



**Wirtschaftspatent**

Erteilt gemäÙ § 5 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes  
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

**0152 364**

Int.Cl.<sup>3</sup>

3(51) C 23 C 15/00

## AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veroeffentlicht

(21) WP C 23 C/ 223 107

(22) 05.08.80

(44) 25.11.81

- (71) VEB ZENTRUM FUER FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE, MIKROELEKTRONIK,;DD;  
(72) VOIGT, REINHARD,DIPL.-PHYS.;FENDLER, REINHARD,DR.;FABIAN, LUTZ,DR.-DIPL.-CHEM.;  
SCHADE, KLAUS, DR. DIPL.-ING.;  
TILLER, HANS-JUERGEN,DR.SC. DIPL.-PHYS.;DD;  
(73) SIEHE (72)  
(74) VEB ZFT MIKROELEKTRONIK, 8080 DRESDEN KARL-MARX-STR.

## (54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM PLASMACHEMISCHEN AETZEN

(57)Die erfindungsgemaesse Loesung kann zum Plasmaaetzen oder reaktiven Sputteraetzen von unterschiedlichen Materialien,insbesondere zur Bearbeitung von Halbleiterscheiben eingesetzt werden. Ziel der Erfindung ist es, die bisher bei Trockenaetzverfahren erreichten Abtragraten wesentlich zu steigern. Erfindungsgemaess werden die Substrate einer stark inhomogenen Entladung mit hoher Intensitaet kurzzeitig ausgesetzt. Die bekannten Plasmaaetzvorrichtungen werden dahingehend veraendert, dass die der Substrataufnahme gegenueberliegende Elektrode mit entsprechenden Einrichtungen zur Erzeugung von stark inhomogenen Entladungen versehen wird. -Figur-

## Verfahren und Vorrichtung zum plasmachemischen Ätzen

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zum plasmachemischen Ätzen oder reaktiven Ionenätzen von Halbleitern und deren Verbindungen, Metallen und Metallverbindungen, Gläsern und keramischen Erzeugnissen sowie organischen Materialien, wie zum Beispiel Fotolack.

### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind verschiedene Verfahren und Vorrichtungen zum plasmachemischen Ätzen von Halbleitern und deren Verbindungen in Planar-Reaktoren bekannt, bei denen das zu behandelnde Material in einem Rezipienten auf einer als Elektrode ausgebildeten Halterung postiert, ein Reaktionsgas in den Rezipienten eingeleitet und durch Anlegen einer hochfrequenten Spannung an diese oder eine weitere Elektrode ein Plasma ausgebildet wird.

Die bekannten planaren Vorrichtungen zum plasmachemischen Ätzen sowie die darin durchgeführten Ätzverfahren unterscheiden sich im wesentlichen in der Gestaltung der der Substratträger Elektrode gegenüber angeordneten Elektrode und in der Verteilung der Potentiale auf die beiden Elektroden und eventuell erforderliche Zusatzelektroden.

Bekannt sind Anordnungen, bei denen die Substratträger-elektrode auf dem HF-Potential liegt (z.B. USP 3971684; 3984301; 3994793; DE-AS 2449 731) und die gegenüberliegende Elektrode geerdet ist.

Anordnungen, bei denen die Substrate auf einer Masselektrode angebracht sind und die gegenüberliegende Elektrode innerhalb oder außerhalb des Rezipienten befindlich auf HF-Potential liegt, sind in DE-OS 2730 156 und USP 3757733 beschrieben.

Ähnliche Anordnungen sind in den DE-OS 2730 156 und 2708 720 veröffentlicht, die allerdings die Substrate isoliert in der Plasmazone halten, so daß diese sich aufladen.

Aus der DE-OS 2800 180 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der über eine variable Impedanz eine Vorspannung an die Substratelektrode angeschlossen wird.

Diese bisher genannten unsymmetrischen Anordnungen werden zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit der Plasmabehandlung über der gesamten Substratfläche durch besondere Gestaltung der Elektrodenform (DE-OS 2241 229), durch Einbringen eines geeignet gestalteten Dielektrikums (DE-OS 2708 720) oder durch Bewegung der Substrate (DE-AS 2757 498) modifiziert.

