



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 35 276 T2** 2007.07.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 959 496 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 35 276.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 401 232.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **22.05.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.11.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **19.07.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.07.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/762** (2006.01)

H01L 21/00 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

H01L 21/316 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

Applied Materials, Inc., Santa Clara, Calif., US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB

(74) Vertreter:

**Kirschner, K., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 81479
München**

(72) Erfinder:

**Geiger, Fabrice, 38240 Meylan, FR; Gaillard,
Frederic, 38800 Voiron, FR**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer selbst-planarisierten dielektrischen Schicht für eine seichte Grabenisolation**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Fertigung von integrierten Schaltkreisen. Insbesondere ist die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Bereitstellen von selbstplanarisierter Abscheidung dielektrischer Schichten von hoher Qualität für eine Isolation mit flachem Trench gerichtet.

[0002] Die Größe von Halbleiterbauelementgeometrien wird weiterhin verringert, wodurch mehr Bauelemente pro Einheitsfläche auf einem gefertigten Wafer bereitgestellt werden. Diese Bauelemente werden in der Regel zunächst voneinander isoliert, während sie in den Wafer eingebaut werden, und sie werden anschließend miteinander verbunden, um die gewünschten spezifischen Schaltkreiskonfigurationen zu erstellen. Gegenwärtig werden manche Bauelemente mit Merkmalsabmessungen von nur 0,18 µm gefertigt. Zum Beispiel kann der Abstand zwischen Bauelementen wie leitenden Linien oder Bahnen auf einem strukturierten Wafer um 0,18 µm getrennt sein, wodurch Aussparungen oder Zwischenräume mit einer vergleichbaren Größe zurückbleiben. In der Regel wird eine nichtleitende Schicht aus Dielektrikum, wie Siliziumdioxid (SiO₂), über den Merkmalen abgeschieden, um die oben erwähnten Zwischenräume zu füllen und die Merkmale von anderen Merkmalen des integrierten Schaltkreises in benachbarten Schichten oder von benachbarten Merkmalen in derselben Schicht zu isolieren.

[0003] Dielektrische Schichten werden in verschiedenen Anwendungen verwendet, darunter als STI-Dielektrikum (STI = shallow trench isolation = Isolation mit flachem Trench) zum Isolieren von Bauelementen und Zwischenschichtdielektrikum (ILD = interlayer dielectric), das zwischen Metallverdrahtungsschichten oder vor einem Metallisierungsprozess gebildet wird. STI wird zum Isolieren von Bauelementen mit Merkmalsabmessungen von weniger als nur etwa 0,5 µm verwendet. Die Planarisierung von dielektrischen Schichten hat zunehmend an Bedeutung gewonnen, da die Packungsdichten von Halbleiterbauelementen weiter zunehmen.

[0004] Das Planarisierungsproblem wird unter Verwendung eines Beispiels eines typischen Prozesses zum Bilden einer Isolation mit flachem Trench (allgemein als STI-Integration bezeichnet) beschrieben, wie in den [Fig. 1a–19](#) dargestellt. In [Fig. 1a](#) ist auf einem Siliziumsubstrat **110** eine Bond-Oxidschicht **112** und eine Nitridschicht **114**, wie Siliziumnitrid, abgeschieden. Die Nitridschicht **114** wird in der Regel mittels chemischer Dampfabcheidung bei Niederdruck (low pressure chemical vapor deposition, LPCVD) abgeschieden und dient als Ätz-Stopper für den chemisch-mechanischen Polierschritt (CMP). Unter Bezugnahme auf [Fig. 1b](#) wird über der Nitridschicht **114** eine untere antireflektierende Schicht (bottom an-

ti-reflective coating, BARC) **116** zum Absorbieren von Licht, das vom Substrat **110** während der Photolithographie reflektiert wird, gebildet. In der Regel ein organisches Spin-On-Glas (SOG), wird die BARC **116** in der Regel für Licht mit Wellenlängen von unter etwa 248 nm, darunter tiefen Ultraviolettlichts (deep ultraviolet, DUV) und fernen Ultraviolettlichts (far ultraviolet, FUV), benötigt. Über der BARC **116** wird ein Fotoresist **118** gebildet und unter Verwendung einer Maske (nicht gezeigt), die die Stelle der Trenchs definiert, freigelegt. Der freigelegte Fotoresist wird dann abgelöst, um offene Flächen zum Bilden der Trenchs zu hinterlassen. In der Regel wird eine Plasmaätzung durchgeführt, um die offenen Flächen durch das Nitrid **114**, Bond-Oxid **112** und Siliziumsubstrat **110** zu ätzen, um die Trenchs **120** zu bilden, wie in [Fig. 1c](#) gezeigt ist. Nachdem der verbleibende Fotoresist **118** und die BARC **116** entfernt wurden, wird in der Regel ein thermisches Oxid **122** auf dem Nitrid/Bond-Oxid und auf den Oberflächen der Trenchs **120** (Trenchboden **124** und Trenchwand **126**) aufwachsen gelassen, um die Schädigung des Siliziumsubstrats **110** durch das Plasma zu reparieren, wie in [Fig. 1d](#) dargestellt ist.

[0005] Dann wird eine dielektrische Schicht **128** über dem thermischen Oxid **122** abgeschieden, um die Trenchs **120** zu füllen und die Nitridschicht **114** zu bedecken. Diese dielektrische Schicht **128** wird oftmals als eine Oxid-Trenchfüllschicht bezeichnet. Typische dielektrische Schichten werden aus Oxidmaterialien, wie Siliziumdioxid oder Silikatglas, gebildet. Wie in [Fig. 1e](#) gezeigt ist, ist das Oberflächenprofil der abgeschiedenen dielektrischen Schicht **128** abgestuft und ähnelt im Allgemeinen der Form des mit Trenchs versehenen Substrats **110**. Das Oberflächenprofil ist in dichten Feldern mit schmalen Trenchs mit engem Abstand gleichförmiger als in offenen Feldern mit breiten Trenchs. Wie in [Fig. 1e](#) zu sehen ist, wird in dem Dielektrikumsprofil zwischen dem dichten Feld **134** und dem offenen Feld **132** eine Stufenhöhe **130** gebildet. Aufgrund der Stufenhöhe **130** ist es nicht praktikabel, CMP direkt nach dem Schritt der Abscheidung der dielektrischen Schicht anzuwenden, um die dielektrische Schicht **128** zu planarisieren, da andernfalls mit CMP ein Schalenentwicklungseffekt im offenen Feld **132** resultieren wird, wie in [Fig. 1h](#) zu sehen ist. Statt dessen wird ein Vorgang mit Umkehrmaske und Ätzung zum Ätzen des zusätzlichen Oxids angewendet, um ein ebeneres Oberflächenprofil zu erzielen, wie in [Fig. 1f](#) dargestellt ist. Dieser Vorgang schließt in der Regel die Schritte der Fotoresistabscheidung, Umkehrmaskierung, Härtung, Entfernung des geätzten Fotoresists, Rückätzung und Entfernung des verbleibenden Fotoresists ein. Dann wird ein CMP-Vorgang auf die Struktur von [Fig. 1f](#) angewendet, um die Oberfläche des gefüllten Substrats **110** vollständig zu planarisieren, wie in [Fig. 19](#) gezeigt ist. Der Vorgang mit Umkehrmaske und Ätzung, den die Stufenhöhe erforder-

lich macht, fügt dem Planarisierungsvorgang erhebliche Kosten und Komplexität bei (beispielsweise aufgrund der involvierten hinzugefügten Lithographieschritte).

[0006] Aus der obigen Erörterung ist zu ersehen, dass mehrere Schritte, darunter zusätzliche Photolithographieschritte (die kostspielige Gerätschaft bedingen), erforderlich sind, um ST_r bereitzustellen. Es ist jedoch wünschenswert, die Anzahl der Schritte (und damit verbundener Gerätschaft, insbesondere Photolithographiegerätschaft, die kostspielige Objektive, Lichtquellen usw. bedingt) zu reduzieren und verbesserte Ergebnisse zu erzielen, um einen wirtschaftlicheren und effizienteren Herstellungsprozess bereitzustellen. Zum Beispiel besteht eine Methode, verbesserte Ergebnisse zu erzielen, darin, eine selbst-planarisierte, Oxid-Trenchfüllschicht von hoher Qualität zu verringerten Kosten bereitzustellen.

[0007] Es ist eine Reihe von Vorgängen zum Abscheiden von dielektrischen Schichten bekannt, wie das Dielektrikum zum Füllen der Zwischenräume **128** als die Oxid-Trenchfüllschicht im in [Fig. 1e](#) gezeigten Beispiel. Eine Prozessart setzt O₃ (Ozon) und TEOS (Tetraethylorthosilan) zum Abscheiden einer dielektrischen Schicht, wie Silikatglas, ein. Solche abgeschiedenen Schichten werden allgemein als „O₃/TEOS-Schichten“ bezeichnet. O₃/TEOS-Prozesse weisen eine Oberflächenempfindlichkeit auf, die zunimmt, wenn das O₃/TEOS-Verhältnis ansteigt. Aufgrund der Oberflächenempfindlichkeit variiert die Dielektrikumsabscheidungsrate entsprechend den Eigenschaften des Materials der darunter liegenden Schicht.

[0008] Es ist bekannt, die Oberflächenempfindlichkeit zu verringern, indem vor der Abscheidung der O₃/TEOS-Schicht eine oberflächenunempfindliche Sperrschicht abgeschieden wird. Zum Beispiel schließt ein bekannter Prozess eine plasmagestützte TEOS-Abscheidung (PETEOS-Abscheidung, PETEOS plasma-enhanced TEOS), gefolgt von einer Oberflächenbehandlung und dann einer dünnen TEOS-Deckschicht. Dieser Prozess bedingt in unerwünschter Weise zusätzliche Prozessschritte. Ein anderes bekanntes Verfahren besteht darin, die Oberflächenempfindlichkeit zu senken, indem das O₃/TEOS-Verhältnis herabgesetzt wird. Das Senken des O₃/TEOS-Verhältnisses neigt jedoch dazu, in unerwünschter Weise in einer poröseren dielektrischen Schicht zu resultieren. Dies ist insbesondere problematisch, wenn die dielektrische Schicht für Isolationszwecke verwendet wird. Eine Methode, sich mit diesen Bedenken zu befassen, bestand darin, die Prozesstemperatur auf mehr als etwa 500°C anzuheben, das Anheben der Prozesstemperatur ist jedoch oftmals unerwünscht. Alternativ wurden ein zusätzlicher Temperprozess nach der Abscheidung der Oxid-Trenchfüllschicht und das Einschieben von PE-

TEOS-Schichten angewendet, um die Oxid-Trenchfüllschicht zu verdichten. Dieses Verfahren leidet jedoch unter dem Erfordernis, einen zusätzlichen Schritt durchzuführen.

[0009] Anstatt die Oberflächenempfindlichkeit zu verringern, haben einige die Abscheidungsratenabhängigkeit von O₃/TEOS-Schichten genutzt, um eine Füllung der Zwischenräume für ein mit Trenchs versehenes Siliziumsubstrat durchzuführen, wobei die Seitenwände des Trenchs mit Abstandsstücken aus thermischem Oxid bedeckt sind.

[0010] Bei Anwendung einer APCVD-Abscheidung (APCVD = atmospheric pressure CVD, CVD bei Atmosphärendruck) von O₃/TEOS und einer Ozonkonzentration von 5% wurde berichtet, dass ein schnelleres Wachstum der Schicht auf dem unteren Silizium als auf den seitlichen Wandabstandsstücken einer Bildung von Hohlräumen vorbeugte, um eine hohlraumfreie Füllung der Zwischenräume zu erzielen.

[0011] Andere haben die Durchführbarkeit des Bildens eines planarisierten zwischen den Metallen liegenden Dielektrikums (Intermetalldielektrikums, IMD) untersucht, indem die Oberflächenempfindlichkeit von O₃/TEOS und ähnlichen Materialien, wie O₃-Octamethylcyclotetrasiloxan (OMTC), ausgenutzt wurde.

[0012] Forscher haben von Schwierigkeiten beim Steuern der verschiedenen Abscheidungsraten berichtet, um eine Planarität zu erreichen. Zum Beispiel wurden an den Rändern von Aluminiummetalllinien beträchtliche Erhebungen beobachtet, die von den unterschiedlichen Abscheidungsraten des O₃/TEOS auf einer TiN-ARC-Schicht auf dem Aluminium und den Aluminiumseitenwänden verursacht wurden. Manche derselben Forscher haben von zufriedenstellenderen Planarisierungsergebnisse beim Abscheiden von SiO₂-Schichten auf einer Aluminiumleiterbahn, die auf einer PSG-Ebene (PSG Phosphorglas) unter Verwendung von O₃-OMTC aufgebaut wurde, berichtet.

[0013] Angesichts des Obigen sind Versuche, Ebenheit zu erzielen, indem oberflächenempfindliche dielektrische Schichten abgeschieden wurden, nicht immer erfolgreich gewesen. Darüber hinaus haben die Erfinder entdeckt, dass diese Verfahren dielektrische Schichten produzieren können, die nicht die gewünschte Qualität aufweisen.

[0014] Die US-A-5, 665, 635 betrifft ein Verfahren zum Bilden von Feldoxidschichten in einem Halbleiterbauelement. Es ist eine Aufgabe dieser Offenbarung, ein einfaches Verfahren zum Bilden von Feldoxidschichten in einem Halbleiterbauelement bereitzustellen, mittels dem eine Isolierschicht gleichzeitig einen schmalen Trench und einen breiten Trench füllen

kann, während die obere Fläche der Isolierschicht flach ist. Das Verfahren zum Bilden von Feldoxidschichten auf einem Halbleiterbauelement besteht im Behandeln einer Trenchmaske aus einem Nitrid und einem Trench-Oxid, um die Oberflächen positiv zu laden, so dass eine Ozon/TEOS-USG-Schicht bei einer schnellen Geschwindigkeit auf dem Trench-Oxid, jedoch bei einer langsamen Geschwindigkeit auf der Trenchmaske abgeschieden werden könnte. Anders ausgedrückt, es wird ein spezieller Oberflächenbehandlungsprozess auf eine solche Art und Weise ausgeführt, dass die über der Nitridschicht und den Trenchs gebildete Oxidschicht ein positives Potential an ihrer Oberfläche zum Erzielen einer schnelleren Wachstumsrate auf der Oxidschicht im Vergleich zur Wachstumsrate auf der Nitridschicht aufweist.

[0015] Benötigt werden effizientere und wirtschaftlichere Verfahren zur selbst-planarisierten Abscheidung einer Oxid-Trenchfüllschicht von hoher Qualität zur Integration der Isolation mit flachem Trench.

[0016] Diese Aufgabe wird von einem Verfahren nach Anspruch 1 erfüllt.

[0017] Die Erfindung stellt effizientere Verfahren zum Bereitstellen von Integration der Isolation mit flachem Trench durch Bilden von selbst-planarisierten Trenchfüllschichten von hoher Qualität unter Verwendung von oberflächenempfindlichen dielektrischen Materialien bereit. Die Abscheidungsratenabhängigkeit von dielektrischen Materialien, wie O_3 /TEOS-Schichten, wird effektiv genutzt, um Selbst-Planarisierung zu erzielen.

