



Ausschliessungspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11) **207 927**

Int.Cl.³ 3(51) C 23 C 15/00
C 23 F 1/02
H 01 L 21/306

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP C 23 C/ 2330 211
(31) 121007/80

(22) 03.09.81
(32) 03.09.80

(44) 21.03.84
(33) JP

(71) siehe (73)
(72) TAKASHI YAMAZAKI, JP;
(73) TOKYO SHIBAURA DENKI KABUSHIKI KAISHA, HORIKAWA-CHO, SAIWAI-KU, KAWASAKI-SHI, JP
(74) INTERNATIONALES PATENTBUERO BERLIN, 1020 BERLIN WALLSTR. 23/24

(54) **PLASMAAETZVORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Plasmaätzvorrichtung und ein Verfahren zum Plasmaätzen von metallischen Werkstücken, vorzugsweise aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen für die Herstellung von Halbleitern. Ziel der Erfindung ist die Erzeugung einer reproduzierbaren Ätzung und die Verhinderung einer nachträglichen Korrosion der Werkstücke. Die erfindungsgemäße Plasmaätzvorrichtung ist gekennzeichnet durch eine Ätzkammer mit zwei parallel angeordneten, flachen Plattenelektroden, die sich gegenüberliegen und für die Einspeisung von Hochfrequenzstrom in eine der beiden Elektroden und die Einführung eines Reaktivgases ausgerüstet sind, eine Nachbehandlungskammer, die mit der Ätzkammer verbunden ist und eine Vorrichtung zur Einführung eines erwärmten Gases in das Innere hat, Trennvorrichtungen zur hermetischen Abtrennung von Ätzkammer und Nachbehandlungskammer und Vorrichtungen zum Transport der Werkstücke in der Ätzkammer zur Nachbehandlungskammer. Sie umfaßt weiterhin eine mit der Ätzkammer verbundene Zulaufkammer und eine mit der Nachbehandlungskammer verbundene Auffangkammer. Fig. 1.

Plasmaätzvorrichtung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Plasmaätzen und dabei insbesondere auf eine diesbezügliche Vorrichtung sowie ein diesbezügliches Verfahren.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Mit dem jüngsten Trend zu steigender Integrationsdichte werden mehr und mehr großformatige integrierte Schaltkreise durch sehr großformatige integrierte Schaltkreise ersetzt, und dies zwingt bei der Herstellung derartiger Halbleiterelemente zum Ersetzen des Naßätzverfahrens durch das Trockenätzverfahren. Insbesondere das Reaktivionätzen ist in breitem Maße als Trockenätzverfahren in Anwendung gebracht worden. Beim Verfahren des Reaktivionätzens wird ein Reaktivgas in einen Raum zwischen paarig und parallel einander gegenüberliegend angeordnete flache Plattenelektroden eingeführt, wobei es mittels einer durch Anlegen von hochfrequenter elektrischer Leistung an eine der Elektroden erzeugten Entladung dissoziiert wird und auf diese Weise Plasma produziert. In dem so hergestellten Plasma vorhandene positive Ionen werden durch eine auf dem Werkstück erzeugte negative Selbstbeeinflussung beschleunigt und zur Beschleunigung des Werkstückes veranlaßt, welches hierzu auf der Elektrode mit angelegter hochfrequenter Leistung plaziert wird. Auf diese Weise wird das Ätzen des Werkstückes vorgenommen. Durch das Reaktivionätzen können hochpräzise Muster geformt werden, wenn solche Gase wie beispielsweise etwa CHF_3 und ein Gasgemisch aus CF_4 und H_2 Anwendung finden; so etwa dann, wenn Kontaktlöcher in einen auf einem Halbleitersubstrat gebildeten SiO_2 -Film einzuarbeiten sind. Ein Hochpräzisionsätzen

von polykristallinem Silikon als Elektrodenmaterial kann durch Verwendung von Gasen wie $CBrF_3$ und einem Gasgemisch aus $CBrF_3$ und Cl_2 erreicht werden. Darüber hinaus können Gase wie CCl_4 und ein Gasgemisch aus CCl_4 und Cl_2 für das Hochpräzisionsätzen von Al und Al-Legierungen eingesetzt werden, welche als Zwischenverbindungs-Elektrodenmaterial dienen.

