

PATENTSCHRIFT 150274

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(11) 150 274 (44) 19.08.81 Int. Cl.³ 3(51) H 01 L 21/26
(21) WP H 01 L / 219 627 (22) 13.03.80

(71) siehe (72)

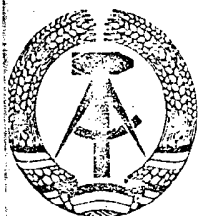
(72) Baumann, Kurt, Dipl.-Ing.; Lamm, Wilfried, Dr. Dipl.-Chem.;
Topel, Harald, Dipl.-Phys.; Mohr, Ulrich, Dr.; Förstner,
Günter; Völkel, Bernhard, Dipl.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Gleichrichterwerk Stahnsdorf im VEB Kombinat
Mikroelektronik, Zentrale Patentabteilung, 1533 Stahnsdorf,
Ruhlsdorfer Weg

(54) Verfahren zur Herstellung einer lateral strukturierten
Oberflächenschicht

(57) Zur Verbesserung der Fotolackhaftung auf Halbleiteroberflächen ist es Aufgabe der Erfindung, auf stark toxische Verbindungen, insbesondere Silan-Haftvermittler, zu verzichten und die Fertigungstechnologie im Interesse der Reinhaltung des Substrats einzuschränken. Bei Fortfall chemischer Verfahrensschritte erfolgt eine physikalische Vorbehandlung des Substrats derart, daß beispielsweise eine Transistorstruktur mit hochenergetischen Ionen bestrahlt wird. Die Bestrahlung erfolgt nach der Dotierung der Siliziumdioxidschicht unmittelbar vor dem letzten fotolithografischen Schritt mit Leichten, beispielsweise Gas-Ionen.



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT 150274

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(11) 150 274 (44) 19.08.81 Int. Cl.³ 3(51) H 01 L 21/26
(21) WP H 01 L / 219 627 (22) 13.03.80

Zur PS Nr. *150.274*

ist eine Zweitschrift erschienen.

(Teilweise *bestätigt* aufgehoben gem. § 6 Abs. 1 d. Änd. Ges. z. Pat. Ges.)

(71) siehe (72)

(72) Baumann, Kurt, Dipl.-Ing.; Lamm, Wilfried, Dr. Dipl.-Chem.;
Topel, Harald, Dipl.-Phys.; Mohr, Ulrich, Dr.; Förstner,
Günter; Völkel, Bernhard, Dipl.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Gleichrichterwerk Stahnsdorf im VEB Kombinat
Mikroelektronik, Zentrale Patentabteilung, 1533 Stahnsdorf,
Ruhlsdorfer Weg

(54) Verfahren zur Herstellung einer lateral strukturierten
Oberflächenschicht

(57) Zur Verbesserung der Fotolackhaftung auf Halbleiteroberflächen
ist es Aufgabe der Erfindung, auf stark toxische Verbindungen,
insbesondere Silan-Haftvermittler, zu verzichten und die
Fertigungstechnologie im Interesse der Reinhaltung des Substrats
einzuschränken. Bei Fortfall chemischer Verfahrensschritte erfolgt
eine physikalische Vorbehandlung des Substrats derart, daß
beispielsweise eine Transistorstruktur mit hochenergetischen Ionen
bestrahlt wird. Die Bestrahlung erfolgt nach der Dotierung der
Siliziumdioxidschicht unmittelbar vor dem letzten fotolithografischen
Schritt mit Leichtionen, beispielsweise Gas-Ionen.

2 1 9 6 2 7 - 1 -

Verfahren zur Herstellung einer lateral strukturierten
Oberflächenschicht

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung
einer lateral strukturierten Oberflächenschicht, insbe-
sondere auf dotierten Siliziumdioxidschichten zur Her-

stellung von Halbleiterbauelementen.