[0018] Zum weiteren Verständnis der Aufgaben und Vorteile der vorliegenden Erfindung sollte auf die folgende ausführliche Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen Bezug genommen werden.

[0019] [Fig. 1a-Fig. 1h](#) sind vertikale Schnittansichten eines Substrats, die die Trenchbildung und Trenchfüllung mit einem dielektrischen Material unter Anwendung von Abscheidungsverfahren des Stands der Technik darstellen;

[0020] [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) sind Ablaufdiagramme, die im Verfahren zum Bilden eines Trenchs gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden;

[0021] [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) sind vertikale Schnittansichten von alternativen Ausführungsformen eines mit Trenchs versehenen Substrats, die die Verwendung von antireflektierenden CVD-Schichten gemäß der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0022] [Fig. 4](#) ist ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des Verfahrens zum Bilden einer selbst-planarisierten Trenchfüllschicht, die gemäß der vor-

liegenden Erfindung gebildet wurde;

[0023] [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) sind vertikale Schnittansichten von alternativen Ausführungsformen eines Substrats mit einer selbst-planarisierten Trenchfüllschicht gemäß der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0024] [Fig. 6](#) ist ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des Verfahrens zum Verarbeiten einer Trenchfüllschicht gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0025] [Fig. 7](#) ist eine vertikale Schnittansicht des Substrats von [Fig. 5a](#), das mit einem oxidierenden Tempern gemäß der vorliegenden Erfindung verarbeitet wurde;

[0026] [Fig. 8](#) ist eine vertikale Schnittansicht einer Ausführungsform einer Vorrichtung zur chemischen Dampfabcheidung, die für die vorliegende Erfindung verwendet wird;

[0027] [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) sind auseinander Ansichten von Teilen der in [Fig. CVD-Kammer](#); gezogene perspektivische 8 bildlich dargestellten

[0028] [Fig. 11](#) ist ein vereinfachtes Diagramm eines Systemmonitors und eines CVD-Systems in einem Multikammersystem, das eine oder mehrere Kammern enthalten kann;

[0029] [Fig. 12](#) zeigt ein veranschaulichendes Blockdiagramm der hierarchischen Steuerstruktur der Systemsteuerungssoftware, des Computerprogramms, gemäß einer spezifischen Ausführungsform;

[0030] [Fig. 13a](#) und [Fig. 13b](#) sind SEM-Schnittansichten (SEM = scanning electron micrograph, mikroskopische Rasterelektronenaufnahme) einer Trenchfüllschicht, die unter Verwendung von Abscheidungsverfahren des Stands der Technik gebildet wurde;

[0031] [Fig. 14a](#) und [Fig. 14b](#) sind SEM-Schnittansichten einer Trenchfüllschicht, die nach dem Reinigen eines geätzten Trenchs mit thermischem Oxid auf den Trenchwänden gebildet wurde;

[0032] [Fig. 15a](#) und [Fig. 15b](#) sind SEM-Schnittansichten einer Trenchfüllschicht, die ohne thermisches Oxid auf den Trenchoberflächen gebildet wurde; und

[0033] [Fig. 16a](#) und [Fig. 16b](#) sind SEM-Schnittansichten einer Trenchfüllschicht, die nach dem Reinigen eines Trenchs ohne thermisches Oxid auf den Trenchoberflächen gebildet wurde.

I. Selbstplanarisierte Abscheidung einer dielektrischen Schicht bei Integration von flachem Trench

[0034] Spezifische Ausführungsformen der vorlie-

genden Erfindung werden unter Anwendung einer STI-Integration als einem Beispiel veranschaulicht. Die Vorteile der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung können mittels Vergleich mit den Verfahren des Stands der Technik, wie in den [Fig. 1a–Fig. 1h](#) dargestellt, leicht erkannt werden. Spezifisch stellt die vorliegende Erfindung eine effizientere Integration der Isolation mit flachem Trench bereit, indem eine selbst-planarisierte Abscheidung einer dielektrischen Trenchfüllschicht bereitgestellt wird, ohne einen Verlust der Qualität der dielektrischen Schicht zu bewirken. Es versteht sich, dass der Schutzzumfang der Erfindung nicht notwendigerweise auf STI-Integration beschränkt ist.

A. Bilden eines Trenchs

[0035] [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) veranschaulichen alternative Verfahren zum Bilden eines Trenchs auf einem Substrat, das in der Regel aus Silizium hergestellt ist. Unter Bezugnahme auf [Fig. 2a](#) besteht der erste Schritt **210** darin, eine antireflektierende CVD-Schicht (CVD anti-reflective coating, CVD-ARC) direkt auf das Siliziumsubstrat aufzutragen. Die Verwendung von CVD-ARC eliminiert vor allem das Erfordernis von Bond-Oxid- und Nitridschichten, die in der Regel zur STI-Integration verwendet werden. Im Gegensatz zu der allgemein verwendeten organischen Spin-On-BARC ist die CVD-ARC ein anorganisches Material, das in der Regel beispielsweise Siliziumnitrid, Siliziumoxynitrid oder Siliziumcarbid umfasst. Die CVD-ARC wird abgeschieden, indem die chemische Reaktion der Prozessgase in einem CVD-System vorangetrieben wird. Zum Beispiel wird eine CVD-ARC, die Silizium und Stickstoff und/oder Sauerstoff enthält (auch als eine dielektrische ARC oder DARC bekannt), abgeschieden, indem die folgenden Prozessgase in plasmagestützte CVD (plasmaenhanced CVD, PECVD) eingeführt werden: ein Silizium enthaltendes Gas (wie Silan oder TEOS) und ein Stickstoff enthaltendes Gas und/oder ein Sauerstoff enthaltendes Gas. Distickoxid (N₂O) kann zum Zuführen von Stickstoff und Sauerstoff verwendet werden, es können aber natürlich andere Sauerstoff- und Stickstoffquellen verwendet werden. In der Regel wird zum Steuern der Abscheidungsrate des Prozesses und der Schichtdicke und zum Stabilisieren des Prozesses ein Inertgas, wie Helium oder Argon, verwendet. Ein Beispiel einer geeigneten CVD-Vorrichtung ist in der US-Patentschrift Nr. 5,558,717 mit dem Titel "CVD PROCESSING CHAMBER", an Zhao et al. erteilt, beschrieben. Das Gasverhältnis kann so eingestellt werden, dass eine Schichtzusammensetzung mit den gewünschten optischen Eigenschaften (Brechungsindex und Absorptionsindex) der abgeschiedenen CVD-ARC erzielt wird. Eine CVD-ARC-Siliziumnitridschicht unterscheidet sich von der herkömmlichen LPCVD-Siliziumnitridschicht darin, dass die Schichtzusammensetzung des LPCVD-Siliziums nicht modifiziert wer-

den kann, da es sich bei LPCVD nicht um einen plasmagestützten Prozess, sondern einen thermischen Prozess handelt. Einige der Techniken, die zum Abscheiden der CVD-ARC verwendet werden können, sind in der US-Patentschrift Nr. 5968324 mit dem Titel "METHOD AND APPARATUS FOR DEPOSITING ANTIREFLECTIVE COATING" mit David Cheung, Joe Feng, Judy H. Huang und Wai-Fan Yau als Erfindern; der US-Patentschrift Nr. 6 209 484 mit dem Titel "METHOD AND APPARATUS FOR DEPOSITING AN ETCH STOP LAYER" mit Judy H. Huang, Wai-Fan Yau, David Cheung und Chan-Lon Yang als Erfindern und „Novel ARC Optimization Methodology for KrF Excimer Laser Lithography at Low KI Factor“ von Tohru Ogawa, Mi tsunori Kimura, Yoichi Tomo und Toshiro Tsumori, in den SPIE Proceedings (Optical/Laser Microlithography V), Band 1674, Seiten 362–375 (1992), veröffentlicht, beschrieben. Die zwei Anmeldungen sind Applied Materials, Inc. übertragen, dem Bevollmächtigten der vorliegenden Erfindung.

[0036] In einer Ausführungsform wird ein gewünschtes Verhältnis von Silan (SiH₄) zu N₂O zum Abscheiden einer DARC gewählt. Darüber hinaus werden N₂ und NH₃ eingeführt, um die optischen und chemischen Eigenschaften der abgeschiedenen DARC weiter zu steuern. Die Auswirkungen von N₂ und NH₃ sind besonders in Prozessregimes bestimmend, in denen SiH₄ und N₂O eine minimale oder keine Auswirkung auf die DARC-Eigenschaften haben, z.B. bei niedriger Temperatur. Der Zusatz von NH₃ und N₂ zum Prozess ändert ferner die Zusammensetzung der Schicht, was größere Freiheiten und eine feinere Abstimmung des Brechungsindex und des Absorptionsindex ermöglicht. Des Weiteren ist der Prozess mit der Verwendung von Helium kompatibel, das kosteneffizienter als Argon ist. Helium ermöglicht außerdem eine verbesserte Kontrolle der Spannungen in der abgeschiedenen DARC-Schicht. Dies hilft dabei, zu verhindern, dass die Schicht zu dehnbar wird, was bewirken kann, dass sie nach der Abscheidung vom Substrat abplatzt.

[0037] Die CVD-ARC hat die Fähigkeit, Licht zu absorbieren, das während der Photolithographie vom Substrat reflektiert wird, ähnlich der BARC ([Fig. 1b](#)). Darüber hinaus weist die CVD-ARC eine Reflexionseigenschaft auf, die ihr ermöglicht, Licht zu reflektieren, das vom Licht, das vom Substrat reflektiert wird, in der Phase verschoben ist, so dass die zwei einander in einer so genannten Phasenänderungsaufhebung aufheben.

[0038] Die CVD-ARC hat zudem die wichtige zusätzliche Fähigkeit, als Ätz-Stopper für die CMP zu dienen, was es möglich macht, die LPCVD-Nitridschicht zu eliminieren ([Fig. 19](#), wie oben erwähnt). Des Weiteren kann die CVD-ARC im Gegensatz zum LPCVD-Nitrid direkt auf das Siliziumsubstrat aufge-

tragen werden. Die Bond-Oxidschicht ([Fig. 1a](#)) wird nicht mehr benötigt, um den Übergang von Spannungen zwischen dem Siliziumsubstrat und einer LP-CVD-Nitridschicht zu dämpfen. Folglich kann die einzelne CVD-ARC-Schicht das Bond-Oxid, das LP-CVD-Nitrid und die BARC ersetzen, was in einer einfacheren Struktur und einem effizienteren Verfahren zum Vorbereiten des Substrats für STI resultiert. Die CVD-ARC dient sowohl Photolithographie- und CMP-Zwecken und ist außerdem eine gute Barriere gegenüber Sauerstoffdiffusion.

[0039] Erneut unter Bezugnahme auf [Fig. 2a](#) wird bei Schritt **212** über der CVD-ARC ein Fotoresist gebildet. Der Fotoresist wird freigelegt, um die Trenchstelle zu definieren, an der der Trench zu bilden ist (Schritt **214**), und der freigelegte Fotoresist wird dann gemäß einer spezifischen Ausführungsform an der Trenchstelle abgelöst (Schritt **216**). Ein Ätzschritt **218** wird zum Ätzen der CVD-ARC und des Siliziumsubstrats durchgeführt, um den Trench an der Trenchstelle zu bilden. Bei Schritt **220** wird der verbleibende Fotoresist entfernt. Gemäß einigen spezifischen Ausführungsformen kann ein optionaler Reinigungsschritt **222** durchgeführt werden, um den Trench zu reinigen und Verunreinigungen zu entfernen. Der Reinigungsschritt **222** kann beispielsweise einen herkömmlichen Nassätzvorgang unter Verwendung einer Mischung, die Fluorwasserstoffsäure (HF) enthält, einsetzen. Die resultierende Struktur ist in [Fig. 3a](#) dargestellt, die das Siliziumsubstrat **224** mit einer darauf gebildeten CVD-ARC **226** mit einer Dicke von etwa 100–200 nm (1000–2000 Å) zeigt. Der gebildete Trench **228** weist einen Trenchboden **230** und eine Trenchwand **232** auf.

[0040] Im Vergleich zu der in den [Fig. 1a–Fig. 1d](#) dargestellten herkömmlichen Vorgehensweise kann das Verfahren von [Fig. 2a](#) den Prozess des Wachsens eines thermischen Oxids über den Oberflächen des Trenchs eliminieren, der herkömmlich angewendet wird, um die Schädigung des Siliziumsubstrats durch das Plasma während der Trenchbildung zu reparieren. Die Erfinder haben festgestellt, dass ein Abscheiden des oberflächenempfindlichen dielektrischen Materials, wie O_3 /TEOS, direkt über einem Siliziumtrench die Qualität der zu bildenden Trenchfüllschicht im Vergleich zu vorherigen Vorgehensweisen erheblich verbessert und dass der Reinigungsschritt **222** die Schichtqualität weiter verbessern kann, wie im Folgenden ausführlicher erörtert wird. Darüber hinaus haben die Erfinder entdeckt, dass ein oxidierender Temperprozess nach Bildung der Trenchfüllschicht dazu verwendet werden kann, ein thermisches Oxid an dem Trenchboden und der Trenchwand wachsen zu lassen, wie im Folgenden erörtert wird.

[0041] Die CVD-ARC kann in spezifischen Ausführungsformen der Erfindung verwendet werden. Ge-

mäß einigen spezifischen Ausführungsformen können im Folgenden beschriebene anschließende Prozessschritte angewendet werden, ungeachtet dessen, ob die CVD-ARC oder die vorherige BARC/Nitrid/Oxid-Kombination verwendet wird. Folglich wird nach der Bildung des Trenchs statt dessen der Ausdruck "Ätzstoppschicht" verwendet werden und soll als eine LPCVD-Nitridschicht mit einer Bond-Oxid-Schnittstelle) oder CVD-ARC verstanden werden.

[0042] In der in [Fig. 2b](#) gezeigten alternativen Ausführungsform sind die Schritte **250–260** mit den Schritten **210–220** von [Fig. 2a](#) identisch und werden zum Ätzen des Trenchs unter Verwendung des Fotoresists ausgeführt. Nachdem der Fotoresist entfernt wurde (Schritt **260**), werden jedoch zwei zusätzliche Prozessschritte durchgeführt. In Schritt **262** wird ein zu dem in [Fig. 1d](#) gezeigten ähnliches thermisches Oxid auf dem Trenchboden und der Trenchwand aufwachsen gelassen. Das thermische Oxid wird beispielsweise unter Verwendung eines herkömmlichen Plasmaätzvorgangs weggeätzt (Schritt **264**). Die resultierende Struktur ist in [Fig. 3b](#) dargestellt, die ein Siliziumsubstrat **270** mit einer darauf gebildeten Ätzstoppschicht **272** (CVD-ARC oder LPCVD-Nitrid) und einen Trench **274** mit einem Trenchboden **276** und einer Trenchwand **278** zeigt. Nach dem Entfernen des thermischen Oxids am Trenchboden **276** ist das verbleibende thermische Oxid **280** an der Trenchwand **278** gezeigt. Danach wird in vorteilhafter Weise ein Reinigungsschritt **266** unter Anwendung eines Nassätzprozesses mit einer HF-Mischung oder dergleichen, um Verunreinigungen zu entfernen, durchgeführt. Wie im Folgenden erörtert ist, haben die Erfinder entdeckt, dass dieser Reinigungsschritt **266** die Qualität der Trenchfüllschicht, die abgeschieden werden wird, verbessert.

