(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 35 765 T2** 2007.09.20

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 035 568 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 35 765.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP98/05131**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 953 048.0**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1999/027574**
(86) PCT-Anmeldetag: **13.11.1998**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **03.06.1999**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.09.2000**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **30.08.2006**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.09.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***H01L 21/314*** (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01)
H01L 23/532 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
33629497 20.11.1997 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE, DE, FR, IT

(73) Patentinhaber:
Tokyo Electron Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Fukiage, Noriaki, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(54) Bezeichnung: **Plasma-Verfahren**

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

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Plasmabehandlung zum Verbessern der Thermostabilität einer Fluor enthaltenden Kohlenstoffschicht, die als dielektrische Zwischenschicht einer Halbleitervorrichtung verwendet werden kann, und ein Verfahren zur Plasmabehandlung zum Abscheiden einer Fluor enthaltenden Kohlenstoffschicht mit hoher Thermostabilität.

STAND DER TECHNIK

[0002] Um die hohe Integration einer Halbleitervorrichtung zu erreichen, zielte die Entwicklung auf die Bereitstellung von Vorrichtungen beispielsweise zum Verkleinern eines Rasters und zum mehrschichtigen Aufbau einer Schaltung ab. Ein Beispiel dafür ist eine Technik zum mehrschichtigen Aufbau von Verdrahtungen. Um eine mehrschichtige Verbindungsstruktur bereitzustellen, werden eine Verdrahtungsschicht mit der Nummer n und eine Verdrahtungsschicht mit der Nummer (n + 1) mittels einer leitfähigen Schicht miteinander verbunden, und eine Dünnschicht, dielektrische Zwischenschicht genannt, wird in einem anderen Bereich als die leitfähige Schicht gebildet.

[0003] Typischerweise ist die dielektrische Zwischenschicht eine SiO_2-Schicht. Um den Betrieb einer Vorrichtung zu beschleunigen, ist es in den letzten Jahren notwendig geworden, die relative Dielektrizitätskonstante der dielektrischen Zwischenschicht zu verringern, und das Material der dielektrischen Zwischenschicht wurde untersucht. Das heißt, die relative Dielektrizitätskonstante einer SiO_2-Schicht beträgt etwa 4, und es wurde unablässig daran geforscht, Materialien zu finden, die eine niedrigere relative Dielektrizitätskonstante als die SiO_2-Schicht haben. Es wurden Untersuchungen angestellt, als ein solches Material eine SiOF-Schicht mit einer relativen Dielektrizitätskonstante von 3,5 zu realisieren. Der Erfinder ist auf eine Fluor enthaltende Kohlenstoffschicht (die im folgenden als „CF-Schicht" bezeichnet wird) gestoßen, die eine noch niedrigere relative Dielektrizitätskonstante hat. Die CF-Schicht wird beispielsweise durch thermische CVD (CVD = chemical vapor deposition = Gasphasenabscheidung) oder Plasma-CVD abgeschieden.

[0004] Daher wollte der Erfinder eine CF-Schicht mit großer Haftfähigkeit und Härte unter Verwendung eines Plasmasystems zum Erzeugen eines Plasmas mit der Elektron-Zyklotron-Resonanz herstellen, wobei er Gase, die z. B. ein Verbindungsgas aus Kohlenstoff (C) und Fluor (F) und ein Kohlenwasserstoffgas enthalten, unter verschiedenen Verfahrensbedingungen als Dünnschichtabscheidungsgase verwendet hat.

[0005] Die CF-Schicht ist jedoch mit den folgenden Problemen verbunden. Fig. 5 zeigt einen Teil eines Schaltungsabschnitts, der auf einem Wafer gebildet ist, wobei die Bezugszeichen **11** und **12** CF-Schichten bezeichnen, **13** und **14** leitfähige Schichten aus W (Wolfram) bezeichnen, **15** eine leitfähige Schicht aus (A1) Aluminium bezeichnet, **16** eine SiO_2-Schicht bezeichnet, in die P und B dotiert wurden, und **17** einen n-Typ-Halbleiterbereich bezeichnet. Die W-Schicht **13** wird bei einer Verfahrenstemperatur von 400 bis 450° erzeugt. Zu diesem Zeitpunkt werden die CF-Schichten **11** und **12** auf die Verfahrenstemperatur erhitzt. Wenn die CF-Schichten jedoch auf eine derart hohe Temperatur erhitzt werden, wird ein Teil der C-F-Bindungen getrennt, so daß hauptsächlich F-Gase desorbiert werden. Zu den F-Gasen gehören F, CF, CF_2 und so weiter.

[0006] Wenn die F-Gase so desorbiert werden, ergeben sich die folgenden Probleme.

a) Die Metallverdrahtungen aus Aluminium, Wolfram und so weiter korrodieren.

b) Zwar hat die Isolierschicht auch die Funktion, die Aluminiumverdrahtung zusammenzudrücken, um das Anschwellen von Aluminium zu verhindern, aber die Andruckkraft der Isolierschicht auf die Aluminiumverdrahtung wird durch Entgasung verringert. Als Folge dessen schwillt die Aluminiumverdrahtung an, so daß leicht ein elektrischer Defekt verursacht wird, der als Elektromigration bezeichnet wird.

c) Die Isolierschicht bricht, so daß sich die Isoliergüte zwischen den Verdrahtungen verschlechtert. Wenn sich die Bruchstelle vergrößert, ist es nicht möglich, im nächsten Schritt eine Verdrahtungsschicht zu bilden.

d) Wenn sich die Menge an desorbiertem F erhöht, erhöht sich die Dielektrizitätskonstante.

[0007] Das Dokument JP 56098469 offenbart ein Verfahren, welches das Erzeugen eines Fluorharzes und einen nachfolgenden Schritt zum Behandeln der so gebildeten Oberfläche mit Plasmaionen vorsieht, die Fluor- oder Fluorkohlenstoffgas enthalten, das mit einem Edelgas, wie beispielsweise Argon oder Helium, verdünnt wird. Das Ziel dieses Verfahrens ist es, die chemische Stabilität und die Hitzebeständigkeit der Schicht zu verbessern.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0008] Daher ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die oben genannten Probleme zu beseitigen und ein Verfahren zur Plasmabehandlung anzugeben, mit dem eine Isolierschicht einer CF-Schicht hergestellt werden kann, die starke Bindungen und eine hohe Thermostabilität aufweist, z. B. eine dielektrische Zwischenschicht einer Halbleitervorrichtung.

