



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 60 619 A1** 2004.07.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 60 619.6**  
(22) Anmeldetag: **23.12.2002**  
(43) Offenlegungstag: **15.07.2004**

(51) Int Cl.7: **H01L 21/31**  
**H01L 21/768**

(71) Anmelder:  
**Advanced Micro Devices, Inc., Sunnyvale, Calif.,  
US**

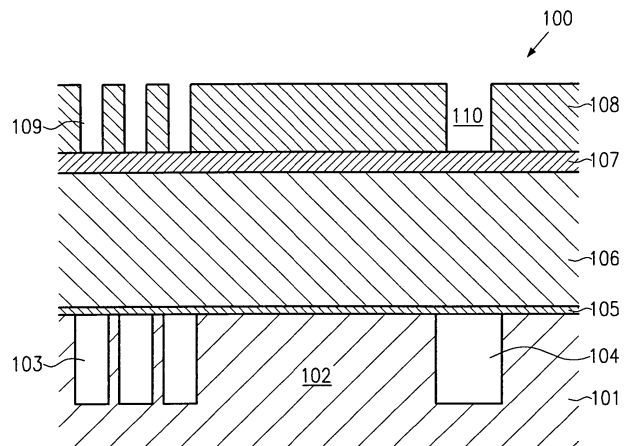
(74) Vertreter:  
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &  
Schwanhäusser, 80538 München**

(72) Erfinder:  
**Ruelke, Hartmut, 01109 Dresden, DE; Hohage,  
Joerg, 01309 Dresden, DE; Werner, Thomas, 01139  
Dresden, DE; Mauersberger, Frank, 01445  
Radebeul, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer Deckschicht mit antireflektierenden Eigenschaften auf einem Dielektrikum mit kleinem  $\epsilon$**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtstapels über einer dielektrischen Schicht mit kleinem  $\epsilon$  ist hierin offenbart, wobei der Mehrschichtstapel eine verbesserte antireflektierende Wirkung und einen verstärkten Schutz des darunter liegenden dielektrischen Materials mit kleinem  $\epsilon$  während des chemisch-mechanischen Polierens bietet. Der Mehrschichtstapel umfasst Teilschichten auf Siliziumdioxidbasis, die in einer äußerst effizienten, kostengünstigen plasmaverstärkten Abscheidetechnik gebildet werden können, wobei die optischen Eigenschaften durch Variieren eines Verhältnisses von Silan und Stickstoffoxid während des Abscheidens eingestellt werden können.



**Beschreibung**

## GEBIET DER VORLIEGENDEN ERFINDUNG

[0001] Im Allgemeinen betrifft die vorliegende Erfindung die Herstellung integrierter Schaltungen und betrifft insbesondere die Herstellung von Metallisierungsschichten mit einem Metall, das in einem dielektrischen Material eingebettet ist, das zur Verbesserung der Bauteilleistungsfähigkeit eine geringe Permittivität aufweist.

## BESCHREIBUNG DES STANDS DER TECHNIK

[0002] In modernen integrierten Schaltungen haben die minimalen Strukturgrößen, etwa die Kanallänge von Feldeffekttransistoren, den Bereich deutlich unter einem Mikrometer erreicht, wodurch zunehmend die Leistungsfähigkeit dieser Schaltungen hinsichtlich der Geschwindigkeit und der Leistungsaufnahme verbessert wurden. In dem Maße, wie sich die Größe der einzelnen Schaltungselemente deutlich verringert, wodurch beispielsweise die Schaltgeschwindigkeit der Transistorelemente verbessert wird, verringert sich ebenso der verfügbare Platz für Verbindungsleitungen, die die einzelnen Schaltungselemente elektrisch miteinander verbinden. Folglich müssen die Abmessungen dieser Verbindungsleitungen reduziert werden, um dem reduzierten Anteil an verfügbarem Platz und einer erhöhten Zahl an Schaltungselementen, die pro Chip vorgesehen sind, Rechnung zu tragen. In integrierten Schaltungen mit minimalen Abmessungen von ungefähr 0.35  $\mu\text{m}$  ist ein begrenzender Faktor der Bauteilleistung die Signalausbreitungsverzögerung, die durch die Schaltgeschwindigkeit der Transistorelemente hervorgerufen wird. Wenn die Kanallänge dieser Transistorelemente nunmehr 0.18  $\mu\text{m}$  und weniger erreicht, stellt es sich jedoch heraus, dass die Signalausbreitungsverzögerung nicht mehr durch die Feldeffekttransistoren bestimmt ist, sondern auf Grund der erhöhten Packungsdichte der Schaltungen durch die Nähe der Verbindungsleitungen begrenzt ist, da die Kapazität zwischen den Leitungen vergrößert wird und gleichzeitig einhergeht mit einer reduzierten Leitfähigkeit dieser Leitungen auf Grund ihrer reduzierten Querschnittsfläche. Die parasitären RC-Zeitkonstanten, die durch die erhöhte Kapazität zwischen den Leitungen und dem höheren Leitungswiderstand angewachsen sind, können nicht in einfacher Weise kompensiert werden, ohne dass eine neue Art eines Materials zur Herstellung von Metallisierungsschichten eingeführt wird.

[0003] Traditionell werden Metallisierungsschichten mittels eines dielektrischen Schichtstapels, der beispielsweise Siliziumdioxid und/oder Siliziumnitrid aufweist, und mit Aluminium als dem typischem Metall gebildet. Da Aluminium deutliche Elektromigrationseigenschaften bei höheren Stromdichten zeigt, wird es gegenwärtig durch Kupfer ersetzt, das einen

deutlich geringeren elektrischen Widerstand, eine höhere thermische Leitfähigkeit und eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Elektromigration aufweist. Obwohl sich die Bauteileigenschaften durch Verwenden von Kupfer als dem Metallisierungsmetall deutlich verbessern können, stellt sich für Bauteile mit Strukturgrößen von 0.13  $\mu\text{m}$  und darunter heraus, dass zusätzlich die gut etablierten und gut bekannten dielektrischen Materialien Siliziumdioxid ( $\epsilon \approx 4.2$ ) und Siliziumnitrid ( $\epsilon > 5$ ) durch sogenannte dielektrische Materialien mit kleinem  $\epsilon$  zu ersetzen sind, um die Signalausbreitungsverzögerung in Verbindungsleitungen wirksam zu verringern. Der Übergang von der gut bekannten und gut etablierten Aluminium/Siliziumdioxid-Metallisierungsschicht auf eine Kupfermetallisierungsschicht mit einem Dielektrikum mit kleinem  $\epsilon$  ist jedoch mit einer Reihe von Problemen behaftet, die es zu lösen gilt.

