



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäÙ § 29 Absatz 1 des Patentgesetzes

ISSN 0433-6461

(11)

1579 89

Int.Cl.³

3(51) H 05 K 3/10

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP H 05 K/ 2244 48

(22) 10.10.80

(45) 22.12.82

(71) siehe (72)

(72) GIERTH, LOTHAR, DOZ. DR. RER. NAT.; RICHTER, FALK, DIPL.-CHEM.; BROULIK, RENATE;
KOEHLER, THOMAS, DIPL.-ING.; DD;
GESEMANN, RENATE, PROF. DR. SC. TECHN.; DD;

(73) siehe (72)

(74) INGENIEURHOCHSCHULE MITTWEIDA, FORSCHUNG, NEUERERWESEN, SCHUTZRECHTE, 9250 MITTWEIDA,
PLATZ DER DSF 17

(54) VERFAHREN ZUR STRUKTURIERTEN CHEMISCHREDUKTIVEN METALLABSCHEIDUNG

(57) Das Verfahren bezieht sich auf ein chemisch-reduktives Abscheiden additiv strukturierter Metallschichten mit Hilfe von Laserstrahlen auf elektrisch nichtleitenden oder halbleitenden Oberflächen. Das erfindungsgemäÙe Verfahren arbeitet ohne Maske und ermöglicht das Aufbringen besonders auch von sehr schmalen Metallbahnen. Darüber hinaus arbeitet das Verfahren mit höchster Materialökonomie. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß alle bekannten Metallisierungsbaeder bei Raumtemperatur Verwendung finden und die erforderliche Arbeitstemperatur mit Hilfe eines geeigneten Lasers nur auf der Stelle des Substrats erzeugt wird, die beschichtet werden soll. Durch Relativbewegung von Laser und Substrat werden Metallbahnen erzeugt. Nach entsprechender Vorbehandlung der Substrate (Reinigen, Entfetten, Ätzen) werden diese wie üblich aktiviert und mit der zu beschichtenden Seite nach oben in ein chemisch reduktives Metallisierungsbad gelegt. Darauf wird mit dem Laser die gewünschte Struktur bestrahlt bzw. beheizt, das Substrat aus dem Bad genommen, gespült und getrocknet. Anwendungen in der Elektronik und verwandten Gebieten.

224448

Titel der Erfindung .

Verfahren zur strukturierten chemisch- reduktiven
Metallabscheidung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Das Verfahren bezieht sich auf ein chemisch-reduktives Abscheiden additiv strukturierter Metallschichten auf elektrisch nichtleitenden oder halbleitenden Oberflächen. Je nach Art des Metalls oder der Legierung können diese Strukturen als Leiterzüge oder Widerstände in der Elektronik benutzt werden, z.B. für Hybridschaltungen, interdigitale Wandlerstrukturen, Leiterbahnen und Kontaktschichten auf Keramik u.a.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Metallisierung von Oberflächen ist ein häufig verwendeter Verfahrensschritt bei der Herstellung unterschiedlicher Produkte.

In vielen Fällen ist es wichtig, eine Oberfläche, z.B. von einem Isolationsmaterial nicht durchgehend zu metallisieren, sondern die Metallschicht in einer bestimmten Struktur aufzubringen. Die Anforderungen für solche Strukturierungen hinsichtlich ihrer Geometrie können recht unterschiedlich sein.

In vielen Fällen sind recht grobe Strukturierungen im mm-Bereich ausreichend, in besonderen Fällen (Mikroelektronik, Mikroakustik u.a.) werden Strukturierungen im μ m-Bereich mit exakter Einhaltung der Geometrie erforderlich. Zum Aufbringen der Metallschicht selbst werden häufig die folgenden Verfahren verwendet:

- Bedampfung
- Sputtering
- Stromloses (chemisch-reduktives) Abscheiden aus Bädern (eventuell mit galvanischer Verstärkung)
- Beschichten mit Suspensionen, Pasten und ähnlichem und anschließendem Einbrennen der Schicht

Für die Strukturierung der Metallschichten sind Verfahren bekannt geworden, die sich in folgende Varianten grob einteilen lassen:

- Direkte Strukturierung der Metallschicht durch geeignete Metallmasken oder Siebschablonen, die die Struktur bereits als "Durchbruch" enthalten.

Es ist leicht einzusehen, daß damit nur relativ einfache Strukturen aufgebracht und keine erhöhten Anforderungen an die Geometrie der Struktur gestellt werden können.

Weiterhin ist für dieses Verfahren die stromlose Abscheidung aus Metallsalzbädern nicht anwendbar, da Masken und Schablonen unterwandert werden.

- Strukturierung einer geschlossenen Metallschicht mittels Fotolack. Durch eine Belichtung des Lackes und sich anschließende Löseprozesse werden auf der Metallfläche entsprechend der gewünschten Strukturierung lackfreie bzw. lackbedeckte Zonen geschaffen, die im folgenden

Ätzprozeß des Metalls schützen oder dem Ätzmittel Zugang gewähren.