Außer Vorrichtungen für den speziellen Einsatz als Plasmaätzer sind Vorrichtungen vorzugsweise zur Kathodenzerstäubung bekannt, bei denen durch magnetische Felder hohe Plasmadichten in allerdings begrenzten Bereichen erzeugt werden (z.B. DE-OS 2431 832).

Den beschriebenen unsymmetrischen Anordnungen ist gemein, daß sie sowohl elektrische und thermische Inhomogenitäten erzeugen, die die verfügbare Elektrodenfläche stark einschränken, als auch bei zur Schichtbildung neigenden Ätzgasen durch die Schichtabscheidung zur Substratverunreinigung führen und außerdem durch den relativ niedrigen Ionisationsgrad der Entladung zum Arbeiten bei relativ hohen Arbeitsdrucken zwingen.

## Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den Strukturierungsvorgang bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen oder anderen zu strukturierenden Bauteilen hinsichtlich Produktivität und Zuverlässigkeit des technologischen Prozesses weiterzuentwickeln, sowie Anforderungen zukünftiger Bauelementegenerationen an Verfahren und Ausrüstungen zur Strukturierung Rechnung zu tragen.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die bisher bei Plasmaätzverfahren erreichbaren Abtragsraten wesentlich zu steigern, die Stabilität und Eingrenzung der Entladung zu verbessern sowie gleichzeitig den Arbeitsdruckbereich zu niedrigeren Werten hin zu erweitern, ohne die Brennspannung wesentlich erhöhen zu müssen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß von dem bisher bei Plasmaätzenanlagen und -verfahren üblichen Konzept einer möglichst gleichmäßigen Verteilung der Entladung über die gesamte Charge abgegangen wird, und statt dessen stark inhomogene Entladungen hoher Intensität zum Einsatz kommen.

Die bekannten Plasmaätzvorrichtungen werden zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dahingehend verändert, daß die der Substratträgerelektrode gegenüber angeordnete und mit dem HF-Generator verbundene Elektrode eine oder mehrere Vorrichtungen enthält, die vor der den Substraten zugewandten Seite der Elektrode intensive Entladungen hoher Plasmadichte erzeugen. Um diese Entladungsgebiete nicht mit Form und Größe der Substrate verknüpfen zu müssen, erweist es sich als vorteilhaft, die Substrate an den erwähnten inhomogenen Entladungsgebieten rotatorisch oder translatorisch, zeitlich regelmäßig und mit einstellbarer Periodendauer in einem verfahrensbedingten räumlichen

Abstand vorbeizubewegen. Dabei ist es weiterhin günstig, die bewegliche Substratträgerelektrode elektrisch gegenüber dem Gehäuse zu isolieren. Dadurch kann, bei Benutzung einer Zusatzelektrode, die zwischen beiden bisher genannten Elektroden oder außerhalb derselben befestigt sein kann, die Substratträgerelektrode zur Steuerung des Ätzprozesses in Abhängigkeit vom gestellten Ätzproblem mit jeder erforderlichen Gleich- oder Wechselspannung beaufschlagt werden.

Zu der erfindungsgemäßen Lösung der Aufgabenstellung gehört auch die Möglichkeit, mit feststehenden Substraten zu arbeiten. Hierbei werden eine Vielzahl im Verhältnis zum Abstand der beiden Elektroden zueinander kleiner inhomogener Entladungsquellen entsprechend der Geometrie des Substrathalters so angeordnet, daß ihre Superposition am Ort der Substrate einen gleichmäßigen Ätzeingriff bewirkt. Wesentlich ist auch hier, daß beliebige Substratformen und -größen mit der gleichen Elektrodenanordnung bearbeitbar sind.

Die erfindungsgemäßen Anordnungen inhomogener Entladungen zum Zwecke des plasmachemischen Ätzens ermöglichen wegen der hohen Plasmadichte eine wesentliche Steigerung der Abtragsrate, auch wenn sich die Substrate nur einen, durch die Anordnung dieser Entladungsquellen und die Substratbewegung festgelegten Bruchteil der Bearbeitungszeit im Bereich der Entladung befinden.