[0009] Die vorliegende Erfindung ist durch An-

spruch 1 und 4 definiert.

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, eine CF-Schicht zu Erzeugen, die eine hohe Thermostabilität und eine geringe Menge an desorbierten F-Gasen aufweist. Wenn diese CF-Schicht daher beispielsweise als dielektrische Zwischensicht einer Halbleitervorrichtung verwendet wird, ist es möglich, die Korrosion von Metallverdrahtungen, das Anschwellen von Aluminiumverdrahtungen und die Entstehung von Bruchstellen zu verhindern. Da es erforderlich ist, Halbleitervorrichtungen zu verkleinern und den Betrieb von Halbleitervorrichtungen zu beschleunigen, und da CF-Schichten bekanntermaßen effektive Isolierschichten mit einer niedrigen relativen Dielektrizitätskonstante sind, ist die vorliegende Erfindung bei dem praktischen Einsatz von CF-Schichten als Isolierschichten wirksam.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] Fig. 1 ist ein Längsschnitt eines Beispiels eines Plasmabehandlungssystems zum Ausführen eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0012] Fig. 2 ist ein schematisches Diagramm, das Schritte bei der bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0013] Fig. 3 ist eine Graphik, die einen Verfahrensablauf bei der bevorzugten Ausführung zeigt;

[0014] Fig. 4 ist ein schematisches Diagramm, das den Betrieb der bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0015] Fig. 5 ist ein Strukturbild, das ein Beispiel der Struktur einer Halbleitervorrichtung zeigt.

BESTER AUSFÜHRUNGSMODUS DER ERFINDUNG

[0016] Fig. 1 zeigt ein Beispiel eines Plasmabehandlungssystems zur Verwendung bei der bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung. Dieses System hat einen Vakuumbehälter **2** aus beispielsweise Aluminium. Der Vakuumbehälter **2** umfaßt eine erste zylindrische Vakuumkammer **21**, die in einem oberen Abschnitt zum Erzeugen eines Plasmas angeordnet ist, und eine zweite zylindrische Vakuumkammer **22**, die mit dem unteren Abschnitt der ersten Vakuumkammer **21** in Verbindung steht und mit diesem verbunden ist, und die einen größeren Durchmesser als die erste Vakuumkammer **21** hat. Der Vakuumbehälter **2** ist zudem so geerdet, daß er eine Nullspannung hat.

[0017] Das obere Ende des Vakuumbehälters **2** ist offen. Ein Transmissionsfenster **23** aus einem mikrowellenpermeablen Material, wie beispielsweise Quarz, ist luftdicht in dem oberen Ende des Vakuumbehälters **2** vorgesehen, um ein Vakuum in dem Vakuumbehälter **2** zu halten. Außerhalb des Transmissionsfensters **23** ist ein Wellenleiter **25** vorgesehen, der mit einem Hochfrequenz-Leistungsversorgungsteil **24** zum Erzeugen einer Mikrowelle mit beispielsweise 2,45 GHz verbunden ist. Die durch den Hochfrequenz-Leistungsversorgungsteil **24** erzeugte Mikrowelle wird durch den Wellenleiter **25** beispielsweise in einer TE-Mode geleitet, oder die in der TE-Mode geleitete Mikrowelle wird durch den Wellenleiter **25** in eine TM-Mode umgewandelt, um von dem Transmissionsfenster **23** in die erste Vakuumkammer **21** eingebracht zu werden.

[0018] In der Seitenwand, welche die erste Vakuumkammer **21** definiert, sind Gasdüsen **31** in regelmäßigen Abständen beispielsweise entlang dem Umfang derselben angeordnet. Die Gasdüsen **31** sind mit einer plasmaerzeugenden Gasquelle (nicht gezeigt), wie beispielsweise einer Ar-Gasquelle, und einer wasserstoffplasmaerzeugenden Gasquelle (nicht gezeigt), wie beispielsweise einer H_2-Gasquelle (Wasserstoffgasquelle) verbunden, so daß ein plasmaerzeugendes Gas, wie beispielsweise Ar-Gas oder H_2-Gas, gleichmäßig zu dem oberen Abschnitt der ersten Vakuumkammer **21** geliefert werden kann.

[0019] In der zweiten Vakuumkammer **22** ist ein Befestigungstisch **4** für einen Halbleiter-Wafer (der im folgenden als „Wafer" bezeichnet wird) **10** so vorgesehen, daß er der ersten Vakuumkammer **21** zugewandt ist. Auf der Oberfläche des Befestigungstisches **4** ist eine elektrostatische Spannvorrichtung **41** vorgesehen. Die Elektrode der elektrostatischen Spannvorrichtung **41** ist mit einer Gleichstrom-Leistungsversorgung (nicht gezeigt) zum Anziehen des Wafers und mit einem Hochfrequenz-Leistungsversorgungsteil **42** zum Anlegen einer Vorspannung zum Implantieren von Ionen in den Wafer verbunden.

[0020] Ein Verfahren zum Erzeugen einer dielektrischen Zwischenschicht einer CF-Schicht auf einem Wafer **10**, der ein zu behandelndes Substrat ist, mittels des oben erörterten Systems wird im folgenden beschrieben. Das Verfahren der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß ein Schritt zum Abscheiden einer CF-Schicht und ein Sputterschritt abwechselnd durchgeführt werden. Zunächst ist ein Absperrventil (nicht gezeigt), das in der Seitenwand des Vakuumbehälters **2** vorgesehen ist, offen, und der Wafer **10**, auf dem eine Verdrahtung beispielsweise aus Aluminium gebildet wurde, wird mittels eines Transportarms (nicht gezeigt), von einer Lastsperrkammer („load-lock chamber") (nicht gezeigt) aus eingebracht, um auf dem Befestigungstisch **4** befestigt zu werden, um mittels der elektrostatischen Spannvorrichtung **41** angezogen zu werden, so daß eine CF-Schicht auf dem Wafer **10** abgeschieden wird, wie es in **Fig.** 2(a) gezeigt ist.