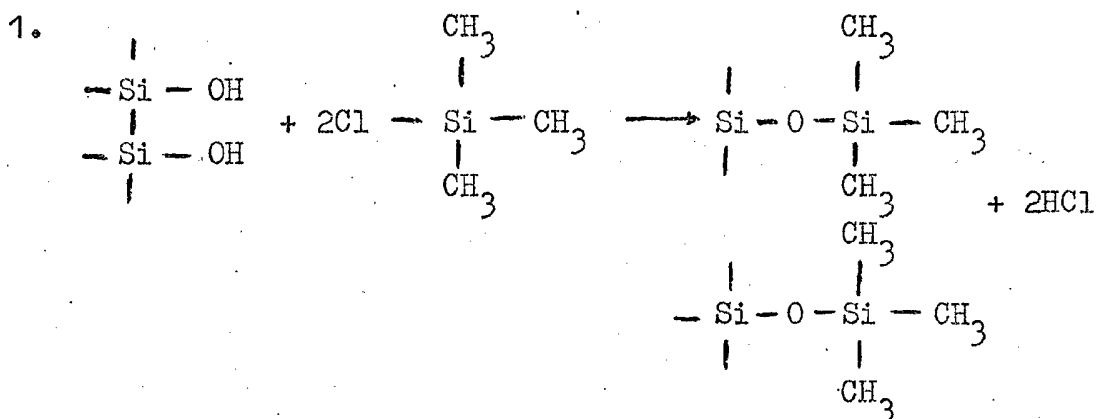
Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen ergeben sich bei der fotolithografischen Strukturierung insbesondere beim Aufbringen von Fotolacken auf phosphordotierte SiO_2 -Schichten Schwierigkeiten hinsichtlich der Haftung. Ursache hierfür sind die jeweilig freien Oberflächenenergien. Während Fotolacke eine relativ niedrige freie Oberflächenenergie ($< 10^3 \text{ erg/cm}^2$) besitzen, weisen SiO_2 -Oberflächen eine freie Oberflächenenergie von $> 10^3 \text{ erg/cm}^2$ auf.

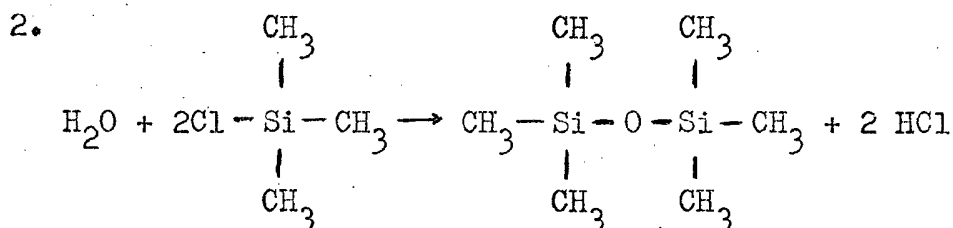
Nach K. G. Clark, Electronic Comp. 1973 sind derartige Verhältnisse für die Fotolackhaftung allgemein ausreichend. Die Oberflächenenergie von SiO_2 -Schichten ist jedoch insbesondere durch Phosphordotierung und die Art der Temperaturbehandlung derart zu beeinflussen, daß eine hydrophile Oberfläche entsteht, die eine Verschlechterung der Adhäsion von Fotolacken zur Folge hat.

Ursache hierfür sind polare OH-Gruppen, die das Aufziehen eines Feuchtigkeitsfilms bewirken. Die dargestellte Hydrophilie wird durch die in das SiO_2 eingelagerten Phosphor- atome verstärkt.

Um die Fotolackhaftung auf hydrophilen Halbleiteroberflächen zu verbessern, sind Verfahren zur Behandlung der Oberflächen mit Silizium-organischen Verbindungen bekannt. Beispielsweise wird als Silizium-organische Verbindung Trimethylchlorsilan verwendet. Hierbei laufen folgende Reaktionen ab:



Die wasseranziehenden OH-Gruppen werden reaktiv in Siloxanstrukturen umgewandelt.