Es sind Positiv- und Negativverfahren bekannt. In einigen Fällen wird auch der Fotolack zuerst aufgebracht und dann mit Metall beschichtet.

Weiterhin ist bekannt, daß mit Licht, Elektronenstrahlen oder Röntgenstrahlen gearbeitet werden kann.

Die vielfältigen Verfahren sind unter den Namen Foto-, Elektronenstrahl- oder Röntgenlithografie bekannt geworden.

Diesen Verfahren ist gemeinsam, daß die Metallschicht immer geschlossen aufgebracht und dann erst strukturiert wird. Ist die gewünschte Struktur klein gegenüber der Gesamtfläche, ist dies bei der Verwendung von Edelmetallen nicht rationell.

- Nach Aufbringung geeigneter Schichten auf die Oberfläche wird durch Belichtung über Fotomasken durch chemische Vorgänge ein "latentes" Bild der Struktur in der Schicht geschaffen. Bei entsprechender Keimbildung an den belichteten Stellen kann erreicht werden, daß aus Bädern nur an den "Keimen" das gewünschte Metall abgeschieden wird und somit die Struktur entsteht. Die Keime können Reduktionsmittel (zum Beispiel Sn^{2+} OS 2.256.960) oder Metalle (zum Beispiel Pd AS 2.224.471) darstellen.

Das zuletzt beschriebene Verfahren eignet sich für die stromlose Abscheidung aus Bädern. Es hat den Vorteil, direkt die Struktur abzuscheiden. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht in der Aufbringung einer geeigneten Schicht zur Erzeugung des latenten Bildes. An den nicht erwünschten Stellen muß die Schicht wieder entfernt werden.

Bei diesen Prozeßschritten können Fehler auftreten, die zu einem "Zuwachsen" der Oberfläche bei der nachfolgenden Metallisierung führen.

Aus dem Stand der Technik lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- Zur Vermeidung einer Gesamtmetallisierung wird in vielen Fällen die Struktur direkt abgeschieden.
- Für die Abscheidung genauer Strukturen in Verbindung mit dem chemischen Abscheidungsverfahren eignen sich die in der 3. Gruppe beschriebenen Verfahren, wobei Hilfsschichten erforderlich sind, die nachträglich entfernt werden müssen. Sie besitzen die beschriebenen Mängel. In der Praxis führt das zu Instabilitäten und Fehlversuchen, indem sich eine geschlossene Metallschicht (oder eine fehlerhafte Struktur) oder überhaupt keine Schicht abscheiden kann. Oft ist die Haftfestigkeit nicht ausreichend.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, bei der Senkung des Aufwandes die Zuverlässigkeit und die Genauigkeit bei der Strukturierung von Metallschichten zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein stabiles Verfahren zur additiven strukturierten Abscheidung von Metallen aus Badlösungen zu schaffen, welches ein Zuwachsen der Oberfläche verhindert und damit die Abscheidung von Mikrostrukturen aus den chemisch reduktiven Bädern ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Oberfläche eines Substrates in einem chemischen Metallisierungsbad mit einem Laser örtlich erhitzt wird und dadurch eine strukturierte Metallschicht erzeugt wird,

Als Substrate können alle Materialien verwendet werden, die für eine chemisch-reduktive Metallabscheidung geeignet sind. Dazu gehören sowohl Nichtmetalle, die durch eine entsprechende Vorbehandlung für die chemisch-reduktive Metallabscheidung aktiviert werden können, wie z.B. Keramiken aller Art, Gläser aller Art, Plaste aller Art ohne oder mit Fremdstoffeinlage, als auch Halbleitermaterialien poly- oder monokristallin in allen Verarbeitungsstufen.

Als Metalle zur strukturierten Abscheidung auf der Substratoberfläche können bei Vorliegen entsprechender chemisch-reduktiver Bäder alle Schwermetalle und gewünschte Legierungen aus diesen Metallen oder aus einem oder mehreren Metallen und einem oder mehreren Nichtmetallen abgeschieden werden.

Nickel, Kobalt, Kupfer, Silber, Gold, Legierungen zwischen ihnen ohne oder mit nichtmetallischem Anteil aus dem Reduktionsmittel oder aus im Bad suspendierten Teilchen.

Durch Laserstrahlen mit geeigneter Wellenlänge wird auf der Substratoberfläche eine örtliche Erhitzung in einer im übrigen nicht beheizten chemischen Metallisierungslösung erzeugt. Dadurch wird die Reaktionshemmung zwischen Metallionen und Reduktionsmittel überwunden und damit findet eine Metallabscheidung statt.

Durch Relativbewegungen von Substrat und Laser können beliebige Strukturen auf der Substratoberfläche erzeugt werden. Für die Genauigkeit der Strukturen und die Abscheidungsrate spielt die Dicke des Flüssigkeitsfilmes über der Substratoberfläche eine große Rolle.

