



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

0154 405

Int.Cl.³

3(51) G 03 F 7/26

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 03 F/ 225 254

(22) 17.11.80

(44) 17.03.82

(71) siehe (72)

(72) BOLLINGER, HELMUT; BUECKEN, BERND, DIPL.-PHYS.; WILBERG, RUEDIGER, DIPL.-ING.; DD;

(73) siehe (72)

(74) VEB HOCHVAKUUM DRESDEN, VEB KOMBINAT MIKROELEKTRONIK, BFS, 8020 DRESDEN, GRUNAER
WEG 26

(54) BELICHTUNGSMASKE FUER DIE DUENNSCHICHTTECHNIK

(57) Die Erfindung betrifft eine Belichtungsmaske fuer die Duennschichttechnik, insbesondere fuer die Strukturierung von Halbleiterbauelementen. Ziel der Erfindung ist die Herstellung von Halbleiterstrukturen mit hoher Strukturgenauigkeit und Bauelementedichte sowie geringem Aufwand. Erfindungsgemaeß wird vorgeschlagen, die die Struktur bestimmende Schicht einer Belichtungsmaske fuer die Duennschichttechnik aus amorphem Kohlenstoff herzustellen. Die Herstellung der amorphen Kohlenstoffschicht erfolgt dabei nach bereits vorgeschlagenen Verfahren der ionengestuetzten Vakuumbeschichtung. Der Vorteil der erfinderischen Loesung besteht darin, daß die Kohlenstoffschicht ein guenstiges Transmissions- und Sperrverhalten fuer sichtbares Licht bzw. UV-Licht aufweist. Des weiteren ist die Struktur außerordentlich abriebfest und es werden Linienbreiten bis 1 µm realisiert.

Belichtungsmaske für die Dünnschichttechnik

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Belichtungsmaske für die Dünnschichttechnik, insbesondere für die Strukturierung von Halbleiterbauelementen. Diese Maske besitzt eine Struktur, die in positiver oder negativer Ausbildung auf das Halbleiterbauelement übertragen werden soll. Dazu ist das Halbleiterbauelement mit einem fotoempfindlichen Lack beschichtet, der durch UV-Strahlen mittels der Belichtungs-
10 maske des Erfindungsgegenstandes strukturell belichtet wird und später durch Entwicklungs- und Ätzschritte zu einer selbständigen Struktur weiterbearbeitet wird.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Nach dem Stand der Technik ist die Hauptmaskenart für
15 Linienbreiten größer $5\text{ }\mu\text{m}$ die Fotomaske, d. h. Glasscheibe mit Fotoschicht und belichtet wie ein Fotofilm.
Für feinere Strukturen unter $5\text{ }\mu\text{m}$ Linienbreite sind nach dem Stand der Technik mehrere Maskenarten bekannt. Die verbreitetste Belichtungsmaske nach der üblichen Fotomaske
20 für Halbleiterbauelemente ist derzeit die Chrommaske oder "Chromschablone". Diese Maske besitzt einen hochebenen Substratträger, z. B. aus Borosilikatglas, und eine darauf aufgebrachte Struktur aus einer Chromschicht. Die Chromschicht wurde dabei flächig mittels Vakuum-Bedampfungs-

technik oder der chemischen Dampfphasenabscheidung aufgebracht und nachfolgend durch verschiedene Verfahren strukturiert. Chrommasken werden durch Ätzen nach Beschichtung mit Fotolack und Strukturierung durch Belichtung über Negativ oder durch Strukturierung mit Ladungsträgerstrahlen hergestellt.

Die Chrommasken gestatten die Herstellung von Linienbreiten auf dem Halbleiterbauelement bis zu $1\text{ }\mu\text{m}$. Die mechanische Festigkeit, insbesondere die Abriebfestigkeit, ist relativ gut, ein Verschleiß tritt dennoch insbesondere bei der Verwendung im Maskensatz auf und führt zur Unbrauchbarkeit. Nachteilig ist bei der Chrommaske die Lichtundurchlässigkeit der Chromschicht für das sichtbare Licht. In der Praxis besitzt die Chromschicht bei 550 nm Lichtwellenlänge etwa eine Transparenz von 2% . Dieser geringe Lichtwert erschwert beim Einsatz im Maskensatz das Justieren der Masken untereinander bzw. das genaue Anpassen der Maskenstruktur an die Halbleiterstrukturen bei integrierten Schaltkreisen mit mehreren Strukturierungsarbeitsgängen, die durch andere technologische Schritte unterbrochen sind.