[0004] Beispielsweise kann Kupfer nicht in einfacher Weise in höheren Mengen durch gut etablierte Abscheideverfahren, etwa die chemische Dampfab-scheidung aufgebracht werden. Ferner kann Kupfer nicht effizient durch anisotrope Ätzprozesse strukturiert werden und daher wird die sogenannte Damaszener-Technik bei der Herstellung von Metallisierungsschichten mit Kupfer angewendet. Typischer Weise wird in der Damaszener-Technik die dielektrische Schicht abgeschieden und anschließend mit Gräben und Kontaktdurchführungen strukturiert, die nachfolgend mit Kupfer mittels Plattierungsverfahren, etwa dem Elektroplattieren oder dem stromlosen Plattieren gefüllt werden. Um die Gräben und die Kontaktdurchführungen zuverlässig zu füllen, ist ein gewisses Maß an "Überfüllung" erforderlich und macht eine anschließende Entfernung des überschüssigen Kupfers notwendig. Zum Entfernen des überschüssigen Kupfers, wodurch gleichzeitig die Oberfläche der Metallisierungsschicht eingeebnet wird, hat sich das chemisch-mechanische Polieren (CMP) als eine verlässliche Prozesstechnik erwiesen, obwohl das Entfernen eines oder mehrerer Materialien von einer Substratoberfläche mit einer ausreichend hohen Abtragsrate ohne unnötiges Beeinflussen darunter liegender Materialschichten eine äußerst komplexe Aufgabe darstellt.

[0005] Diese Sachlage wird noch komplexer, wenn ein dielektrisches Material mit kleinem  $\epsilon$  anstelle des gut bekannten Siliziumdioxids verwendet wird, da typischer Weise die Eigenschaften des dielektrischen Materials mit kleinem  $\epsilon$  sich deutlich von jenen des Siliziumdioxids, insbesondere in Hinblick auf die mechanische Stabilität, unterscheiden. Da Kupfer leicht in einer Vielzahl dielektrischen Materialien diffundiert, werden für gewöhnlich eine oder mehrere Barrierenschichten vor dem Abscheiden des Kupfers vorgesehen und diese Barrierenschichten müssen zusammen mit dem Kupfer entfernt werden, um die elektrisch isolierten Verbindungsleitungen und Kontaktöffnungen zu bilden. Typische Barrierenmaterialien, etwa Tantal und Tantalnitrid zeigen eine deutlich hö-

here Härte als Kupfer, so dass zumindest im letzten Schritt des CMP-Prozesses die entsprechenden Prozessparameter so gewählt werden, um eine ausreichend hohe Abtragsrate zu erhalten, wobei jedoch das darunter liegende weiche dielektrische Material mit kleinem  $\epsilon$  gefährdet wird. Da ein gewisses Maß an Nachpolieren erforderlich ist, um die einzelnen Gräben und Leitungen elektrisch voneinander zu isolieren, kann ein deutliches Polieren der dielektrischen Schicht mit kleinem  $\epsilon$  und ebenso des Kupfers auftreten, insbesondere, wenn die Abtragsrate über die Substratoberfläche hinweg verschieden ist. Die endgültigen Gräben und Kontaktdurchführungen können dann eine ungewünschte Schwankung des Widerstandes auf Grund von Streuungen in den Querschnittsflächen zeigen, so dass es erforderlich ist, die Prozesstoleranzen entsprechend weiter festzulegen.

[0006] Ein weiteres Problem der Strukturierung der dielektrischen Schicht mit kleinem  $\epsilon$  betrifft die Photolithographietechnik, da insbesondere die Damaszener-Technik die Herstellung präzise ausgerichteter Gräben und Kontaktdurchführungen über einem dielektrischen Material mit kleinem  $\epsilon$ , das möglicher Weise hoch reflektierende Kupferbereiche aufweist, erforderlich macht. Folglich wird typischer Weise eine antireflektierende Beschichtung (ARC) über dem dielektrischen Material mit kleinem  $\epsilon$  gebildet, um die Rückreflexion von Licht in eine Photolackschicht, die über der ARC-Schicht gebildet ist, zu minimieren.

[0007] Mit Bezug zu den Fig. 1a und 1b wird nun eine typische konventionelle Prozesstechnik zur Strukturierung eines dielektrischen Materials mit kleinem  $\epsilon$  beschrieben.

[0008] In Fig. 1a umfasst eine Halbleiterstruktur **100** ein Substrat **101** mit einer ersten dielektrischen Schicht **102**, in der mehrere schmale Metallgebiete **103** und ein breites Metallgebiet **104** ausgebildet sind. Das Substrat **101** kann mehrere Schaltungselemente (nicht gezeigt) enthalten, von denen einige oder alle elektrisch mit einem oder mehreren der Metallgebiete **103** und **104** verbunden sind. Das Metallgebiet kann aus einem beliebigen geeigneten Material, etwa Aluminium, Kupfer, Tantal, Titan, Wolfram und dergleichen aufgebaut sein. Die erste dielektrische Schicht **102** kann ein geeignetes isolierendes Material aufweisen, und in technisch weit entwickelten integrierten Schaltungen kann die erste dielektrische Schicht **103** ein dielektrisches Material mit kleinem  $\epsilon$  aufweisen. Eine Ätzstopschicht **105** ist über der ersten dielektrischen Schicht **102** und den Metallgebieten **103**, **104**, gebildet, woran sich eine zweite dielektrische Schicht **106** anschließt, die im Wesentlichen aus einem dielektrischen Material mit kleinem  $\epsilon$  aufgebaut ist, in der leitende Verbindungsleitungen und Kontaktführungen herzustellen sind. Zu geeigneten Materialien mit kleinem  $\epsilon$  gehören wasserstoffhaltendes Siliziumoxidkarbid (SiCOH), oder andere siliziumhaltende Materialien, etwa Silk. Andere geeignete Materialien mit kleinem  $\epsilon$  sind MSQ, HSQ und dergleichen. Eine antireflektierende Schicht **107**

ist über der zweiten dielektrischen Schicht **106** angeordnet und eine Lackmaske **108** ist auf der antireflektierenden Schicht **107** gebildet. Die Lackmaske **108** weist Öffnungen **109** und **110** auf, deren Abmessungen im Wesentlichen den Abmessungen der Leitungen und Kontaktdurchführungen entsprechen, die in der zweiten dielektrischen Schicht **106** zu bilden sind.

