



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 35 100 T2** 2007.12.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 987 745 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/3213** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 35 100.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 115 878.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **12.08.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.03.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **14.02.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.12.2007**

(30) Unionspriorität:

153390 15.09.1998 US

(72) Erfinder:

Gutsche, Martin, 84405 Dorfen, DE; Strobl, Peter, Glen Allen, VA 23060, US; Wege, Stephan, 01328 Dresden, DE; Lueken, Eike, 01445 Radoboul, DE; Stojakovic, Georg, Poughkeepsie, NY 12601, US; Spuler, Bruno, 01478 Weixdorf Dresden, DE

(73) Patentinhaber:

Qimonda AG, 81739 München, DE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IE, IT, NL

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Ätzung einer Metallisierung mittels einer harten Maske**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Techniken zum Ätzen durch eine Metallisierungsschicht auf einem Substrat. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere Techniken zum Ätzen durch die Metallisierungsschicht unter gleichzeitiger Reduzierung der Korrosion aufgrund von Nebenprodukten, die während Metallisierungsätzprozessen nach dem Stand der Technik entstehen.

[0002] Bei der Herstellung von integrierten Halbleiterschaltungen (ICs) werden Metalleitungen oftmals als leitende Pfade zwischen den Bauelementen auf der integrierten Schaltung verwendet. Um die Metalleitungen und -strukturmerkmale auszubilden, wird in der Regel eine Metallschicht unstrukturiert auf der Oberfläche des Wafers abgeschieden. Unter Verwendung einer entsprechenden Fotolackmaske werden dann Abschnitte der Metallschicht weggeätzt, wodurch Metalleitungen und -strukturen zurückbleiben.

[0003] Mit zunehmender Dichte der integrierten Schaltungen und abnehmender Strukturgröße wurde eine Vielfalt von Techniken entwickelt, um die ständig schrumpfenden Strukturen der integrierten Schaltung korrekt zu ätzen. Eine dieser Techniken beinhaltet das plasmaverstärkte Ätzen. Zur Erleichterung der Erörterung zeigt [Fig. 1](#) eine auf einem Substrat **104** angeordnete Metallschicht **102**. Das Substrat **104** kann den Wafer selbst oder, was üblicher ist, eine Schicht darstellen, auf der die Metallschicht **102** angeordnet ist, wie etwa eine Oxidschicht. Bei dem Beispiel gemäß [Fig. 1](#) enthält die Metallschicht **102** eine Barrierenschicht **106**, die in der Regel aus einem Material wie etwa Titan ausgebildet ist. In einigen Fällen kann die Barrierenschicht **106** eine Verbundschicht sein, die ein über einer Titanschicht liegendes Titanitrid (TiN) enthält. Die Metallschicht **108** wird in der Regel aus Aluminium oder einer seiner Legierungen wie etwa Aluminium/Kupfer oder Aluminium/Kupfer/Silizium gebildet. Zwischen der Metallschicht **108** und der Fotolackmaske **110** ist eine Barrieren-/ARC-(Antireflexbeschichtung)-Schicht **112** angeordnet. Die Barrieren-/ARC-Schicht **112** kann beispielsweise eine darüber liegende Antireflexbeschichtung enthalten, die organisch oder anorganisch sein kann. Ein Fachmann weiß, daß die Antireflexbeschichtungsschicht in erster Linie für Zwecke der Lithographie vorgesehen ist. Eine Barrierenschicht aus Titan und/oder Titanitrid kann unter der oben erwähnten Antireflexbeschichtungsschicht angeordnet sein. Obwohl die Metallschicht **102** so dargestellt ist, daß sie die Barrieren-/ARC-Schicht **112**, die Metallschicht **108** und die Barrierenschicht **106** enthält, würde der Fachmann ohne weiteres erkennen, daß sowohl die Barrieren-/ARC-Schicht **112** als

auch die Barrierenschicht **106** optional sind und eine oder beide in einigen ICs entfallen können.

[0004] Die Fotolackmaske **110** stellt einen Abschnitt der Fotolackmaske dar, der unter Verwendung eines entsprechenden Fotolackprozesses ausgebildet worden ist. Während des Ätzens der Metallschicht **102** schützt die Fotolackmaske **110** die unter den Fotolackstrukturen angeordneten Abschnitte der Metallschicht **102**, wodurch aus der Barunterliegenden Metallschicht Strukturen ausgebildet werden. Beispielsweise erzeugt das Ätzen der Metallschicht **102** eine Leitung, die senkrecht zu der Seite angeordnet ist, auf der [Fig. 1](#) dargestellt ist.

[0005] In [Fig. 2](#) ist das Ätzen abgeschlossen und Abschnitte der Metallschicht **102**, die von den Fotolackstrukturen nicht geschützt sind, sind entfernt. Das Ätzen einer aluminiumhaltigen Metallschicht erfolgt in der Regel in einem Plasmareaktor unter Verwendung beispielsweise von Ätzquellgasen wie etwa Cl_2/BCl_3 , Cl_2/HCl , Cl_2/N_2 und dergleichen. Das Ätzen kann beispielsweise durch einen plasmaverstärkten Prozeß erfolgen, der als reaktives Ionenätzen (RIE) bekannt ist. In [Fig. 2](#) sind Polymerseitenwände **202(a)** und **202(b)** dargestellt, die die vertikalen Oberflächen des Metallstrukturmerkmals **204** bedecken. In der Regel enthalten die Polymerseitenwände organische Materialien wie etwa gesputterten Fotolack von der Fotolackmaske **110**, wieder aufgesputtertes Material von den Metallisierungsschichten (wie etwa Aluminium, Titan und dergleichen), von der darunterliegenden Schicht (wie etwa vom Substrat **104**) gesputtertes Material und eine nichttriviale Menge an Chlor- und/oder chlorhaltigen Verbindungen aus dem Ätzquellgas. Wie hier weiter unten erörtert wird, müssen die Polymerseitenwände als Teil der Nachmetallisierungsbearbeitungsschritte entfernt werden.