B. Abscheiden einer Trenchfüllschicht

[0043] Unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) wird, nachdem das mit Trenchs versehene Substrat (**224** in [Fig. 3a](#) oder **270** in [Fig. 3b](#)) hergestellt wurde, es in Schritt **290** in einer Prozesskammer (wie der Kammer **15** von [Fig. 8](#)) platziert. In der Regel wird in Schritt **292** ein Inertgas in die Kammer einströmen gelassen, um den Druck in der Kammer zu stabilisieren, bevor reaktionsfähige Prozessgase eingeführt werden. Als Nächstes wird ein Precursorgas mit einer Oberflächenempfindlichkeits- und Wachstumsratenabhängigkeit auf unterschiedlich zusammengesetzten Oberflächen in die Kammer eingeführt (Schritt **294**). Ein Beispiel eines geeigneten Precursorgases ist TEOS. Da TEOS ein flüssiger Precursor ist, steuert eine geeignete Vorrichtung das Durchperlen eines Zuführungsgases, wie Helium, durch das TEOS in einer Waschflaschenanordnung oder das Einführen eines Trägergases, wie Helium oder Stickstoff, in ein Einspritzsystem für Flüssigkeiten, um das TEOS zu ver-

dunsten und ein Prozessgas mit den gewünschten Flussraten zu bilden. Ein Ozongas wird in die Kammer einströmen gelassen (Schritt **296**), um mit dem TEOS zu reagieren, um eine O_3 /TEOS-Trenchfüllschicht über dem Substrat abzuschneiden. Die Abscheidungsrate der O_3 /TEOS-Schicht ist auf dem unteren Boden des Trenchs (bei dem es sich um Silizium handelt) schneller als auf den höheren Oberflächen der oberen Abschnitte des Substrats, die die Ätzstoppschicht (bei der es sich um LPCVD-Nitrid oder CVD-ARC handelt) umfassen. Die relativen Abscheidungsraten der O_3 /TEOS-Schicht auf den unteren und den höheren Oberflächen werden in Schritt **298** reguliert, indem das O_3 /TEOS-Verhältnis eingestellt wird, bis die O_3 /TEOS-Schicht eine im Wesentlichen selbst-planarisierte dielektrische Oberfläche entwickelt.

[0044] Das O_3 /TEOS-Verhältnis kann eingestellt werden, indem die Flussraten des O_3 und/oder TEOS eingestellt werden. Zum Beispiel kann ein vorbestimmtes O_3 /TEOS-Verhältnis gewählt werden und die relativen Flussraten können eingestellt werden, um jenes Verhältnis in Schritt **298** zu erzielen. Es ist vorteilhaft, das O_3 /TEOS-Verhältnis zu maximieren, um die Abscheidung vom Trenchboden zu beschleunigen, um Ebenheit zu erzielen. O_3 /TEOS-Verhältnisse von wünschenswert mehr als etwa 10:1 und wünschenswerter etwa 10:1 bis 20:1 können angewendet werden.

[0045] Die Abscheidung der Trenchfüllschicht kann bei einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur von weniger als etwa 500°C erfolgen. Dies vermeidet in vorteilhafter Weise die unerwünschte Bildung von Aluminiumfluorid, die auftreten kann, wenn die Abscheidung bei höheren Temperaturen von mehr als etwa 500°C (z.B. erforderlichenfalls um die dielektrische Schicht für niedrige O_3 /TEOS-Verhältnisse zu verdichten) in Verarbeitungskammern erfolgt, die Aluminiummaterialien enthalten, und die längere Reinigungszeit, die zum Entfernen des Aluminiumfluorids erforderlich ist. Andere Prozessparameter, wie Druck und Flussraten, können eingestellt werden, um den Abscheidungsprozess für ein gewähltes O_3 /TEOS-Verhältnis zu optimieren. Ein Druck, der von etwa 26,7 bis 93,3 kPa (200 bis 700 Torr) reicht, ist zur Verwendung mit O_3 /TEOS-Verhältnissen von 10:1 bis 20:1 bevorzugt.

[0046] [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) stellen die selbst-planarisierten dielektrischen Trenchfüllschichten **300** bzw. **302** dar, die über den Substraten **224**, **270** von [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) abgeschieden wurden, die unter Anwendung der Verfahren von [Fig. 5a](#) bzw. [Fig. 5b](#) hergestellt wurden. Wie im Folgenden ausführlicher erörtert ist, stellen die vorliegenden Verfahren nicht nur eine selbst-selbstplanarisierte Abscheidung der Trenchfüllschichten bereit, sondern stellen außerdem sicher, dass diese Schichten eine hohe Qualität auf-

weisen.

C. Verarbeiten der Trenchfüllschicht

[0047] Unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#) stellen die Schritte **310** und **312** einen oxidierenden Temperprozess dar, der angewendet werden kann, um ein thermisches Oxid an den Trenchoberflächen wachsen zu lassen, nachdem die Trenchs mit der abgeschiedenen Trenchfüllschicht gefüllt wurden. Obgleich der Prozess über eine allgemeine Anwendbarkeit über die hierin beschriebene STI-Integration hinaus verfügt, hat er in diesem Beispiel bestimmte Vorteile, da das vorherige Wachsen des thermischen Oxids ([Fig. 1d](#)) eliminiert wurde, um die Bildung einer Trenchfüllschicht von hoher Qualität (z.B. O_3 /TEOS) und eine umfassende Planarisierung im Verfahren von [Fig. 2a](#) sicherzustellen. Dieses anschließende oxidierende Tempern bewirkt nicht nur, dass ein thermisches Oxid an den Trenchoberflächen wächst, sondern es verdichtet im Wesentlichen gleichzeitig die Trenchfüllschicht, wodurch deren Qualität weiter verbessert wird. Eine dichte Schicht ist vorteilhaft, insbesondere für Isolationszwecke. Das oxidierende Tempern wird durchgeführt, indem das Substrat in Schritt **310** einem Sauerstoff enthaltenden Gas (wie molekularer Sauerstoff, Dampf und ein beliebiges Precursor-gas mit Sauerstoff) ausgesetzt wird und das Substrat in Schritt **312** auf eine geeignete Temperatur (z.B. mehr als etwa 800°C) aufgeheizt wird. Während das Substrat **224** von [Fig. 5a](#) dem oxidierenden Tempern unterzogen wird, wird ein thermisches Oxid **308** längs der Oberflächen des Trenchs **228** aufwachsen gelassen, wie in [Fig. 7](#) dargestellt ist. Das oxidierende Tempern wird in wünschenswerter Weise nach dem CMP vorgenommen, um den CMP-Prozess zu verbessern, da die oberflächenempfindliche Abscheidung auf aktiven Flächen (LPCVD-Nitrid oder CVD-ARC) poröser ist als auf den Trenchs (Silizium), wie abgeschieden. Dieser Unterschied bei der Schichtdicke kann für den CMP-Prozess vorteilhaft sein, da die CMP-Rate über der aktiven Fläche höher als über den Trenchs sein wird.

[0048] Der letzte Schritt **314** besteht darin, das Trenchfüllmaterial selektiv zu entfernen und zu Planarisieren, in der Regel mittels CMP. Dieser Schritt entfernt das Trenchfüllmaterial über der Ätzstoppschicht, bei der es sich um LPCVD-Nitrid oder CVD-ARC handeln kann. Da das dielektrische Profil im Wesentlichen eben ist, ist kein Vorgang mit Umkehrmaske und Ätzung erforderlich und der CMP-Schritt kann schneller abgeschlossen werden als im Fall, in dem das dielektrische Profil abgestuft ist, wie das in [Fig. 1f](#) gezeigte. Dies verringert die Prozesszeit weiter und steigert den Durchsatz.

II. Ein beispielhaftes CVD-System (das nicht Teil der Erfindung bildet und nur zu Veranschaulichungszwecken offenbart ist)

[0049] Eine geeignete CVD-Vorrichtung, in der das Verfahren der vorliegenden Erfindung ausgeführt werden kann, ist in [Fig. 8](#) gezeigt, bei der es sich um vertikale Schnittansichten eines CVD-Systems mit einer Vakuum- oder Verarbeitungskammer **15**, die eine Kammerwand **15a** und eine Kammerdeckelanordnung **15b** umfasst, handelt. Die Kammerwand **15a** und die Kammerdeckelanordnung **15b** sind in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) in auseinander gezogenen, perspektivischen Ansichten gezeigt.

[0050] Das CVD-System **10** umfasst einen Gasverteiler **11** zum Verteilen von Prozessgasen auf einem Substrat (nicht gezeigt), das auf einem erhitzten Podest **12** aufliegt, das in der Prozesskammer zentriert ist. Während der Verarbeitung wird das Substrat (z.B. ein Halbleiterwafer) auf einer flachen (oder leicht konvexen) Oberfläche **12b** des Podests **12** angeordnet. Das Podest kann regulierbar zwischen einer unteren Lade-/Abladeposition (nicht gezeigt) und einer oberen Verarbeitungsposition (in [Fig. 8](#) gezeigt), die nah an den Verteiler **11** angrenzt, bewegt werden. Eine Zentralplatine (nicht gezeigt) enthält Sensoren zum Bereitstellen von Informationen zur Position der Wafer.

[0051] Abscheide- und Trägergase werden durch Perforationen **13b** ([Fig. 10](#)) einer herkömmlichen flachen, kreisförmigen Gasverteilung oder Blende **13a** in die Kammer **15** eingeführt. Spezifischer strömen Abscheidungsprozessgase durch den Einlassverteiler **11** (durch Pfeil **40** in [Fig. 8](#) angezeigt), durch eine herkömmliche perforierte Sperrplatte **42** und dann durch Löcher **13b** in der Gasverteilungsblende **13a** in die Kammer ein.

[0052] Bevor sie den Verteiler erreichen, werden Abscheide- und Trägergase von Gasquellen **7** durch Gaszuführleitungen **8** ([Fig. 8](#)) in ein Mischsystem **9** eingebracht, wo sie vereint und dann an den Verteiler **11** gesendet werden.

[0053] Der im CVD-System **10** durchgeführte Abscheidungsprozess kann entweder ein thermischer Prozess oder ein plasmagestützter Prozess sein. In einem plasmagestützten Prozess legt eine HF-Stromversorgung **44** zwischen der Gasverteilungsblende **13a** und dem Podest elektrische Leistung an, um so die Prozessgasmischung anzuregen, um ein Plasma in dem zylindrischen Bereich zwischen der Blende **13a** und dem Podest zu bilden. (Dieser Bereich wird hierin als der „Reaktionsbereich“ bezeichnet.) Bestandteile des Plasmas reagieren dahingehend, eine gewünschte Schicht auf der Oberfläche des Halbleiterwafers abzuscheiden, der vom Podest **12** getragen wird. Die HF-Stromversor-

gung **44** ist eine HF-Stromversorgung mit Mischfrequenz, die in der Regel Leistung bei einer hohen HF-Frequenz (RF1) von 13,56 MHz und bei einer niedrigen HF-Frequenz (RF2) von 360 kHz liefert, um den Abbau von reaktionsfähigen Spezies, die in die Vakuumkammer **15** eingeführt wurden, zu fördern. In einem thermischen Prozess würde die HF-Stromversorgung **44** nicht genutzt werden und die Prozessgasmischung reagiert thermisch dahingehend, die gewünschten Schichten auf der Oberfläche des Halbleiterwafers abzuscheiden, der vom Podest **12** getragen wird, der mittels Heizwiderständen erhitzt wird, um Wärmeenergie für die Reaktion zu liefern.

[0054] Während eines plasmagestützten Abscheidungsprozesses erhitzt das Plasma die gesamte Prozesskammer **10**, einschließlich der Wände des Kammerkörpers **15a**, die den Auslassdurchgang **23** und das Sperrventil **24** umgibt. Wenn das Plasma nicht aktiviert ist oder während eines thermischen Abscheidungsprozesses, wird eine heiße Flüssigkeit durch die Wände **15a** der Prozesskammer zirkuliert, um die Kammer bei einer erhöhten Temperatur zu halten.

[0055] Der Rest der Gasmischung, der nicht in einer Schicht abgeschieden wird, einschließlich Reaktionsprodukten, wird mittels einer Vakuumpumpe (nicht gezeigt) aus der Kammer abgesaugt. Spezifisch werden die Gase durch eine ringförmige Öffnung in Schlitzform **16**, die den Reaktionsbereich umgibt, und in eine ringförmige Auslasssammelkammer **17** abgesaugt. Der ringförmige Schlitz **16** und die Sammelkammer **17** werden von dem Zwischenraum zwischen der Oberseite der zylindrischen Seitenwand **15a** der Kammer (einschließlich der oberen dielektrischen Auskleidung **19** auf der Wand) und dem Boden des kreisförmigen Kammerdeckels **20** definiert. Die kreisförmige 3600-Symmetrie und Gleichförmigkeit der Schlitzöffnung **16** und der Sammelkammer **17** sind wichtig, um einen einheitlichen Fluss von Prozessgasen über den Wafer zu erzielen, um so eine einheitliche Schicht auf dem Wafer abzuscheiden.

[0056] Von der Auslasssammelkammer **17** strömen die Gase unter einem seitlichen Erweiterungsabschnitt **21** der Auslasssammelkammer **17** durch, an einem Beobachtungsfenster (nicht gezeigt) vorbei, durch einen sich nach unten erstreckenden Gasdurchtritt **23** hindurch, an einem Vakuumscherrventil **24** (dessen Körper in die untere Kammerwand **15a** integriert ist) vorbei und in den Auslass **25** hinein, der mit der externen Vakuumpumpe (nicht gezeigt) durch eine Vorleitung (ebenfalls nicht gezeigt) verbunden ist.

[0057] Ein Hebemechanismus und -motor (nicht gezeigt) hebt die erhitzte Podestanordnung **12** und deren Waferhebestifte **12b** an und senkt diese herab, während Wafer mittels einer Automatikschneide

(nicht gezeigt) durch eine Öffnung zum Einsetzen/Herausnehmen **26** in der Seite der Kammer **10** in den Körper der Kammer und aus diesem heraus überführt werden. Der Motor hebt das Podest **12** zwischen einer Verarbeitungsposition **14** und einer niedrigeren Waferladeposition an und senkt ihn dazwischen ab. Der Motor, die Ventile oder Mengenregler, die mit den Zuführleitungen **8** verbunden sind, das Gaszuführungssystem, das Drosselventil, die HF-Stromversorgung **44** und die Kammer- und Substratheizsysteme werden alle von einer Systemsteuereinrichtung **34** (**Fig. 8**) über Steuerleitungen **36**, von denen nur einige gezeigt sind, gesteuert. Die Steuereinrichtung **34** stützt sich auf Rückmeldung von optischen Sensoren, um die Position von beweglichen mechanischen Anordnungen, wie dem Drosselventil und Nebenschluss, zu bestimmen, die von entsprechenden Motoren unter der Steuerung der Steuereinrichtung **34** bewegt werden.