[0009] Ein typischer Prozess zur Herstellung der Halbleiterstruktur **100**, wie sie in Fig. 1a gezeigt ist, kann die folgenden Prozesse aufweisen. Nach dem Herstellen der ersten dielektrischen Schicht **102** und der darin gebildeten Metallgebieten **103**, **104** auf dem Substrat **101** – wobei die Herstellung der ersten dielektrischen Schicht **102** und der Metallgebiete **103**, **104** im Wesentlichen die gleichen Prozessschritte aufweisen kann, wie dies nachfolgend beschrieben wird – wird die Ätzstopschicht **105** beispielsweise durch chemische Dampfabscheidung gebildet. Typischer Weise wird die Ätzstopschicht **105** aus einem Material mit kleinem  $\epsilon$  gebildet, um die Gesamteigenschaften der letztlich erhaltenen isolierenden Schicht nicht unnötig zu beeinträchtigen. Zu geeigneten Materialien gehören Siliziumkarbid und mit Stickstoff angereichertes Siliziumkarbid. Für weniger kritische Anwendungen kann die Ätzstopschicht **105** Siliziumnitrid und andere dielektrische Materialien mit einem relativ großen  $\epsilon$  aufweisen. Anschließend wird die zweite dielektrische Schicht **106** durch fortschrittliche Abscheideverfahren oder Aufschleuder-Techniken, abhängig von der Art des verwendeten Materials mit kleinem  $\epsilon$ , gebildet. Unabhängig von dem Verfahren zur Herstellung der zweiten dielektrischen Schicht **106** unterscheiden sich im Allgemeinen die mechanischen Eigenschaften deutlich von jenen eines konventionellen dielektrischen Materials, etwa Siliziumdioxid. Nach der Herstellung der dielektrischen Schicht **106** mit kleinem  $\epsilon$  wird die antireflektierende Schicht **107** gebildet, wobei deren optischen Eigenschaften so eingestellt werden, um die Rückreflexion für eine gegebene Wellenlänge während eines nachfolgenden Photolithographieschrittes zu minimieren. Beispielsweise kann die antireflektierende Schicht **107** ein siliziumreiches Oxynitrid aufweisen, dessen optische Eigenschaften eingestellt werden können, indem die Menge des in die Schicht **107** während des Abscheidens eingebauten Siliziums durch Bereitstellen eines spezifizierten Verhältnisses der Vorstufengase während des Abscheidens der Siliziumoxynitridschicht **107** gesteuert wird, um einen spezifizierten Brechungsindex und Extinktionskoeffizienten zu erhalten. Zu dem wird die Dicke der Schicht **107** so gesteuert, um schließlich den optischen Eigenschaften der darunter liegenden Materialschichten und dem Photolack, der zur Herstellung der Lackmaske **108** verwendet wird, zu entsprechen. Eine geeignete Anpassung der antireflektierenden Schicht **107** ist insbesondere während der Herstellung von Gräben und Kontaktdurchführungen über den äußerst reflektierenden Metallgebieten **103**, **104** wichtig. Anschließend wird eine Schicht aus Photolack auf der antire-

flektierenden Schicht **107** gebildet, wobei eine Dicke und eine Zusammensetzung des Photolacks entsprechend der zur Belichtung des Photolacks verwendeten Wellenlänge und entsprechend der darunter liegenden antireflektierenden Schicht **107** gewählt wird. Nach der Belichtung wird der Photolack dann entwickelt, um die Lackmaske **108** mit den Öffnungen **109** und **110** zu bilden.

[0010] **Fig. 1b** zeigt schematisch die Halbleiterstruktur **100** in einem fortgeschrittenen Herstellungsstadium. Öffnungen **113** und **114** sind in der Ätzstoppschicht **105**, der zweiten dielektrischen Schicht **106** und der antireflektierenden Schicht **107** über den Metallgebieten **103** bzw. **104** gebildet. Eine Barrierenschicht **111** mit beispielsweise Tantal und/oder Tantalnitrid ist auf der antireflektierenden Schicht **107** und in den Öffnungen **113** und **114** gebildet. Des Weiteren ist Kupfer **112** in die Öffnungen **113** und **114** eingefüllt, wobei überschüssiges Kupfer ebenso außerhalb den Öffnungen **113** und **114** vorgesehen ist.

