



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 30 916 B4** 2004.08.26

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 30 916.3**
 (22) Anmeldetag: **27.06.2001**
 (43) Offenlegungstag: **16.01.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **26.08.2004**

(51) Int Cl.7: **B81C 1/00**
H01L 21/3065

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Forschungsverbund Berlin e.V., 12489 Berlin, DE

(74) Vertreter:
Anwaltskanzlei Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider, 10179 Berlin

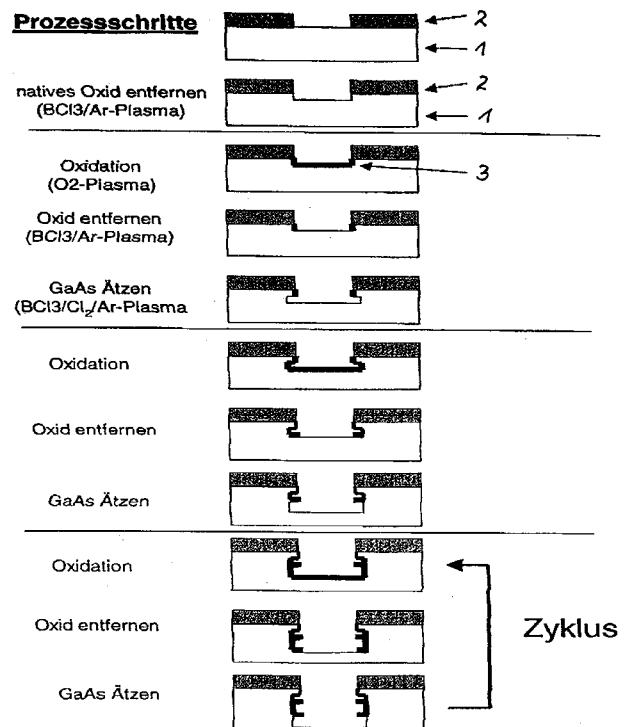
(72) Erfinder:
John, Wilfred, Dr., 12527 Berlin, DE; Wittrich, Harald, Dr., 13129 Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 197 06 682 A1
DE 196 41 288 A1
US 42 85 763
JP 05-1 09 670 A
Trench Capacitor and Dry Etching of Forming same.,

In: IBM TDB, Vol. 34, No. 5, Oct. 1991, pp.368-70;
 NORDHEN, K.J. et al.: Reactive Ion Etching of Dielectrics for GaAs HEMTs and MMICs using Cl₂/BCL₃/ Ar-gas mixtures, In: IEEE Int. Conf. on Plasma Science, 5-8 June 1995, Madison, WI, USA, Abstr. 4B01;
 Vol.36(1997) Part 1, No. 12B, Dec. 1997, pp.7650-4;
 AYON, A.A. et al.: Characterization of a Time Multiplexed Inductively coupled Plasma Etcher. In: J.Electrochem. Soc.146(1), 1999, pp. 339-49;
 BAEK, K.H. et al: Role of O₂ in Aluminium Etching with BCl₂/Cl₂/O₂ Plasma in High Density Plasma Reactor. In: Jpn. J. Appl Phys. Vol.38, Part1, No. 10, Oct. 1999, pp.5829-34;