[0021] Das heißt, nachdem das Absperrventil geschlossen wurde, um das Innere des Vakuumbehälters **2** abzudichten, wird schließlich die Innenatmosphäre durch Ableitungsrohre **28** abgeleitet und das Innere des Vakuumbehälters **2** wird bis auf einen vorbestimmten Vakuumgrad abgesaugt, um bei einem vorbestimmten Verfahrensdruck gehalten zu werden. Nun wird ein plasmaerzeugendes Gas, wie beispielsweise Ar-Gas, mit einer vorbestimmten Flußrate von den Gasdüsen **31** in die erste Vakuumkammer **21** eingeleitet und ein Dünnschichtabscheidungsgas wird mit einer vorbestimmten Flußrate von einem Dünnschichtabscheidungsgas-Versorgungsteil **5** in die zweite Vakuumkammer **22** eingeleitet. Dann wird eine Hochfrequenzwelle (eine Mikrowelle) mit 2,45 GHz und 2700 W von dem Hochfrequenz-Leistungsversorgungsteil **24** zugeführt und eine Vorspannung von 13,56 MHz und 1500 W wird von dem Hochfrequenz-Leistungsversorgungsteil **42** an den Befestigungstisch **4** angelegt.

[0022] Dann gelangt die Mikrowelle von dem Hochfrequenz-Leistungsversorgungsteil **24** durch den Wellenleiter **25**, um die Decke des Vakuumbehälters **2** zu erreichen, und durch das Transmissionsfenster **23**, um in die erste Vakuumkammer **21** eingebracht zu werden. In dem Vakuumbehälter **2** wird ein Magnetfeld, das sich von dem oberen Abschnitt der ersten Vakuumkammer **21** zu dem unteren Abschnitt der zweiten Vakuumkammer **22** erstreckt, durch eine elektromagnetische Hauptspule **26** und eine elektromagnetische Hilfsspule **27** gebildet, so daß die Stärke des Magnetfelds nahe dem unteren Abschnitt der ersten Vakuumkammer **21** beispielsweise 875 Gauß beträgt. Somit wird die Elektron-Zyklotron-Resonanz durch die Wechselwirkung zwischen dem Magnetfeld und der Mikrowelle erzeugt, so daß Ar-Gas als Plasma aktiviert und angereichert wird. Das erzeugte Plasma fließt (als Plasma) von der ersten Vakuumkammer **21** in die zweite Vakuumkammer **22**, um das C_4F_8-Gas und das C_2H_4-Gas zu aktivieren, die dieser zugeführt wurden, um aktive Spezies (Plasma) zu bilden, um eine CF-Schicht auf dem Wafer **10** abzuscheiden.

[0023] Nach Durchführung der Dünnschichtabscheidung wird ein Sputterschritt durchgeführt, wie es in **Fig.** 2(b) gezeigt ist. Dieser Sputterschritt wird durchgeführt, indem die CF-Schicht, die auf dem Wafer **10** abgeschieden wurde, mit Plasma besputtert wird, das durch Aktiveren eines Sputtergases, z. B. Ar-Gas, erzeugt wurde. Das heißt, während der Wafer **10** auf dem Befestigungstisch **4** plaziert wird, wird Ar-Gas mit einer vorbestimmten Flußrate von den Gasdüsen **31** eingeleitet, um durch die Elektron-Zyklotron-Resonanz bei einer Mikrowellenleistung (das Hochfrequenz-Leistungsversorgungsteil **24**) von 2700 W und einer Vorspannung (das Hochfrequenz-Leistungsversorgungsteil **42**) von 1500 W aktiviert zu werden, um Ar-Plasma zu erzeugen. Die CF-Schicht auf dem Wafer **10** wird mit dem Ar-Plasma bestrahlt.

[0024] Dann werden der Dünnschichtabscheidungsschritt und der Sputterschritt eine vorbestimmte Anzahl von Malen wiederholt (**Fig.** 2(c) und 2(d)). Zum Schluß wird beispielsweise der Dünnschichtabscheidungsschritt durchgeführt (**Fig.** 2(e)) und eine Reihe von Verfahrensschritten wird abgeschlossen. Die Dauer eines Dünnschichtabscheidungsprozesses beträgt beispielsweise etwa 42 Sekunden und die Dauer eines Sputterprozesses beispielsweise etwa 28 Sekunden. Die Dicke einer CF-Schicht, die durch einen Dünnschichtabscheidungsschritt abgeschieden wird, beträgt etwa 1000 Angström. Somit wird eine CF-Schicht mit einer Dicke von etwa 100 Angström in einem Dünnschichtabscheidungsschritt gebildet und eine CF-Schicht mit einer Dicke von etwa beispielsweise 2 µm wird in allen Dünnschichtabscheidungsschritten gebildet. Danach wird, wenn eine Vorrichtung tatsächlich hergestellt wird, die CF-Schicht mit einem vorbestimmten Raster geätzt und eine W-Schicht wird in einen Vertiefungsabschnitt eingebettet, um eine W-Verdrahtung zu bilden.

[0025] Die Reihe von Verfahrensschritten kann wie oben beschrieben durch den Dünnschichtabscheidungsschritt oder den Sputterschritt beendet werden. Fig. 3 zeigt einen Ablauf, bei dem die Reihe von Verfahrensschritten durch den Dünnschichtabscheidungsschritt beendet wird. In einem wirklichen Prozeß wird nach Einleiten des Ar-Gases eine Mikrowellenleistung zugeführt. Danach werden das Einleiten eines Dünnschichtabscheidungsgases und das Anlegen einer Vorspannung gleichzeitig ausgeführt, um einen Dünnschichtabscheidungsschritt zu beginnen. Dann wird das Einleiten des Dünnschichtabscheidungsgases gestoppt und ein Sputterschritt wird durchgeführt. Danach werden der Dünnschichtabscheidungsschritt und der Sputterschritt eine vorbestimmte Anzahl von Malen wiederholt. Wenn dann ein Sputterschritt durchgeführt wird, um eine Reihe von Verfahrensschritten zu beenden, wird das Einleiten des Dünnschichtabscheidungsgases und dann das Anlegen der Vorspannung gestoppt. Dann wird das Zuführen der Mikrowellenleistung und schließlich das Einleiten von Ar-Gas gestoppt.

[0026] Wenn andererseits zur Beendigung einer Reihe von Verfahrensschritten ein Dünnschichtabscheidungsschritt durchgeführt wird, nachdem das Einleiten eines Dünnschichtabscheidungsgases und das Anlegen einer Vorspannung gestoppt wurden, wird das Zuführen einer Mikrowellenleistung und schließlich das Einleiten von Ar-Gas gestoppt. Somit wird bei der Reihe von Verfahrensschritten ein Dünnschichtabscheidungsschritt durchgeführt, wem die Mikrowellenleistung zugeführt und die Vorspannung angelegt sowie das Dünnschichtabscheidungsgas

und das Ar-Gas eingeleitet werden, und ein Sputterschritt wird durchgeführt, wenn das Einleiten des Dünnschichtabscheidungsgases gestoppt wird, d. h. wenn die Mikrowellenleistung zugeführt und die Vorspannung angelegt werden sowie Ar-Gas eingeleitet wird.