[0006] In [Fig. 3](#) ist die Fotolackmaske entfernt. Bei einem typischen plasmaverstärkten Prozeß kann das Entfernen der Fotolackmaske durch Ablösen des Fotolackmaterials in einem nachgeordneten Ascheplasmareaktor (ash plasma reactor) erfolgen, wobei beispielsweise $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Dampf oder O_2 als Veraschungsmaterial verwendet wird. Wie dies in der Regel der Fall ist, entfernt der Fotolackablöseprozeß, wenn überhaupt, dann sehr wenig der Seitenwandpolymere. Folglich bleiben die Polymerseitenwände nach dem Fotolackablöseprozeß zurück und müssen in einem nachfolgenden Prozeßschritt entfernt werden. Das vollständige Entfernen der Polymerseitenwände ist höchst wünschenswert, denn, wenn das Seitenwandpolymer an der Metallinie angebracht bleibt, kann das darin enthaltene Chlor mit Feuchtigkeit der Umgebung unter Entstehung korrodierender Säuren, die die Metalleitungen angreifen, reagieren. Wie der Fachmann erkennt, ändert eine Korrosion der Metalleitungen die elektrischen Charakteristiken von Metalleitungen, wobei zum Beispiel ihr spezifischer Wi-

derstand erhöht wird. In einigen Fällen kann die Korrosion schwerwiegend genug sein, um den leitenden Pfad zu durchtrennen, wodurch dort ein offener Kreis entstehen kann, wo keiner beabsichtigt ist.

[0007] Wie erwähnt wird im Stand der Technik in der Regel ein separater Prozeß benötigt, um die Polymerseitenwände zu entfernen, die nach dem Fotolackablöseprozeß zurückbleiben. Im Stand der Technik erfolgt das Polymerseitenwandentfernen in der Regel durch einen Naßätzprozeß, da es sich herausgestellt hat, daß das plasmaverstärkte Ätzen beim Entfernen des abgeschiedenen Polymers relativ ineffizient ist. Dem Naßätzen kann ein Prozeß mit passivierendem Plasma und/oder ein Prozeß mit Spülen mit entionisiertem Wasser vorausgehen. Der Naßätzprozeß verwendet in der Regel ein geeignetes Naßätzmittel wie etwa Chrom-/Phosphorsäure, verdünntes Schwefelperoxid, organische Lösemittel EKC265 von EKC Technology, Inc. in Hayward, Kalifornien, USA, oder ACT935 von Ashland Chemical Company in Columbus, Ohio, USA. [Fig. 4](#) zeigt die Metallisierungsstruktur von [Fig. 3](#), nachdem das Naßätzen ausgeführt worden ist, um die Polymerseitenwände zu entfernen.

[0008] Wenngleich der Naßätzprozeß seinen Zweck, die Polymerseitenwand zu entfernen, erreicht, gibt es Nachteile. Beispielsweise verwendet der Naßätzprozeß in der Regel korrodierende Chemikalien, die in der Regel keine hohe Selektivität gegenüber Aluminium aufweisen. Wenn der Naßätzprozeß nicht sorgfältig gesteuert wird, kann das Naßätzmittel die Aluminiumleitungen insbesondere an der Grenzfläche mit der oberen und/oder unteren Barrierschicht oder an der Grenzfläche zwischen einer Aluminiumleitung und einem darunterliegenden Wolframzapfen (tungsten stud) angreifen. Die den Zapfen betreffende Korrosion ist besonders schwerwiegend, wenn ein Zapfen vorhanden ist, der auf die Metallleitung fehlausgerichtet ist (z.B. aufgrund einer Herstellungstoleranz) und deshalb von einer Metallleitung nicht vollständig bedeckt wird. Andererseits muß das Naßätzen ausreichend ablaufen können, so daß im wesentlichen alle Seitenwandpolymere entfernt werden, damit das oben erwähnte Korrosionsproblem verhindert wird. Wegen des relativ schmalen Prozeßfensters stellt der Einsatz des Naßätzprozesses, um die Polymerseitenwände zu entfernen, für die Prozeßingenieure viele Herausforderungen dar.

[0009] Die GB 2 286 721 A beschreibt ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauelements, wobei das Verfahren einen schützenden Film nutzt, der von der Seitenoberfläche einer leitenden Struktur durch Gasplasmaätzen entfernt wird, ohne daß die leitende Struktur der Luft ausgesetzt wird.

[0010] Die US 5,211,804 beschreibt ein Verfahren zum Trockenätzen eines Halbleiterbauelements, wo-

bei der Metallfilm des Halbleiterbauelements geätzt werden kann, ohne daß es hinterschnitten wird und Reste entstehen.

KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0011] Die Erfindung wie in Anspruch 1 definiert, betrifft ein Verfahren zum Bereitstellen von Metalleitungen, die aus einer Metallisierungsschicht geätzt sind, die über einem Substrat angeordnet ist. Das Verfahren beinhaltet das Bereitstellen des Substrats mit der Metallisierungsschicht darauf. Die Metallisierungsschicht enthält mindestens zwei Schichten mit verschiedenen elektrochemischen Eigenschaften. Das Verfahren beinhaltet zusätzlich das Ausbilden einer Hartmaskenschicht über der Metallisierungsschicht und das Bereitstellen einer Fotolackmaske über der Hartmaskenschicht. Zudem ist enthalten die Verwendung der Fotolackmaske, um eine Hartmaske aus der Hartmaskenschicht auszubilden. Die Hartmaske weist darin Strukturen auf, die konfiguriert sind, um bei einem nachfolgenden plasmaverstärkten Metallisierungsätzen die Metalleitungen auszubilden. Das Verfahren beinhaltet außerdem das Entfernen der Fotolackmaske und das Durchführen des plasmaverstärkten Metallisierungsätzens unter Verwendung der Hartmaske und eines Ätzmittelquellgases, das Cl_2 und mindestens eine passivierungsbildende Chemikalie enthält, wobei das plasmaverstärkte Metallisierungsätzen ohne Verwendung von Fotolack durchgeführt wird, und zwar zum Reduzieren von fotolackbasierter Polymerabscheidung während des plasmaverstärkten Metallisierungsätzens. Das Verfahren beinhaltet zusätzlich das Durchführen einer Naßätzung zum Entfernen von während des plasmaverstärkten Metallisierungsätzens ausgebildeten Polymerseitenwänden. Das Naßätzen wird durchgeführt, während die Hartmaske über den Metalleitungen angeordnet ist, um die Korrosion aufgrund einer Elektrolysereaktion zwischen den mindestens zwei Metallschichten während des Naßätzens zu reduzieren.

[0012] Die Erfindung wie in Anspruch 5 definiert betrifft außerdem ein Verfahren zum Bereitstellen von Metallstrukturen in einer Metallisierungsschicht. Die Naßreinigung wird durchgeführt, um wenigstens eines von Seitenwandpassivierung oder Polymerabscheidung an vertikalen Oberflächen der geätzten Metallstrukturen zu entfernen. Das Verfahren beinhaltet das Bereitstellen einer Hartmaske über der Metallisierungsschicht. Das Verfahren beinhaltet außerdem das Ätzen der Metallisierungsschicht in einer Plasmabearbeitungskammer unter Verwendung der Hartmaske. Das Ätzen bildet die geätzten Metallstrukturen aus. Das Verfahren beinhaltet zusätzlich das Durchführen der Naßreinigung ohne Entfernen der Hartmaske, wobei die Hartmaske obere Oberflächen der geätzten Metallstrukturmerkmale kappt, um eine Exposition der geätzten Metallstrukturen gegen-

über einer bei dem Naßätzen verwendeten Naßätzlösung zu reduzieren.

[0013] Diese und weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden unten in der ausführlichen Beschreibung der Erfindung und in Verbindung mit den folgenden Figuren ausführlicher beschrieben.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] Die vorliegende Erfindung läßt sich ohne weiteres an Hand der folgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen verstehen, in denen gleiche Bezugsziffern gleiche strukturelle Elemente bezeichnen.

[0015] [Fig. 1](#) zeigt eine Metallschicht, die auf einem Substrat angeordnet ist, einschließlich der über der Metallschicht zum Metallisierungsätzen angeordneten Fotolackmaske.

[0016] [Fig. 2](#) zeigt das Substrat von [Fig. 1](#) nach dem Ätzen der Metallisierungsschicht.

[0017] [Fig. 3](#) zeigt das Substrat von [Fig. 2](#) nach dem Entfernen der Fotolackmaske.

[0018] [Fig. 4](#) zeigt das Metallisierungsstrukturmerkmal von [Fig. 3](#), nachdem das Naßätzen durchgeführt worden ist, um die Polymerseitenwände zu entfernen.

[0019] [Fig. 5](#) zeigt eine Metallschicht, die auf einem Substrat angeordnet ist, einschließlich einer Hartmaskenschicht und einer Fotolackmaske, die über der Metallschicht angeordnet sind, um das Metallisierungsätzen zu erleichtern.

[0020] [Fig. 6](#) zeigt das Substrat von [Fig. 5](#), einschließlich einer Hartmaske, die aus der Hartmaskenschicht geätzt worden ist.

[0021] [Fig. 7](#) zeigt das Substrat von [Fig. 6](#), einschließlich der Hartmaske, nachdem die Fotolackmaske entfernt worden ist.

[0022] [Fig. 8](#) zeigt das Metallisierungsstrukturmerkmal von [Fig. 7](#), nachdem das Metallisierungsätzen durchgeführt worden ist.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0023] Die vorliegende Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf einige wenige bevorzugte Ausführungsformen, die in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt sind, ausführlich beschrieben. In der folgenden Beschreibung sind zahlreiche spezifische Details dargelegt, um ein eingehendes Verständnis der vorliegenden Erfindung zu vermitteln. Dem Fach-

mann ist jedoch klar, daß die vorliegende Erfindung ohne einige oder alle dieser spezifischen Details angewendet werden kann. In anderen Fällen sind wohlbekannte Strukturen und/oder Prozeßschritte nicht ausführlich beschrieben worden, um die vorliegende Erfindung nicht unnötigerweise zu verschleiern.