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum anisotropen Strukturieren von Materialien**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum anisotropen Strukturieren von Materialien der Mikro- und Optoelektronik sowie der Mikromechanik wie ein mit einer Photolackmaske versehener GaAs-Wafer durch Ätz- und Passivierungsvorgänge in einem Reaktionsraum eines Plasmaätz-Reaktors, wobei die Prozessschritte zyklisch bis zur Erreichung der Zieltiefe der Struktur wiederholt werden, dadurch gekennzeichnet, dass der mit einer Fotolack-Maske versehene GaAs-Wafer in dem Plasmaätzreaktor in einem Gemisch von BCl₃/Cl₂ im Verhältnis 1:3 bei einem Druck von 10 Pa und einem Gasfluß von 20 sccm während einer Dauer von 30 Sekunden geätzt wird und danach die Passivierung mit sauerstoffhaltigen Gasen bzw. sauerstoffhaltigen Gasplasmen wie in einem Sauerstoffplasma bei einem Druck von 10 Pa, einem Durchfluß von 10 sccm und einer eingekoppelten HF-Leistung von 75 W während einer Dauer von 10 Sekunden erfolgt und dass anschließend die zu ätzende Fläche in einem BCl₃/Ar-Plasma im Verhältnis 1:2 bei einem Druck von 0,5 Pa, einem Gasfluß von 15 sccm und einer HF-Leistung von 100...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum anisotropen plasmachemischen Strukturieren von mit einer Maske versehenen Materialien, die vorzugsweise in der Mikro- und Optoelektronik sowie der Mikromechanik verwendet werden, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Es ist bekannt, in den Materialien, die in der Mikro- und Optoelektronik sowie der Mikromechanik verwendet werden, mit Hilfe von Maskierungstechniken funktionsbedingte Strukturen durch anisotrope Ätzungen zu erzeugen. Der anisotrope Strukturierungsprozess besteht dabei aus einer Folge von Passivierungs- und Ätzvorgängen, die alternierend bis zum Erreichen der gewünschten Strukturtiefe durchgeführt werden.

[0003] Dabei hat sich im wesentlichen ein Verfahren durchgesetzt, welches in den DE 42 41 045 C1, DE 43 17 623 A1, DE 44 20 962 A1, DE 44 42 023 A1, DE 196 41 288 A1, DE 197 06 682 A1, DE 197 30 644 C1, DE 197 36 370 A1, DE 198 26 382 A1, DE 199 19 469 A1 und in der Druckschrift IBM TDB Vol. 34, No. 5, Oct. 91, pp. 368–70 beschrieben ist.

[0004] Zur Strukturübertragung ist es notwendig, dass die Ätzung nur in den Maskenöffnungen erfolgt und keine seitliche Unterätzung stattfindet.

[0005] Um seitliche Unterätzungen zu vermeiden, sind verschiedene Verfahren bekannt geworden, die zum Beispiel in den Druckschriften DE 42 41 045 C1, DE 42 41 453 A1, DE 44 22 913 A1, DE 197 06 682 A1, DE 196 41 288 A1, T. Saitoh et al, Jpn. J. Appl. Phys. 36 (1997) 7650–7654; A. A. Ayon et. Al., J. Electrochem. Soc. 146 (1999) 339–349) beschrieben wurden.

[0006] Es sind im wesentlichen die folgenden Verfahrensweisen angewendet:

- Eine Passivierung der Seitenwände erfolgt durch Reaktionsprodukte des Ätzvorganges.
- Durch geeignete Prozessführung wird ein bevorzugter Ätzangriff durch die senkrecht auf die Substratoberfläche auftreffenden Ionen erreicht.
- Die Seitenwand wird in einem separaten Prozessschritt passiviert.

[0007] Die Materialpalette der zur Passivierung verwendbaren Stoffe ist vielgestaltig und ist besonders in den Patentschriften DE 196 41 288 C1 und DE 42 41 045 C1 beschrieben.

[0008] Danach werden zur Passivierung die folgenden Materialien verwendet: CCl_4 , CHCl_3 , $\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z$, BCl_3 , SiCl_4 , CF_3H , SiF_4 , SiH_4 und Mischungen von Halogenkohlenwasserstoffen mit $\text{SiF}_4/\text{SiCl}_4$, SiH_4 , Si_2H_6 , Hexamethyldisiloxan, Hexamethyldisilazan, Metallokohlenwasserstoffe, Fluorkohlenwasserstoffe, Kohlenwasserstoffe, Kohlenwasserstoffe mit Aromatengehalt, Perfluorierte Aromaten, Perfluorierte Styrolerivate, Fluorätherverbindungen und Stickstoff.