Der Feuchtigkeitsfilm auf der Oberfläche wird durch Reaktion mit Trimethylchlorsilan unter Bildung eines Siloxans und Chlorwasserstoff entfernt.

Auf diese Weise entsteht eine hydrophobe Oberfläche, auf der Fotolacke eine verbesserte Haftung aufweisen.

Verbindungen zur Vorbehandlung von SiO₂-Schichten sind u. a. in den US-PS 2 763 573 und 3 313 757 beschrieben. Es handelt sich hierbei um Verbindungen wie Trimethylchlorsilan, Dimethyldichlorsilan, Phenyltrichlorsilan, Vinyltrichlorsilan und γ -Chlorpropyltrichlorsilan.

Nachteilig bei der Anwendung dieser Substanzen ist es, daß während der Behandlung stark korrodierender Chlorwasserstoff entsteht, der sowohl die Metallschichten

auf dem Halbleitersubstrat als auch die erforderlichen Ausrüstungen zum Aufbringen der Substanzen angreift. Es ist weiterhin bekannt, nicht korrodierende Haftvermittler zu verwenden. Durch den Einsatz z. B. von Hexymethyldisilazan (Solid State Technol. 16 (1973) 87) oder substituiertem Disylamid US-PS 3 586 554 ergeben sich zwar Verbesserungen hinsichtlich der Korrosion, doch verbleiben hochpolymere Reste, die für das Bauelement hinsichtlich der elektrischen Parameter von Nachteil sind. Ein weiterer Mangel bei der Anwendung von Haftvermittlern besteht darin, daß durch das Eintauchen der Si-Scheibe in eine Lösung des Haftvermittlers bzw. durch das Aufbringen mittels einer Fotolackbeschichtungsanlage nicht nur zusätzliche Arbeitsgänge erforderlich sind, sondern auch Nachteile hinsichtlich des Abstandes zwischen Halbleiteroberfläche und Fotolackschicht, hervorgerufen durch die Dicke der zusätzlichen Haftvermittlerschicht, entstehen. Die Schichtdicke bewirkt, daß die Lackstruktur unscharf abgebildet wird. Ein weiteres Verfahren zur Verbesserung der Lackhaftung ist dadurch gekennzeichnet, daß gasförmiges Monosilan wirksam wird.

Bei der Verwendung von Monosilan wird eine Temperung in einer Monosilan-Stickstoffatmosphäre (Verhältnis 1 : 1000) bei ca. 400 °C durchgeführt (DE-OS 2 153 441). Offenbar werden Silanolstrukturen an der Oberfläche in Si-H-Strukturen umgewandelt, die letztlich die bessere Lackhaftung bewirken.

Alle offenbarten, unter dem Gesichtspunkt der Lackhaftung äquivalent zu betrachtenden Verfahren haben den gemeinsamen Nachteil, stark toxische Verbindungen zu verwenden. Hieraus ergeben sich nicht nur zusätzliche technologische Verfahrensschritte, sondern auch die Notwendigkeit der Einführung umfangreicher Sicherheitsmaßnahmen.

Weitere Nachteile bestehen darin, daß die verwendeten Silane als Verunreinigungsquellen wirken oder aber bei der unkontrollierten Reaktion von Silanen mit Wasser sich polymere Siloxane bilden, die nur mit großen Schwierigkeiten zu entfernen sind.

