- und Hochohmgebiet einen Temperaturkoeffizienten nahe Null zu erreichen und seine Einstellung technologisch beherrschbar zu gestalten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die chemische Zusammensetzung und die Struktur der Schicht zu verändern und einen flacheren Verlauf des TK in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung und dem Sauerstoffgehalt zu erzielen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Widerstandsschicht aus einer Cr-Si-Al-O-Legierung besteht, auf einem isolierenden Substrat angeordnet und getempert ist. Die Schicht ist 10 bis 500 nm dick. Das Atomverhältnis Si/Cr beträgt 0,2 bis 10 und die Sauerstoffkonzentration 5 bis 55 At-%. Die Schicht enthält 5 bis 70 At-% Al, bezogen auf das ternäre System Si–Al–Cr und ist bei einer Temperatur $\geq$ der Kristallisationstemperatur der metallischen Phase wärmebehandelt. Die Widerstandsschicht besitzt eine cermetartige Struktur, bei der die dielektrische Phase zwei oxidische Komponenten, Aluminium- und Siliziumoxid, und die metallische Phase mindestens ein Chromsilizid enthält. Der Oxydationsgrad des SiO_x liegt bevorzugt zwischen 0,9 und 1,7. Erfindungsgemäße Widerstandsschichten für den Mittelohmbereich enthalten vorzugsweise 10 bis 30 At-% und für den Hochohmbereich 30 bis 50 At-% Al, wobei der Widerstandswert zusätzlich über den Sauerstoffgehalt geregelt wird.

Ausführungsbeispiele

Beispiel 1

Auf einer oxydierten Siliziumscheibe ist eine 110 nm dicke Widerstandsschicht der Zusammensetzung 42 At-% Si, 40 At-% Al und 18 At-% Cr angeordnet, die mit 50 At-% Sauerstoff angereichert ist. Diese Schicht weist folgende Ausgangswerte für den spezifischen Widerstand ζ und den Temperaturkoeffizienten TK auf:

$$\begin{aligned}\zeta_0 &= 75\,000 \mu\Omega\text{cm} \\ \text{TK}_0 &= -1\,450 \text{ ppm/K}.\end{aligned}$$

Nach einer Wärmebehandlung von 4 Stunden im Argon ergeben sich in Abhängigkeit von der Temperatur folgende Werte für ς und TK:

	T = 500 °C	T = 530 °C	T = 550 °C
ς [$\mu\Omega\text{cm}$]	25 000	40 000	85 000
TK [ppm/K]	–40	+5	+30

Nach einer weiteren Wärmebehandlung von 4 Stunden bei 550 °C an Luft werden für

$$\begin{aligned}\varsigma &= 350\,000\,\mu\Omega\text{cm} \text{ und für den} \\ \text{TK} &= +10\,\text{ppm/K} \text{ gemessen.}\end{aligned}$$

Eine nochmalige Wärmebehandlung unter den gleichen Bedingungen gibt Endwerte für

$$\begin{aligned}\varsigma &= 900\,000\,\mu\Omega\text{cm} \text{ und für den} \\ \text{TK} &= +80\,\text{ppm/K}.\end{aligned}$$

Für die Langzeitstabilität $\Delta R/R$ (1000 h Auslagerung bei 125 °C) ergeben sich für die bei 500 °C getemperte Schicht

$$\begin{aligned}\frac{\Delta R}{R} &= 6 \cdot 10^{-5} \text{ und für die bei 550 °C nochmals nachbehandelte Schicht} \\ \frac{\Delta R}{R} &= 5 \cdot 10^{-4}.\end{aligned}$$

Die Schichten zur Bestimmung der Langzeitstabilität wurden einer thermischen Vor- und Nachbehandlung bei 300 °C an Luft von 16 h bzw. 100 h unterzogen.

Beispiel 2

Eine Widerstandsschicht von 125 nm Dicke der Zusammensetzung wie im Beispiel 1, auf dem gleichen Substrat angeordnet und mit 52 At-% Sauerstoff angereichert, besitzt Ausgangswerte

$$\begin{aligned}\varsigma_o &= 190\,000\,\mu\Omega\text{cm} \\ \text{TK}_o &= -1\,500\,\text{ppm/K}.\end{aligned}$$

Nach einer Wärmebehandlung von 4 h bei 500 °C ergeben sich bei Argon als Temperatmosphäre

$$\begin{aligned}\varsigma &= 48\,800\,\mu\Omega\text{cm} \\ \text{TK} &= -40\,\text{ppm/K}\end{aligned}$$

und bei Luft als Temperatmosphäre

$$\begin{aligned}\varsigma &= 49\,200\,\mu\Omega\text{cm} \\ \text{TK} &= -36\,\text{ppm/K}\end{aligned}$$

mit einer Langzeitstabilität nach Auslagerung von 1000 h bei 125 °C nach Vor- und Nachtemperung der Widerstandsschicht bei 300 °C an Luft von 16 h bzw. 100 h

$$\frac{\Delta R}{R} = 7 \cdot 10^{-5}.$$

Nach einer weiteren Wärmebehandlung von 4 h bei 550 °C ergeben sich bei Argon

$$\begin{aligned}\varsigma &= 135\,000\,\mu\Omega\text{cm} \\ \text{TK} &= +26\,\text{ppm/K}\end{aligned}$$

und bei Luft

$$\begin{aligned}\varsigma &= 115\,000\,\mu\Omega\text{cm} \\ \text{TK} &= +22\,\text{ppm/K}\end{aligned}$$

sowie im ersteren Fall eine Langzeitstabilität (bei gleicher Vor- und Nachbehandlung wie oben)

$$\frac{\Delta R}{R} = 2 \cdot 10^{-4}.$$

Eine nochmalige Wärmebehandlung ergibt eine weitere Widerstandserhöhung bei faktischer TK-Konstanz, so nach weiteren 4 h bei 550°C in Luft

$$\begin{aligned}\zeta &= 356\,000\ \mu\Omega\text{cm} \\ \text{TK} &= +25\ \text{ppm/K.}\end{aligned}$$

Beispiel 3

Auf einer oxydierten Siliziumscheibe ist eine 105 nm dicke Widerstandsschicht der Zusammensetzung 42 At-% Si, 40 At-% Al und 18 At-% Cr, die mit 45 At-% Sauerstoff angereichert ist, angeordnet. Diese Schicht weist folgende Ausgangswerte auf

$$\begin{aligned}\text{spezifischer Widerstand } \zeta_0 &= 10\,600\ \mu\Omega\text{cm} \\ \text{Temperaturkoeffizient } \text{TK}_0 &= -1\,000\ \text{ppm/K.}\end{aligned}$$

Nach einer Wärmebehandlung von 4 Stunden bei 500°C in Argon beträgt der spezifische Widerstand

$$\begin{aligned}\zeta &= 8\,000\ \mu\Omega\text{cm und der Temperaturkoeffizient} \\ \text{TK} &= +30\ \text{ppm/K}\end{aligned}$$

und für die Langzeitstabilität nach thermischer Vor- und Nachbehandlung wie im Beispiel 1 bzw. 2

$$\frac{\Delta R}{R} = 2 \cdot 10^{-4}.$$

Erfindungsgemäße Widerstandsschichten zeichnen sich durch kleine absolute TK-Werte und hohe Stabilität bis in den Hochohmbereich aus. Außerdem kann für den gesamten Mittel- und Hochohmbereich ein einheitliches Werkstoffsystem verwendet werden.