[0009] Die passivierende Eigenschaft von Sauer-

stoff ist in Verbindung mit den CH_4/H_2 - und BCl_3/Cl_2 -Ätzprozessen bekannt geworden (K. H. Baek et. al. Jpn. J. Appl. Phys. 38 (1999) 5829–5834).

[0010] Aus der Druckschrift IEEE Int. Conf. on Plasma Science, Conf. Record-Abstracts, Conf. WI, USA, 5–8 June 1995, Abstract 4B01. p.179, ist das Ätzen von GaAs mit einem BCl_3/Cl_2 -Gemisch bekannt, die Mitverwendung von Sauerstoff beim Ätzen ist in der Druckschrift US 4 285 763 offenbart.

[0011] Die Verwendung eines Sauerstoffplasmas in Verbindung mit dem Ätzen von GaAs ist aus JP 5-109670 A (Abstract) bekannt.

Aufgabenstellung

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem die Nachteile vermieden werden, die mit der Anwendung der in dem Passivierungsschritt nach dem Stand der Technik verwendeten Gase bzw. Gasgemische verbunden sind, und mit dem ein problemlos handhabbares und gut passivierendes Gas bzw. Gasgemisch anwendbar wird.

[0013] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0014] Das Verfahren nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der mit einer Fotolack-Maske versehene GaAs-Wafer in dem Plasmaätzreaktor in einem Gemisch von BCl_3/Cl_2 im Verhältnis 1:3 bei einem Druck von 10 Pa und einem Gasfluß von 20 sccm während einer Dauer von 30 Sekunden geätzt wird und danach die Passivierung mit sauerstoffhaltigen Gasen bzw. sauerstoffhaltigen Gasplasmen wie in einem Sauerstoffplasma bei einem Druck von 10 Pa, einem Durchfluß von 10 sccm und einer eingekoppelten HF-Leistung von 75 W während einer Dauer von 10 Sekunden erfolgt und dass anschließend die zu ätzende Fläche in einem BCl_3/Ar -Plasma im Verhältnis 1:2 bei einem Druck von 0,5 Pa, einem Gasfluß von 15 sccm und einer HF-Leistung von 100 W während einer Dauer von 30 Sekunden von Oxid befreit wird.

[0015] Gegenüber den bisherigen Verfahren wird durch die Verwendung eines Sauerstoffplasmas bzw. eines sauerstoffhaltigen Plasmas beim Passivierungsvorgang der Seitenwände eine unnötige und in der Regel schädliche Bedeckung der Reaktorkomponenten vermieden.

[0016] Nach dem Stand der Technik erforderliche Reinigungszyklen zur Beseitigung der Polymere entfallen.

[0017] Die Arbeitsfähigkeit bzw. die Verfügbarkeit des Reaktors ist erhöht.

[0018] Arbeitsvorgänge mit Sauerstoff bilden keine gesundheitlichen Gefährdungen heraus im Gegensatz zum herkömmlichen Einsatz von Gasen mit Kohlenwasserstoffen und dgl..

[0019] Es ist unerheblich, ob die Passivierung kontinuierlich oder diskontinuierlich durchgeführt wird.

[0020] Der Ätzprozess besteht aus alternierenden Passivierungs- und Ätzschritten entsprechend dem Stand der Technik.

[0021] Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0022] Die Erfindung wird nachfolgend an einem konkreten Ausführungsbeispiel der Strukturierung eines GaAs-Wafers erläutert. Die einzige Figur zeigt die schematische Darstellung der Prozessschritte in alternierender Folge.

[0023] Ein mit einer Fotolackmaske **2** versehener GaAs-Wafer **1** wird in einen nicht dargestellten Plasmaätzreaktor eingebracht.

[0024] Zur Vorbereitung des eigentlichen Strukturierungsprozesses wird die vorhandene native Oxidschicht mittels eines BCl_3/Ar -Plasmas entfernt.