[0024] Es wird eine verbesserte Metallisierungsätztechnik beschrieben, die die fotolackbasierte Polymerabscheidung auf Metalleitungen während des plasmaverstärkten Metallisierungsätzens im wesentlichen eliminiert. Im Gegensatz zu anderen plasmaverstärkten Metallisierungsätztechniken nach dem Stand der Technik, bei denen in der Regel eine Fotolackmaske verwendet wird, um während des Metallätzens die Metalleitungen zu definieren, verwendet das beschriebene Verfahren vorteilhafterweise eine plasmaverstärkte Ätztechnik, bei der stattdessen eine Hartmaske eingesetzt wird, um die Polymerabscheidung aufgrund von Fotolackfragmenten zu eliminieren. Wichtig ist, daß das Ätzmittelquellgas so ausgewählt wird, daß es mindestens ein seitenwandpassivierendes Mittel enthält, um das anisotrope Ätzen zu erleichtern und das Seitenwandprofil beizubehalten. Das seitenwandpassivierende Mittel wird bereitgestellt, um eine Seitenwandpassivierung zu erzeugen, um die Polymerabscheidung zu kompensieren, die gleichzeitig mit der Eliminierung der Fotolackmaske während des Metallisierungsätzens eliminiert wird. Da das Volumen des seitenwandpassivierenden Mittels in einem typischen herkömmlichen Plasmaätzgerät fein gesteuert werden kann, wird es möglich, den Prozeß derart fein abzustimmen, daß das Ausmaß an Seitenwandpassivierung minimiert wird, während immer noch die Seitenwandprofilanforderungen erfüllt werden. Somit kann die Naßätzanforderung reduziert oder ganz eliminiert werden, was die Exposition der feinen geätzten Metallstrukturen gegenüber der korrodierenden Naßätzlösung begrenzt oder sogar die Notwendigkeit für eine Naßreinigung eliminiert.

[0025] In dem Ausmaß, in dem ein reduzierter Naßätzprozeß wünschenswert ist, um eine etwaige Seitenwandpassivierung zu beseitigen, die möglicherweise nach dem Metallätzen zurückbleibt, dient die Erfindung in nicht naheliegender Weise auch zum Reduzieren von Korrosion während des Naßätzprozesses im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren. Denn wenn die Metallisierungsschicht aus zwei oder mehr Schichten aus ungleichen Metallen ausgebildet ist, wie dies oftmals der Fall ist, führt das Vorliegen von ungleichen Metallen in der Naßätzlösung oftmals zu einer verstärkten Korrosion aufgrund elektrochemischer Reaktionen. Gemäß einem besonders vorteilhaften Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die Hartmaske während des Naßätzens auf den Metalleitungen belassen, um die Metalleitungen zu "kappen", und reduziert ihre Exposition gegenüber dem korrodierenden Naßätzen. Durch "Kappen" der Metallei-

tungen während des Naßätzprozesses wird ein kleinerer Flächeninhalt einer der Metallschichten der Naßätzlösung ausgesetzt, wodurch Korrosion auf nicht naheliegende Weise im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren reduziert wird.

[0026] Gemäß einem vorteilhaften Beispiel ist die Hartmaske aus einem Material ausgebildet, das auch als Teil der isolierenden dielektrischen Schicht dient, die nachfolgend über den geätzten Metalleitungen abgeschieden wird. Nach dem Ätzen besteht somit kein Bedarf, die Hartmaske zu entfernen. Statt dessen kann die Hartmaske an ihrem Platz gelassen werden, um Teil der isolierenden dielektrischen Schicht zu sein, die danach auf den Metalleitungen abgeschieden werden kann. Wenn die nachfolgend abgeschiedene Schicht später bis auf die Metalleitungen heruntergeätzt werden soll, wird das Hartmaskenmaterial bevorzugt so gewählt, daß es vorteilhafterweise zusammen mit dem nachfolgend abgeschiedenen dielektrischen Material in einem einzelnen Ätzschritt geätzt werden kann. Auf diese Weise kann man die mit einer Polymerabscheidung auf Basis von reduziertem Fotolack verbundenen Vorteile erreichen, ohne daß nach dem Metallisierungssätzen ein separater Hartmaskenentfernungsschritt erforderlich ist. Dies ist insbesondere wichtig für IC-Hersteller, da Metalleitungen oftmals in Mehrfachmetallprozessen mit einer Schicht aus isolierendem Material bedeckt werden.

[0027] Zur Erleichterung der Erörterung der Merkmale und Vorteile der Erfindung ist in den [Fig. 5-Fig. 8](#) ein spezifisches Beispiel der erfindungsgemäßen plasmaverstärkten Metallisierungsätztechnik ohne Fotolack dargestellt. In [Fig. 5](#) ist eine Metallschicht **502** dargestellt, die über einem Substrat **104** angeordnet ist. In dem spezifischen Beispiel enthält die Metallschicht **502** drei getrennte Schichten: eine Barrierenschicht **504**, eine Metallschicht **506** und eine Barrieren-/Antireflexbeschichtung-(ARC)-Schicht **508**. Der Fachmann würde ohne weiteres erkennen, daß die Barrierenschicht **504** und die Barrieren-/ARC-Schicht **508** optional sind und möglicherweise nicht in jedem Fall erforderlich sind, was von der spezifischen Wahl der Materialien für die Metallschicht **502** und/oder die Schichten, die sich neben der Metallschicht **502** befinden, abhängt.