Unter den eben erwähnten Kombinationen von reaktiven Gasen und Werkstoffen werfen insbesondere für das Ätzen von Al oder Al-Legierungen verwendete chlorhaltige Gase - anders als die anderen Kombinationen - auf Grund der sehr starken korrosiven Wirkung auf Al und Al-Legierungen sowie auf Grund der Schwierigkeit des Entfernens des Oxidfilm (Al_2O_3) auf der Al- oder Al-Legierungs-Oberfläche zahlreiche Probleme auf. So ist beispielsweise die Reproduzierbarkeit des Ätzens infolge einer bei Ätzbeginn vorhandenen Zeitverzögerung verringert. Darüber hinaus entsteht durch das Ätzen ein unerwünschter Rückstand. Schließlich wurde festgestellt, daß Werkstoffe aus Al oder Al-Legierung nach Eintreten in die Atmosphäre zur Korrosion neigen.

Im Ergebnis der von den Erfindern geleisteten Forschungs- und Entwicklungsarbeit konnte von den genannten Problemen die Reproduzierbarkeit des Ätzens dadurch extrem verbessert werden, daß ein Gemisch von CCl_4 und Cl_2 als reaktives Gas verwendet und die Wirkungen von H_2O auf das Ätzen minimiert wurden. Das Problem der Werkstoffkorrosion ist indessen noch nicht gelöst worden. Es wird angenommen, daß diese Korrosion durch HCl verursacht wird, die im Ergebnis einer Cl_2 -Hydrolyse dann auftritt, wenn der Werkstoff nach dem Ätzen in der Ätzkammer mit atmosphärischer Luft in Berührung kommt. Es

gibt eine wohlbekannte Methode zur Verhinderung einer derartigen Korrosion des Werkstoffes, bei welcher das zu behandelnde Material nicht unmittelbar nach dem Ätzen der Atmosphäre ausgesetzt wird, sondern vielmehr in der gleichen Ätzkammer mit O_2 -Plasma umgeben wird, wodurch sich die behandelte Oberfläche mit Oxid bedeckt. Bei dieser Methode wird jedoch die Bearbeitung mit O_2 -Plasma in der Ätzkammer in großem Maße durch das in der Ätzkammer verbleibende Cl_2 beeinflusst; die Verhinderung der Werkstoffkorrosion kann daher noch nicht befriedigen. Darüber hinaus neigt O_2 -Plasma dazu, einen über die Elektroden und die Innenwände der Ätzkammer gezogenen organischen Film zu schädigen.

Die Werkstoffkorrosion ruft häufig Probleme hervor wie etwa extreme Schwierigkeit bei der darauffolgenden Restbeseitigung, fehlerhafte Isolation bei der Bemusterung der Zwischenverbindungselektroden und Verminderung der Zuverlässigkeit von Elementen infolge von Cl_2 , welches auf der Werkstoffoberfläche zurückbleibt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Bereitstellung einer Vorrichtung sowie eines Verfahrens für das Plasmaätzen, mit welchen die Korrosion des Werkstückes verhindert und so die Herstellung einer in hohem Maße zuverlässigen Halbleitervorrichtung ermöglicht werden kann.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Werkstück nach dem Ätzen mit einem inerten Gas nachzubehandeln, bevor es

mit Luft bzw. Luftsauerstoff in Berührung kommt und eine dafür geeignete Vorrichtung zur Verfügung zu stellen.

Gemäß vorliegender Erfindung wird ein Plasmaätzapparat dargestellt, bestehend aus einer Ätzkammer mit einem Paar parallel einander gegenüberliegender flacher Plattenelektroden, aus Vorrichtung zum Anlegen von hochfrequenter elektrischer Leistung an eine der Elektroden sowie aus Vorrichtungen zum Einführen eines reaktiven Gases und schließlich bestehend aus einer Nachbehandlungskammer, welche mit der Ätzkammer verbunden ist und Vorrichtungen zur Einleitung eines erwärmten Gases in das Kammerinnere, Trennvorrichtungen zur hermetischen Abtrennung von Ätzkammer und Nachbehandlungskammer sowie Hilfsmitteln zum Transport des Werkstoffes von der Ätzkammer in die Nachbehandlungskammer.