[0011] Beginnend von der Anordnung aus **Fig. 1a** wird ein anisotroper Ätzprozess ausgeführt, um die Öffnungen **113**, **114** in der antireflektierenden Schicht **107**, der dielektrischen Schicht **106** mit kleinem  $\epsilon$  und der Ätzstoppschicht **105** zu bilden. Auf Grund der sehr unterschiedlichen Eigenschaften dieser Schichten können unterschiedliche Ätzparameter gewählt werden, um schließlich die Öffnungen **113**, **114** zu erhalten. Insbesondere zeigt die Ätzstoppschicht **105** eine deutlich geringere Ätzrate als die dielektrische Schicht **106** mit kleinem  $\epsilon$ , um damit den Ätzprozess zuverlässig auf und in der Ätzstopfschicht **105** anzuhalten, die dann mittels eines anderen Ätzvorganges geöffnet wird. Nach dem Ausführen eines oder mehrerer Reinigungsschritte, um beispielsweise die freigelegte Metalloberfläche der Gebiete **103**, **104** zu reinigen, wird die Barrierenschicht **111** durch fortschrittliche Sputter-Abscheidetechniken abgeschieden, wobei abhängig von der Art des Materials der Schicht **106** und dem in die Öffnungen **113**, **114** einzufüllenden Metalls eine geeignete Zusammensetzung der Barrierenschicht **111** gewählt wird. In einer Schicht **106** auf Siliziumbasis mit Kupfer als dem Füllmetall wird häufig eine Doppelschicht aus Tantal/Tantalnitrid als die Barrierenschicht **111** verwendet. Danach wird, wenn Kupfer als Metall verwendet wird, eine Kupfersaatschicht (nicht gezeigt) durch Sputter-Abscheidung auf die Barrierenschicht **111** aufgebracht und anschließend wird das Kupfervolumenmaterial mittels elektrochemischer Verfahren abgeschieden.

[0012] **Fig. 1c** zeigt schematisch die Halbleiterstruktur **100** mit einer fertiggestellten Metallisierungsschicht **120** mit der dielektrischen Schicht **106** mit kleinem  $\epsilon$  und den kupfergefüllten Gräben **113**, **114**. Wie zuvor angemerkt wurde, wird das überschüssige Kupfer der Schicht **112**, das in **Fig. 1b** gezeigt ist, durch CMP entfernt, wobei typischer Weise ein Mehr-Schritt-Prozess ausgeführt wird, um das überschüssige Kupfer wirksam zu entfernen und die Oberfläche der Struktur **100** einzuebnen. Während

des Abtragens des überschüssigen Kupfers wird ebenso die Barrierenschicht **111** außerhalb der Gräben **113** und **114** entfernt, um benachbarte Gräben elektrisch voneinander zu isolieren. Des Weiteren muss die antireflektierende Schicht **107**, die typischer Weise ein relativ hohen  $\epsilon$ -Wert aufweist, entfernt werden, um nicht unnötig die Eigenschaften einer geringen Permittivität der Metallisierungsschicht **120** zu beeinträchtigen. Beim Entfernen der Barrierenschicht **111** und der antireflektierenden Schicht **107** wird eine gewisse Menge des dielektrischen Materials der Schicht **106** und des Kupfers in den Gräben **113**, **114** möglicher Weise auch entfernt, wobei der Grad des Nachpolierens von der Art der Struktur, deren Lage auf der Substratoberfläche, da die Abtragsrate in Abhängigkeit von dem Substratdurchmesser variieren kann und dergleichen abhängt. In **Fig. 1c** kann die Abtragsrate an den relativ dicht beabstandeten Gräben **113** höher sein als an der Substratposition in der Nähe des isolierten Grabens **114**. Auf Grund der reduzierten mechanischen Stabilität der dielektrischen Schicht **106** mit kleinem  $\epsilon$  kann eine deutliche Änderung der Schichtdicke auf Grund von Erosion auftreten, wie dies durch 121 gekennzeichnet ist, die schließlich zu einer entsprechenden Variation des Leitungswiderstands der Gräben **113** führt. Wie zuvor erläutert ist, ist das unvollständige Entfernen der antireflektierenden Schicht **107** keine vielversprechende Option, da der relativ hohe  $\epsilon$ -Wert zu deutlichen Schwankungen der parasitären RC-Zeitkonstanten in Gebieten führen kann, in denen die antireflektierende Schicht **107** nur minimal entfernt wurde.

[0013] Es wurde daher vorgeschlagen, eine spezielle Deckschicht vor der Ausbildung der antireflektierenden Schicht **107** vorzusehen, die die darunter liegende dielektrische Schicht mit kleinem  $\epsilon$  während des CMP-Prozesses schützen kann. Die entsprechende Herstellung einer zusätzlichen Deckschicht und einer antireflektierenden Schicht führt jedoch zu zusätzlichen Kosten und zu einer höheren Komplexität.

#### Aufgabenstellung

[0014] Angesichts der oben erkannten Probleme besteht daher ein Bedarf für eine verbesserte Technik zur Strukturierung einer dielektrischen Materialschicht mit kleinem  $\epsilon$ .

#### ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

[0015] Die vorliegende Erfindung richtet sich im Allgemeinen an ein Verfahren zur Herstellung einer Deckschicht, die in ausreichender Weise die dielektrische Schicht mit kleinem  $\epsilon$  während des chemisch-mechanischen Polierens schützt und die es zusätzlich ermöglicht, deren optischen Eigenschaften in einer einzelnen Abscheidungskammer einzustellen, ohne den Abscheidungsprozess unnötig komplex zu machen.

[0016] Gemäß einer anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtstapels über einer dielektrischen Schicht, die ein dielektrisches Material mit kleinem  $\epsilon$  aufweist, in dem eine Schicht aus Siliziumdioxid über der dielektrischen Schicht mit kleinem  $\epsilon$  gebildet wird. Ferner wird eine siliziumreiche Oxynitridschicht während der Herstellung der Schicht aus Siliziumdioxid gebildet, um damit mindestens eine optische Eigenschaft des Mehrschichtstapels so einzustellen, um die Rückreflexion aus der dielektrischen Schicht mit kleinem  $\epsilon$  zu verringern.

[0017] Gemäß einer noch weiteren anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zur Herstellung eines Metallgebiets in einem dielektrischen Material mit kleinem  $\epsilon$  das Abscheiden einer Mehrfachschicht auf Siliziumdioxidbasis in einer Plasmaumgebung über einer Schicht, die ein dielektrisches Material mit kleinem  $\epsilon$  aufweist. Es wird ein vertiefter Bereich mittels Photolithographie gebildet, wobei die Mehrfachschicht einer Rückreflexion reduziert. Der vertiefte Bereich wird dann mit einem Metall gefüllt. Schließlich wird überschüssiges Metall und ein Teil der Mehrfachschicht mittels chemisch-mechanischen Polierens entfernt.