[0028] Unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) umfaßt die Barrierenschicht **504** eine über einer Ti-Schicht liegende Schicht aus TiN. Die Metallschicht **506** ist eine aluminiumhaltige Schicht, die bevorzugt aus Aluminium oder einer der Aluminiumlegierungen wie etwa Al/Cu oder Al/Cu/Si ausgebildet ist. Die Barrieren-/ARC-Schicht **508** umfaßt auch eine über einer Ti-Schicht liegende Schicht aus TiN. Um das Ätzen durch die Metallschicht zu erleichtern, kann bei einem Beispiel eine Hartmaskenschicht **510** aus einem Hartmaskenmaterial wie etwa SiON, Oxid, SiN, FOX,

oder einer beliebigen Kombination hieraus, bestehen. Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist das Hartmaskenmaterial SiON, so daß der Einsatz von Tief-UV-Lithographie möglich ist, ohne daß eine zusätzliche organische ARC-Schicht erforderlich ist.

[0029] In einer typischen Situation ist eine organische ARC-Schicht zwischen der Hartmaskenschicht **510** und einer nachfolgend ausgebildeten organischen Fotolackmaske **514** vorgesehen. Es sei angemerkt, daß die organische ARC-Schicht nur enthalten ist, wenn dies für Zwecke der Fotolithographie erforderlich ist. Die organische Fotolackmaske enthält die Struktur von Metalleitungen, die schließlich auf die Metallschicht übertragen wird. Als erster Schritt jedoch wird die Fotolackmaske eingesetzt, um durch die Hartmaskenschicht zu ätzen, um die Struktur auf die Hartmaskenschicht zu übertragen und dadurch eine Hartmaske auszubilden. Bei einer Ausführungsform umfaßt die Hartmaske eine Doppelschicht aus SiO₂ und SiON und wird unter Verwendung von CF₄/CHF₃/Argon unter Einsatz eines reaktiven Ionenätzprozesses geätzt. Bei einem Beispiel erfolgt das RIE der Hartmaske in einem MXP-Plasmabearbeitungssystem, das von der Firma Applied Materials Inc. in Santa Clara, Kalifornien, USA, geliefert wird. In [Fig. 6](#) ist ein Abschnitt der Hartmaske durch die Bezugszahl **512** dargestellt.

[0030] Die Fotolackmaske wird dann in einem herkömmlichen Fotolackmaskenablöseprozeß wie etwa einer plasmaverstärkten Veraschung unter Verwendung entweder von O₂ oder O₂/H₂O-Dampf als dem Veraschungsmittel abgelöst. Auf diese Weise wird die Fotolackmaske nur dafür eingesetzt, durch die Hartmaskenschicht hinunter zur Metallschicht zu ätzen. Das Ergebnis nach dem Fotolackablösen ist in [Fig. 7](#) gezeigt.

[0031] Danach wird die Struktur der Hartmaske unter Verwendung eines geeigneten Ätzmittels auf die Metallschicht übertragen. Das spezifische eingesetzte Ätzmittel hängt natürlich von der Zusammensetzung der die Metallschicht umfassenden Schichten ab. Es ist wünschenswert, daß das Ätzmittel gegenüber dem Hartmaskenmaterial selektiv ist, während durch die Aluminiumschicht geätzt wird. Beispielsweise hat sich herausgestellt, daß sich Ätzmittel, die Cl₂ enthalten, zum Ätzen durch die aluminiumhaltige Schicht eignen.

[0032] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird erkannt, daß das Entfernen der Fotolackmaske aus dem Metallisierungsätzprozeß die Ätzanisotropie (z.B. das gewünschte vertikale Ätzprofil) des plasmaverstärkten Ätzprozesses (z.B. RIE) beeinträchtigen kann, da keine PR-basierte Polymerseitenwand vorliegt, um vor einem Maskenhinterschneiden zu schützen. Um das Ätzprofil beizubeh-

halten, enthält das Ätzmittelquellgas, das zum Ätzen durch die Metallschicht verwendet wird, vorteilhafterweise gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mindestens ein seitenwandpassivierendes Mittel. Bei dem seitenwandpassivierenden Mittel kann es sich beispielsweise um N_2 , CH_4 , CHF_3 handeln. Dementsprechend können zum Ätzen der aluminiumhaltigen Schicht Ätzmittel wie etwa $Cl_2/HCl/N_2$, $BCl_3/Cl_2/N_2$, $BCl_3/Cl_2/CH_4$, $BCl_3/Cl_2/N_2/CH_4$ verwendet werden. Das Ergebnis nach dem Metallisierungsätzen ist in [Fig. 8](#) gezeigt, die das Metallstrukturmerkmal **516** zeigt, das dadurch ausgebildet wird.

[0033] Durch Steuern der Durchflussrate des zugeführten seitenwandpassivierenden Mittels kann der Prozeß zum Ausbilden einer ausreichenden Seitenwandpassivierung fein abgestimmt werden, um die Ätzrichtwirkung zu verbessern, ohne eine unnötig dicke Schicht aus Seitenwandpassivierung zu erzeugen, die sich später möglicherweise schwer entfernen läßt. Dies steht im Gegensatz zu der Situation nach dem Stand der Technik, bei der der sehr hohe Abscheidungsgrad an kohlenstoffhaltigem Polymer einen Beitrag durch Fotolackfragmente erhält und deshalb schwieriger zu modulieren ist. Es wird angenommen, daß die Ausbildung von kohlenstoffhaltigen Polymervorläufern wie etwa CCl_2 bei der vorliegenden Erfindung im wesentlichen vermieden wird. Mit reduziertem Polymer liegt in der Nähe der Metalleitungen weniger adsorbiertes Chlor vor, um Korrosion zu bewirken.

