



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.³: H 01 L 21/22
H 01 L 29/78

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



(12) PATENTSCHRIFT A5

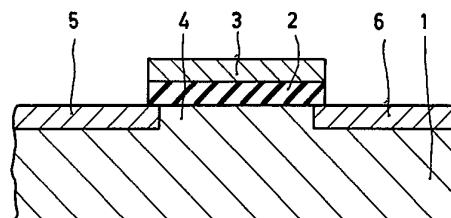
(11)

636 480

(21) Gesuchsnummer:	10030/78	(73) Inhaber:	Faselec AG, Zürich
(22) Anmeldungsdatum:	26.09.1978		
(30) Priorität(en):	29.09.1977 NL 7710635	(72) Erfinder:	José Solo de Zaldivar, Wädenswil
(24) Patent erteilt:	31.05.1983		
(45) Patentschrift veröffentlicht:	31.05.1983	(74) Vertreter:	Patentanwaltsbureau Isler & Schmid, Zürich

(54) Verfahren zur Herstellung einer Halbleiteranordnung mit wenigstens einem Feldeffekttransistor.

(57) Zur Herstellung einer Halbleiteranordnung mit wenigstens einem Feldeffekttransistor mit einer isolierten Gate-Elektrode wird ein Siliziumkörper (1) mit einer aus Siliziumoxid bestehenden Gate-Isolierschicht (2) versehen. Auf dieser Gate-Isolierschicht wird eine Elektrodenschicht (3) aus mit Bor dotiertem Polysilizium gebildet. Die Elektrodenschicht (3) wird durch einen Niederdruckprozess niedergeschlagen und die Bordotierung durch Ionenimplantation erhalten. Durch Wärmebehandlung in einer Wasserstoff enthaltenden Atmosphäre wird Bor aus der Elektrodenschicht (3) durch die Gate-Isolierschicht (2) in ein Kanalgebiet (4) unterhalb der Elektrodenschicht diffundiert. Mit der Dotierung der Elektrodenschicht (3) können mit einer Implantation von Bor gleichzeitig Source- und Drainzonen (5, 6) erhalten werden. Damit kann die Schwellenspannung des Feldeffekttransistors im Gegensatz zu bekannten Halbleiteranordnungen leicht eingestellt werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiteranordnung mit wenigstens einem Feldeffekttransistor mit einer isolierten Gateelektrode, wobei ein Siliziumkörper mit einer aus Siliziumdioxid bestehenden Gate-Isolierschicht versehen wird, auf der eine aus mit Bor dotiertem Polysilizium bestehende Elektrodenschicht gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenschicht mit Hilfe eines Niederdruckprozesses niedergeschlagen wird, dass die Bordotierung der Elektrodenschicht durch Ionenimplantation erhalten wird und dass danach der Siliziumkörper einer Wärmebehandlung in einer Wasserstoff enthaltenden Atmosphäre ausgesetzt wird, wobei Bor aus der Elektrodenschicht durch die Gate-Isolierschicht in ein unter der Elektrodenschicht liegendes Kanalgebiet diffundiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Halbleiteranordnung mit einem p-Kanal-Feldeffekttransistor des Anreicherungstyps hergestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bordotierung in der Elektrodenschicht gleichzeitig mit einer Borimplantation zum Erhalten von Source- und Drainzonen des Feldeffekttransistors stattfindet.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmebehandlung in der Wasserstoffatmosphäre wenigstens teilweise einen Schritt zur Eindiffusion von in Source- und Drainzonen implantierten Borionen in der Zeit überlappt.

5. Halbleiteranordnung, die mit Hilfe des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche hergestellt ist.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiteranordnung mit wenigstens einem Feldeffekttransistor mit einer isolierten Gateelektrode, wobei ein Siliziumkörper mit einer aus Siliziumdioxid bestehenden Gate-Isolierschicht versehen wird, auf der eine aus mit Bor dotiertem Polysilizium bestehende Elektrodenschicht gebildet wird.

Mit Hilfe eines solchen Verfahrens kann z.B. ein p-Kanal-Feldeffekttransistor vom Anreicherungstyp hergestellt werden. Es wurde dabei festgestellt, dass, wenn nach den genannten Verfahrensstufen eine Wärmebehandlung in einer Wasserstoff enthaltenden Atmosphäre ausgeführt wird, die Schwellenspannung erniedrigt oder sogar ein Feldeffekttransistor des Verarmungstyps an Stelle des beabsichtigten Anreicherungstyps erhalten werden kann.