#### Ausführungsbeispiel

[0018] Weitere Vorteile, Aufgaben und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind den angefügten Patentansprüchen definiert und gehen aus der folgenden detaillierten Beschreibung hervor, wenn diese mit Bezug zu den begleitenden Zeichnungen studiert wird; es zeigen:

[0019] **Fig. 1a bis 1c** schematisch Querschnittsansichten einer Halbleiterstruktur mit einer dielektrischen Schicht mit kleinem  $\epsilon$ , die gemäß einem konventionellen Prozessablauf strukturiert wird;

[0020] **Fig. 2a bis 2c** schematisch Querschnittsansichten während der Strukturierung einer dielektrischen Schicht mit einem dielektrischen Material mit kleinem  $\epsilon$  gemäß anschaulicher Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung; und

[0021] **Fig. 3** schematisch eine Abscheideanlage zur Plasma unterstützten chemischen Dampfabcheidung (PECVD), die zur Bildung einer Mehrfach-Deckschicht geeignet ist, wie dies in den **Fig. 2a bis 2c** beschrieben ist.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0022] Obwohl die vorliegende Erfindung mit Bezug zu den Ausführungsformen beschrieben ist, wie sie in der folgenden detaillierten Beschreibung sowie in den Zeichnungen dargestellt sind, sollte es selbstverständlich sein, dass die folgende Beschreibung sowie die Zeichnungen nicht beabsichtigen, die vorliegende Erfindung auf die speziellen offenbarten an-

schaulichen Ausführungsformen einzuschränken, sondern die beschriebenen anschaulichen Ausführungsformen stellen lediglich beispielhaft die diversen Aspekte der vorliegenden Erfindung dar, deren Schutzbereich durch die angefügten Patentansprüche definiert ist.

[0023] Mit Bezug zu den **Fig. 2a bis 2c** und **3** werden nun weitere anschauliche Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0024] In **Fig. 2a** umfasst eine Halbleiterstruktur **200** ein Substrat **201** mit einer dielektrischen Schicht **202**, die ein dielektrisches Material aufweist, etwa ein standardmäßiges Material, beispielsweise Siliziumdioxid, Siliziumnitrid und dergleichen, oder ein dielektrisches Material mit kleinem  $\epsilon$ . Die dielektrische Schicht **202** kann ein Metallgebiet **203** aufweisen, über dem ein Graben oder eine Kontaktdurchführung zu bilden ist. Wie zuvor mit Bezug zu den **Fig. 1a bis 1c** angemerkt ist, kann auch in diesem Falle das Substrat **201** eine Vielzahl von Schaltungselementen aufweisen, von denen eines oder mehrere elektrisch mit dem Metallgebiet **203** verbunden sein können. Eine Ätzstopschicht **205** ist über der dielektrischen Schicht **202** und dem Metallgebiet **203** gebildet, wobei die Ätzstopschicht **205** aus einem beliebigen geeigneten Material gebildet sein kann, das eine hohe Ätzselektivität in Bezug auf eine darüber liegende dielektrische Schicht **206** besitzt, die im Wesentlichen ein dielektrisches Material mit kleinem  $\epsilon$  aufweist. Zu geeigneten Materialien für die dielektrische Schicht **206** können wasserstoffenthaltendes Siliziumoxykarbid ( $\text{SiCOH}$ ), poröses  $\text{SiCOH}$ , Silk, poröses Silk, HSQ, MSQ und der gleichen gehören. Ein Mehrfachschichtstapel **230** ist auf der dielektrischen Schicht **206** gebildet, wobei in einer Ausführungsform der Mehrschichtstapel **230** eine erste Schicht **231** aufweist, die im Wesentlichen aus Siliziumdioxid aufgebaut ist, eine zweite Schicht **232**, die im Wesentlichen siliziumreiches Oxynitrid aufweist, und einer Schutzschicht **233** mit einem deutlich reduzierten Anteil an Stickstoffatomen aufweist. Der Mehrschichtstapel **230** wird auch als eine Schicht auf Siliziumdioxidbasis bezeichnet auf Grund des in dem Mehrschichtstapel vorhandenen Siliziumdioxids und auf Grund der Herstellungssequenz, die nachfolgend beschrieben wird.

[0025] Die erste Schicht, die zweite Schicht und die Schutzschicht **231**, **232** und **233** des Mehrschichtstapels **230** besitzen entsprechende Dicken **234**, **235** bzw. **236**. Die optischen Eigenschaften des Mehrschichtstapels **230** sind durch die entsprechenden Dicken und die Zusammensetzung der einzelnen Schichten bestimmt. Insbesondere können die optischen Eigenschaften, etwa der Brechungsindex und der Extinktionskoeffizient der zweiten Schicht **232** eingestellt werden, indem die Menge des Siliziums und Stickstoffs, die darin enthalten sind, entsprechend gewählt werden. Eine Photolackmaske **208** wird auf dem Mehrschichtstapel **230** mit einer darin ausgebildeten Öffnung **210** vorgesehen. Die Abmes-

sungen der Öffnung **210** entsprechen im Wesentlichen den Abmessungen eines Grabens oder einer Kontaktdurchführung, die in der dielektrischen Schicht **206** mit kleinem  $\epsilon$  zu bilden ist.

[0026] Mit Bezug zu **Fig. 2a** sowie der **Fig. 3** wird nunmehr ein Prozessablauf zur Herstellung der Halbleiterstruktur **200** gemäß anschaulicher Ausführungsformen beschrieben. Die dielektrische Schicht **202** und das Metallgebiet **203** können entsprechend wohl bekannter und wohl etablierter Prozesstechniken hergestellt werden, die von der Art der betrachteten Metallisierungsschicht abhängen. Wenn beispielsweise die dielektrische Schicht **202** und das Metallgebiet **203** Kontaktbereiche für darunter liegende Schaltungselemente, etwa Transistoren, repräsentieren sollen, kann die Herstellungssequenz Prozessschritte beinhalten, etwa das Abscheiden von Siliziumdioxid und Wolfram als ein Kontaktmetall, um damit die Schicht **202** und das Metallgebiet **203** zu verwirklichen. Wenn die dielektrische Schicht **202** eine dielektrische Schicht mit kleinem  $\epsilon$  repräsentieren soll, können die entsprechenden Prozessschritte ähnliche Prozesse enthalten, wie sie nachfolgend unter Bezugnahme auf das Herstellen und Strukturieren der dielektrischen Schicht **206** beschrieben sind. Anschließend kann die Ätzstopschicht **205** beispielsweise durch Plasma verstärkte chemische Dampfab-schneidung (PECVD) aus geeigneten Vorstufengasen abgeschieden werden.