[0027] Die so gebildete CF-Schicht hat eine starke Bindung und hohe Thermostabilität, wie es anhand von Ergebnissen aus Experimenten ersichtlich ist, die später beschrieben werden. Das heißt, die Menge an desorbierten F-Gasen ist selbst bei einer hohen Temperatur gering. Es wird angenommen, daß der Grund hierfür folgender ist. Das heißt, falls ein CF-Gas und ein Kohlenwasserstoffgas zu einem Dünnschichtabscheidungsgas kombiniert werden, um eine CF-Schicht abzuscheiden, nimmt man an, daß die CF-Schicht C-C-Bindungen, C-F-Bindungen und so weiter enthält, wie es in **Fig.** 4(a) gezeigt ist.

[0028] Wenn die CF-Schicht mit Plasma (Ar*) besputtert wird, wird bei dieser bevorzugten Ausführung die CF-Schicht von ihrer Oberfläche aus vom Ar-Plasma getroffen, so daß sich die Dicke der CF-Schicht verringert. Zu diesem Zeitpunkt werden schwache Bindungen, wie beispielsweise C-CF_3-Bindungen und C-F-Bindungen, und CF-Makromolekülteile, die während der Abscheidung der CF-Schicht in der CF-Schicht gebildet werden, physikalisch durch Sputtern zerschlagen, und abgetrennte CF_3 und F werden aus der Schicht gestreut. Dann werden C-Atome, von denen CF_3 oder F abgetrennt wurden, an ein anderes C gebunden, um eine neue C-C-Bindung zu bilden. Somit bilden die C-C-Bindungen eine dreidimensionale Struktur, so daß die Bindungen, welche die CF-Schicht bilden, verstärkt werden.

[0029] Wenn daher der Dünnschichtabscheidungsschritt und der Sputterschritt abwechselnd durchgeführt werden, wird die Schicht laminiert, so daß sie Lagen aufweist, deren Bindungen beim Sputtern verstärkt werden, wie es in **Fig.** 2(e) gezeigt ist. In der gesamten, so gebildeten CF-Schicht ist die Anzahl an schwachen Bindungen geringer als in einer CF-Schicht, die ohne Sputterprozesse gebildet wurde. Die F-Gase werden durch Streuen von F, CF, CF_2 und CF_3 desorbiert, die durch Trennen von C-C-Bindungen und C-F-Bindungen mittels Wärme während einer Wärmebehandlung bei hoher Temperatur erzeugt werden. Wenn die schwachen Bindungen vorher zur Entfernung besputtert werden, verringert sich die Anzahl an Bindungen, die durch Wärme getrennt werden, so daß die Menge an desorbierten F-Gasen verringert werden kann.

[0030] Da die CF-Schicht einige Lagen enthält, die starke Bindungen als Zwischenschichten haben, können C-C-Bindungen in den Lagen auch bei einer hohen Temperatur nur schwer getrennt werden. Selbst wenn daher schwache Bindungen unterhalb der Lagen getrennt werden, um eine Entgasung zu bewirken, dient die starke Zwischenschicht als Sperrschicht, um zu verhindern, daß F-Gase durch diese treten. Somit wird bei der CF-Schicht, die durch den oben beschriebenen Prozeß erzeugt wird, die Entgasung von F-Gasen selbst während einer Wärmebehandlung bei hoher Temperatur verhindert, so daß die Thermostabilität der CF-Schicht verbessert wird.

[0031] Im folgenden werden Experimente beschrieben, die durchgeführt wurden, um die Thermostabilität einer CF-Schicht zu untersuchen, die durch das Verfahren der vorliegenden Erfindung erzeugt wurde. Es wurde das in Fig. 1 gezeigte Plasmabehandlungssystem verwendet, und Ar-Gas, C_4F_8-Gas und C_2H_4-Gas wurden mit Flußraten von 150 sccm, 40 sccm bzw. 30 sccm eingeleitet, um einen Dünnschichtabscheidungsschritt **42** Sekunden lang durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt waren die Mikrowellenleistung und die Vorspannung auf 2700 W bzw. 1500 W und der Verfahrensdruck auf 0,23 Pa festgelegt. Dann wurde Ar-Gas mit einer Flußrate von 150 sccm eingeleitet, um als Plasma aktiviert zu werden, und ein Sputterschritt wurde 28 Sekunden lang durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt waren die Mikrowellenleistung und die Vorspannung auf 2700 W bzw. 1500 W festgelegt. Der Dünnschichtabscheidungsschritt und der Sputterschritt wurden zwanzigmal wiederholt. Zum Schluß wurde der Dünnschichtabscheidungsschritt durchgeführt, um eine CF-Schicht mit einer Dicke von etwa 2 µm auf dem Wafer **10** abzuscheiden (Beispiel 1).

[0032] Die so abgeschiedene CF-Schicht wurde für 2 Stunden bei 425°C einer Wärmebehandlung (Annealing) unterzogen, und der Gewichtsunterschied der CF-Schicht vor und nach dem Annealing wurde durch einen Elektronenkraftabgleich untersucht. Dieser Gewichtsunterschied ist ein Indikator für die Thermostabilität einer Dünnschicht. Wenn dieser Wert niedrig ist, ist die Menge an desorbierten F-Gasen gering und die Thermostabilität hoch. Gleichermaßen wurden die Gewichtsunterschiede gemessen, als die Dauer für den Dünnschichtabscheidungsschritt **82** Sekunden, die Dauer für den Sputterschritt **28** Sekunden und die Anzahl an Wiederholungen **10** betrug (Beispiel 2), und als eine CF-Schicht mit einer Dicke von etwa 2 µm ohne Sputterschritt auf dem Wafer **10** abgeschieden wurde (Vergleichsbeispiel). In Beispiel 2 und dem Vergleichsbeispiel entsprechen alle Bedingungen, wie beispielsweise die Flußrate von Ar-Gas und dem Dünnschichtabscheidungsgas, die Mikrowellenleistung und die Vorspannung, denen in Beispiel 1.