[0058] In einer bevorzugten Ausführungsform beinhaltet die Systemsteuereinrichtung ein Festplattenlaufwerk (Speicher **38**), ein Diskettenlaufwerk und einen Prozessor **37**. Der Prozessor enthält einen Einkartenrechner (single-board computer, SBC), analoge und digitale Ein-/Ausgabe-Karten, Schnittstellenbaugruppen und Schrittmotorsteuerplatinen. Verschiedene Teile des CVD-Systems **10** entsprechen dem VME-Standard (VME = Versa Modular European), der Platinen-, Baugruppenrahmen und Verbindungsgliedabmessungen und -typen definiert. Der VME-Standard definiert auch die Busstruktur mit einem 16-Bit-Datenbus und einem 24-Bit-Adressbus.

[0059] Die Systemsteuereinrichtung **34** steuert alle Aktivitäten der CVD-Maschine. Die Systemsteuereinrichtung führt Systemsteuerungssoftware aus, bei der es sich um ein Computerprogramm handelt, das in einem computerlesbaren Medium, wie einem Speicher **38**, gespeichert ist. Vorzugsweise ist der Speicher **38** ein Festplattenlaufwerk, der Speicher **38** kann jedoch auch eine andere Art von Speicher sein. Das Computerprogramm enthält Sätze von Befehlen, die die zeitliche Abstimmung, die Mischung von Gasen, den Kammerdruck, die Kammertemperatur, die HF-Leistungsniveau, die Nebenschlussposition und andere Parameter eines bestimmten Prozesses vorschreiben. Andere auf anderen Speichereinrichtungen, darunter beispielsweise eine Diskette oder ein anderes geeignetes Laufwerk, gespeicherte Computerprogramme können ebenfalls zum Betreiben der Steuereinrichtung **34** verwendet werden.

[0060] Die Schnittstelle zwischen einem Benutzer und der Steuereinrichtung **34** ist über einen CRT-Monitor **50a** und einen Lichtgriffel **50b**, wie in **Fig. 11** gezeigt, bei der es sich um ein vereinfachtes Diagramm des Systemmonitors und des CVD-Systems **10** in einem Substratverarbeitungssystem, das eine oder mehrere Kammern enthalten kann, handelt. In der

bevorzugten Ausführungsform werden zwei Monitore **50a** verwendet, einer in der Wand eines Reinraums für die Bediener und der andere hinter der Wand für die Servicetechniker angebracht. Die Monitore **50a** zeigen gleichzeitig dieselben Informationen an, es ist jedoch nur ein Lichtgriffel **50b** aktiviert." Ein Lichtsensor in der Spitze des Lichtgriffels **50b** erfasst von der CRT-Anzeige abgestrahltes Licht. Um ein bestimmtes Fenster oder eine bestimmte Funktion auszuwählen, berührt der Bediener einen vorgesehenen Bereich des Anzeigebildschirms und drückt die Taste auf dem Griffel **50b**. Der berührte Bereich wechselt seine hervorgehobene Farbe oder es wird ein neues Menü oder ein neues Fenster angezeigt, was die Kommunikation zwischen dem Lichtgriffel und dem Anzeigebildschirm. Andere Geräte, wie eine Tastatur, eine Maus oder ein anderes Zeige- oder Kommunikationsgerät, können anstelle des Lichtgriffels **50b** oder zusätzlich zu diesem verwendet werden, um dem Benutzer zu ermöglichen, mit der Steuereinrichtung **34** zu kommunizieren.

[0061] **Fig. 12** ist ein veranschaulichendes Blockdiagramm der hierarchischen Steuerstruktur der Systemsteuerungssoftware, des Computerprogramms **70**, gemäß einer spezifischen Ausführungsform. Unter Verwendung der Lichtgriffelschnittstelle gibt ein Benutzer gibt als Reaktion auf Menüs oder Fenster, die auf dem CRT-Monitor angezeigt werden, eine Prozesssatznummer und eine Prozesskammernummer in eine Prozessauswahl-Unteroutine **73** ein. Die Prozessauswahl-Unteroutine **73** identifiziert (i) die gewünschte Prozesskammer und (ii) den gewünschten Satz von Prozessparametern, der zum Betreiben der Prozesskammer zum Durchführen des gewünschten Prozesses erfordert wird. Die Prozessparameter zum Durchführen eines spezifischen Prozesses beziehen sich auf Prozessbedingungen, wie beispielsweise Prozessgaszusammensetzung und -flussraten, Temperatur, Druck, Plasmabedingungen, wie HF-Leistungsniveau und die niedrige HF-Frequenz, Kühlgasdruck und Kammerwandtemperatur. Diese Parameter werden vom Benutzer in Form einer Rezeptur bereitgestellt und werden unter Nutzung der Lichtgriffel/CRT-Monitor-Schnittstelle eingegeben.

[0062] Eine Prozessablaufsteuerungs-Unteroutine **75** umfasst Programmcode zum Annehmen der von der Prozessauswahl-Unteroutine **73** identifizierten Prozesskammer und des von der Prozessauswahl-Unteroutine **73** identifizierten Satzes von Prozessparametern und zum Steuern des Betriebs der verschiedenen Prozesskammern.

[0063] Nachdem die Ablaufsteuerungs-Unteroutine **75** bestimmt hat, welche Kombination von Prozesskammer und Prozesssatz als Nächstes ausgeführt werden wird, bewirkt die Ablaufsteuerungs-Unteroutine **75** die Ausführung des Prozesssatzes, indem die

bestimmten Prozesssatzparameter an eine Kammermanager-Unterroutine **77a-c** weitergeleitet werden, die mehrere Verarbeitungsaufgaben in einer Prozesskammer **15** gemäß dem Prozesssatz, der von der Ablaufsteuerungs-Unterroutine **75** bestimmt wurde, steuert. Zum Beispiel umfasst die Kammermanager-Unterroutine **77a** Programmcode zum Steuern von Sputter- und CVD-Prozessarbeitsschritte in der Prozesskammer **15**. Die Kammermanager-Unterroutine **77** steuert außerdem die Ausführung von verschiedenen Kammerkomponenten-Unter Routinen, die den Betrieb der Kammerkomponenten steuert, die zum Durchführen des ausgewählten Prozesssatzes erforderlich sind. Beispiele von Kammerkomponenten-Unter Routinen sind eine Substratpositionierungs-Unterroutine **80**, eine Prozessgassteuerungs-Unterroutine **83**, eine Drucksteuerungs-Unterroutine **85**, eine Heizgerätsteuerungs-Unterroutine **87** und eine Plasmasteuerungs-Unterroutine **90**.

[0064] Der Betrieb der bestimmten Kammerkomponenten-Unter Routinen wird nun unter Bezugnahme auf [Fig. 12](#) beschrieben. Die Substratpositionierungs-Unterroutine **80** umfasst Programmcode zum Steuern von Kammerkomponenten, die zum Laden des Substrats auf das Podest **12** und gegebenenfalls zum Anheben des Substrats auf eine gewünschte Höhe in der Kammer **15**, um den Abstand zwischen dem Substrat und dem Gasverteiler **11** zu steuern, verwendet werden.

[0065] Die Prozessgassteuerungs-Unterroutine **83** weist Programmcode zum Steuern der Prozessgaszusammensetzung und -flussraten auf. Die Prozessgassteuerungs-Unterroutine **83** steuert die Auf/Zu-Stellung der Sicherheitsabsperrentile und stellt zudem die Massenstromregler linear höher/niedriger ein, um die gewünschte Gasflussrate zu erzielen.

[0066] In manchen Prozessen wird ein Inertgas, wie Helium oder Argon, in die Kammer **15** einströmen gelassen, um den Druck in der Kammer zu stabilisieren, bevor reaktionsfähige Prozessgase eingeführt werden. Für diese Prozesse wird die Prozessgassteuerungs-Unterroutine **83** so programmiert, dass sie Schritte zum Einströmen des Inertgases in die Kammer **15** für einen Zeitraum, der zum Stabilisieren des Drucks in der Kammer erforderlich ist, beinhaltet, und dann würden die oben beschriebenen Schritte ausgeführt werden. Darüber hinaus ist die Prozessgassteuerungs-Unterroutine **83**, wenn ein Prozessgas aus einem flüssigen Precursor, beispielsweise TEDS, verdunstet werden soll, so geschrieben, dass es Schritte zum Durchperlen eines Zuführungsgases wie Helium, durch den flüssigen Precursor in einer Waschflaschenanordnung oder zum Einführen eines Trägergases, wie Helium oder Stickstoff, in ein Einspritzsystem für Flüssigkeiten beinhaltet. Wenn für diese Art von Prozess eine Waschflasche verwendet

wird, regelt die Prozessgassteuerungs-Unterroutine **83** den Fluss des Zuführungsgases, den Druck in der Waschflasche und die Waschflaschentemperatur, um die gewünschten Prozessgasflussraten zu erzielen.

[0067] Die Drucksteuerungs-Unterroutine **85** umfasst Programmcode zum Steuern des Drucks in der Kammer **15**, indem die Größe der Öffnung des Drosselventils im Auslasssystem der Kammer geregelt wird. Die Größe der Öffnung des Drosselventils wird eingestellt, um den Kammerdruck auf den gewünschten Niveau in Beziehung zum Gesamtprozessgasfluss, zur Größe der Prozesskammer und zum Purnsolldruck für das Auslasssystem zu steuern.

[0068] Die Heizgerätsteuerungs-Unterroutine **87** umfasst Programmcode zum Steuern der Stromstärke zu einer Heizeinheit, die zum Erhitzen des Substrats **20** verwendet wird. Die Heizgerätsteuerungs-Unterroutine **87** wird auch von der Kammermanager-Unterroutine **77a** aufgerufen und empfängt einen Ziel- oder Sollwerttemperaturparameter.

[0069] Die Plasmasteuerungs-Unterroutine **90** umfasst Programmcode zum Einstellen der HF-Leistungsniveau der hohen und der niedrigen Frequenz, die auf die Prozesselektroden in der Kammer **15** angewendet werden, und zum Einstellen der eingesetzten niedrigen HF-Frequenz. Analog zu den zuvor beschriebenen Kammerkomponenten-Unter Routinen wird die Plasmasteuerungs-Unterroutine **90** von der Kammermanager-Unterroutine **77a** aufgerufen.

III. Versuche und Testergebnisse

[0070] Die folgenden Versuchsbeispiele werden verwendet, um die Vorteile der vorliegenden Erfindung bei der Qualität der dielektrischen Schicht zu veranschaulichen, wenn die oben beschriebenen verschiedenen Verfahren zum Herstellen der Trenchs in dem Substrat vor der Abscheidung angewendet werden. Die Beispiele wurden unter Verwendung einer CVD-Kammer und insbesondere einer "DxZ"- oder einer "CxZ"-Kammer (für ein 200-mm-Substrat bemessen und mit einem Volumen von etwa 7 Liter), die von Applied Materials, Inc., Santa Clara, Kalifornien, USA, gefertigt und vertrieben wird, vorgenommen. Es wurden Siliziumsubstrate mit einer LPCVD-Siliziumnitrid-Ätzstoppschicht und Trenchs mit unterschiedlichen Breiten von bis zu 0,25 µm verwendet. Die Abscheidung wurde mittels subatmosphärischer CVD (SACVD) ausgeführt. Zu typischen Prozessparametern für den Vorgang der dielektrischen Abscheidung, der in [Fig. 4](#) umrissen ist, zählen ein Druck von etwa 26,7 bis 93,3 kPa (200 bis 700 Torr), eine Heizgerättemperatur von etwa 300–500°C, eine Flussrate des Inertgases (He oder N₂) von etwa 5000 10.000 sccm (Standardkubikzentimeter pro Minute), eine Ozonflussrate von etwa 4000–8000 sccm, eine TEOS-Flussrate von etwa

200–500 mgm (Milligramm pro Minute) und eine Ozonkonzentration von etwa 12–20 Gew.-% (Gewichtsprozent).

[0071] In den in den [Fig. 13a–Fig. 16b](#) gezeigten Beispielen wurden dieselben Prozessparameter verwendet: ein Druck von etwa 60 kPa (450 Torr), eine Heizgerätemperatur von etwa 400°C, eine Heliumflussrate von etwa 3000 sccm, eine Ozonflussrate von etwa 5000 sccm, eine TEOS-Flussrate von etwa 320 mgm und eine Ozonkonzentration von etwa 12,5 Gew.-%. Dies liefert ein O_3 /TEOS-Verhältnis von etwa 13:1. Die beobachtete Abscheidungsrate beträgt etwa 300 nm/min auf Silizium, etwa 100 nm/min auf LPCVD-Siliziumnitrid und etwa 150 nm/min auf thermischem Oxid. Die Trenchtiefe beträgt etwa 0,55 μ m und es wurden zwei Trenchbreiten verwendet: 0,25 μ m ([Fig. 13a–Fig. 16a](#)) und 1 μ m ([Fig. 13b–Fig. 16a](#)).

[0072] [Fig. 13a](#) und [Fig. 13b](#) zeigen SEM-Schnittansichten einer O_3 /TEOS-Schicht **350**, die über einem mit Trenchs versehenen Substrat **352** mit einer LPCVD-Siliziumnitrid-Ätzstoppschicht **354** gebildet wurde. Die Trenchs werden unter Anwendung eines früheren Verfahrens zum Wachsen eines thermischen Oxids an den Böden der Trenchs und den Wänden der Trenchs und dann Wegätzen des thermischen Oxids von den Böden der Trenchs hergestellt. Obgleich die Trenchfüllschicht **350** ein Oberflächenprofil aufweist, das an Ebenheit herankommt, werden Defekte in Form von Abtrennungen längs der Oberflächen der Trenchs, insbesondere an den Wänden der Trenchs, beobachtet. Hohlräume, die auf eine unerwünschte Porosität hinweisen, werden in der Trenchfüllschicht **350** in der Nähe der Trenchwand für den Trench am offenen Feld beobachtet ([Fig. 13a](#)). Von diesen Defekten wird angenommen, dass sie das Resultat von inhärenten Spannungsunterschieden zwischen dem Wachstum der dielektrischen Schicht auf dem Silizium am Trenchboden und dem thermischen Oxid an der Trenchwand sind. Die Defekte sind unerwünscht und insbesondere für Isolationszwecke problematisch.

[0073] [Fig. 14a](#) und [Fig. 14b](#) zeigen SEM-Schnittansichten einer O_3 /TEOS-Schicht **370**, die unter Anwendung eines Verfahrens zum Herstellen von Trenchs, das dem in [Fig. 2b](#) gezeigten ähnlich ist, mit der Ausnahme, dass eine LPCVD-Siliziumnitrid-Ätzstoppschicht **374** anstelle einer CVD-ARC verwendet wird, über einem mit Trenchs versehenen Substrat **372** gebildet wurde. Gemäß diesem Verfahren werden die Trenchs gereinigt, nachdem das thermische Oxid von den Böden der Trenchs weggeätzt wurde (Schritt **266**). In diesem Beispiel wird eine Nassätzung unter Verwendung einer Mischung, die etwa 1% HF enthält, etwa 10 Sekunden lang durchgeführt, obgleich auch andere ähnliche Reinigungsprozesse angewendet werden können. Wie in den [Fig. 14a](#) und

[Fig. 14b](#) gezeigt ist, verbessert dieser Reinigungsschritt die Qualität der dielektrischen Schicht **370**, die eine im Wesentlichen ebene Oberfläche aufweist, in ziemlich beachtlicher Weise. Die Abtrennungen längs der Oberflächen der Trenchs sind im Vergleich zu denen von [Fig. 13a](#) und [Fig. 13b](#) weniger ausgeprägt und verbreitet. Die Porosität neben den Oberflächen der Trenchs ist erheblich reduziert. Das Reinigen der Trenchs vor der Abscheidung mindert anscheinend die Spannungseffekte. Wie aus der Verbesserung der Qualität der Trenchfüllschicht **370** zu ersehen ist, kann der Reinigungsschritt **266** Vorteile bieten, die die Kosten des Durchführens des zusätzlichen Schritts ausgleichen.