[0027] **Fig. 3** zeigt schematisch eine PECVD-Anlage **300** in vereinfachter Weise. Die Abscheideanlage **300** umfasst eine Prozesskammer **301** mit einer Plasmaanregungseinrichtung **302**, die mit einer Leistungsquelle **303**, etwa einem RF-Generator verbunden ist. Eine Quelle aus Vorstufengasen **304** ist mittels einer steuerbaren Ventilanordnung **305** mit der Prozesskammer **301** verbunden. Ein Auslass **306** ist mit einer geeigneten Einrichtung (nicht gezeigt) verbunden, die ausgebildet ist, Gase und Nebenprodukte aus der Prozesskammer **301** abzuführen und einen erforderlichen Druck innerhalb der Kammer **301** aufrecht zu erhalten. Ferner umfasst die Abscheideanlage **300** einen Substrathalter **307**, der ausgebildet ist, ein Substrat, etwa das in **Fig. 2a** gezeigte Substrat **201** aufzunehmen, und in Position zu halten. Der Substrathalter **307** kann eine steuerbare Heizung **308** zur Beibehaltung der Temperatur des Substrats **201** innerhalb eines spezifizierten Bereiches aufweisen.

[0028] Nach dem Befestigen des Substrats **201** auf dem Substrathalter **307** wird eine Plasmaumgebung innerhalb der Prozesskammer **301** aufgebaut, indem der RF-Generator **203** aktiviert und geeignete Vorstufen- und Trägergase der Kammer **301** zugeführt werden. Wenn die Ätzstopschicht **205** im Wesentlichen aus Siliziumkarbid und/oder einer stickstoffangereicherten Siliziumkarbidschicht aufgebaut ist, können entsprechende Vorstufengase, etwa 3MS (Trimethylsilan) und Ammoniak zugeführt werden.

[0029] Anschließend wird die dielektrische Schicht

**206** mit kleinem  $\epsilon$  beispielsweise durch PECVD aus geeigneten Vorstufengasen gebildet, wobei eine Abscheideanlage, wie sie in **Fig. 3** beispielhaft gezeigt ist, verwendet wird. Beispielsweise können dielektrische Materialien mit kleinem  $\epsilon$  auf Siliziumbasis aus 3MS gemäß gut bekannter Prozessrezepte abgeschieden werden. In anderen Ausführungsformen kann die dielektrische Schicht **206** durch Aufschleuder-Verfahren hergestellt werden, um beispielsweise eine Schicht aus MSQ oder HSQ (Wasserstoffsisquioxan) zu bilden. Es sollte beachtet werden, dass die vorliegende Erfindung nicht durch die Art des Material mit kleinem  $\epsilon$  eingeschränkt ist und dass diese in Verbindung mit einer beliebigen Art eines Materials mit kleinem  $\epsilon$  angewendet werden kann, unabhängig von der Weise, in der die Schicht **206** hergestellt wird. Anschließend kann das Substrat **201** in eine Abscheideanlage, etwa die Anlage **300**, eingeführt werden oder kann in der Prozesskammer **301** gehalten werden, wenn die dielektrische Schicht **206** mit kleinem  $\epsilon$  mittels PECVD abgeschieden wurde. In einer speziellen Ausführungsform wird die erste Schicht **231**, die im Wesentlichen Siliziumdioxid aufweist, aus Silan und Stickstoffoxid ( $N_2O$ ) gebildet. Während der Abscheidung des Siliziumdioxids wird der Druck in der Kammer **301** in einem Bereich von ungefähr 2 bis 4 Torr in einem Verhältnis von Silan zu Stickstoffoxid in einem Bereich von ungefähr 1/45 : 1/55 gehalten. Dabei kann die Durchflussrate des Stickstoffoxids auf ungefähr 3500 – 4500 sccm und die Durchflussrate von Silan auf ungefähr 60 – 100 sccm eingestellt werden. Die der Plasmaanregungseinrichtung **302** zugeführt RF-Leistung kann in einem Bereich von ungefähr 150 – 450 Watt gehalten werden, wobei die Temperatur des Substrats **201** in einem Bereich von ungefähr 350 bis 450° C gehalten wird. Mit den zuvor spezifizierten Parameterbereichen kann eine Abscheiderate von ungefähr 2.5 – 4 nm/Sekunde, was im Weiteren als Prozess der geringen Abscheiderate bezeichnet wird, erreicht werden. Da die Abscheiderate im Voraus mit ausreichender Genauigkeit bekannt ist, beispielsweise durch Ausführen eines oder mehrerer Testdurchläufe, kann die Dicke **234** der Schicht **231** durch Einstellen der Abscheidezeit gesteuert werden. In anderen Ausführungsformen kann die Dicke **234** durch eine in-situ Messung mittels eines geeigneten Messinstruments (nicht gezeigt), etwa einem Ellipsometer, das optisch an die Prozesskammer **301** angekoppelt ist, gesteuert werden.