[0033] Der Gewichtungsunterschied der CF-Schicht lag bei 2,55 % in Beispiel 1, bei 3,10 % in Beispiel 2 und bei 3,62 % in dem Vergleichsbeispiel. Es hat sich bestätigt, daß der Gewichtsunterschied bei Durch-

führung des Sputterprozesses geringer war als ohne Durchführung des Sputterprozesses, und die Menge an desorbierten F-Gasen wurde verringert, um die Thermostabilität zu verbessern. Desweiteren hat sich bestätigt, daß selbst bei gleicher Dicke der abgeschiedenen CF-Schicht bei einer erhöhten Anzahl an Wiederholungen des Dünnschichtabscheidungsprozesses und des Sputterprozesses die Variation im Gewicht der CF-Schicht verringert wurde, um die Thermostabilität zu verbessern.

[0034] Als Dünnschichtabscheidungsgas können Verbindungsgase aus C und F, wie beispielsweise CF_4-, C_2F_6- und C_3-F_8-Gas sowie C-, F- und H-haltige Gase, wie beispielsweise CHF_3-Gas, verwendet werden. Zudem können Kohlenwasserstoffgase, wie beispielsweise CH_4-, C_2H_2-, C_2H_6-, C_3H_8- und C_4H_8-Gas als Dünnschichtabscheidungsgas verwendet werden. Anstelle von Wasserstoffgas kann Kohlenwasserstoffgas verwendet werden.

[0035] Zudem können als Sputtergas auch andere Gase als Ar-, He-, Ne- und Xe-Gas verwendet werden. Jedes dieser Gase kann einzeln oder als Gemisch aus einigen dieser Gase verwendet werden. Zwar wurde das Sputtergas bei der oben genannten, bevorzugten Ausführung von den Gasdüsen **31** eingeleitet, aber es kann auch über den Dünnschichtabscheidungsgas-Versorgungsteil **5** eingeleitet werden.

[0036] Bei der oben genannten, bevorzugten Ausführung wurde der in Fig. 3 gezeigte Verfahrensablauf verwendet, da das plasmaerzeugende Gas als Sputtergas eingesetzt wurde. In einem Fall jedoch, in dem ein Gas, wie beispielsweise He-Gas, das sich von dem Plasmagas unterscheidet, als Sputtergas bei der Durchführung des Sputterprozesses verwendet wird, wird die Einbringung der CF-Schicht gestoppt und das Sputtergas wird eingeleitet.

[0037] Wenn zudem die gleiche Art von Gas wie das plasmaerzeugende Gas als Sputtergas verwendet wird, ist der Betrieb einfach, da es ausreichend ist, das Einleiten von unterwünschten Gasen zu stoppen, wenn der Sputterschritt ausgeführt wird.

[0038] Gemäß der vorliegenden Erfindung soll zudem das Verfahren zum Abscheiden der CF-Schicht nicht auf die Plasma-CVD begrenzt sein, sondern die CF-Schicht kann auch durch thermische CVD abgeschieden werden. Wenn außerdem die CF-Schicht durch die Plasma-CVD abgeschieden wird, soll das Verfahren zum Erzeugen von Plasma nicht auf die EZR begrenzt sein, sondern die vorliegende Erfindung kann auf den Fall angewandt werden, in dem ein Plasma beispielsweise durch ein Verfahren namens ICP (Inductively-Coupled Plasma = induktiv gekoppeltes Plasma) zum Anlegen eines elektrischen Felds und eines Magnetfelds an ein Prozeßgas von einer Spule aus, die auf einen kuppelförmigen Behälter gewickelt ist, erzeugt wird, auf den Fall, in dem ein Plasma unter Verwendung einer Helikonwelle und einem Magnetfeld erzeugt wird, und den Fall, in dem ein Plasma durch Anlegen einer Hochfrequenzleistung zwischen als parallele Platten bezeichneten Elektrodenplatten erzeugt wird, die sich gegenüberliegen.

[0039] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann das Verfahren zudem dadurch begonnen werden, daß der Sputterschritt vor dem Dünnschichtabscheidungsschritt ausgeführt wird, und die Anzahl an Wiederholungen der Dünnschichtabscheidungsschritte und der Sputterschritte kann beliebig sein. Die Reihe von Verfahrensschritten kann durch den Dünnschichtabscheidungsschritt oder den Sputterschritt beendet werden. Da die Oberfläche der CF-Schicht jedoch von Plasma getroffen wird, wenn der Sputterschritt ausgeführt wird, kann ein CMP-Schritt in einem anderen System nach dem Sputterschritt ausgeführt werden, wenn die Prozesse durch den Sputterschritt beendet werden.

[0040] Die Thermostabilität der CF-Schicht kann auf Grundlage des Betrags der Entgasung oder der Veränderung der Schichtdicke durch das TDS-Spektrum (TDS = Thermal Desorption Spectroscopy = Thermodesorption-Spektroskopie) oder auf Grundlage des durch die TGA (Thermal Gravimetry Analysis = thermogravimetrische Analyse) gemessenen Gewichtsunterschieds gemessen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Plasmabehandlung für die Behandlung einer dielektrischen Zwischenschicht mit einem Plasma, die gebildet wird, wenn eine Halbleitereinrichtung mit einer mehrschichtigen Verbindungsstruktur hergestellt wird, wobei das Verfahren umfasst:
einen Dünnschichtaufbringungsschritt mit Einbringen eines Dünnschichtaufbringungsgases, das dazu dient, eine Fluor enthaltende Kohlenstoffschicht zu bilden, die als die dielektrische Zwischenschicht dient, und Aktivieren des Dünnschichtaufbringungsgases, um ein Dünnschichtaufbringungssgasplasma zu bilden, um die Fluor enthaltende Kohlenstoffschicht zu bilden; und
einen Sputterschritt mit Einbringen eines Sputtergases, um ein Sputtergasplasma nach dem Beenden des Einbringens des Dünnschichtaufbringungsgases zu bilden, und Bestrahlen der Fluor enthaltenden Kohlenstoffschicht, die auf dem zu behandelnden Substrat gebildet ist, mit dem Sputtergasplasma, wobei das Sputtergas ausgewählt ist aus der Gruppe, die aus Ar-, He-, Ne- und Xe-Gasen und Mischungen derselben besteht.

2. Verfahren zur Plasmabehandlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünn-

schichtaufbringungsschritt und der Sputterschritt abwechselnd wiederholt werden.