Das mit der beschriebenen Vorrichtung mögliche Ätzverfahren kann wegen des hohen Ionisationsgrades der Gasentladung bei niedrigerem Druck als bisherige Verfahren mit niedrigerer Brennspannung und besserer Stabilität der gesamten Entladung durchgeführt werden, wodurch die Gefahr des Abstäubens des Elektrodenmaterials gegenüber dem bisher üblichen Sputterätzen verringert und, bedingt durch die höhere Stabilität, die Kontrolle des Ätzvorganges verbessert wird.

Dadurch, daß bei Verwendung einer Zusatzelektrode diese

die Funktion einer Anode übernehmen kann ohne das Plasma von den Substraten fernzuhalten, ist es im weit stärkerem Maße als bei bisherigen Anordnungen möglich, die Substrat-trägerelektrode frei wählbar und ohne Behinderung der Entladung mit Zusatzpotentialen zu beaufschlagen und dem Ätzprozeß in Verbindung mit der Arbeitsdruckeinstellung jede gewünschte Eigenschaft vom isotropen rein plasmachemischen Ätzen bis zum absolut anisotropen reaktiven Ionenätzen zu verleihen.

#### Ausführungsbeispiel

Das Ätzverfahren mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung bietet die Möglichkeit, sowohl bei fluorierten als auch bei chlorierten Ätzgasen, bedingt durch den hohen Ionisationsgrad und die demzufolge hohe Leitfähigkeit des Plasmas bei vermindertem Druck, mit Brennspannungen, die um 20 % - 40 % unter denen des bisher üblichen Plasmaätzens liegen, zu arbeiten.

Typische Druckwerte liegen zwischen  $10^{-1}$  Pa und 10 Pa. Die Brennspannungen sind dabei von der Art des Prozeßgases abhängig.

Der verwendete Hochfrequenzgenerator arbeitet mit einer Frequenz von 2,5 MHz. Bei einer Elektrode von 600 mm Durchmesser wird eine Generatorleistung von 2 - 4 kW benötigt.

Die Ätzrate kann gegenüber herkömmlichen Planar-Reaktoren um bis zu einer Größenordnung gesteigert werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird an Hand einer Zeichnung näher erläutert:

Fig. 1 Schematische Darstellung

Fig. 2 Draufsicht einer kreisförmigen Elektrode

In dem Vakuumbehälter 1 sind die Elektrode 7, die Zusatzelektrode 8 und die Substrat-trägerelektrode 13 in üblicher

Weise angeordnet. Die isolierte Substratträgerelektrode mit den Substraten 10 ist in einer Drehdurchführung 11 gelagert und über den Schleifer 14 kontaktierbar. Die hochfrequente Wechselspannung des Generators 9 wird zwischen Elektrode 7 und Zusatzelektrode 8 angelegt. Zur Erzeugung des Vakuums dienen Saugleitung 2 und Absperrventil 3 und zur Dosierung des Gasstromes die Gaszuleitung 4 mit ein oder mehreren Ventilen 5.

An der Elektrode 7 sind bei rotatorischer Bewegung der Substrate in einem Kreisring, bei translatorischer Substratbewegung parallel zueinander Rippen 12 angeordnet, die die inhomogene Entladung in Form einer oder vieler Hohlkathodenentladungen erzeugen. Die Anordnung der Rippen, Fig. 2, ist so, daß sie mindestens paarweise parallel befestigt sind, wobei der Abstand  $d$  zwischen den zwei Rippen eines Paares durch den Arbeitsdruckbereich und das zu verwendende Prozeßgas bestimmt wird. Die Schenkellänge  $l$  der Rippen ist sowohl vom Abstand  $D$  der Elektrode von den Substraten als auch vom Abstand  $d$  der Rippen untereinander abhängig, die Länge  $L$  der Rippen hängt nur von der Größe der Elektrode ab.