In zweckmäßiger Weise ist die erfindungsgemäße Plasmaätzvorrichtung weiterhin bevorzugt so ausgebildet, daß sie eine mit der Ätzkammer verbundene Zulaufkammer, eine mit der Nachbehandlungskammer verbundene Auffangkammer, eine Vorrichtung zum Transport des Werkstückes in der Zulaufkammer zur Ätzkammer und eine Vorrichtung zum Transport des Werkstückes in der Nachbehandlungskammer zur Auffangkammer aufweist.

Gemäß vorliegender Erfindung wird darüber hinaus ein Plasmaätzverfahren vermittelt. Im ersten Schritt dieses Verfahrens wird das Werkstück dem Plasma eines reaktiven Gases ausgesetzt, welches in den Zwischenraum zwischen paarig parallel in einer Ätzkammer angeordneten flachen Plattenelektroden eingeführt wird, wobei die Plasmaerzeugung durch Anlegen von hochfrequenter elektrischer Leistung an eine der flachen Plattenelektroden erfolgt; im zweiten Schritt wird das Werk-

stück aus der Ätzkammer entfernt; in einem dritten Schritt schließlich wird das Werkstück mit einem erhitzten fließenden Gas behandelt.

Im Plasmaätzverfahren gemäß vorliegender Erfindung wird das bearbeitete Werkstück, nachdem es in einer Ätzkammer durch Plasmaätzen unter Einsatz eines Chloratoms enthaltenden reaktiven Gases geätzt worden ist, in eine Nachbehandlungskammer transportiert. Die innere Atmosphäre dieser Nachbehandlungskammer ist angewärmt; die Nachbehandlung erfolgt durch Einführen eines auf 40 bis 200 °C erwärmten Gases, wodurch das auf der Werkstückoberfläche verbliebene Cl beseitigt wird. Die Wärmebehandlung vermittelt des angewärmten Gases kann während des Absaugens eben dieses angewärmten Gases aus der Nachbehandlungskammer erfolgen. Als angewärmtes Gas können reaktionsträge Gase wie etwa Ar, He und Ne oder auch Gase wie etwa O₂, N₂, H₂ usw. Verwendung finden. Desgleichen können Gemische dieser Gase eingesetzt werden.

Als chlorhaltiges reaktives Gas können CCl₄, BCl₃, SiCl₄ oder eine Gasmischung aus CCl₄ und Cl₂ angewendet werden. Das Plasmaätzen gemäß vorliegender Erfindung zeigt insbesondere dann ausgeprägte Wirkungen, wenn es gilt, Al oder Al-Legierungen zu ätzen.

Durch das Plasmaätzen gemäß vorliegender Erfindung kann die Korrosion des zu bearbeitenden Materials - bislang ein schwerwiegendes Problem - aufgehoben werden. Zusätzlich ist die Restentfernung nach dem Ätzen erleichtert und eine zuverlässige Isolation bei der Bemusterung der Zwischenverbindungs Elektroden möglich. Dergestalt wird die Herstellung in hohem Maße zuverlässiger Elemente möglich.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Beispiel näher erläutert. In der beiliegenden Zeichnung zeigen:

Fig. 1: in schematischer Darstellung eine Plasmaätzvorrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 2: die Nachbehandlungskammer der erfindungsgemäßen Vorrichtung, teilweise im Schnitt.

Nachstehend wird die Konstruktion und Steuerung einer Verkörperung der Plasmaätzvorrichtung gemäß vorliegender Erfindung näher beschrieben werden.