[0034] Vorteilhafterweise reduziert die dünne Schicht aus Seitenwandpassivierung die Anforderung an einen Naßätzprozess nach dem Metallisierungsätzen oder eliminiert diesen ganz. Selbst wenn etwas Naßätzen erforderlich ist, um die ganze Seitenwandpassivierung zu entfernen, reicht nun möglicherweise eine kürzere Zeitperiode oder ein weniger korrodierendes Naßätzmittel aus.

[0035] Nach dem Metallätzen kann eine herkömmliche Nachbehandlung wie etwa Plasmapassivierung (unter Verwendung beispielsweise eines H_2O/O_2 -Plasmas) und/oder eine Spülung mit entionisiertem Wasser durchgeführt werden. Die Plasmapassivierung säubert die Oberfläche des Wafers und/oder entfernt etwaiges verbleibendes Chlor. Danach kann eine zusätzliche herkömmliche Bearbeitung stattfinden, um das IC-Endprodukt auszubilden, das in einer Vielfalt von Elektronikeinrichtungen wie etwa Computern oder Verbraucher-/kommerzieller Elektronik verwendet werden soll.

Spezifische Beispiele

[0036] Bei den folgenden beispielhaften Ätzungen wird die aluminiumhaltige Schicht in einem TCP™ 9600SE-Plasmabearbeitungsreaktor geätzt, der von

der Firma Lam Research Corp. in Fremont, Kalifornien, USA, erhältlich ist. Wenngleich unten spezifische Parameter offenbart werden und sich als für das Ätzen der aluminiumhaltigen Schicht ohne Verwendung einer organisch basierten Fotolackmaske gemäß der Erfindung herausgestellt haben, können die für eine spezifische Maschine oder ein spezifisches Substrat erforderlichen präzisen Parameter variieren und können von einem Fachmann angesichts dieser Offenbarung hergeleitet werden.

[0037] Bei einem Ätzen gemäß einem Beispiel ist das eingesetzte Ätzmittel $Cl_2/BCl_3/N_2/CH_4$. Der Druck innerhalb des Plasmareaktors liegt zwischen etwa 1 mT und etwa 100 mT, bevorzugt zwischen etwa 3 mT und etwa 30 mT, und besonders bevorzugt zwischen 6 mT und 16 mT. Das Verhältnis Höchstleistung zu Biasleistung liegt zwischen etwa 5:1 und etwa 1:5, bevorzugt zwischen etwa 3:1 und 1:3 und besonders bevorzugt zwischen 1,5:1 und 1:1,5. Das Verhältnis des Cl_2 -Gasflusses zum BCl_3 -Gasfluß liegt zwischen etwa 12:1 und etwa 1:3, bevorzugt zwischen 8:1 und etwa 1:2 und besonders bevorzugt zwischen etwa 6:1 und etwa 1:1,5. Der Prozentsatz des N_2 -Zusatzes zu dem Gesamtfluß von Cl_2 und BCl_3 liegt zwischen etwa 0% und 50%, bevorzugt zwischen etwa 2% und 30%, und besonders bevorzugt zwischen etwa 3% und etwa 25%. Der Prozentsatz des CH_4 -Zusatzes zu dem Gesamtfluß von Cl_2 und BCl_3 liegt zwischen etwa 0% und 20%, bevorzugt zwischen etwa 1% und 10% und besonders bevorzugt zwischen etwa 2% und etwa 8%. Das Ätzen kann auch in 2 oder mehr separaten Schritten durchgeführt werden (z.B. Durchbruch, Hauptätzen und Überätzen).

[0038] Bei einem Ätzen gemäß einem weiteren Beispiel wird $Cl_2/HCl/N_2$ verwendet. Der Druck innerhalb des Plasmareaktors liegt zwischen etwa 1 mT und etwa 30 mT, bevorzugt zwischen etwa 3 mT und etwa 20 mT, und besonders bevorzugt zwischen 6 mT und etwa 16 mT. Das Verhältnis Höchstleistung zu Biasleistung liegt zwischen etwa 5:1 und etwa 1:5, bevorzugt zwischen etwa 2:1 und 1:2 und besonders bevorzugt zwischen 1:1 und 1:1,5. Das Verhältnis des Cl_2 -Gasflusses zum HCl -Gasfluß liegt zwischen etwa 10:1 und etwa 1:3, bevorzugt zwischen 8:1 und etwa 1:2 und besonders bevorzugt zwischen 5:1 und etwa 2:1. Der Prozentsatz des N_2 -Zusatzes zu dem Gesamtfluß von Cl_2+HCl liegt zwischen etwa 1% und 50%, bevorzugt zwischen etwa 5% und 30%, und besonders bevorzugt zwischen etwa 10% und 25%. Das Ätzen kann auch in 2 (oder mehr) separaten Schritten durchgeführt werden (z.B. Hauptätzen und Überätzen).