3. Verfahren zur Plasmabehandlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein CMP-Schritt (chemischer-mechanischer-Polierschritt) ausgeführt wird, nachdem der Sputterschritt beendet ist.

4. Verfahren zur Plasmabehandlung für die Behandlung einer dielektrischen Zwischenschicht mit einem Plasma, die gebildet wird, wenn eine Halbleitereinrichtung mit einer mehrschichtigen Verbindungsstruktur hergestellt wird, wobei das Verfahren umfasst:
einen Dünnschichtaufbringungsschritt mit Einbringen eines Plasma erzeugenden Gases und eines Dünnschichtaufbringungsgases, das dazu dient, eine Fluor enthaltende Kohlenstoffschicht zu bilden, die als dielektrische Zwischenschicht dient, und Aktivieren des eingebrachten gemischten Gases, um ein Sputtergasplasma zu bilden, um die Fluor enthaltende Kohlenstoffschicht zu bilden; und
einen Sputterschritt mit Bestrahlen der Fluor enthaltenden Kohlenstoffschicht, die auf einem zu behandelnden Substrat gebildet ist, mit dem Sputtergasplasma nach dem Auswählen eines Sputtergases aus dem gemischten Gas und Beenden des Einbringens der Gase, die nicht das Sputtergas des gemischten Gases sind, wobei das Sputtergas ausgewählt ist aus der Gruppe, die aus Ar-, Ne- und Xe-Gasen besteht, und die anderen Gase ausgewählt sind aus der Gruppe, die aus C_2F_6-, C_3F_8- und CHF_3-Gasen besteht.

5. Verfahren zur Plasmabehandlung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnschichtaufbringungsschritt und der Sputterschritt abwechselnd wiederholt werden.

6. Verfahren zur Plasmabehandlung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein CMP-Schritt (chemischer-mechanischer-Polierschritt) ausgeführt wird, nachdem der Sputterschritt beendet ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

