(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 405 304**
A2

(12) # EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **90111587.3**

(22) Anmeldetag: **19.06.90**

(51) Int. Cl.[5]: **H01C 7/00**, H01C 17/12, H01C 17/08

(30) Priorität: **29.06.89 DE 3921431**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: **02.01.91 Patentblatt 91/01**

(84) Benannte Vertragsstaaten: **DE FR GB NL**

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Hoheisel, Martin, Dr..**
Thereses-Giehse-Allee 87
D-8000 München 83(DE)
Erfinder: **Mrotzek, Christine**
Karwendelstrasse 166
D-8017 Ebersberg(DE)
Erfinder: **Müller, Werner**
Zeppelinstrasse 5
D-8025 Unterhaching(DE)

(54) **Dünnschichtwiderstände mit Flächenwiderstandswerten im Bereich zwischen 1M-Ohm und mehreren G-Ohm und Verfahren zu ihrer Herstellung.**

(57) Aus einem transparenten, leitfähigen Oxid, insbesondere aus Indium-Zinn-Oxid (= ITO) bestehende Dünnschichtwiderstände weisen Flächenwiderstandswerte zwischen 1 M-Ohm und mehreren G-Ohm auf, wenn ihre Herstellung durch Sputtern oder Aufdampfen in einer Atmosphäre mit einem erhöhten Sauerstoffpartialdruck erfolgt. Es können Dünnfilm-Widerstände aus ITO-Schichten im Bereich von 8 M-Ohm und 40 G-Ohm realisiert werden, die für integrierte Schaltungen in der Großflächenelektronik Anwendung finden.

EP 0 405 304 A2

DÜNNSCHICHTWIDERSTÄNDE MIT FLÄCHENWIDERSTANDSWERTEN IM BEREICH ZWISCHEN 1 M-OHM UND MEHREREN G-OHM UND VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG.

Die Erfindung betrifft Dünnschichtwiderstände mit Flächenwiderstandwerten im Bereich zwischen 1 M-Ohm (Megaohm) und mehreren G-Ohm (Gigaohm), Verfahren zu ihrer Herstellung, sowie die Verwendung der verfahren zur Herstellung von solchen Dünnfilmwiderständen in integrierten Schaltungen.

Für Anwendungen in der Großflächenelektronik (Large-Area-Microelectronics) werden neben aktiven Bauelementen, wie Dioden und Transistoren auch Widerstände benötigt. Dabei müssen Arbeitswiderstände von Verstärkern oder Logikschaltungen in der Größenordnung des ON-Widerstandes der verwendeten Transistoren liegen. Rückkoppelwiderstände müssen oft noch wesentlich größer sein. Bei Dünnfilm-Transistoren, sogenannten TFTs, aus amorphem Silizium ergeben sich dabei sehr hohe Widerstandswerte.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Material anzugeben, aus dem sich Dünnschichtwiderstände zwischen 1 M-Ohm und mehreren G-Ohm herstellen lassen.

Aus einem Bericht von H. Steemers und R. Weisfield aus Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 118 (1988), Seiten 445 bis 449 ist bekannt, Widerstände aus amorphem Silizium (a-Si:H) herzustellen. Verwendet man hochdotiertes a-Si:H, errreicht man nur Flächenwiderstandswerte um 10 k-Ohm bei Temperaturkoeffizienten von 2,5 Prozent/° C. Undotiertes a-Si:H erreicht zwar Flächenwiderstände von bis zu 10^{15} Ohm, allerdings bei Temperaturkoeffizienten von 12 Prozent/° C. Dies ist für praktische Anwendungen unbrauchbar.

Aus einem Bericht von S. M. Ojha aus Thin Solid Films 57 (1979), Seiten 363 bis 366 ist bekannt, Widerstände aus Cermet zu verwenden. Es handelt sich dabei um gemeinsam aufgesputterte Schichten aus SiO_2 und einem Metall. Diese Cermet-Widerstände lassen sich allerdings nur mit Hilfe einer Hochfrequenz-Sputteranlage herstellen, da die Targets zu hochohmig sind. Da eine Änderung der Targetzusammensetzung von 20 Prozent zu einer Änderung des Flächenwiderstands um mehrere Zehner-Potenzen führt, sind solche Widerstände schlecht reproduzierbar herzustellen.