[0039] Wenngleich die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen beschrieben worden ist, gibt es Abänderungen, Permutationen und Äquivalente, die in den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung fallen. Es sei außerdem ange-

merkt, daß es viele alternative Wege zum Implementieren der Verfahren und Vorrichtungen der vorliegenden Erfindung gibt. Es ist deshalb beabsichtigt, daß die vorliegenden beigefügten Ansprüche so interpretiert werden, daß sie alle derartigen Abänderungen, Permutationen und Äquivalente beinhalten, die in den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung fallen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bereitstellen von Metalleitungen (516), die aus einer Metallisierungsschicht (502) geätzt sind, die über einem Substrat (104) angeordnet ist, umfassend:

Bereitstellen des Substrats (104) mit der darauf angeordneten Metallisierungsschicht (502), wobei die Metallisierungsschicht (502) mindestens zwei Schichten mit verschiedenen elektrochemischen Eigenschaften enthält;

Ausbilden einer Hartmaskenschicht (510) über der Metallisierungsschicht (502);

Bereitstellen einer Fotolackmaske (514) über der Hartmaskenschicht (510);

Verwenden der Fotolackmaske (514) zum Ausbilden einer Hartmaske (512) aus der Hartmaskenschicht (510), wobei die Hartmaske (512) darin Strukturen aufweist, die konfiguriert sind, die Metalleitungen durch ein nachfolgendes plasmaverstärktes Metallisierungssätzen auszubilden;

Entfernen der Fotolackmaske (514);

Durchführen des plasmaverstärkten Metallisierungsätzens unter Verwendung der Hartmaske (512) und eines Ätzmittelquellgases, das Cl_2 und mindestens eine passivierungsbildende Chemikalie enthält, wobei das plasmaverstärkte Metallisierungssätzen ohne Verwendung eines Fotolacks durchgeführt wird;

dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren weiterhin aufweist:

nachfolgendes Durchführen eines Naßätzens, während die Hartmaske (512) über den Metalleitungen (516) angeordnet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine der mindestens zwei Schichten (502) eine TiN-Schicht (504) darstellt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei eine andere der mindestens zwei Schichten eine aluminiumhaltige Schicht darstellt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die seitenwandpassivierende Chemikalie eine von N_2 , CH_4 und CHF_3 ist.

5. Verfahren zum Bereitstellen von Metallstrukturen (516) in einer Metallisierungsschicht (502), umfassend:

Bereitstellen einer Hartmaske (512) über der Metallisierungsschicht (502);

Ätzen der Metallisierungsschicht, wobei die Hartmas-

ke an ihrem Platz ist; und
danach Durchführen einer Naßreinigung, dadurch gekennzeichnet, daß die Naßreinigung durchgeführt wird, während die Hartmaske (512) an ihrem Platz ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Ätzen ohne die Verwendung einer Fotolackmaske (514) durchgeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Ätzen ein Ätzmittel verwendet, das ein seitenwandpassivierendes Mittel enthält.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das seitenwandpassivierende Mittel eines von N_2 , CH_4 und CHF_3 ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7, weiterhin umfassend das Durchführen einer Plasmapassivierung vor dem Durchführen der Naßreinigung.

10. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Hartmaske (512) als Teil einer nachfolgend über den Metallstrukturen (516) ausgebildeten isolierenden Schicht verwendet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Hartmaske (512) aus einem Hartmaskenmaterial ausgebildet wird, das mindestens eines von SiO_2 , SiON , SiN oder FOX enthält.

12. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Schritt des Ätzens der Metallisierungsschicht das Ausbilden von Metalleitungen umfasst.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