Bei einem Abstand  $D = 40$  mm und  $d = 10$  mm ist für das Ätzen mit fluorierten Gasen und Druckwerten von ca. 10 Pa eine Schenkellänge von  $l = 20$  mm vorteilhaft.

Eine andere Ausführungsform einer Vorrichtung zur Erzeugung der inhomogenen intensiven Entladungen besteht darin, daß statt der Rippen Magnete benutzt werden. Insbesondere kommen die vom Plasmatron her bekannten Ringspaltmagnete zum Einbau in die Elektrode zum Einsatz. Die Ringspaltentladung stellt in gleicher Weise wie die oben beschriebene Hohlkathodenentladung eine inhomogene Plasmaquelle hoher Intensität dar.

## Erfindungsansprüche

1. Verfahren zum plasmachemischen Ätzen oder reaktiven Ionenätzen in einem Vakuumbehälter zwischen zwei Elektroden, von denen mindestens eine an einen Hochfrequenzgenerator angekoppelt ist und eine als Substratträger dient, gekennzeichnet dadurch, daß die Substrate unter Einwirkung eines Reaktionsgases starken inhomogenen Entladungen hoher Intensität ausgesetzt werden, wobei die Form und Größe dieser Entladungen unabhängig von der Form und Größe der zu ätzenden Substrate ist.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die zu ätzenden Substrate zeitlich regelmäßig und mit einstellbarer Periodendauer in einem verfahrensbedingten räumlichen Abstand an einer oder mehreren dieser inhomogenen Entladungen hoher Intensität vorbeigeführt werden.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß zur Plasmaerzeugung und räumlichen Begrenzung der inhomogenen Entladungen eine Zusatzelektrode benutzt wird und die die Substrate tragende Elektrode gegen das Gehäuse des Vakuumbehälters elektrisch isoliert ist und mit einer Gleich- oder Wechselspannung beaufschlagt wird.
4. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß mehrere inhomogene Entladungsquellen entsprechend der Geometrie des Substrathalters so angeordnet sind, daß ihre Superposition am Ort der Substrate einen gleichmäßigen Ätzangriff bewirkt.

5. Vorrichtung zum plasmachemischen Ätzen oder reaktiven Ionenätzen bestehend im wesentlichen aus einem mit zwei gleichgroßen, parallelen Elektroden ausgestatteten Vakuumbehälter, HF-Generator, Vakuumpumpe und Gaszuleitungen insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1-4, gekennzeichnet dadurch, daß an der der Substratträgerelektrode gegenüberliegenden Elektrode in einem Kreisring Rippen so angeordnet sind, daß die inhomogenen Entladungen in Form einer oder vieler Hohlkathodenentladungen beim Anschluß am HF-Generator erzeugt werden.
6. Vorrichtung nach Punkt 5, gekennzeichnet dadurch, daß die Rippen paarweise parallel zueinander an der Elektrode angeordnet sind.
7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß zur Erzeugung einer inhomogenen Entladung ein an sich bekanntes Plasmatron mit Ringspaltentladung eingesetzt ist.