Gegenstand der Erfindung ist ein Material für Dünnschichtwiderstände mit Flächenwiderstandswerten zwischen dem 1 M-Ohm-Bereich bis in den G-Ohm-Bereich, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß es aus einem transparenten, leitfähigen Oxid besteht und durch Sputtern oder Aufdampfen in einer Atmosphäre mit einem erhöhten Sauerstoffpartialdruck hergestellt ist. Es liegt im Rahmen der Erfindung, daß dieses Material aus Indium-Zinn-Oxid besteht.

Wie aus der europäischen Patentanmeldung 0 293 645 bekannt ist, werden Indium-Zinn-Oxid-Schichten als transparentes, leitfähiges Material für Elektroden für Photodioden in Bildsensorzeilen auf der Basis von amorphem Silizium verwendet. Dabei werden die Herstellbedingungen so optimiert, daß die Schichten eine hohe Transparenz und eine möglichst gute elektrisch Leitfähigkeit aufweisen. Typische Flächenwiderstände von 100 nm dicken ITO-Schichten liegen um 200 Ohm pro square (entspricht einem spezifischen elektrischen Widerstand von 20 x 10^{-4} Ohm cm); die Transparenz für sichtbares Licht beträgt 90 Prozent. Die Herstellung von ITO-Schichten erfolgt durch reaktives Sputtern oder reaktives Elektronenstrahlverdampfen. Dabei wird von einem metallischen oder oxidischen Material ausgegangen und der Sauerstoffgehalt der abgeschiedenen Schicht durch den Sauerstoffpartialdruck während der Herstellung eingestellt. Erhöht man den Sauerstoff-Partialdruck, werden die Schichten zwar transparenter, jedoch hochohmiger. Dieser Effekt nutzt die vorliegende Erfindung aus. Bei dem in der europäischen Patentanmeldung beschriebenen Verfahren wird dagegen, um den Flächenwiderstand niedrig zu halten, während der Beschichtung der Sauerstoffpartialdruck im Rezipienten durch vorübergehendes Abschalten der Sauerstoffzufuhr reduziert.

Die Erfindung nutzt auch diese Möglichtkeit aus und stellt mit dem gleichen Material (ITO) und in der gleichen DC (= Gleichstrom)-Sputteranlage mit dem gleichen Target sowohl Elektroden für Photodioden als auch Widerstände in einer intergrierten Schaltung her; nur der Sauerstoffpartialdruck muß erhöht bzw. erniedrigt werden, was aber leicht durchführbar ist.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung, insbesondere Verfahren zu ihrer Realisierung, ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von zwei Ausführungsbeispielen noch näher erläutert.

1. Ausführungsbeispiel:

Hergestellt wird eine ITO-Schicht mit einem Flächenwiderstand von 200 M-Ohm. Dabei wird ein metallisches Target bestehend aus 90 Gewichtprozent Indium und 10 Gewichtprozent Zinn verwendet und die Schicht in der DC-Sputteranlage (BAK 600 von Balzers) mit einem Gasgemisch aus 3 x 10^{-3} mbar Argon und 5 x 10^{-3} mbar Sauerstoff aufgesputtert. Das Substrat wird dabei auf Raumtempe-

ratur gehalten; die Sputterleistung beträgt 800 W. Nach 49 Minuten Sputterzeit beträgt die Schichtdicke 95 nm und der Flächenwiderstand 200 M-Ohm.

2. Ausführungsbeispiel:

Eine weitere ITO-Schicht mit einem Flächenwiderstand von 1,5 G-Ohm wird in Abänderung der Parameter zum 1. Ausführungsbeispiel dadurch hergestellt, daß der Sauerstoffpartialdruck auf 2.6 x 10^{-3} mbar und die Sputterleistung auf 750 W eingestellt wird. Nach 8 Minuten Sputterzeit beträgt die Schichtdicke 35 nm und der Flächenwiderstand 1.5 G-Ohm.