Fig. 1 nun ist eine Ätzkammer 1 über eine Absperrvorrichtung 8 mit einer Zulaufkammer 2 und darüber hinaus über eine Absperrvorrichtung 9 mit einer Nachbehandlungskammer 3 verbunden, wobei letztere über eine Absperrvorrichtung 10 mit einer Auffangkammer 4 in Verbindung steht. Die Ätzkammer 1 wird durch eine Umlaufkolbenpumpe 5 und eine Diffusionspumpe 6 evakuiert, wobei die Ausgangsöffnung 7 der Diffusionspumpe 6 zur Atmosphäre hin offen ist. Eine die Ätzkammer 1 und die Umlaufkolbenpumpe 5 verbindende Rohrleitung ist mit einer Absperrvorrichtung 11 ausgestattet; eine die Umlaufkolbenpumpe 5 und die Diffusionspumpe 6 verbindende Leitung ist mit einer Absperrvorrichtung 12 versehen, und eine die Ätzkammer 1 und die Diffusionspumpe 6 verbindende Leitung ist mit einer Absperrvorrichtung 13 ausgerüstet. Desweiteren ist eine Absperrvorrichtung 14 in einer Leitung angebracht, welche die Zulaufkammer 2 mit dem ausgangseitigen Leitungstück der Absperrvorrichtung 11 verbindet; schließlich ist eine

Absperrvorrichtung 15 in einer Verbundleitung zwischen Zulaufkammer 2 und dem ausgangsseitigen Verbindungsstück von Ventil 13 vorhanden.

Innerhalb der Ätzkammer 1 ist ein Paar parallel angeordneter flacher Plattenelektroden 16a, 16b angebracht. Ein Werkstück 17 wird auf der unteren Elektrode 16b plaziert, welche ihrerseits mit einem Hochfrequenzleistungsgenerator 18 verbunden ist.

Fig. 2 ist eine Schnittdarstellung der Nachbehandlungskammer 3. Ein Heizelement 19 ist in der Umgebung der inneren Wandung der Nachbehandlungskammer 3 installiert. Die Decke der Nachbehandlungskammer 3 ist mit einer Versorgungsleitung 20 für erhitztes Gas ausgestattet, wobei letztere an ihrem in die Kammer 3 hineinragenden Ende mit einem Verteiler 21 versehen ist. In der Kammer 3 wird das Werkstück 17 unter dem Verteiler 21 abgelegt. Die Kammer 3 ist weiterhin mit Entlüftungsöffnungen 22 versehen, durch welche das erhitzte Gas abgezogen wird.

Im folgenden soll die Fahrweise der oben beschriebenen Plasmaätzvorrichtung beschrieben werden. Zunächst wird das Werkstück in die Zulaufkammer 2 transportiert, wobei die Absperrvorrichtungen 8, 14 und 15 geschlossen gehalten werden. Sodann wird die Absperrvorrichtung 15 zum Zwecke des zusätzlichen Gasentzuges geöffnet. Nun wird die Absperrvorrichtung 8 geöffnet, und das Werkstück wird mit einem Transportwerkzeug (nicht dargestellt) aus der Zulaufkammer 2 in die Ätzkammer 1 überführt und auf einer der paarig parallelen flachen Elektroden 16a, 16b abgelegt. Danach wird die Absperrvorrichtung 8 geschlossen, während die Absperrvorrichtung 11 geöffnet

wird, wodurch eine Evakuierung der Ätzkammer 1 bis zu einem Hochvakuum (10^{-5} Torr oder darunter) erfolgt. Jetzt wird ein Gasgemisch aus CCl_4 und Cl_2 in die Ätzkammer 1 eingeleitet und hochfrequente elektrische Leistung der Elektrode 16b angelegt, um Gasplasma für das reaktive Ionenätzen der Werkstückoberfläche zu erzeugen.