Diese Erfahrungen haben zu der Auffassung geführt, dass, wenn Feldeffekttransistoren mit mit Bor dotierten Polysiliziumelektrodenschichten hergestellt werden sollen, die Atmosphäre keinen Wasserstoff enthalten darf (siehe z.B. J. Electrochem. Soc. SSS and T, Bd. 120, S. 146-148 [1973]).

Daneben ist aber auch ein Bedarf an Verfahren gewachsen, bei denen die Schwellenspannung eines Feldeffekttransistors genau eingestellt werden kann, was bei den bisherigen Verfahren nur auf kompliziertem Wege erreicht werden konnte.

Mit der Erfindung wird, u.a. beabsichtigt, die bekannten Verfahren wenigstens in erheblichem Masse zu verbessern. Die Erfindung beruht u.a. auf der Erkenntnis, dass eine Verbesserung in einer genaueren Definition der Prozessbedingungen gefunden werden kann, unter denen die Herstellung erfolgt.

Das eingangs erwähnte Verfahren ist nach der Erfindung deshalb dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenschicht mit Hilfe eines Niederdruckprozesses niedergeschlagen wird, dass die Bordotierung der Elektrodenschicht durch Ionenimplantation erhalten wird und dass danach der Siliziumkörper

einer Wärmebehandlung in einer Wasserstoff enthaltenden Atmosphäre ausgesetzt wird, wobei Bor aus der Elektrodenschicht durch die Gate-Isolierschicht in ein unter der Elektrodenschicht liegendes Kanalgebiet diffundiert wird.

Unter «Niederschlagen mit Hilfe eines Niederdruckprozesses» ist ein Niederschlagen zu verstehen, das bei einem den normalen (atmosphärischen) Druck unterschreitenden Druck, und zwar im Druckbereich zwischen 10^{-4} und 1 Atm., durchgeführt wird, wobei Erscheinungen (im Falle des Niederschlagens von Polysilizium chemische Erscheinungen), die an der Oberfläche des zu überziehenden Körpers auftreten, geschwindigkeitsbestimmend sind, wobei Wärmezufuhr für den Prozess auf übliche Weise über diesen Körper stattfindet.

Es ist bekannt, dass in Anwesenheit von Wasserstoff die Diffusion von Bor durch Siliziumoxid um einige Zehnerpotenzen vergrößert wird. Beim Verfahren nach der Erfindung hat die Borquelle, nämlich die mit Bor dotierte Elektrodenschicht, eine gleichmässige Dicke und eine reproduzierbare Borkonzentration. Dadurch sind wesentlich Bedingungen geschaffen, die zusammen mit anderen Parametern der Wärmebehandlung, wie Behandlungszeit, Behandlungstemperatur und Wasserstoffkonzentration, eine genaue Einstellung der Borkonzentration im Kanalgebiet und damit z.B. der Schwellenspannung ermöglichen.

Wenn positive Ladungen in Siliziumdioxidschichten anwesend sind, ist ihr Einfluss dahin gerichtet, das Kanalgebiet in einem p-Typ-Siliziumkörper zu verarmen oder eben in den n-Typ zu invertieren. Auch kann das Kanalgebiet in einem n-Typ-Siliziumkörper angereichert werden.

Das Verfahren nach der Erfindung kann angewendet werden zur Herabsetzung der Abschnürspannung eines n-Kanal-Feldeffekttransistors des Verarmungstyps oder zum Erhalten eines n-Kanal-Feldeffekttransistors des Anreicherungstyps mit einer gewünschten Schwellenspannung.

Vorzugsweise wird das erfindungsgemässe Verfahren zur Herabsetzung der Schwellenspannung bei einem p-Kanal-Feldeffekttransistor des Anreicherungstyps verwendet. Das Verfahren kann auch zum Erhalten einer gewünschten Abschnürspannung bei einem p-Kanal-Feldeffekttransistor des Verarmungstyps angewendet werden.

Verhältnismässig wenig Verfahrensschritte sind notwendig, wenn vorzugsweise bei der Herstellung eines p-Kanal-Feldeffekttransistors die Bordotierung in der Elektrodenschicht gleichzeitig mit einer Borimplantation zum Erhalten von Source- und Drainzonen des Feldeffekttransistors stattfindet.