[0030] In einer weiteren anschaulichen Ausführungsform, die als ein Prozess mit hoher Abscheiderate bezeichnet wird, kann eine höhere Abscheiderate durch die folgenden Prozessparameter erreicht werden. Die Silandurchflussrate wird auf ungefähr 100 bis 400 sccm, das Silan-Stickstoffoxid ( $N_2O$ ) Verhältnis im Bereich von ungefähr 1/10 bis 1/20 eingestellt, wobei die verbleibenden Parameter auf die Werte eingestellt werden können, die in dem vorhergehenden Prozess mit geringer Abscheiderate spezifiziert sind. Mit dieser Parametereinstellung wird eine

Abscheiderate von ungefähr 10 – 30 nm/Sekunde erreicht. Vor der Herstellung der zweiten Schicht **232** kann ein Pumpschritt ausgeführt werden, um Gasreste und Nebenprodukte des vorhergehenden Abscheideprozesses zu entfernen. Daher wird der Druck auf einen Bereich von ungefähr 4 bis 8 Torr eingestellt, während Stickstoff als Trägergas mit einer Durchflussrate von ungefähr 7000 bis 9000 sccm zugeführt wird. Ferner wird das Silan-Stickstoffoxid-Verhältnis auf ungefähr 2 – 3 erhöht, wobei eine typische Durchflussrate für Silan im Bereich von 400 – 600 sccm und jene für Stickstoffoxid entsprechend eingestellt wird. Mit einer RF-Leistung im Bereich von ungefähr 200 – 600 Watt, wobei die Substrattemperatur im Wesentlichen im gleichen Bereich wie in dem vorhergehenden Abscheideschritt gehalten wird, wird eine Abscheiderate von ungefähr 8 bis 12 nm/Sekunde erreicht. Wie zuvor dargelegt ist, können die optischen Eigenschaften des Mehrschichtstapels **230** durch Einstellen der entsprechenden Dicken der einzelnen Schichten und insbesondere durch Variieren des Silizium- und Stickstoffgehalts in der zweiten Schicht **232** justiert werden. Für ein Silan:Stickstoffoxid ( $N_2O$ )-Verhältnis in dem zuvor spezifizierten Bereich kann der Brechungsindex der zweiten Schicht **232** auf ca. 2.20 bis 2.60 und der Extinktionskoeffizient auf ungefähr 0.80 bis 0.90 für eine Belichtungswellenlänge von 248 nm eingestellt werden. Im Gegensatz dazu zeigt die erste Schicht **231**, die im Wesentlichen Siliziumdioxid aufweist, relativ gleichförmige optische Eigenschaften mit einem Brechungsindex im Bereich von ungefähr 1.40 bis 1.47 bei 673 nm mit lediglich geringen Variationen. Somit kann für eine erforderliche Dicke der ersten Schicht **231**, die entsprechend den Anforderungen eines nachfolgend ausgeführten CMP-Prozesses ausgewählt ist, die antireflektierende Eigenschaft des Mehrschichtstapels **230** dann geeignet eingestellt werden, indem die optischen Eigenschaften und/oder die Dicke der zweiten Schicht **232** gesteuert wird. In einigen anschaulichen Ausführungsformen wird die Dicke **234** der ersten Schicht **231** in einem Bereich von ungefähr 20 bis 120 nm eingestellt, wobei der Prozess mit geringer Abscheiderate für einen Bereich von ungefähr 20 bis 50 nm und der Prozess mit hoher Abscheiderate für den Bereich von ungefähr 50 bis 120 nm angewendet werden kann, wohingegen die Dicke **235** der zweiten Schicht **232** auf einen Bereich von ungefähr 30 bis 90 nm eingestellt wird.

[0031] In einer speziellen Ausführungsform ist die Schutzschicht **233** auf der zweiten Schicht **232** mit einer deutlich reduzierten Konzentration an Stickstoff, insbesondere an einer Oberfläche **237** davon, gebildet, die mit einer darauf ausgebildeten Photolackschicht in Kontakt ist. Der reduzierte Stickstoffgehalt in der Schutzschicht **233** und insbesondere an der Oberfläche **237** verringert deutlich eine Wechselwirkung eines Photolacks mit Stickstoff oder verhindert diese fasst vollständig, wodurch ansonsten Photolackreste nach der Entwicklung des Photolacks gebil-

det werden können.

[0032] Die Schutzschicht **233** kann durch eine Plasmabehandlung in einer Stickstoffoxid- ( $N_2O$ )-Umgebung bei einem Druck von ungefähr 3.0 bis 5.0 Torr bei einer Temperatur von ungefähr 350 bis 450° C unter Anwendung einer RF-Leistung von ungefähr 50 bis 200 Watt, wodurch eine Durchflussrate des Stickstoffoxids ( $N_2O$ ) auf ungefähr 250 bis 600 sccm festgelegt ist, gebildet werden. Mit der oben spezifizierten Parametereinstellung wird eine Dicke **236** der Schutzschicht **233** in einem Bereich von ungefähr 1 bis 4 nm erreicht, wobei insbesondere an der Oberfläche **237** ein wesentlicher Anteil der Silizium-Stickstoff-Bindungen durch eine Silizium-Sauerstoff-Bindung ersetzt wird. Die Herstellung der Schutzschicht **233** kann unmittelbar nach dem Abscheiden der zweiten Schicht **232** ausgeführt werden.

[0033] Anschließend wird eine Schicht aus Photolack auf dem Mehrschichtstapel **230** gebildet, wobei eine Schichtdicke des Photolacks sowie die Art und dessen Zusammensetzung entsprechend den Photolithographieerfordernissen ausgewählt sind. Wie zuvor dargelegt ist, werden die optischen Eigenschaften, etwa der Brechungsindex und der Extinktionskoeffizient sowie die einzelnen Dicken **234**, **235** und **236** des Mehrschichtstapels an den verwendeten Photolack so angepasst, um eine minimale Variation kritischer Abmessungen zu erreichen. Danach wird die Photolackschicht belichtet und entwickelt, um die Öffnung **210** zu bilden, wobei während der Belichtung eine Rückreflexion von Licht in Gebieten des Photolacks, die benachbart zu der Öffnung **210** liegen, minimiert ist. Auf diese Weise können Lackrückstände in der Öffnung **210**, die auch als Fußbildung und Ausfächerung bezeichnet werden, reduziert oder sogar vollständig vermieden werden.

[0034] Fig. 2b zeigt die Halbleiterstruktur **200** schematisch mit einer Öffnung **213**, die in dem Mehrschichtstapel **230**, der dielektrischen Schicht **206** mit kleinem  $\epsilon$  und der Ätzstoppschicht **205** gebildet ist. Eine Barrierenschicht **211** ist über dem Mehrschichtstapel **230** und innerhalb der Öffnung **213** gebildet, und eine Metallschicht **212**, die beispielsweise Kupfer aufweist, ist über der Struktur **200** so gebildet, um die Öffnung **213** im Wesentlichen vollständig zu füllen.