[0074] [Fig. 15a](#) und [Fig. 15b](#) zeigen SEM-Schnittansichten einer O_3 /TEOS-Schicht **380**, die unter Anwendung eines Verfahrens zum Herstellen von Trenchs, das dem in [Fig. 2a](#) gezeigten ähnlich ist, mit der Ausnahme, dass eine LPCVD-Siliziumnitrid-Ätzstoppschicht **384** anstelle einer CVD-ARC verwendet wird, über einem mit Trenchs versehenen Substrat **382** gebildet wurde. Dieses Verfahren eliminiert das Wachsen von thermischem Oxid vor der Abscheidung der O_3 /TEOS-Schicht, wodurch Spannungseffekte vermieden werden. In diesem Beispiel wird der Reinigungsschritt **222** jedoch nicht durchgeführt. Wie in den [Fig. 15a](#) und [Fig. 15b](#) gezeigt ist, ist die Qualität der im Wesentlichen ebenen Trenchfüllschicht **380** deutlich besser als die der ersten zwei Beispiele ([Fig. 13a–Fig. 14b](#)). Es liegt keine wahrnehmbare Abtrennung entlang der Oberflächen der Trenchs vor und es werden sehr wenige Hohlräume gebildet, von denen sich die meisten in der Nähe oder über der LPCVD-Nitridschicht **384** befinden und anschließend mittels CMP entfernt werden. Die Trenchfüllschicht **380** von guter Qualität ist besonders für Trenchisolationszwecke vorteilhaft. Um ein thermisches Oxid an den Oberflächen der Trenchs wachsen zu lassen und die Trenchfüllschicht **380** weiter zu verdichten, kann das oben in Verbindung mit den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) beschriebene oxidierende Tempern angewendet werden.

[0075] [Fig. 16a](#) und [Fig. 16b](#) zeigen SEM-Schnittansichten einer im Wesentlichen ebenen O_3 /TEOS-Schicht **390**, die unter Anwendung eines Verfahrens zum Herstellen von Trenchs, das dem in [Fig. 2a](#) gezeigten ähnlich ist, mit der Ausnahme, dass eine LPCVD-Siliziumnitrid-Ätzstoppschicht **394** anstelle einer CVD-ARC verwendet wird, über einem mit Trenchs versehenen Substrat **392** gebildet wurde. Dieses Verfahren unterscheidet sich von dem, das zum Durchführen der in den [Fig. 15a](#) und [Fig. 15b](#) gezeigten Abscheidung verwendet wurde, darin, dass es den Trenchreinigungsschritt **222** vor der Abscheidung umfasst. In diesem Beispiel werden die Trenchs mittels einer Nassätzung unter Verwendung einer Mischung, die etwa 1% HF enthält, etwa 10 Sekunden lang gereinigt. [Fig. 16a](#) und [Fig. 16b](#)

zeigen eine gewisse Verbesserung der Qualität der Trenchfüllschicht **390** gegenüber der von [Fig. 15a](#) und [Fig. 15b](#), insbesondere im Hinblick auf weniger Hohlraumbildung. Folglich kann der optionale Reinigungsschritt **222** angewendet werden, wenn eine weitere Verbesserung der Schichtqualität erwünscht ist. Es kann auch ein oxidierendes Tempern angewendet werden, um ein thermisches Oxid an den Oberflächen der Trenchs wachsen zu lassen. Die Trenchfüllschicht **390** von [Fig. 16a](#) hat eine überlegene umfassende Planarisierung mit praktisch keinem Stufenhöhen effekt im Vergleich zu der in [Fig. 1e](#) gezeigten Trenchfüllschicht **128**, die die Stufenhöhe **130** aufweist.

[0076] Wie aus der obigen Erörterung zu ersehen ist, werden Defekte längs und neben Trenchoberflächen gebildet, wenn das dielektrische Material über einem Trench abgeschieden wird, der ein thermisches Oxid aufweist, das auf der Trenchwand und dem Trenchboden aufwachsen gelassen und dann vom Trenchboden geätzt wurde. Einige Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung reduzieren die Bildung der Defekte, indem vor der Abscheidung des dielektrischen Trenchfüllmaterials ein Trenchreinigungsschritt angewendet wird. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das herkömmliche Wachsen von thermischem Oxid vor der Abscheidung eliminiert, um die Defekte im Wesentlichen zu eliminieren. Statt dessen wird ein thermisches Oxid vorzugsweise nach der Abscheidung auf den Trenchoberflächen unter Anwendung eines oxidierenden Tempervorgangs aufwachsen gelassen, der außerdem die dielektrische Trenchfüllschicht verdichtet.

[0077] Das vorliegende Verfahren kann zum Verbessern der umfassenden Planarisierung, ohne einen Verlust der Qualität der dielektrischen Schicht zu bewirken, und zum Reduzieren der Kosten und zum Steigern des Durchsatzes verwendet werden. Das oxidierende Tempern macht es möglich, ein thermisches Oxid an den Oberflächen der Trenchs wachsen zu lassen, nachdem die Trenchs mit einer selbst-planarisierten Trenchfüllschicht von hoher Qualität gefüllt wurden. Die Verwendung von CVDARC für Photolithographie- und CMP-Zwecke zum Bilden von Trenchs ist effizienter und resultiert in einer einfacheren Struktur. Darüber hinaus können alternative Ausführungsformen ersonnen werden, indem beispielsweise das O_3 /TEOS-Verhältnis, der Druck oder andere Parameter zur Dielektrikumsabscheidung variiert werden.

Bezugszeichenliste

[Fig. 2a](#)

- 210** Auftragen von CVD-ARC auf dem Substrat
- 212** Ausbilden von Fotoresist über dem CVD-ARC
- 214** Freilegen des Fotoresists, um Trench zu definieren
- 216** Entfernen von Fotoresist an der Trenchposition
- 218** Ätzen von dem CVD-ARC und dem Substrat, um Trench an der Trenchposition auszubilden
- 220** Entfernen von Fotoresist
- 222** Reinigen von dem Trench

[Fig. 2b](#)

- 250** Auftragen von einem CVD-ARC über dem Substrat
- 252** Ausbilden von Fotoresist über dem CVD-ARC
- 254** Freilegen des Fotoresists, um Trenchposition zu definieren
- 256** Entfernen von Fotoresist an der Trenchposition
- 258** Ätzen von dem CVD-ARC und dem Substrat, um Trench an der Trenchposition auszubilden
- 260** Entfernen von Fotoresist
- 262** Aufwachsen lassen von thermischem Oxid an dem Trenchboden und der Trenchwand durch Ätzen entfernen von thermischem Oxid am Trenchboden
- 264** Reinigen des Trenchs

[Fig. 4](#)

- 290** Anordnen von mit Trenchs versehenem Substrat in der Verarbeitungskammer
- 292** Einströmen lassen von inertem Gas in die Verarbeitungskammer
- 294** Einleiten von Precursorgas in die Verarbeitungskammer
- 296** Einströmen lassen von Ozongas in die Verarbeitungskammer
- 298** Einstellen des Ozon/Precursorgas-Verhältnisses

[Fig. 6](#)

- 310** das Substrat aussetzen gegenüber einem Sauerstoff enthaltenden Gas
- 312** Aufheizen des Substrats, um Trenchfüllschicht zu verdichten und thermisches Oxid aufwachsen zu lassen
- 314** CMP von Trenchfüllschicht

[Fig. 8](#)

Controller	Controller
Processor	Prozessor
Memory	Speicher
RF Power Supply	Hochfrequenzenergiequelle
Gas mixing	Gas mischen

[Fig. 11](#)

Remote system monitor and light pen	Monitor des entfernt angeordneten Systems und Lichtgriffel
System monitor and light pen	Systemmonitor und Lichtgriffel
RS-232 Video interconnect panel	RS-232 Videoanschluß-panel
Main AC-Box	Hauptwechselstrombox
System Mainframe	System Mainframe
AC Channel	Wechselstromkanal
DC Power Supply Box	Gleichstromversorgungsbox
AC Outlet panel	Wechselstromauslass-panel
System electronics rack	Elektronikgestell des Systems

[Fig. 12](#)

73	Prozessauswahleinrichtung Kammerauswahl Prozessgasfluß Temperatur Druck Plasmaenergie
75	Prozessablaufsteuerung
77b	Kammermanager
77c	Kammermanager
77a	Kammermanager für CVD/Sputterkammer
80	Substratpositionierung
83	Prozessgassteuerung
85	Drucksteuerung
87	Heizungssteuerung
80	Plasmasteuerung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Formen einer Trench-Isolationsstruktur auf einem Siliziumsubstrat, wobei das Verfahren die folgenden Schritte beinhaltet:

- Auftragen einer antireflektierenden CVD-Schicht auf und in Kontakt mit dem Substrat;
- Bilden von Fotoresist auf der antireflektierenden CVD-Schicht;
- Aussetzen eines Bereichs des Fotoresists gegenüber Licht, um eine Stelle zu definieren, an der ein Trench zu bilden ist;
- Entfernen des Fotoresists an dieser Stelle;
- Ätzen an dieser Stelle, durch die antireflektierende CVD-Schicht und durch eine Tiefe des Substrats, um an dieser Stelle den Trench zu bilden, wobei das Substrat den Boden des Trenchs bildet;
- Entfernen eines Rests des Resists;

- Platzieren des mit Trenchs versehenen Substrats in einer Verarbeitungskammer;
- Einführen eines Precursorgases in die Verarbeitungskammer;
- Einströmen eines Ozongases in die Verarbeitungskammer, um mit dem Precursorgas zu reagieren, um eine Oxid-Trenchfüllschicht auf dem unteren Boden des Siliziumtrenchs und auf der antireflektierenden CVD-Schicht abzuscheiden, wobei die Abscheiderate der Trenchfüllschicht auf dem unteren Boden des Siliziumtrenchs schneller ist als auf der antireflektierenden CVD-Schicht; und
- Einstellen des Ozon-Precursorgas-Verhältnisses auf etwa 10:1 bis 20:1, vorzugsweise auf etwa 13:1, um die Abscheideraten einzustellen und Planizität der Trenchfüllschicht zu erreichen.

2. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Precursorgas TEOS ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Füllen des Trenchs weiterhin das Steuern eines Drucks in der Substrat-Verarbeitungskammer basierend auf einem Ozon-Precursorgas-Verhältnis umfasst, das während des Einstellvorganges gewählt wurde.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2 weiterhin umfassend das Reinigen des Trenchs, bevor das mit Trench versehene Substrat in der Verarbeitungskammer platziert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4 wobei das Reinigen das Aussetzen des Trenchs gegenüber einem Nassätzmittel beinhaltet.

6. Verfahren nach Anspruch 1 weiterhin beinhaltend das Einströmen eines Sauerstoff enthaltenden Gases in die Substrat-Verarbeitungskammer und Aufheizen des Substrats, um das Oxid-Trenchfüllmaterial im wesentlichen gleichzeitig zu verdichten und um ein thermisches Oxid an der Schnittstelle zwischen dem Oxid-Trenchfüllmaterial und einer Oberfläche des Trenchs zu bilden.

7. Verfahren nach Anspruch 1 weiterhin beinhaltend das Erzeugen eines Drucks von ungefähr $2,6 \times 10^4$ bis $9,3 \times 10^4$ Pa (200–700 Torr) und einer Temperatur von ungefähr 300–500°C in der Substrat-Verarbeitungskammer.

8. Verfahren nach Anspruch 6 wobei das Sauerstoff enthaltende Gas aus der Gruppe, die molekulares Sauerstoffgas und Dampf enthält, ausgewählt ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Aufheizungsschritt das Erhöhen einer Temperatur des Substrats auf wenigstens ungefähr 800°C beinhaltet.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die antireflektierende CVD-Schicht mit einer Dicke von unge-

fähr 100–200 nm (1000–2000 Å) aufgebracht wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Trenchfüllen das Abscheiden einer Schicht des Trenchfüllmaterials in dem Trench und auf der antireflektierenden CVD-Schicht; und das selektive Entfernen des Trenchfüllmaterials über der antireflektierenden CVD-Schicht beinhaltet.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der selektive Entfernungsschritt ein chemischmechanischer Polierschritt ist, und wobei die antireflektierende CVD-Schicht als Ätz-Stopper für den chemisch-mechanischen Polierschritt wirkt.

13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die antireflektierende CVD-Schicht durch eine plasmagestützte chemische Dampfabcheidung eines dielektrischen Materials geformt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das dielektrische Material aus der Gruppe, die Siliziumnitride und Siliziumoxinitride enthält, ausgewählt ist.

15. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die antireflektierende CVD-Schicht Siliziumcarbid umfasst.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

FIG 1a

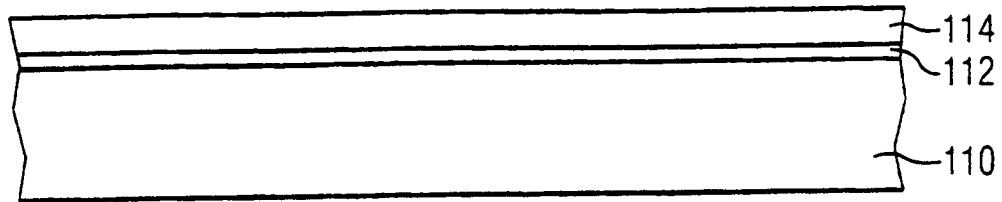


FIG 1b

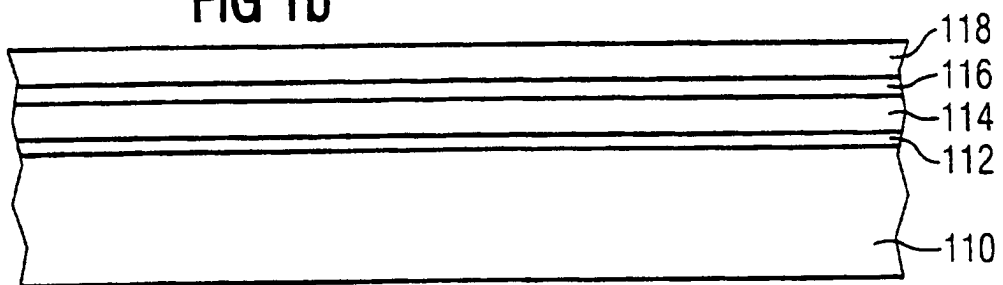


FIG 1c

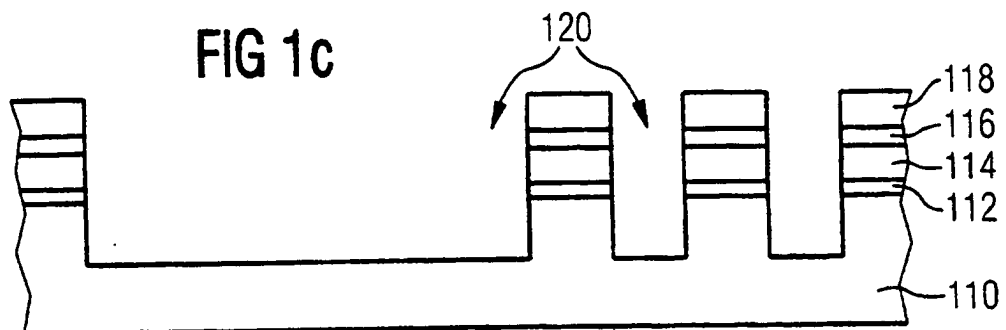
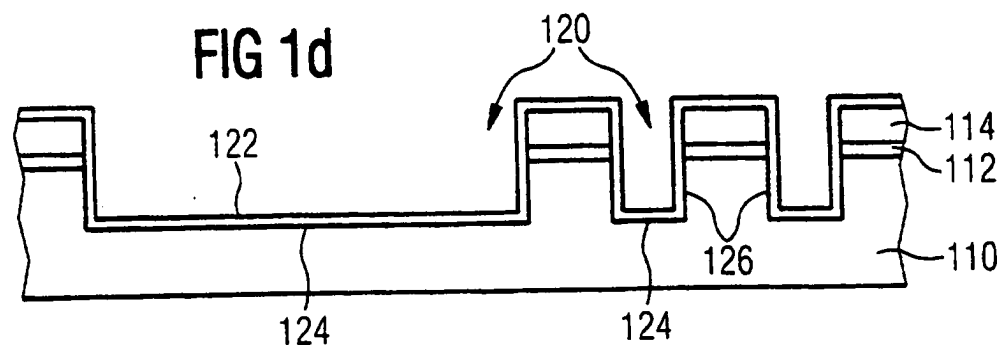


FIG 1d



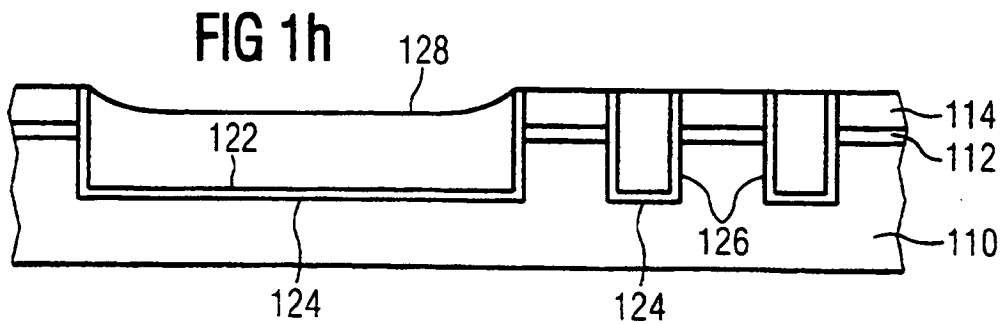
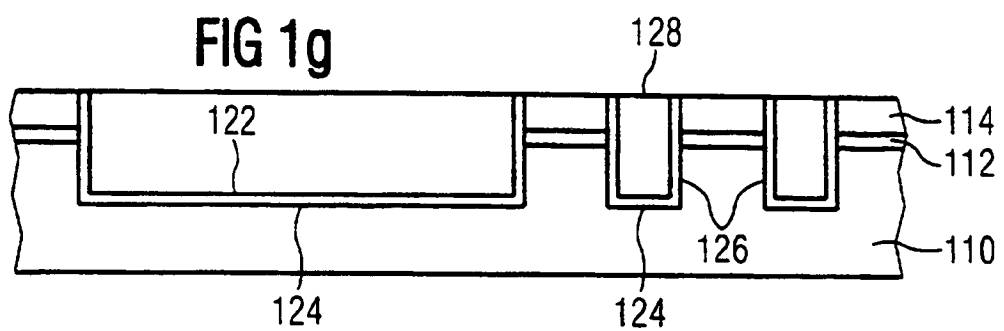
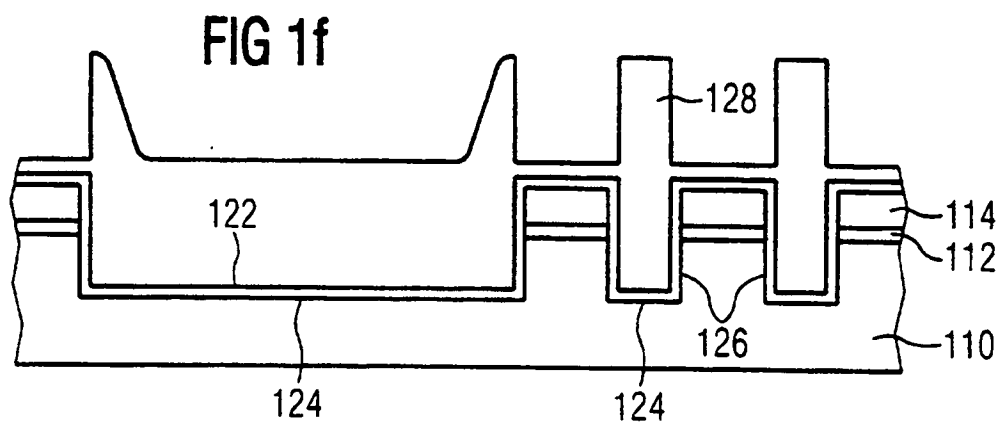
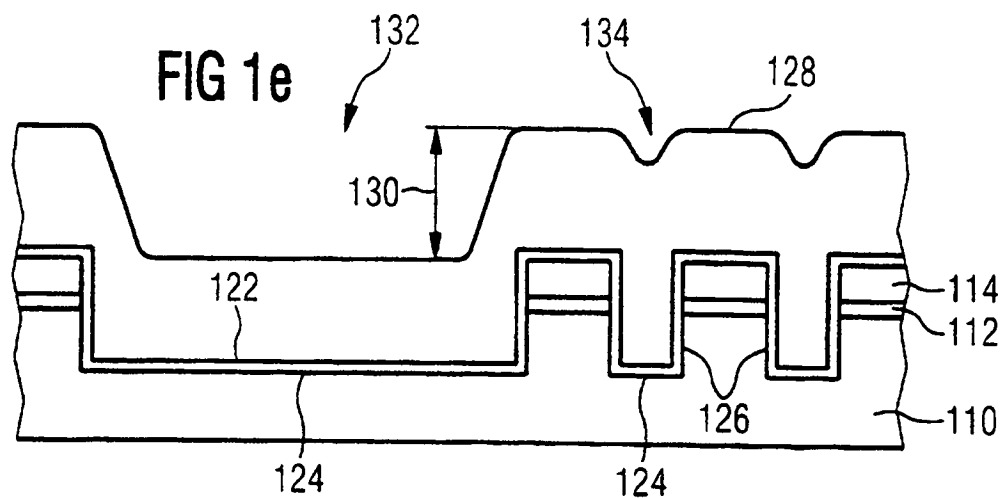