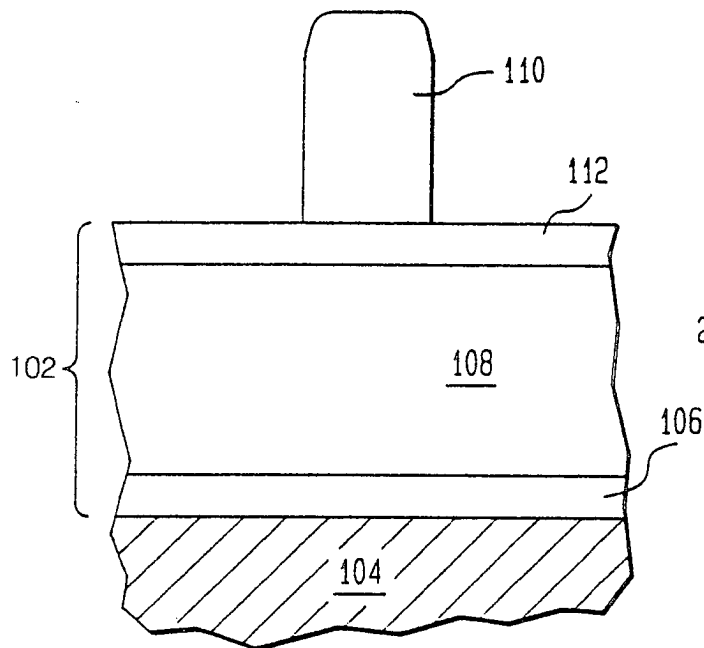


FIG. 2

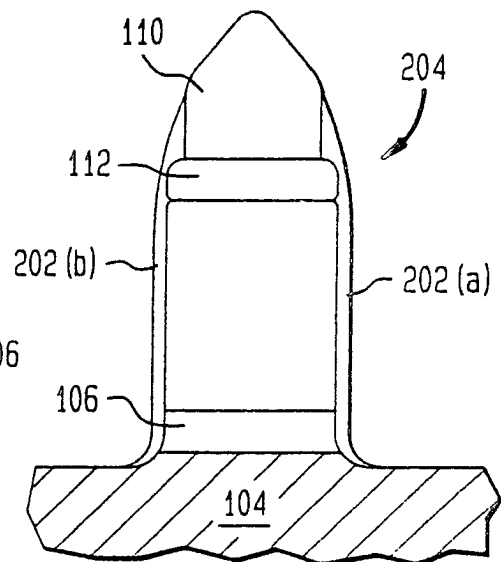


FIG. 3

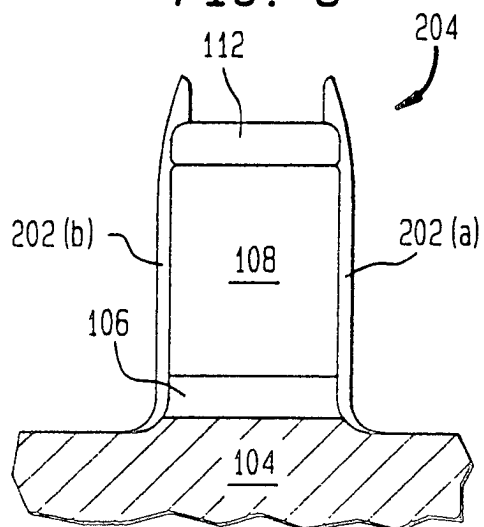


FIG. 4

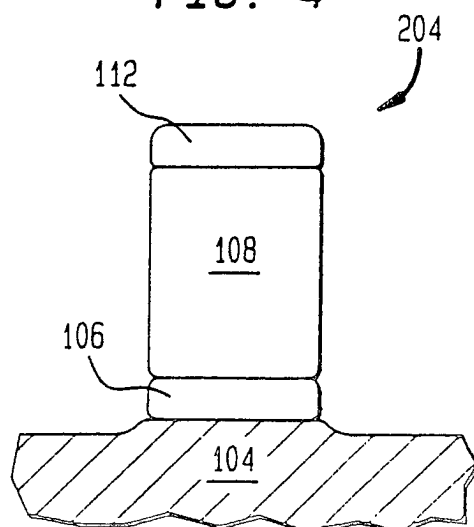


FIG. 5

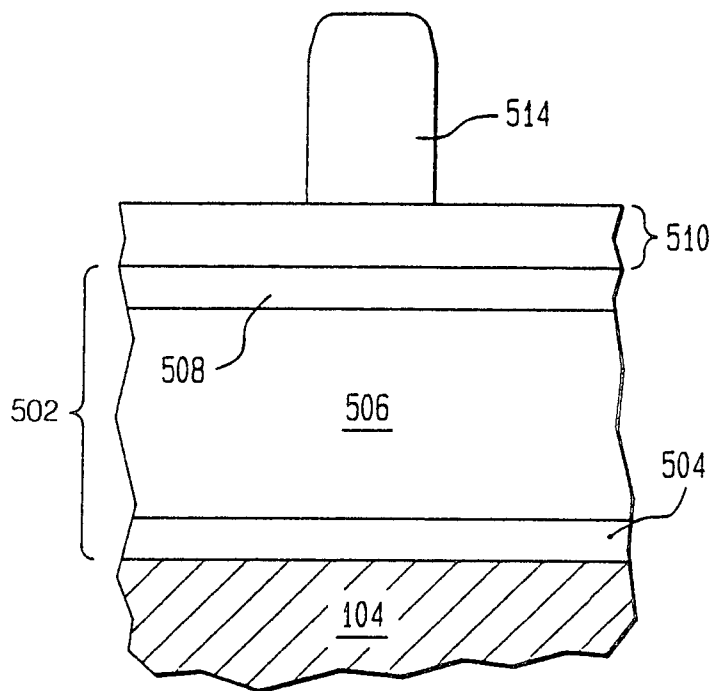


FIG. 6

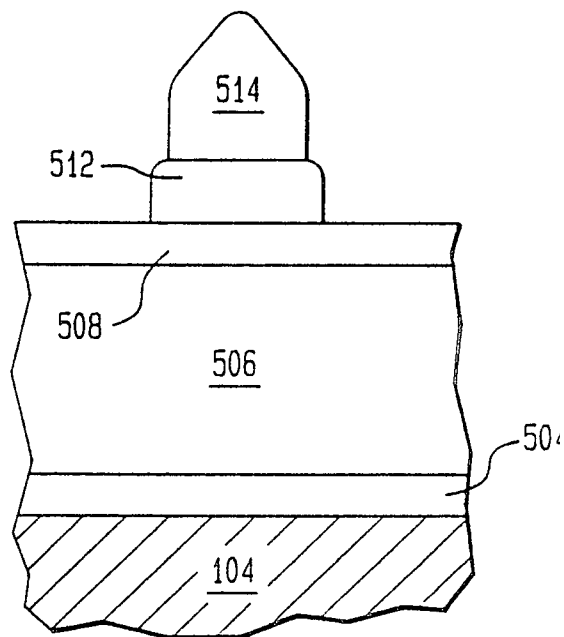


FIG. 7

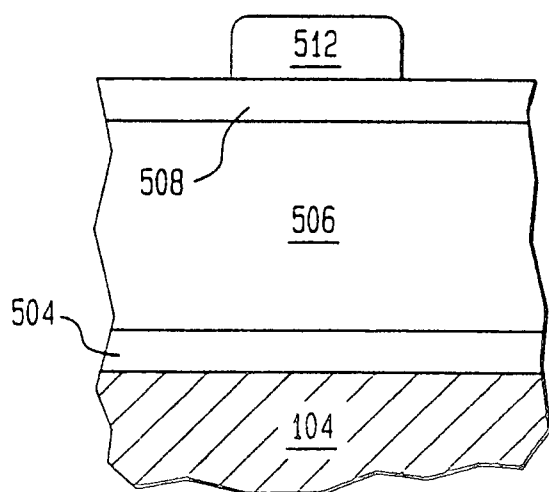


FIG. 8