[0025] Der Prozessschritt Ätzen wird in einem Gemisch von BCl_3/Cl_2 im Verhältnis 1:3 bei einem Druck von 10 Pa und einem Gasfluss von 20 sccm ein $\text{BCl}_3/\text{Cl}_2/\text{Ar}$ -Plasma vorgenommen.

[0026] Das Plasma wird vorzugsweise durch Hochfrequenz (13,56 MHz) mit einer Leistung von 75 W gespeist.

[0027] Nach einer Ätzzeit von 30 Sekunden schließt sich ein Passivierungsschritt an. Das Passivieren erfolgt in einem Sauerstoffplasma (O_2 -Plasma), bei einem Druck von 10 Pa, einem Durchfluss von 10 sccm und einer eingekoppelten HF-Leistung von 75 W für die Zeit von 10 Sekunden.

[0028] Nachfolgend wird die zu ätzende Fläche von der Oxidschicht **3** befreit, das wird im BCl_3/Ar -Plasma (1:2) bei einem Druck von 0,5 Pa, einem Gasfluss von 15 sccm und einer HF-Leistung von 100 W nach 30 Sekunden erreicht.

[0029] Passivierungs- und Ätzschritte werden mehrfach wiederholt, damit wird eine anisotrope Strukturierung mit einer Totalätzrate von 0,7 $\mu\text{m}/\text{min}$ bei einer Strukturbreite von 50 μm erzielt.

[0030] Nach einer Variante des Verfahrens erfolgen die Schritte zur Ätzung und zur Passivierung nicht alternierend, sondern die Zufuhr aller Gase, Sauerstoff bzw. sauerstoffhaltige Gasplasmen und Ätzgase, erfolgt gleichzeitig. Dabei muß der Prozeß so optimiert werden, dass ausschließlich an den Seitenwänden die Sauerstoff-Passivierung und der eigentliche Ätzvorgang nur an den horizontalen Flächen erfolgt.

maätz-Reaktors, wobei die Prozessschritte zyklisch bis zur Erreichung der Zieltiefe der Struktur wiederholt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mit einer Fotolack-Maske versehene GaAs-Wafer in dem Plasmaätzreaktor in einem Gemisch von BCl_3/Cl_2 im Verhältnis 1:3 bei einem Druck von 10 Pa und einem Gasfluß von 20 sccm während einer Dauer von 30 Sekunden geätzt wird und danach die Passivierung mit sauerstoffhaltigen Gasen bzw. sauerstoffhaltigen Gasplasmen wie in einem Sauerstoffplasma bei einem Druck von 10 Pa, einem Durchfluß von 10 sccm und einer eingekoppelten HF-Leistung von 75 W während einer Dauer von 10 Sekunden erfolgt und dass anschließend die zu ätzende Fläche in einem BCl_3/Ar -Plasma im Verhältnis 1:2 bei einem Druck von 0,5 Pa, einem Gasfluß von 15 sccm und einer HF-Leistung von 100 W während einer Dauer von 30 Sekunden von Oxid befreit wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Passivierung eine oxidische Oberfläche erzeugt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ätzung in einem Plasmaäztzer durchgeführt wird, dessen wafertragende Elektrode mit einer Hochfrequenz beschaltet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alle Gase, Sauerstoff bzw. sauerstoffhaltige Gase und Ätzgas, gleichzeitig zugeführt werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Bezugszeichenliste

- 1 GaAs-Wafer
- 2 Fotolackmaske
- 3 Oxidschicht

Patentansprüche

1. Verfahren zum anisotropen Strukturieren von Materialien der Mikro- und Optoelektronik sowie der Mikromechanik wie ein mit einer Photolackmaske versehener GaAs-Wafer durch Ätz- und Passivierungsvorgänge in einem Reaktionsraum eines Plas-

Anhängende Zeichnungen

Prozessschritte