Da es möglich ist, Dünnfilmwiderstände mit Geometrieverhältnissen (Länge/Breite) von 1/25 bis 25/1 herzustellen, ist es auch möglich, mit erfindungsgemäßen ITO-Schichten Widerstände zwischen 8 M-Ohm und 40 G-Ohm zu realisieren. Durch Erhöhung des Partialdruckes dürften auch noch größere Widerstandswerte zu erreichen sein.

Ansprüche

1. Dünnschichtwiderstände mit Flächenwiderständen im Bereich zwischen 1 M-Ohm und mehreren G-Ohm, bestehend aus einem transparenten, leitfähigen Oxid, hergestellt durch Sputtern oder Aufdampfen in einer Atmosphäre mit einem erhöhten Sauerstoffpartialdruck.

2. Dünnschichtwiderstände nach Anspruch 1, bestehend aus Indium-Zinn-Oxid (ITO).

3. Verfahren zum Herstellen von Dünnschichtwiderständen aus Indium-Zinn-Oxid (ITO) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Indium-Zinn-Oxid durch Sputtern mit einem metallischen Indium-Zinn-Target in einem Edelgas-Sauerstoff-Gasgemisch hergestellt wird.

4. Verfahren zum Herstellen von Dünnschichtwiderständen aus Indium-Zinn-Oxid (ITO) auf integrierte Halbleiterschaltungen enthaltenden Substraten nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß

a) ein Target aus einer Indium/Zinn-Legierung mit 98 bis 90 Gewichtsprozent Indium und 2 bis 10 Gewichtsprozent Zinn verwendet wird,

b) die Beschichtung in einer DC-Magnetron-Sputteranlage vorgenommen wird,

c) ein Gasgemisch aus 2 x 10^{-3} mbar bis 1 x 10^{-1} mbar Argon und 2 x 10^{-3} mbar bis 2 x 10^{-2} mbar Sauerstoff verwendet wird,

d) die Substrate auf einer Temperatur zwischen Raumtemperatur und 80 °C gehalten werden, und

e) die Sputterleistung im Bereich von 600 bis 3000 Watt eingestellt wird.

5. Verfahren zum Herstellen von Dünnschichtwiderständen aus Indium-Zinn-Oxid mit einem Flächenwiderstand von 200 M-Ohm bei einer Schichtdicke von 95 nm nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** daß

a) ein Target aus einer Indium/Zinn-Legierung mit 90 Gewichtsprozent Indium und 10 Gewichtsprozent Zinn verwendet wird,

b) die Beschichtung in einer DC-Magnetron-Sputteranlage vorgenommen wird,

c) ein Gasgemisch aus 3 x 10^{-3} mbar Argon und 5 x 10^{-3} mbar Sauerstoff verwendet wird,

d) die Substrate auf Raumtemperatur gehalten werden und

e) die Sputterleistung im Bereich von 750 bis 850 Watt eingestellt wird.

6. Verfahren zum Herstellen von Dünnschichtwiderständen aus Indium-Zinn-Oxid mit einem Flächenwiderstand von 1,5 G-Ohm bei einer Schichtdicke von 35 nm nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** daß

a) ein Target aus einer Indium/Zinn-Legierung mit 90 Gewichtsprozent Indium und 10 Gewichtsprozent Zinn verwendet wird,

b) die Beschichtung in einer DC-Magnetron-Sputteranlage vorgenommen wird,

c) ein Gasgemisch aus 3 x 10^{-3} mbar Argon und 2,6 x 10^{-3} mbar Sauerstoff verwendet wird,

d) die Substrate auf Raumtemperatur gehalten werden und

e) die Sputterleistung im Bereich von 750 W eingestellt wird.

7. Verwendung der Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6 zur Herstellung von Dünnfilmwiderständen in integrierten Schaltungen mit transparenten Indium-Zinn-Oxid-Elektroden aufweisenden Photodioden.