FIG 2a

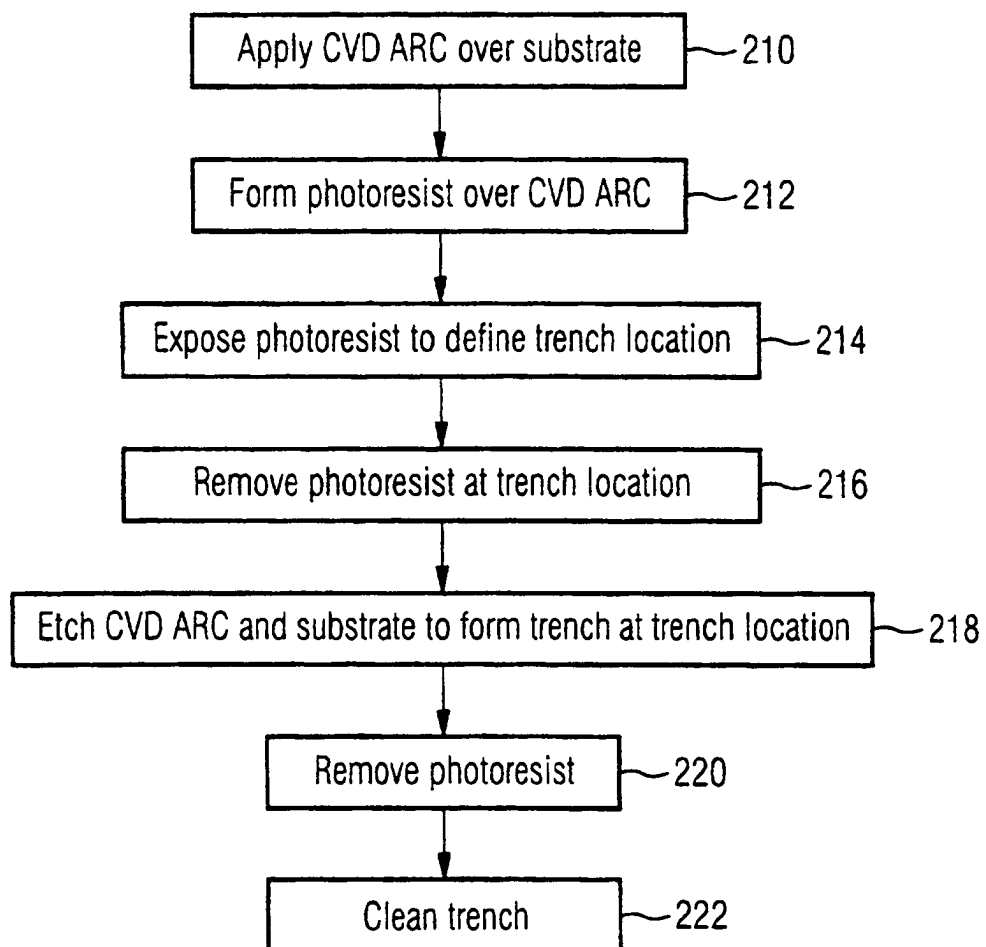


FIG 2b

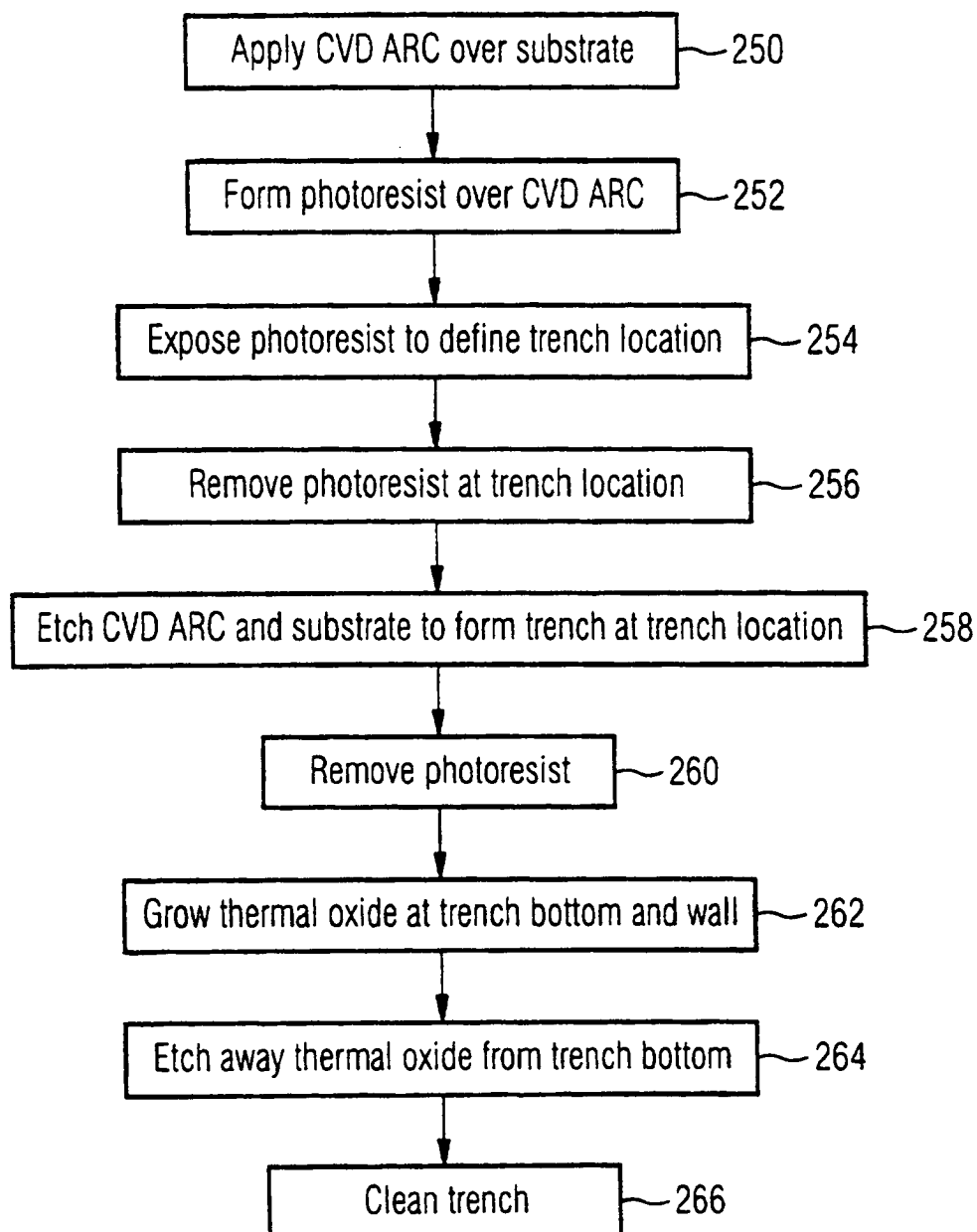


FIG 3a

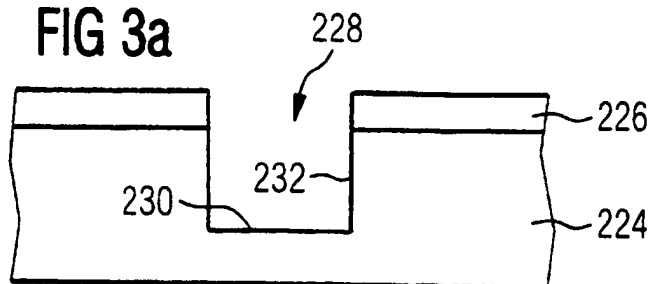


FIG 3b

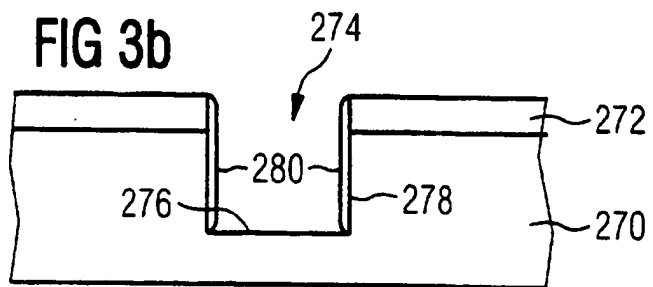


FIG 4

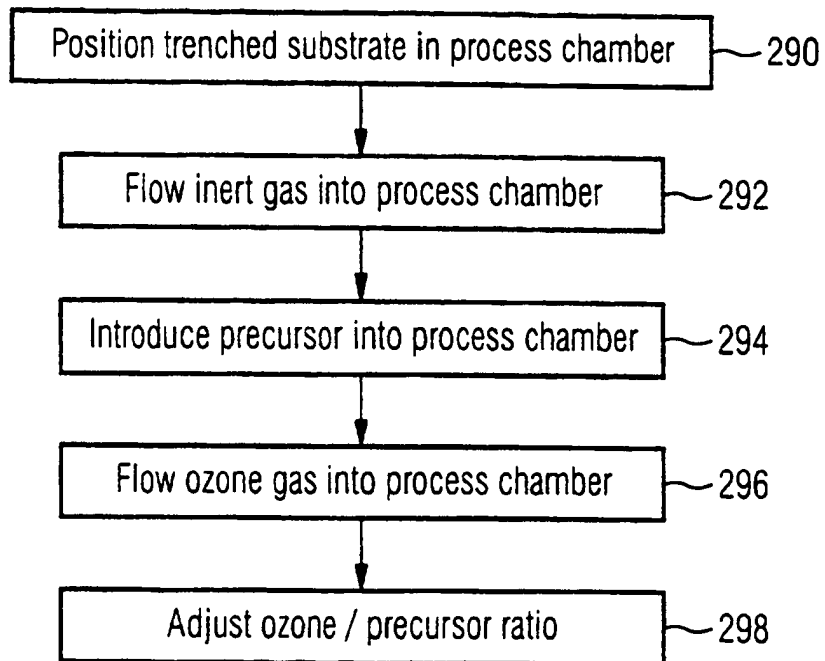


FIG 5a

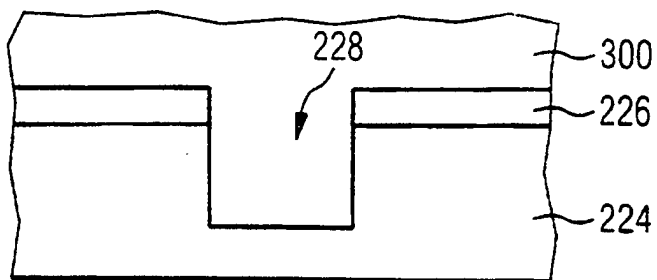


FIG 5b

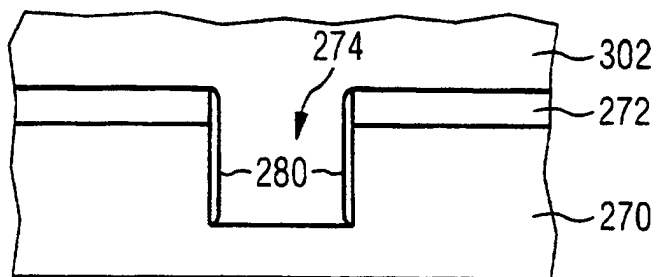


FIG 6

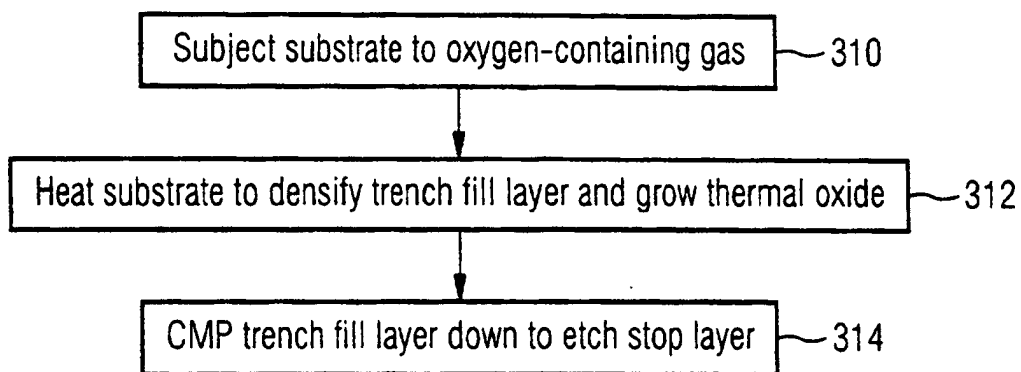
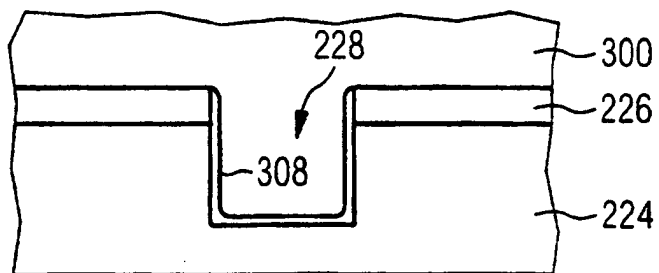


FIG 7



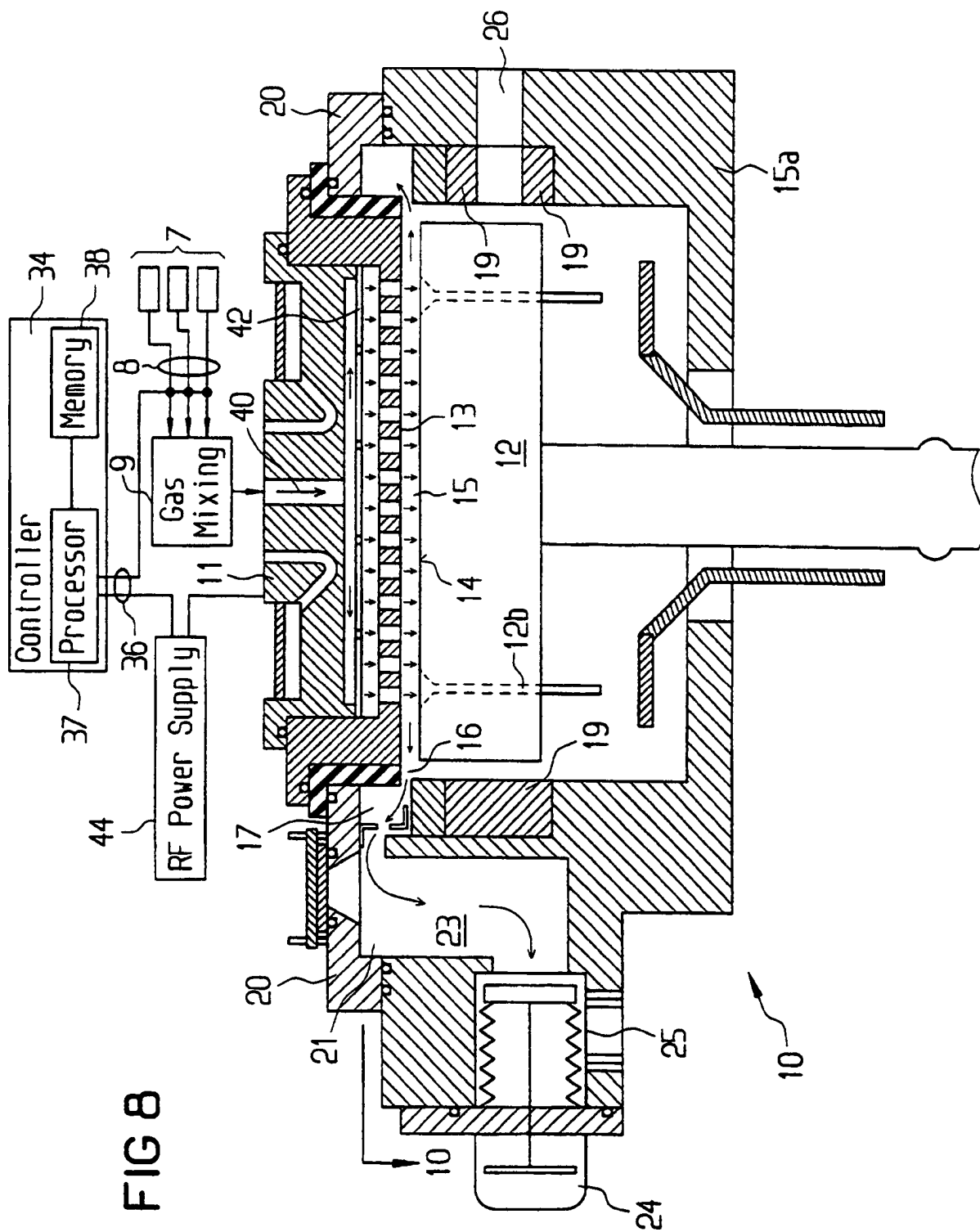
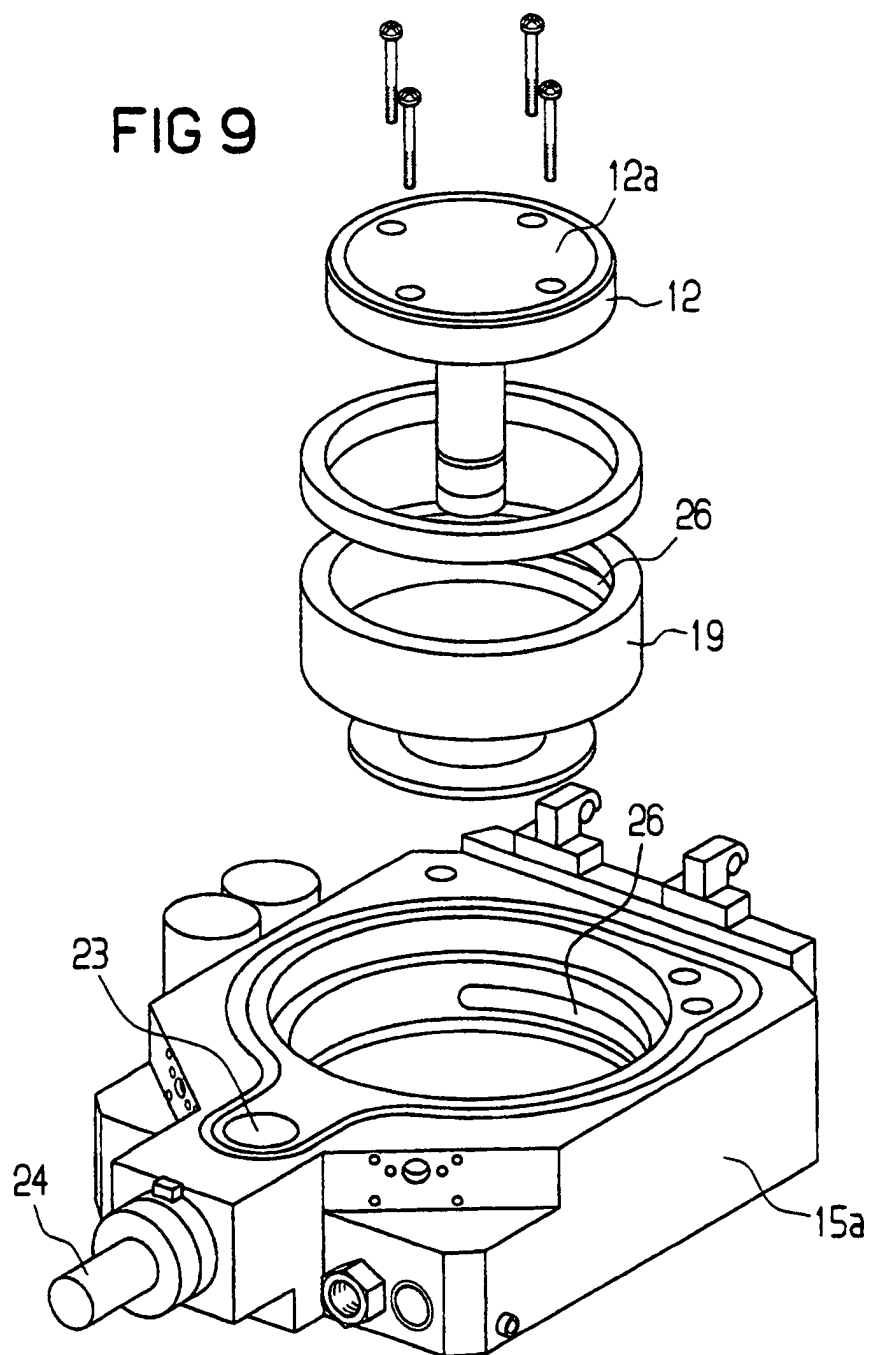


