

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) **DD** (11) **232 138 A1**

4(51) **H 01 L 21/265**
H 01 L 21/322
H 01 L 21/324

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 01 L / 269 850 5

(22) 23.11.84

(44) 15.01.86

(71) Humboldt-Universität zu Berlin, Direktorat für Forschung, 1086 Berlin, Unter den Linden 6, DD

(72) Ascheron, Claus, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Klose, Heinz, Prof. Dr. Dipl.-Phys., DD

(54) **Verfahren zur Getterung von Verunreinigungen und Kristallstörungen in Halbleiterbauelementestrukturen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Getterung von Fremdatomen, Fremdatomkomplexen und elektrisch aktiven Kristallstörungen in der Nähe von Raumladungszonen elektronischer Halbleiterbauelementestrukturen mit pn-, pnp-, pnpn-, MIS- oder Schottky-Übergängen durch einen hochenergetischen, der Lage der Raumladungstiefe angepaßten Ionenbeschuß, vorzugsweise mit leichten Ionen wie Protonen und α -Teilchen oder mit Edelgasionen, derart, daß die Ionenimplantation mit einer solchen Dosis und Energie durchgeführt wird, daß das Maximum des Implantationsprofils und damit das am meisten getternde Schadensgebiet einige Diffusionslängen der Minoritätsladungsträger tiefer als die Grenze der Raumladungszone entsteht und eine anschließende Temperung in inerter Atmosphäre zur Bindung schnell diffundierender Verunreinigungen und Kristallstörungen in elektrisch inaktive Komplexe bei mittleren Temperaturen führt, wobei diese für Si, GaAs und GaP beispielsweise bei etwa 600 °C, 300 °C bzw. 450 °C liegen.

ISSN 0433-6461

4 Seiten

Patentanspruch:

Verfahren zur Getterung von Verunreinigungen und Kristallstörungen in Halbleiterbauelementestrukturen mittels Ionenimplantation ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung von getterfähigen Schadensgebieten die Implantation mit vorzugsweise in Halbleitern elektrisch inaktiven Ionen der Elemente H, He, Ne, Ar, Kr und Xe durch die schon vorhandene Bauelementestruktur von der Vorderseite, bei dünnen Basisgebieten auch von der Rückseite oder/und vor Beginn des technologischen Durchlaufs zur Erzeugung der Bauelementestruktur erfolgt, wobei die Energie so gewählt wird, daß die projizierte Reichweite R_p einige Diffusionslängen der Minoritätsträger tiefer als die Grenze der Raumladungszone der Bauelementestrukturen liegt, aber noch $R_p \ll d$ gilt, die Implantation vorzugsweise in Kanalrichtung erfolgt und sich eine Temperung im Vakuum oder in inerter Atmosphäre bei Temperaturen unter 600°C anschließt.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Getterung von tiefen Störstellen nahe der Raumladungszone von elektronischen Halbleiterbauelementestrukturen zur Verbesserung der elektronischen Parameter wie z. B. der Erhöhung der Lebensdauer der Minoritätsladungsträger, der Senkung der Generations-Rekombinationsströme und der Verbesserung der Effizienz von optoelektronischen Bauelementen wie Licht- und Strahlungsemittern bzw. wie Photodioden und -transistoren oder Solarzellen. Es zeichnet sich insbesondere dadurch aus, daß es am Ende des technologischen Durchlaufs einsetzbar ist und die Bauelementestruktur sowie den technologischen Fluß nur unwesentlich stört und kann daher in der Fertigung diskreter Halbleiterbauelemente sowie in der Mikro- und Mikrooptoelektronik universell genutzt werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Da in Halbleitermaterialien eine relativ große Anzahl schnell diffundierender Verunreinigungen wie zum Beispiel Au, Cu und Fe in Si vorhanden ist, und da deren Konzentration im technologischen Durchlauf noch zunimmt und durch elektrisch aktive Kristallstörungen vermehrt wird, sind zur Senkung der elektrisch aktiven Störstellen, die die Generations-Rekombinationsströme, die Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit und die Kompensation erhöhen, die Effizienz optoelektronischer Halbleiterbauelemente und die Minoritätsladungsträgerlebensdauer aber begrenzen bzw. senken, zusätzliche Getterschritte notwendig. Derartige Verfahren sind in der Regel mit einer Hochtemperaturbehandlung nach der Erzeugung eines Schadensgebietes (Damagegetterung), mit einer Ablagerung der schnell diffundierenden Verunreinigungen im Spannungsgebiet zwischen Planarschicht und Halbleitervolumen (Glasgetterung) bei Temperaturen nahe der Diffusions- bzw. Planaroxidation und mit einer Komplexbildung an Sauerstoffpräzipitaten im Si-Volumen (Intrinsicgetterung) bei relativ hohen Temperaturen und mit langen Temperzeiten verbunden. In all diesen Fällen muß die Temperung bei technologiebedingten Temperaturen (wie z. B. bei etwa 1100°C bei der Bildung bor- bzw. phosphorhaltiger Gläser auf Si), die entweder zur Herstellung von Gettergebieten oder durch die Diffusion der Verunreinigungen bedingt sind, erfolgen. Die Diffusion der Verunreinigungen durch die Probe der Dicke L zur Getterschicht verlangt mit dem elemente- bzw. komplexspezifischen Diffusionskoeffizienten D eine Migrationszeit t_m , die durch

$$t_m = \frac{L^2}{D}$$

gegeben und von Halbleiter zu Halbleiter verschieden ist (z. B. für Cu in GaAs erreicht man schon für 250°C und für Au in Si schon für 700°C technologisch gut realisierbare Migrations- und damit Temperzeiten t_m).