Auch wird verhältnismässig schnell gearbeitet, wenn vorzugsweise die Wärmebehandlung in der Wasserstoffatmosphäre wenigstens teilweise einen Schritt zur Eindiffusion von in Source und Drainzonen implantierten Borionen in der Zeit überlappt.

Die Erfindung bezieht sich auch auf Halbleiteranordnungen, die mit Hilfe des erfindungsgemässen Verfahrens hergestellt sind.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand eines Beispiels und anliegender Zeichnung erläutert.

In der Zeichnung ist schematisch ein Schnitt durch einen Teil einer Halbleiteranordnung in einer Herstellungsstufe unter Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens dargestellt.

Das Beispiel betrifft die Herstellung einer Halbleiteranordnung mit wenigstens einem Feldeffekttransistor mit einer isolierten Gateelektrode, wobei ein Siliziumkörper 1 mit einer aus Siliziumdioxid bestehenden Gate-Isolierschicht 2 versehen wird.

Auf der Schicht 2 wird eine aus mit Bor dotiertem Polysilizium bestehende Elektrodenschicht 3 gebildet.

Erfindungsgemäss wird die Elektrodenschicht 3 mit Hilfe eines Niederdruckprozesses niedergeschlagen und die Bordo-

tierung durch Ionenimplantation erhalten. Danach wird der Siliziumkörper 1 einer Wärmebehandlung in einer Wasserstoff enthaltenden Atmosphäre ausgesetzt, wobei Bor aus der Elektroden-schicht 3 durch die Gate-Isolierschicht 2 in ein unter der Elektroden-schicht 3 liegendes Kanalgebiet 4 diffundiert wird.

Ein p-Kanal-Feldeffekttransistor des Anreicherungstyps wird z.B. in folgender Weise hergestellt. Es wird von einem n-Typ-Siliziumkörper 1 mit einem spezifischen Widerstand von $5 \Omega \text{ cm}$ ausgegangen.

Auf dem Körper wird auf üblichem Wege durch thermische Oxidation eine $0,1 \mu\text{m}$ dicke Gate-Isolierschicht 2 erhalten.

Auf der Schicht 2 wird eine $0,5 \mu\text{m}$ dicke Elektroden-schicht 3 niedergeschlagen. Dabei wird von einer Silan (SiH_4) enthaltenden Gasatmosphäre ausgegangen und wird bei einem Druck von $0,2 \text{ Atm.}$ bei 650°C in etwa 40 min die Schicht 3 gebildet. Die so erhaltene Schicht 3 weist eine Dickengenauigkeit und Reproduzierbarkeit von 2 bis 3% auf.

Eine Borimplantation erfolgt auf übliche Weise durch Ionenbeschuss bei 60 KeV während 20 Min., wobei eine Konzentration in der Schicht 3 von $5 \cdot 10^{19} \text{ Boratomen/cm}^3$ erhalten wird.

Die erhaltene Konzentration ist gut reproduzierbar, weil

die Dicke und die implantierte Ionenmenge genau eingehalten werden können.

Die Dotierung der Elektroden-schicht 3 kann gleichzeitig mit einer Borimplantation zum Erhalten von Source- und Drainzonen 5 bzw. 6 des Feldeffekttransistors stattfinden. Die Wärmebehandlung in der Wasserstoffatmosphäre findet bei 1050°C während 5 bis 20 min statt. Bei dieser Temperatur und unter den obenerwähnten Bedingungen sinkt die Schwellenspannung um 20 mV pro Minute. Der zuletztgenannte Wert nimmt mit abnehmender Dicke der Gate-Isolierschicht 2 zu. Der genannte Wert ist über grössere Bereiche der Behandlungszeit auch von der Behandlungszeit abhängig. Im gegebenen Beispiel, nimmt die Schwellenspannung von 700 mV in 10 min um 200 mV ab.

Die Wärmebehandlung mit Wasserstoff kann wenigstens teilweise einen z.B. 50 Minuten dauernden Schritt zur Eindiffusion von in Source- und Drainzonen 5 und 6 implantierten Borionen in der Zeit überlappen. Zum Beispiel wird dabei im letzten Teil des Eindiffusionsschrittes Wasserstoff in den Diffusionssofen eingelassen.

Die Erfindung ist nicht auf das gegebene Beispiel beschränkt. Zum Beispiel können in Siliziumkörpern mehrere Feldeffekttransistoren mit unterschiedlichen Charakteristiken gebildet werden, nämlich mit p- und mit n-Kanälen.