Um den Gesamtkomplex der Haftvermittler abzurunden, ist in der DE-AS 2 361 436 ein Haftvermittler beschrieben, der nicht auf Silanbasis beruht. Es handelt sich um 1-Hydroxy-äthyl-2-imidazoline mit verschiedenen Substituenten. Auch dieser Haftvermittler erfordert innerhalb der Gesamttechnologie zusätzliche Arbeitsschritte und bewirkt die Gefahr der Einschleppung von Verunreinigungen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ausgehend von den genannten Nachteilen, zur Verbesserung der Lackhaftung zu einer Vereinfachung der Technologie zu gelangen mit dem Schwerpunkt, Verunreinigungen der Substrate auszuschließen und gleichzeitig den hohen Aufwand zur Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen im Hinblick auf die übliche Verwendung toxischer Substanzen in Fortfall zu bringen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird die Aufgabe gelöst, unter Verzicht chemischer Verfahrensschritte eine physikalische Vorbehandlung der Substrate in Anwendung zu bringen. Dies erfolgt, indem die SiO_2 -Schicht einer beispielsweise Transistorstruktur mit hochenergetischen Ionen bestrahlt wird. Die Bestrahlung erfolgt z. B. mit solchen Ionen, die auch zur Dotierung (Erzeugung von p- und n-leitenden Schichten) verwendet werden oder aber in einem gesonderten Verfahrensschritt mit Gasionen. Die monoenergetischen Ionen durchdringen die Oxidschicht und verändern hierbei in über-

raschender Weise die Oberflächeneigenschaften im Hinblick auf die Fotolackhaftung, ohne hierbei primär den Dotierungszustand zu ändern.

Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren dann, wenn vor der fotolithografischen Strukturierung in der Prozeßfolge eine Implantationsdotierung des Siliziums durch die Oxidschicht hindurch vorgenommen wird.

Die Vorteile der Ionenstrahlbehandlung zur Verbesserung der Lackhaftung auf SiO_2 -Schichten liegen darin, daß ein Eindringen von Verunreinigungen verfahrensbedingt ausgeschlossen ist und übliche Temperaturschritte, die eine Beeinflussung der Struktur zur Folge haben, in Fortfall kommen. Die positive Wirkung auf Lackhaftung wird über einen längeren Zeitraum (mehrere Tage) erzielt. Die Vorgänge, die bei der Ionenstrahlbehandlung wirksam werden, sind nicht genau bekannt. Es wird vermutet, daß durch die Wechselwirkung energiereicher Ionen mit der Oberfläche eine Modifizierung der Struktur mit der Folge einer Reduzierung der OH-Gruppen pro Flächeneinheit eintritt.

An Hand mehrerer Ausführungsbeispiele soll das Verfahren näher erläutert werden.

1. Zur Beschichtung einer P-haltigen SiO_2 -Oberflächenschicht, z. B. im Ergebnis der Eindiffusion von Transistorstrukturen, erfolgt vorab eine Bestrahlung dieser Schicht mit 100 keV B^+ -Ionen. Eine Bestrahlungsdosis von 5×10^{14} Ionen pro cm^{-2} ist ausreichend. Die Reichweite der Ionen beträgt in der Oberflächenschicht ca. 300 nm. Danach erfolgt die Beschichtung mit Fotolack in der üblichen Weise.

2. Die Bestrahlung der SiO_2 -Schicht kann auch mit Gasionen z. B. N^+ , O^+ - oder Ar^+ -Ionen bei analoger positiver Beeinflussung der Deckschichtoberfläche bezüglich der Lackhaftung erfolgen. Bei einer Oxidschichtdicke von 200 nm wird die Deckschichtoberfläche mit 120 keV Ar^+ -Ionen bei einer Dosis von 1×10^{14} Ionen pro cm^{-2} bestrahlt. Die Reichweite der Ar^+ -Ionen beträgt hierbei etwa 120 nm.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Herstellung einer lateral strukturierten Oberflächenschicht, insbesondere auf dotierten Siliziumdioxidschichten, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Dotierung der Siliziumdioxidschicht unmittelbar vor dem letzten fotolithografischen Schritt die Schicht mit 100 - 120 keV Leichtionen bei einer Dosis von 1 bis 5×10^{14} Ionen pro cm^{-2} bestrahlt wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Siliziumdioxidschicht mit B^+ -Ionen bestrahlt wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Siliziumdioxidschicht mit Gas-Ionen bestrahlt wird.