Bei feinen Strukturen mit Linienbreiten unter $5\text{ }\mu\text{m}$ tritt bei den Chrommasken ein weiterer Nachteil auf. Aufgrund der guten Reflexion von Licht an der Chromschicht kommt es zur Reflexion und Mehrfachreflexion des Belichtungslichtes im Randbereich der Maskenstruktur zwischen Chromschicht und Halbleitersubstrat, wodurch die Kanten unscharf werden, was bei geringen Linienbreiten um $1\text{ }\mu\text{m}$ die Herstellung eines technisch einwandfreien Leiterzuges verhindert.

Eine weitere Art der Belichtungsmaske ist die Eisenoxidmaske. Bei dieser Maske wird die bei 550 nm Lichtwellenlänge weitgehende Lichtundurchlässigkeit der Chrommaske umgangen. Die Eisenoxidmaske besitzt hier ein gutes Transmissions- und Sperrverhalten. Das heißt, die Eisenoxidschicht weist für sichtbares Licht eine gute Transparenz auf. UV-Licht, als allgemein verwendetes Belichtungslicht, wird dagegen gut gesperrt. Dieses Verhalten gestattet eine

gute Positioniermöglichkeit der einzelnen Masken untereinander oder zu Strukturen auf der Siliziumscheibe. Nachteilig ist jedoch bei der Eisenoxidmaske die geringe mechanische Stabilität der Schicht und eine Vergrößerung der Linienbreiten gegenüber der Chrommaske um den Faktor 2 - 5 durch die zur Sicherung des ausreichenden Sperrverhaltens erforderliche Schichtdicke, die die der Chromschicht um das 3 - 5fache übersteigt. Die Strukturierung der Eisenoxidmaske erfolgt ebenso wie bei der Chrommaske durch Ätzen nach Fotolackbeschichtung und Strukturierung über ein Negativ.

Eine weitere Maskenart wird durch die Anwendung von Siliziumverbindungen realisiert. Diese hat ein schlechteres Transmissions-Sperrverhalten und die Herstellung einer fehlerfreien Struktur ist nur mit unvertretbarem technischen Aufwand möglich.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat das Ziel, Strukturen der Dünnschichttechnik, insbesondere auf Halbleitermaterialien und -bauelementen, mit hoher Strukturgenauigkeit und Bauelementedichte sowie geringem Aufwand herzustellen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Belichtungs-
maske für die Dünnschichttechnik, insbesondere für die
Strukturierung von Halbleiterbauelementen, zu entwickeln,
die eine geringe Schichtdicke aufweist, eine hohe mechanische Festigkeit besitzt und ein gutes Positionieren der Einzelmasken gestattet.

Zur Lösung der Aufgabe wurde gefunden, daß eine transparente amorphe Kohlenstoffschicht ein günstiges Transmissions- und Sperrverhalten aufweist. Erfindungsgemäß wird

vorgeschlagen, die die Struktur bestimmende Schicht einer Belichtungsmaske für die Dünnschichttechnik aus amorphen Kohlenstoff herzustellen. Die Herstellung der amorphen Kohlenstoffschicht erfolgt dabei nach bereits vorgeschlagenen Verfahren der ionengestützten Vakuumbeschichtung. Die Strukturierung erfolgt in gleicher Weise wie bei den bekannten Chrommasken.