---

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

---

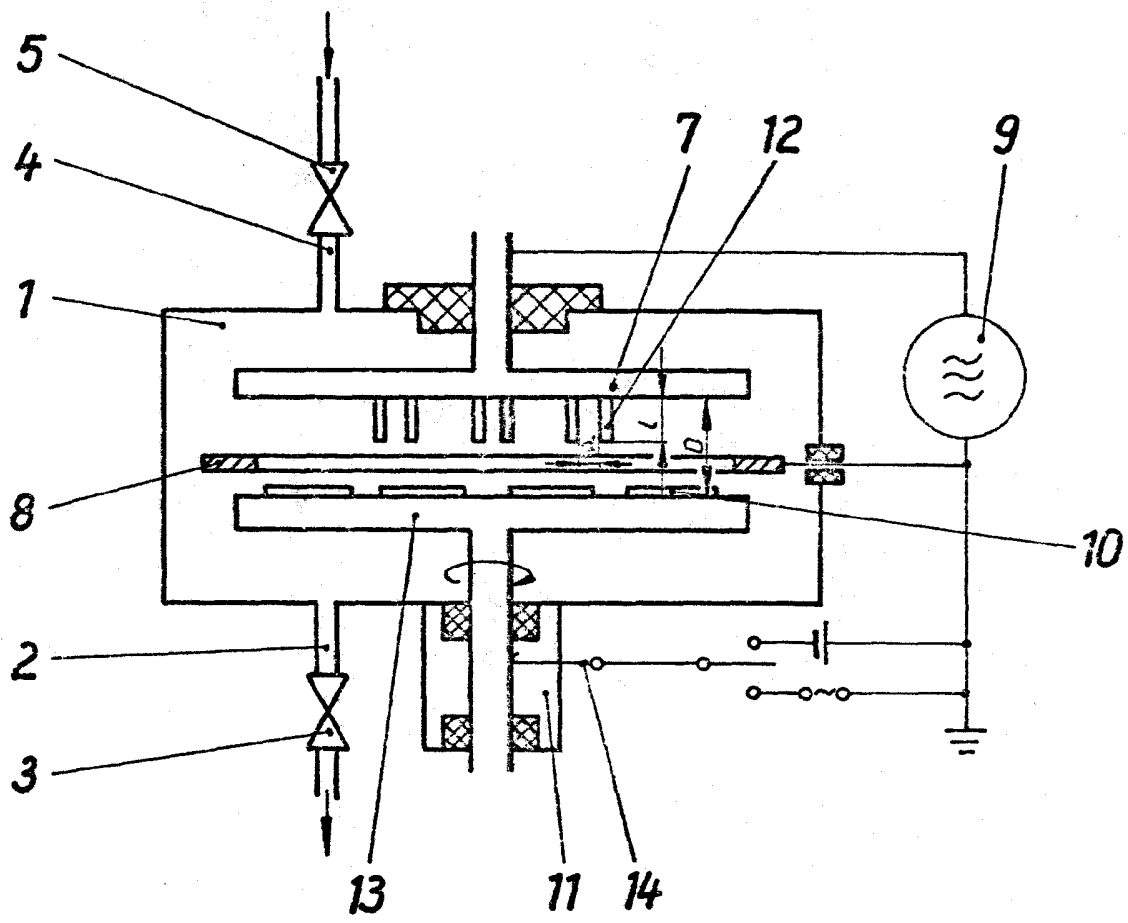


Fig. 1

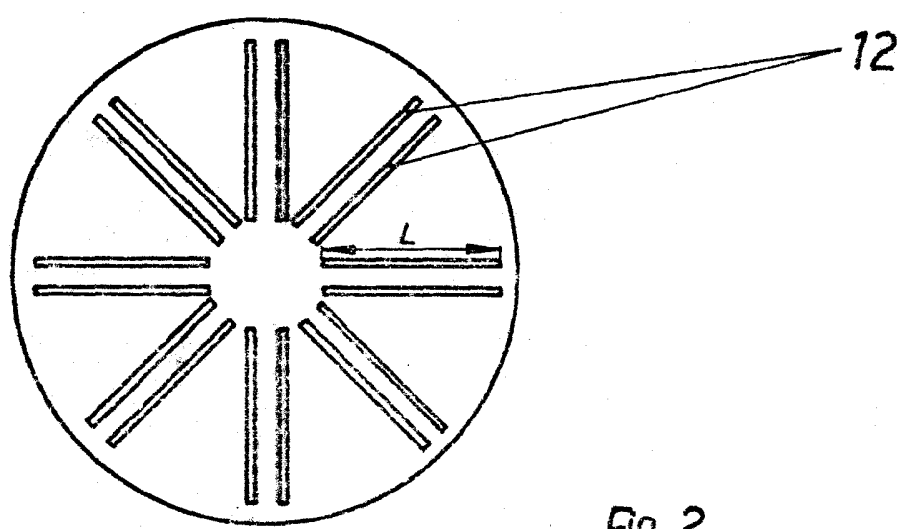


Fig. 2