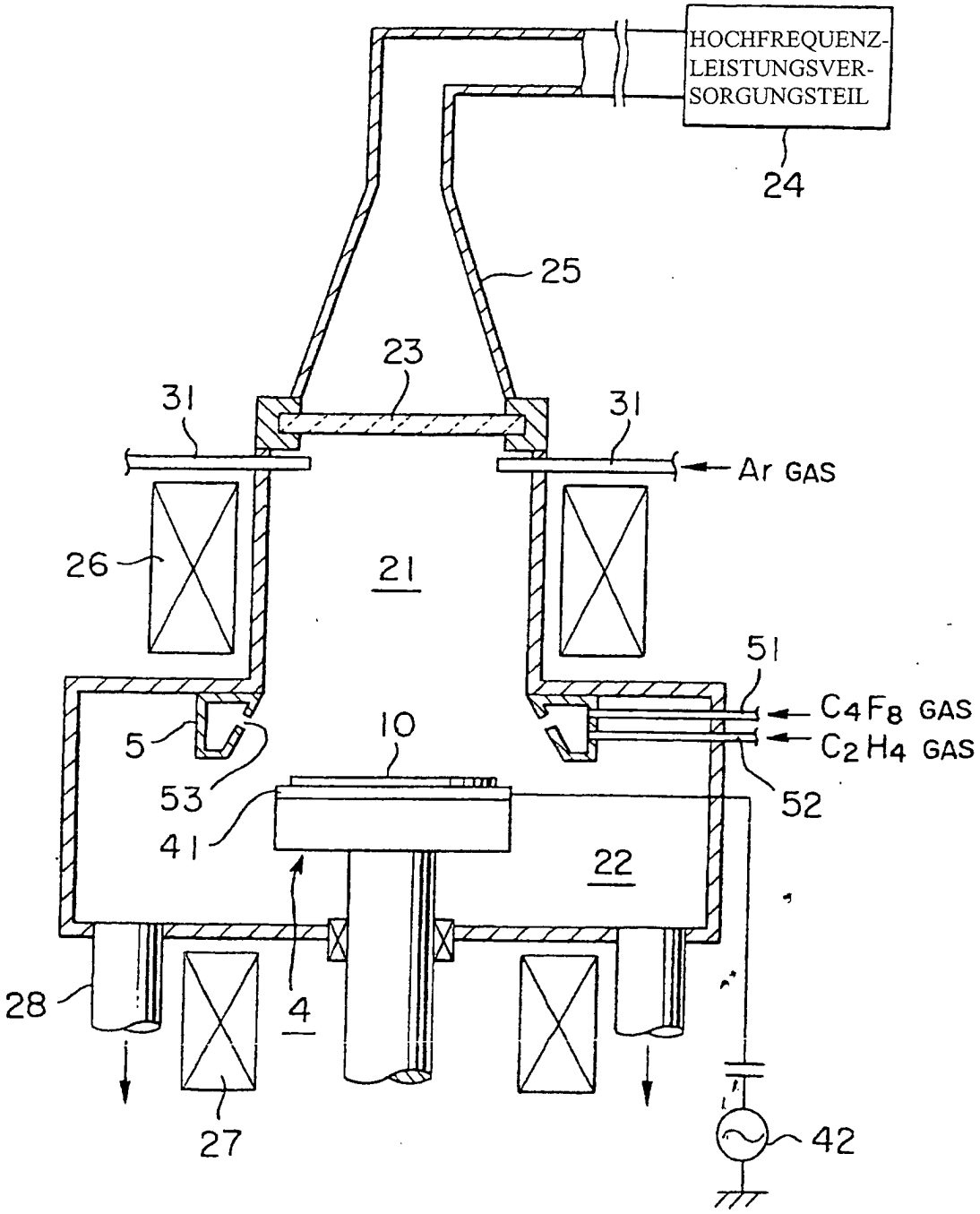

FIG. 1

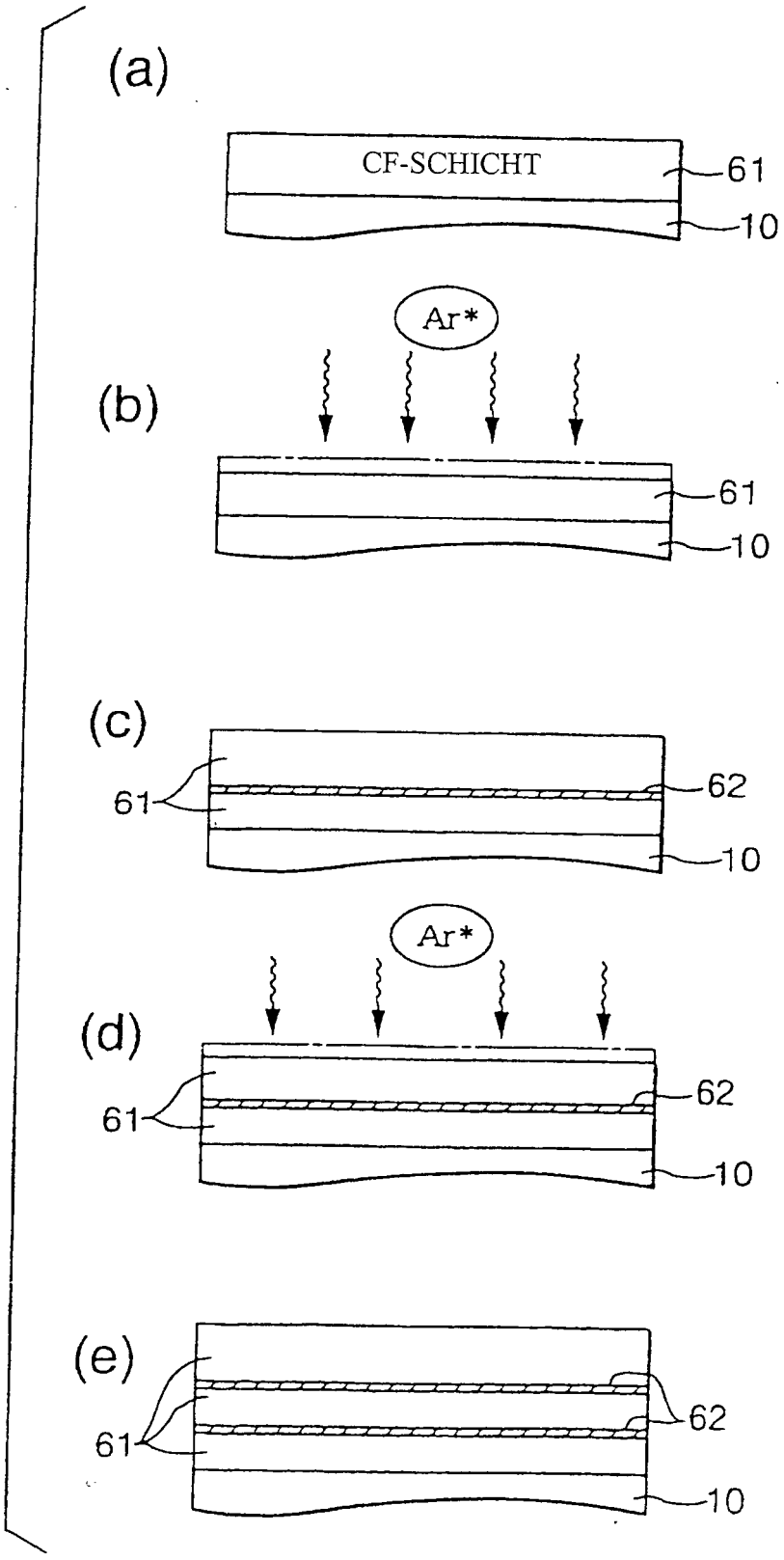

FIG. 2

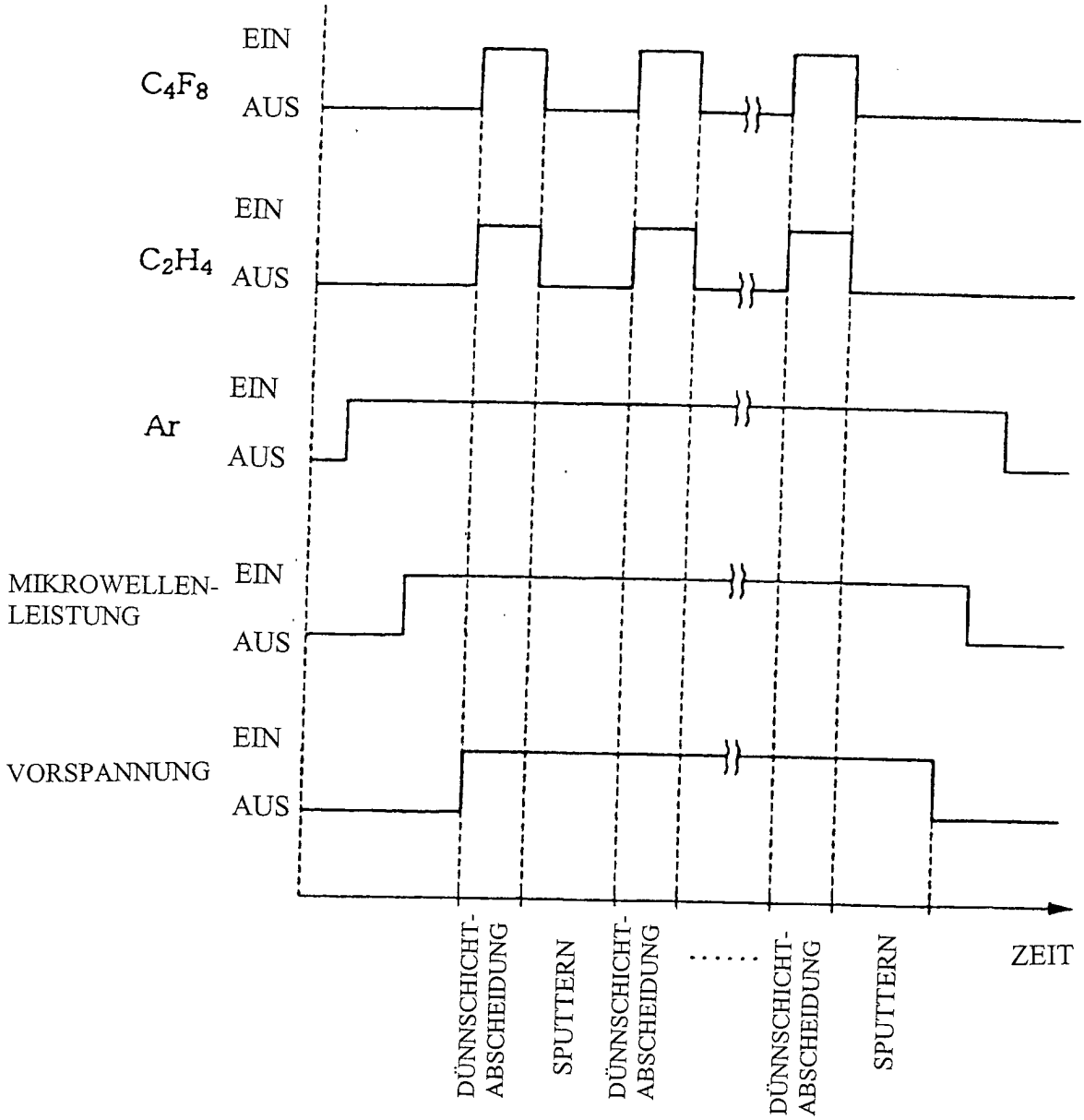
EIN
C_4F_8
AUS
EIN
C_2H_4
AUS
EIN
Ar
AUS
MIKROWELLEN-
LEISTUNG
EIN
AUS
EIN
VORSPANNUNG
AUS
DÜNNSCHICHT-
ABSCHEIDUNG
SPUTTERN
DÜNNSCHICHT-
ABSCHEIDUNG
.....
DÜNNSCHICHT-
ABSCHEIDUNG
SPUTTERN
ZEIT