FIG 9



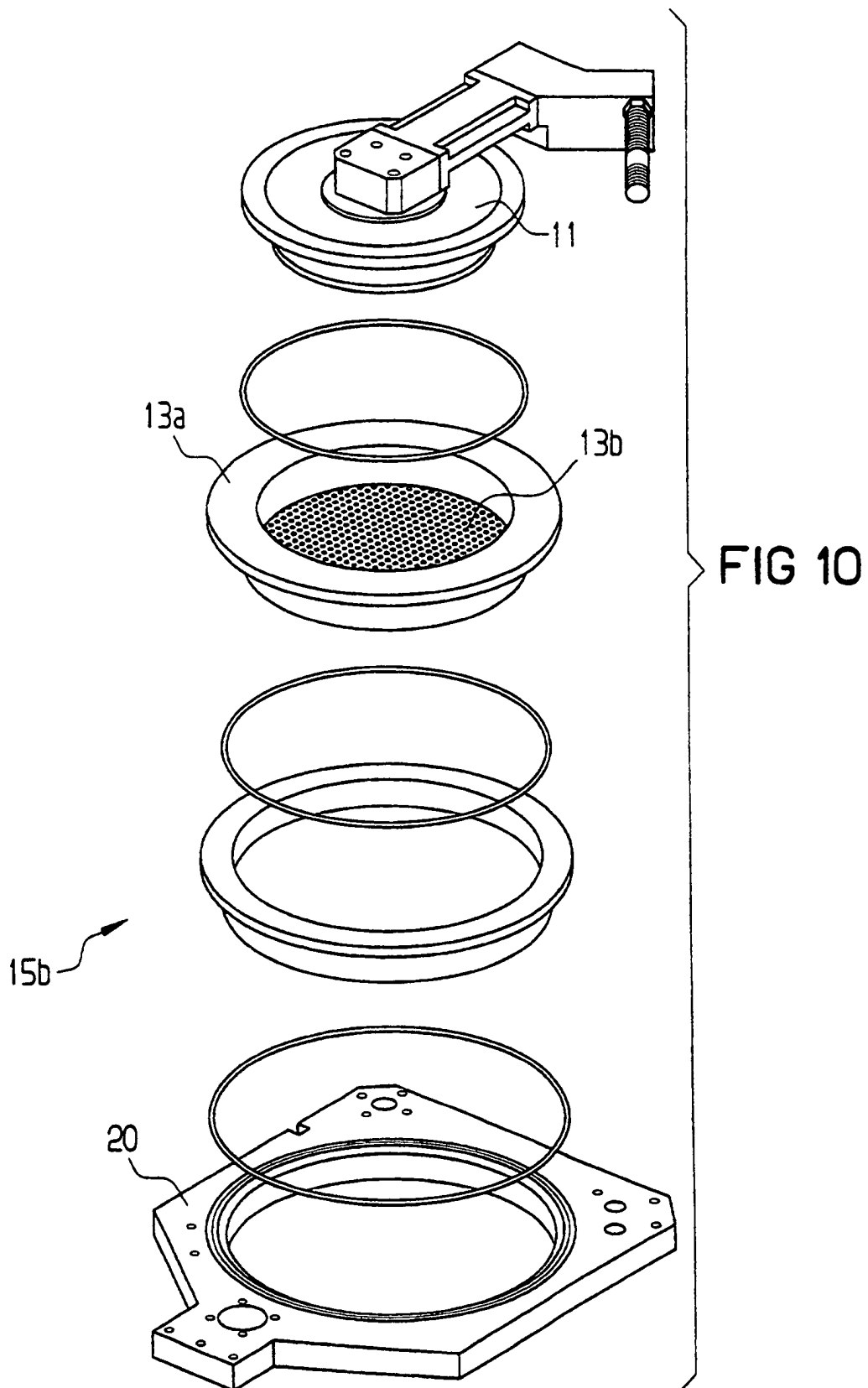


FIG 11

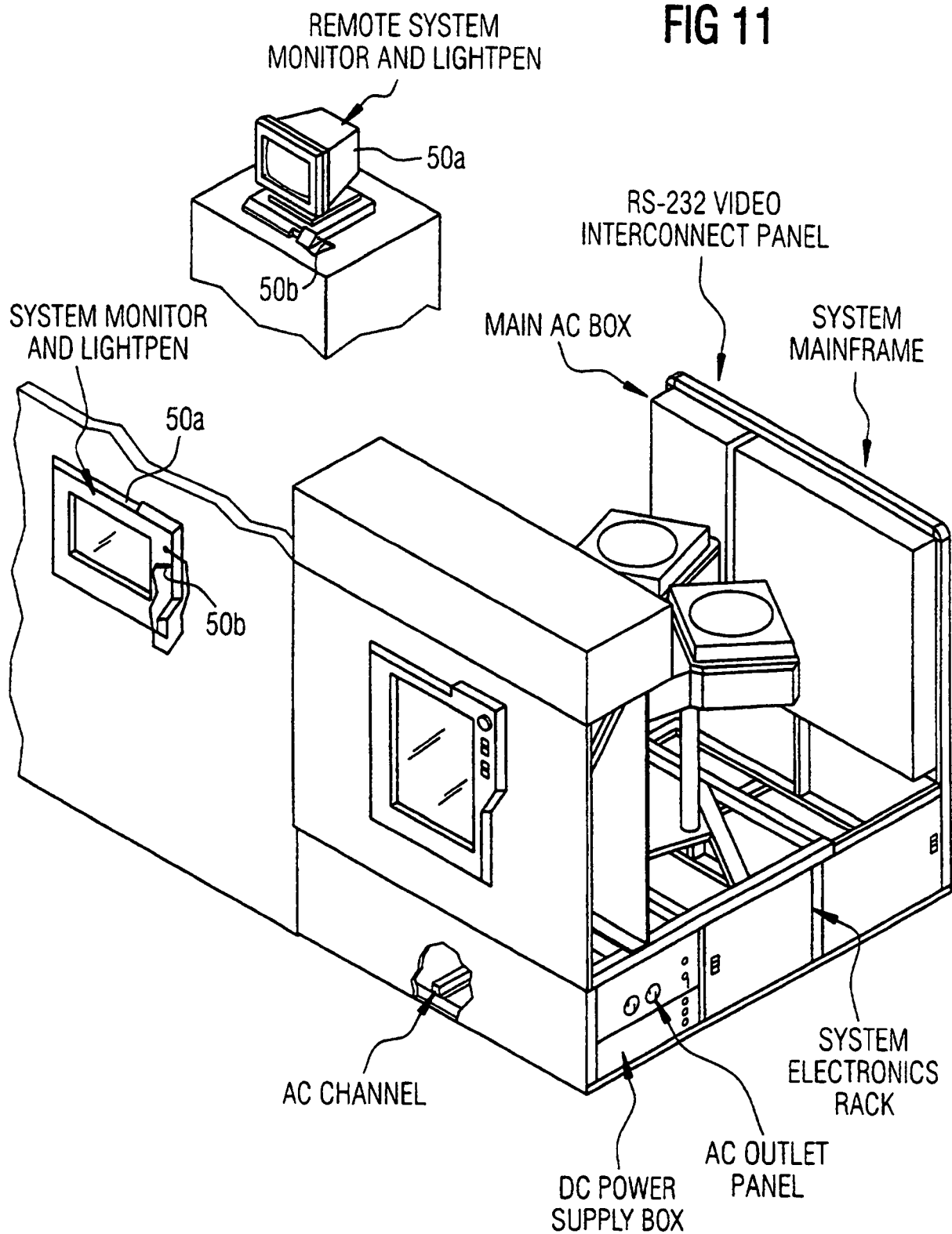


FIG 12

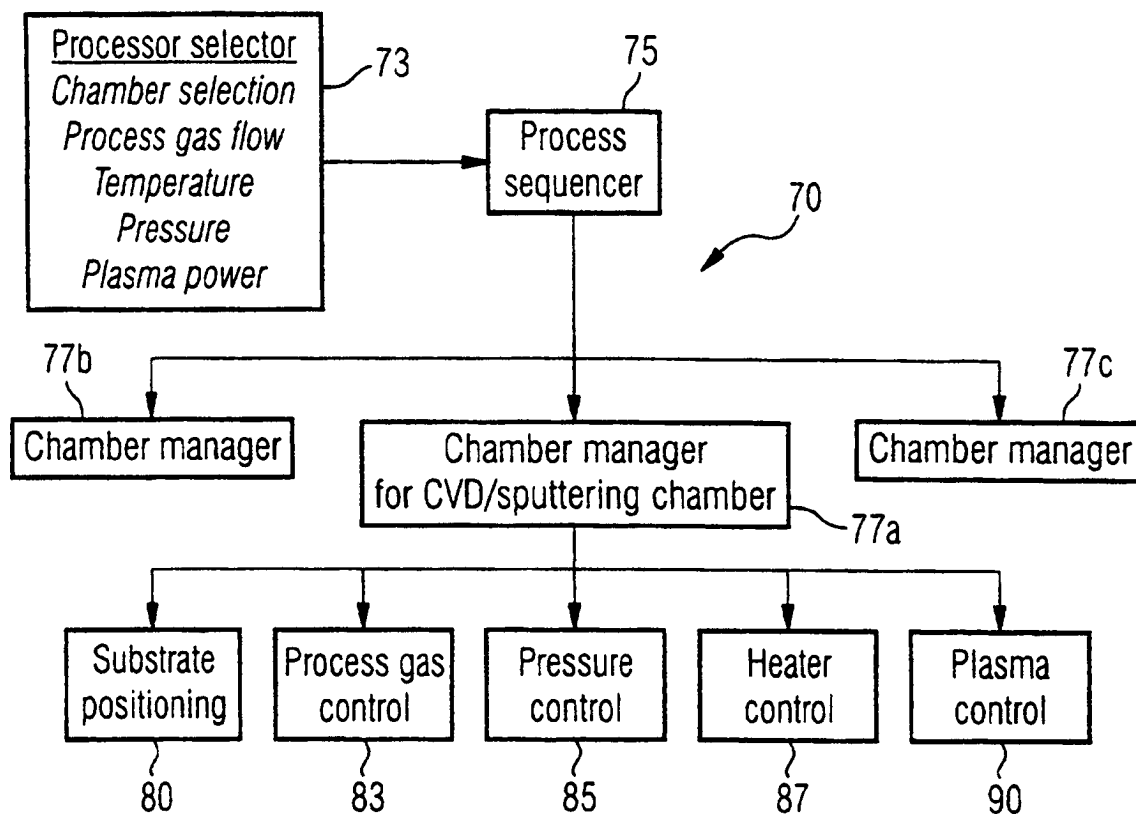


FIG 13b

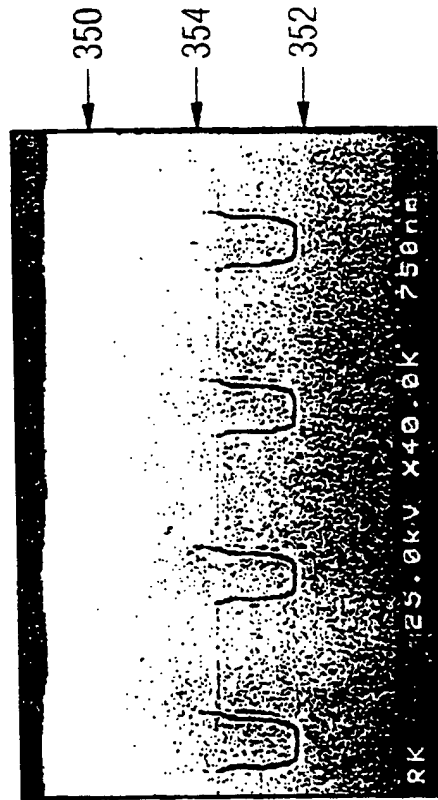


FIG 13a

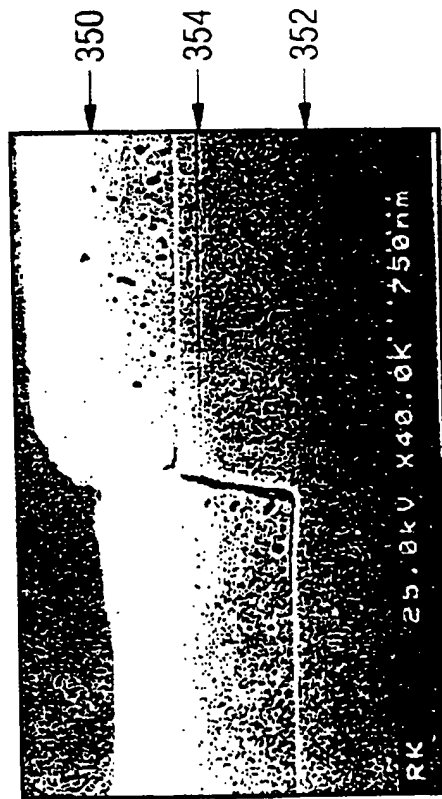


FIG 14b

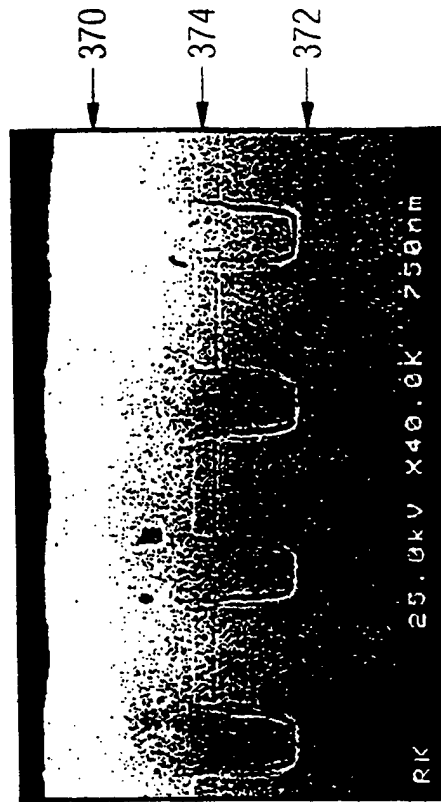


FIG 14a

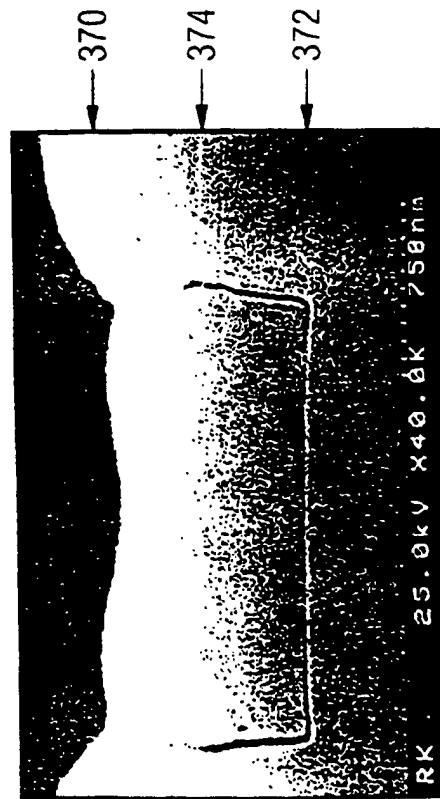


FIG 15a



FIG 15b

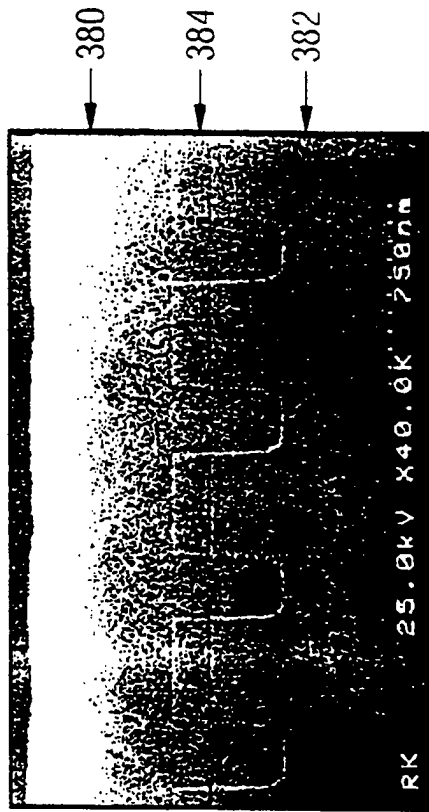


FIG 16b

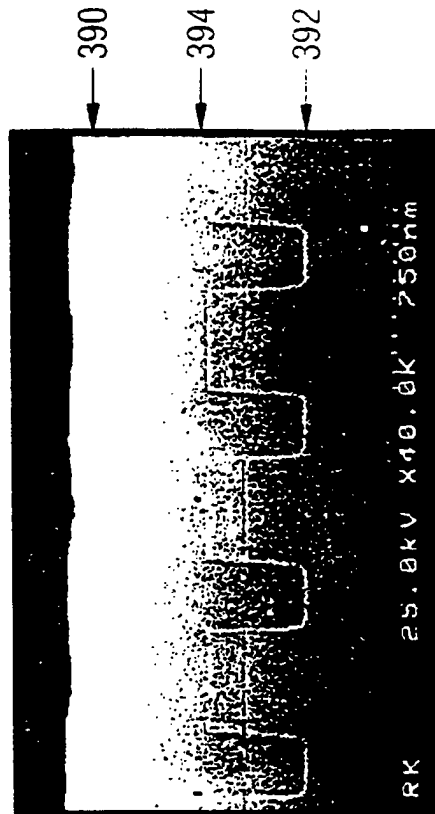


FIG 16a