Erfindungsgemäß beträgt die Schichtdicke des amorphen Kohlenstoffs 50 bis 500 nm, vorzugsweise 150 bis 200 nm. Diese Schicht ist ausreichend gleichmäßig, das heißt, es treten keine Fehlstellen auf und das Transmissions- und Sperrverhalten besitzt günstige Werte. Für sichtbares Licht mit einer Wellenlänge von 550 bis 650 nm, weist die Schicht eine gute Transparenz von etwa 85 % auf. Damit ist eine ausgezeichnete Positionierung der Maske zum Substrat bzw. zwischen den Masken möglich. Für ultraviolettes Licht mit einer Wellenlänge von etwa 50 bis 400 nm, z. B. das Licht einer Hg-Ag-Lampe mit 436 nm Hauptwellenlänge, ist diese Schicht dagegen nicht transparent, das heißt, die Kohlenstoffschicht ist für das in der Regel zur Beschichtung des Fotolacks verwendete UV-Licht undurchlässig.

Als besonderer Vorteil der erfinderischen Lösung ist die mechanische Festigkeit der amorphen Kohlenstoffschicht zu beachten, die weit über den bisher zur Maskenherstellung verwendeten Materialien liegt. Die Abriebfestigkeit und damit die Lebensdauer einer Belichtungsmaske mit einer amorphen Kohlenstoffschicht ist gegenüber einer Chrommaske etwa um den Faktor 3 höher. Außerdem ermöglicht das Verschmutzung abweisende Verhalten der Kohlenstoffschicht einen wesentlich vereinfachten Reinigungszyklus, der die Wiederverwendung der neuartigen Maske weiterhin erhöht. Die Strukturgenauigkeit, insbesondere die Strukturdichte mit Linienbreiten um 1 μm wird gegenüber der Chrommaske weiter erhöht. Das ergibt sich aus dem schlechten Reflexionsverhalten von amorphen Kohlenstoff. Das heißt, die negativen Reflexionsbelichtungen bei Chrommasken werden weitgehend unterdrückt.

Die Art der Struktur, ob negativ oder positiv, ist völlig beliebig und hängt ausschließlich von den verwendeten Fotolacktypen, positiv oder negativ, ab.

Ausführungsbeispiel

- 5 Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.
- Auf einem hochebenen Substratträger aus Borosilikatglas mit einer Planität von 1×10^{-4} ist eine transparente Maske aus amorphen Kohlenstoff abgeschieden. Dies geschieht
- 10 über eine ionengestützte Vakuumtechnologie. Die Schichtdicke beträgt etwa 150 nm. Die Transparenz beträgt dabei für sichtbares Licht etwa 85 %. Die Struktur der Schicht wurde mit bekannten Ladungsträger-Technologien in die Schicht eingeätzt. Diese Maske wird mit der Strukturschicht
- 15 direkt auf dem mit Fotolack versehenen Substrat positioniert. Zur Belichtung des Substrates wird dieses über die Maske dem Licht einer Quecksilberdampf- oder Jod-Quarz-Lampe ausgesetzt. Aufgrund des Transmissions-Sperr-Verhaltens der Kohlenstoffstrukturschicht gelangt an den freien Strukturstellen die UV-Strahlung, die die Lampen aussenden, ungehindert auf den Fotolack, mit dem das Halbleiterbauelement beschichtet ist, während die mit Kohlenstoff bedeckten Flächen die UV-Strahlung absorbiert und dadurch der Fotolack nicht belichtet wird.
- 20
- 25 Die weitere Behandlung des Substrates liegt außerhalb der Erfindung.
- Die Masken selbst können solange wiederverwendet werden, wie die zwangsläufig eintretenden mechanischen Belastungen der Struktur, insbesondere durch Abrieb, keine Fehler verursachen.
- 30
- Dabei ist es unerheblich, ob die Maske einzeln mit dem Substrat positioniert wird oder jeweils mehrere Masken als Maskensatz mit dem Substrat positioniert werden.

Patentanspruch

1. Belichtungsmaske für die Dünnschichttechnik, insbesondere für die Strukturierung von Halbleiterbauelementen, wobei die Maskenstruktur auf einem gläsernen Substrat-
5 träger aufgebracht ist und die Belichtung mittels UV-Strahlung erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß die Maskenstruktur aus einer amorphen Kohlenstoffschicht mit einer Dicke von 50 bis 500 nm, vorzugsweise 150 bis 200 nm aufgebaut ist.
- 10 2. Belichtungsmaske nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Masken untereinander und zum Substrat unter Ausnutzung von sichtbarem Licht positioniert werden.