Der Nachteil der bekannten Lösungen ist also die durch den langen Migrationsweg L bedingte hohe Temperatur, was insbesondere auch für die Rückseitengetterung im Schadensgebiet, die durch Ionenimplantation, Laserbestrahlung, mechanische Aufrauung oder Ultraschalleinfluß erzeugt werden, zutrifft. Als nachteilig werden die hohen Gettertemperaturen bei bekannten Lösungen insbesondere dann empfunden, wenn sie zur Oberflächenkorrosion sowie zu Stöchiometrieänderungen (bei GaAs und GaP z. B. schon ab etwa 500°C), zur Umverteilung von Konzentrationsprofilen, die für die Funktionsweise der Bauelemente erzeugt wurden, und zu Kontaktveränderungen führen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, schnell diffundierende Atome, Störstellen und elektrisch aktive Komplexe in der Nähe von Raumladungszonen in elektrisch inaktive Komplexe zu binden und somit bauelementeunwirksam zu machen, um die Generations-Rekombinationsströme zu senken, die Lebensdauer der Minoritätsladungsträger und die Effizienz optoelektronischer Halbleiterbauelemente zu erhöhen und die Kontakteigenschaften zu verbessern. Dabei sollen hohe Temperaturren und lange Temperzeiten vermieden werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Getterung von Verunreinigungen und Kristallstörungen in Halbleiterbauelementestrukturen, indem durch Herabsetzung des Migrationsweges L die Gettertemperatur wesentlich gesenkt werden soll. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Ionenimplantation durch schon vorhandene Bauelementestruktur von der Vorderseite, bei dünnen Basisgebieten auch von der Rückseite und bei bestimmten Zyklen auch von der Vorderseite vor Beginn des technologischen Durchlaufes erfolgen, wobei die Energie so gewählt wird, daß die projizierte Reichweite R_p einige Diffusionslängen der Minoritätsladungsträger tiefer als die Grenze der Raumladungszone des künftigen Bauelementes im elektrischen Betrieb liegen muß, aber immer noch $R_p \ll d$ gelten sollte. Eine nachfolgende Temperung wird bei einer solchen Temperatur durchgeführt, die Temperzeiten t_m von maximal 1 bis 2 h gemäß $x = W$ und $x = R_p$ ($x = 0$ entspricht der Oberfläche) zu $L = R_p - W$ ergeben und eine hohe Gettereffizienz erwarten lassen. Dabei kann die Dosis nach dem gewünschten Getterziel in einem großen Bereich geändert werden, um stabile, gut getterwirksame Defektkomplexe niedriger Konzentration (niedere Dosen) oder gegebenenfalls stark gestörte bzw. amorphe Getterzonen (mittlere und hohe Dosen) zu schaffen. Gewöhnlich erfolgt die Implantation durch die Struktur; es können nach diesem Verfahren aber auch elektrisch im Kristall inaktive Atome wie Edelgasionen implantiert werden, bevor der technologische Zyklus I beginnt. Die Temperung erfolgt erfindungsgemäß in inerter Atmosphäre, oder, bei verschlossenen und bei Si-Bauelementen unter Umständen auch im Vakuum oder an Luft.

Ausführungsbeispiel

Das Verfahren soll anhand der Damageerzeugung in GaP infolge einer Protonenimplantation näher erläutert werden. In der Figur 1 ist das Wasserstoffprofil nach einer Protonenimplantation mit $E = 300 \text{ keV}$ und einer Dosis von $D = 3 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ dargestellt, wobei die Wasserstoffkonzentration gemäß der Reaktion $^1\text{H} (^{19}\text{F}, \alpha \gamma)^{16}\text{O}$ bestimmt wurde. Das Schadensprofil (siehe Figur 2) wurde mittels Rutherfordrückstreuung ($^4\text{He}^+$, $E = 1,7 \text{ MeV}$) ermittelt, hat eine geringere Tiefe als das Wasserstoffprofil und weist einen Oberflächenausläufer auf. Bei Temperaturen $T_a \geq 300^\circ\text{C}$ und $t_m = 30 \text{ min}$ geht das Maximum der Damagezone um etwa den Faktor 2 zurück und der Oberflächenausläufer heilt stärker aus. Damit ist ein getterfähiges Gebiet vorhanden.

Die in diesem Beispiel gewählte hohe Dosis ist allein durch die Nachweisempfindlichkeit der verwendeten Meßmethoden bedingt und kann zur Anwendung des Verfahrens wesentlich niedriger sein.

Entsprechend diesem Schadensgebiet erfolgt die Getterung bei 300°C (bis 400°C mit $t_m \cong 30 \text{ min}$ für pn-Tiefen um $1 \mu\text{m}$, was für diffundierte Lichtemitterdioden mit diesen Parametern eine anwendbare Gettertechnologie darstellt. Für tieferliegende Übergänge kann die Energie erhöht werden, um dann über 1 MeV T_p -Werte über $10 \mu\text{m}$ zu erreichen.