Im Minimum muß diese Schichtdicke gleich der Schichtdicke des Flüssigkeitsfilmes auf der Oberfläche des fettfreien Substrates nach dem Eintauchen in das Metallisierungsbad und Wiederherausnehmen sein.

Das Maximum wird begrenzt durch die mit steigender Flüssigkeitsschichtdicke zunehmende Absorption des Strahles in der Lösung.

Die Schichtdicke des abgeschiedenen Metalls ist von der Dauer der Laserbestrahlung abhängig.

Es ist jedoch möglich, Substrate mit geringen Schichtdicken in einem geeigneten üblichen chemisch-reduktiven Metallisierungsbades auf die gewünschte Schichtdicke zu verstärken.

Dünne Schichten können dadurch erzeugt werden, daß die Flüssigkeit über ein schräggestelltes Substrat fließt. Weiterhin ist es möglich, daß die Abscheidung des Metalls aus einem auf der Oberfläche des Substrates eingetrockneten Salzfilm aus der Metallisierungslösung erfolgt.

Die Erfindung wird anhand von zwei Ausführungsbeispielen weiter erläutert.

Ausführungsbeispiel 1

Eine Spezialkeramik, z.B. Al_2O_3 (oder Kondensatorkeramik, andere Spezialkeramiken, Silizium und andere Halbleitermaterialien aller Bearbeitungsstufen, Gläser, Plastmaterialien ohne oder mit Verstärkung u.a.) wird entfettet z.B. in 3% G_r -Amulgo, anschließend gespült und z.B. mit Palladiumchlorid und Natriumhypophosphit aktiviert. Das so vorbehandelte Substrat wird in eine z.B. chemisch-reduktive Vernickellungslösung (etwa nach DDR-Patent 136 653) mit der zu behandelnden Seite nach oben.

eingelegt. Die Lösung bedeckt die zu beschichtende Fläche mit einer festgelegten Schichtdicke, die u.a. von der Leistung des Lasers abhängt (hauptsächlich zwischen 0,05 und 10 mm). Darauf wird z.B. mit einem IR-Laser geeigneter Leistung das Substrat durch die Lösung bestrahlt. An der durch die Bestrahlung aufgeheizten Stelle bildet sich im Beispielsfall Nickel ab (genauer Ni_{x-y}). Die Strukturbreiten können zwischen 50 und 2000 um liegen.

Ausführungsbeispiel 2

Für einen Hybrid-Schaltkreis im GHz-Bereich sollen die Kontaktschichtstrukturen chemisch-reduktiv additiv abgeschieden werden.

Ein entfettetes und mit einem Chromsäure- oder Flußsäuregemisch geätztes Aluminiumoxid-Substrat mit einer Standardqualität wird in eine geeignete Metallionenlösung, z.B. Palladiumionen getaucht, die Metallionen mit einem in der chemischen bekannten Abscheidungstechnologie Reduktionsmittel zu den chemischen Abscheidungsprozeß katalysierenden Keimes reduziert.

Zur strukturierten Metallabscheidung, z.B. einer Cu-Schicht oder NiP-Schicht, wird ein stabiles chemisches Bad (z.B. nach DDR-Patent 134 653) benötigt.

Die Metallisierungslösung mit einer Arbeitstemperatur von $>70^{\circ}\text{C}$ bedeckt bei Zimmertemperatur die bekeimten Aluminiumoxidsubstrate in einem definierten gleichen Abstand von der Oberfläche (z.B. 5 mm).

Ein IR-Laser wird programmiert entsprechend der gewünschten Strukturen in x-y-Koordinaten mit einer Geschwindigkeit von z.B. 3 mm sec^{-1} über die Substratoberfläche geführt.

Durch die zugeführte Energie setzt der Abscheidungsprozeß an den bestrahlten Stellen ein.

Anschließend werden die erhaltenen Strukturen in einem zweiten stabilen chemischen Metallisierungsbad auf $6\text{ }\mu\text{m}$ verstärkt.

Die Strukturen bestehen aus 1-2 mm breiten Leiterbahnen und Kontaktinseln von $100 \times 100\text{ }\mu\text{m}$.

Die geometrische Genauigkeit hängt vom Substrat, den technologischen Parametern und der benötigten Schichtdicke ab und beträgt im untersuchten Fall $\pm 10\text{ }\mu\text{m}$.

Die Ni_xP_y -Schichten weisen eine Haftfestigkeit von $> 800\text{ N cm}^{-2}$ und eine spezifische elektrische Leitfähigkeit von $(0,15 - 1,4) 10^4 (\Omega\text{cm})^{-1}$ auf.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur strukturierten chemisch-reduktiven Metallabscheidung auf Substrate, gekennzeichnet dadurch, daß das in bekannter Weise vorbehandelte Substrat innerhalb einer nicht erwärmten chemischen Metallisierungs-lösung an den gewünschten Abscheidungsstellen durch Laserstrahlen lokal aufgeheizt wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß zur Strukturierung Substrat und Laser relativ zueinander bewegt werden.