FIG. 3

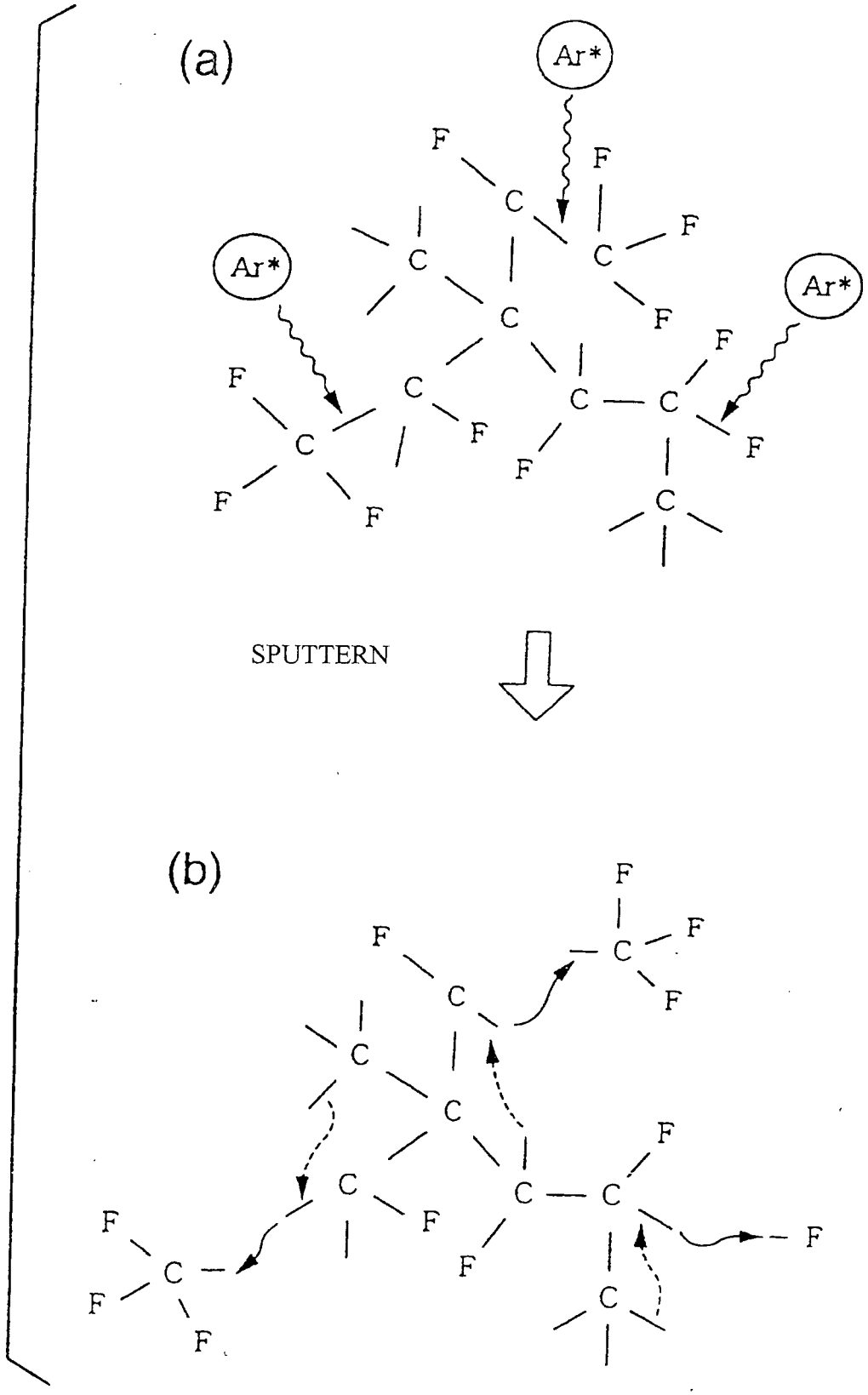

FIG. 4

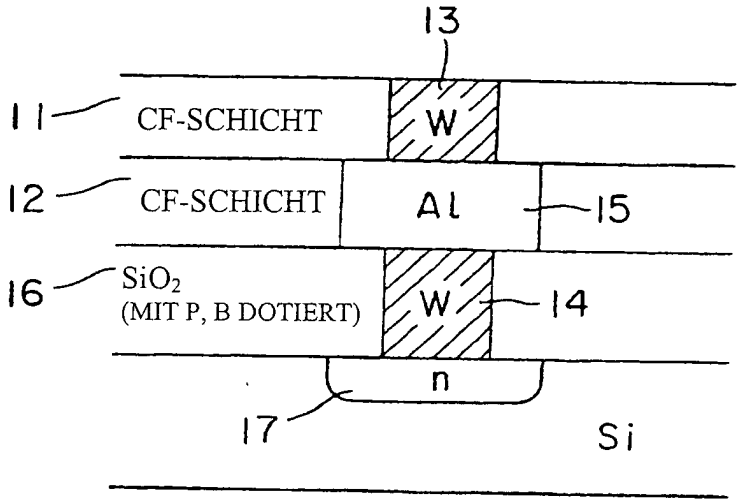
13
11
CF-SCHICHT
W
12
CF-SCHICHT
Al
15
16
SiO2
(MIT P, B DOTIERT)
W
14
n
17
Si

FIG. 5