Im Verfahren nach bisherigem Stand der Technik wird das Werkstück 17 nach Abschluß des Ätzens aus der Ätzkammer 1 herausgenommen und der Zulaufkammer 2 durch Öffnen der Absperrvorrichtung 8 zugeführt sowie unmittelbar darauf der atmosphärischen Luft ausgesetzt. Im Verfahren gemäß vorliegender Erfindung wird die Absperrvorrichtung 9 nach Beendigung des Ätzens geöffnet und das Werkstück 17 in die Nachbehandlungskammer 3 überführt. Der Innenraum dieser Kammer wird vom Heizelement 19 beheizt. Sodann wird die Absperrvorrichtung 9 geschlossen, und das Werkstück 17 wird durch Einleiten von 40 bis 200 °C heißem N_2 -Gas durch Leitung 20 thermisch behandelt dergestalt, daß das Gas das Werkstück 17 berührt. Das erhitzte N_2 -Gas wird unverzüglich aus der Nachbehandlungskammer 3 in die Außenluft abgezogen. Der Gasdruck in der Nachbehandlungskammer 3 entspricht beispielsweise dem atmosphärischen Druck. Andererseits kann er über oder unter dem atmosphärischen Druck liegen. Nach der Wärmebehandlung wird das Werkstück 17 zum Sammelbehälter 4 transportiert und der weiteren Bearbeitung zugeführt.

Als Transportmittel für die Bewegung des Werkstückes zwischen angrenzenden Kammern kann ein Gurtbandförderer verwendet werden.

Wie vorstehend beschrieben worden ist, wird im Plasmaätzverfahren gemäß vorliegender Erfindung das geätzte Werkstück in

der Nachbehandlungskammer durch nicht dissoziiertes Gas mit vergleichsweise niedriger Temperatur von 40 bis 200 °C thermisch behandelt. Auf diese Weise kann dem Werkstück in befriedigendem Maße Cl entzogen werden, ohne daß dabei die Möglichkeit der Werkstückschädigung besteht; das Problem der Werkstückkorrosion ist damit gegenstandslos geworden.

In der oben erwähnten Verkörperung wird das Werkstück sofort nach dem Ätzen der Nachbehandlungskammer 3 zugeführt, um dort der Hitzebehandlung ausgesetzt zu werden. Stattdessen kann das Werkstück nach dem Ätzen auch mit der Atmosphäre in Berührung gebracht werden, um anschließend in die Kammer 3 zu gelangen. Bei der versuchsweisen Verwendung eines Gasgemisches aus CCl_4 und Cl_2 als Reaktivgas zeigte sich, daß es auf das Werkstück keinen Einfluß hatte, wenn es nach Verlassen der Ätzkammer in die Atmosphäre gelangte, sofern dieser Aufenthalt nicht länger als 30 s dauerte.

Erfindungsanspruch

1. Plasmaätzvorrichtung, gekennzeichnet durch eine Ätzkammer (1) mit zwei parallel angeordneten, flachen Plattenelektroden (16a; 16b), die sich gegenüberliegen und für die Einspeisung von Hochfrequenzstrom in eine der beiden Elektroden (16a; 16b) und die Einführung eines Reaktivgases ausgerüstet sind, eine Nachbehandlungskammer (3), die mit der Ätzkammer (1) verbunden ist und eine Vorrichtung (20; 21) zur Einführung eines erwärmten Gases in das Innere hat, Trennvorrichtungen (9) zur hermetischen Abtrennung von Ätzkammer (1) und Nachbehandlungskammer (3) und Vorrichtungen zum Transport der Werkstücke (17) in der Ätzkammer (1) zur Nachbehandlungskammer (3).
2. Plasmaätzvorrichtung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß sie desweiteren eine mit der Ätzkammer (1) verbundene Zulaufkammer (2), eine mit der Nachbehandlungskammer (3) verbundene Auffangkammer (4), eine Vorrichtung zum Transport des Werkstückes (17) in der Zulaufkammer (2) zur Ätzkammer (1) und eine Vorrichtung zum Transport des Werkstückes (17) in der Nachbehandlungskammer (3) zur Auffangkammer (4) aufweist.
3. Plasmaätzvorrichtung nach Punkt 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß das Reaktivgas ein chlorhaltiges Gas ist.
4. Plasmaätzvorrichtung nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß das chlorhaltige Gas ein Gas ist, das aus der Gruppe CCl_4 , BCl_3 , SiCl_4 und einer Mischung aus CCl_4 und Cl_2 ausgewählt wird.