[0035] Die Öffnung **213** kann in einer Sequenz aus anisotropen Ätzprozessen hergestellt werden, die ähnlich sind zu jenen, die in Fig. 1b beschrieben sind, und die Barrierenschicht **211**, die zwei oder mehrere Teilschichten aufweisen, die beispielsweise Tantal/Tantalnitridschichten enthalten, wird anschließend durch Sputter-Abscheidung aufgebracht. Anschließend wird eine dünne Saatschicht (nicht gezeigt) durch Sputter-Abscheidung gebildet und Volumenmetall wird mittels eines gut bekannten elektrochemischen Abscheideverfahrens abgeschieden.

[0036] Anschließend wird das überschüssige Metall der Schicht **212** mittels chemisch-mechanischen Polierens entfernt, wobei zusätzlich die Barrierenschicht

**211** außerhalb der Öffnung **213** ebenso abgetragen wird. Während des CMP kann der Mehrschichtstapel **230** ebenso teilweise entfernt werden, wobei die erste Schicht **231**, die im Wesentlichen Siliziumdioxid aufweist, zuverlässig das darunter liegende dielektrische Material mit kleinem  $\epsilon$  mit reduzierter mechanischer Stabilität schützt. In einer anschaulichen Ausführungsform werden die Schutzschicht **233** und die zweite Schicht **232** im Wesentlichen vollständig entfernt. Folglich ist die gesamte dielektrische Konstante des zuletzt erhaltenen Innerschicht-Dielektrikums im Wesentlichen durch die dielektrische Schicht **206** mit kleinem  $\epsilon$  bestimmt, da die zweite Schicht **232**, die eine große Menge an Stickstoff aufweist und damit eine hohe dielektrische Konstante zeigt, entfernt ist. Ferner kann ein Teil der ersten Schicht **231** ebenso entfernt werden, um die gesamte dielektrische Konstante weiter zu minimieren. Da die erste Schicht **231** eine relativ geringe Abtragsrate während des Kupfer-CMPs zeigt, ist das darunter liegende dielektrische Material mit kleinem  $\epsilon$  der Schicht **206** zuverlässig geschützt, selbst wenn geringfügige Prozessvariationen während des CMPs auftreten. Folglich wird ein ungewünschtes Abtragen des dielektrischen Materials mit kleinem  $\epsilon$  im Wesentlichen vermieden und somit werden Variationen bei den Abmessungen der metallgefüllten Öffnungen **213** und damit Variationen in deren Widerstandswert ebenso deutlich reduziert.

[0037] **Fig. 2c** zeigt die Halbleiterstruktur **200** schematisch nach Abschluss des zuvor beschriebenen CMP-Prozesses. Eine Siliziumdioxidschicht mit geringerer Dicke, die durch **231a** bezeichnet ist, ist noch über der dielektrischen Schicht **206** mit kleinem  $\epsilon$  gebildet, so dass durch das CMP hervorgerufene Schäden in der Schicht **206** minimiert sind. In einer Ausführungsform kann die Dicke der Schicht **231a** auf 20 nm oder weniger reduziert werden, um ein erforderliche niedrige gesamte Dielektrizitätskonstante des Innerschicht-Dielektrikums zu erreichen.

[0038] Es sollte beachtet werden, dass in den oben angeführten Ausführungsformen eine Einzel-Damaszener-Prozesstechnik beschrieben ist, wobei die vorliegende Endung ebenso auf ein beliebiges Prozessschema der Damaszener-Technik anwendbar ist, etwa auf duale Damaszener-Verfahren und dergleichen.

[0039] Es gilt also, dass gemäß der vorliegenden Erfindung ein Mehrschichtstapel zum Strukturieren eines Dielektrikums mit kleinem  $\epsilon$  vorgesehen wird, wobei der Mehrschichtstapel vorzugsweise in-situ durch ein relativ kostengünstiges Plasma verstärktes Abscheideverfahren gebildet werden kann, das einen hohen Durchsatz ermöglicht, – beispielsweise können 80 Substrate oder mehr pro Stunde verarbeitet werden – wobei das dielektrische Material mit kleinem  $\epsilon$  wirksam während des CMP zum Entfernen überschüssigen Metalls geschützt ist und wobei gleichzeitig eine effiziente antireflektierende Wirkung erreicht wird, wodurch es möglich ist, das dielektrische Material mit kleinem  $\epsilon$  im Wesentlichen ohne

das Erzeugen von „Fußbildungs- und Ausfächerungs“-Effekten zu strukturieren. Auf Grund des wirksamen Schutzes der dielektrischen Schicht mit kleinem  $\epsilon$  während des CMP, können Schäden an dem Material, insbesondere in Gebieten mit eng gepackten Strukturen, deutlich reduziert werden. Daher sind Schwankungen beim Schichtwiderstand der entsprechenden Metallstrukturen ebenso deutlich reduziert. Durch Dünnen des Mehrschichtstapels während des CMPs kann dennoch der effektive Wert der Dielektrizitätskonstanten äußerst klein gehalten werden, so dass nachteilige Auswirkungen auf die parasitären RC-Zeitkonstanten im Wesentlichen vermieden werden.

[0040] Weitere Modifikationen und Variationen der vorliegenden Erfindung werden für den Fachmann angesichts dieser Beschreibung offenkundig. Daher ist diese Beschreibung lediglich als anschaulich und für die Zwecke gedacht, dem Fachmann die allgemeine Art und Weise des Ausführens der vorliegenden Erfindung zu vermitteln. Selbstverständlich sind die hierin gezeigten und beschriebenen Formen der Erfindung als die gegenwärtig bevorzugten Ausführungsformen zu betrachten.

### Patentansprüche

1. Verfahren mit:  
Bilden eines Mehrschichtstapels über einer dielektrischen Schicht, die ein dielektrisches Material mit kleinem  $\epsilon$  aufweist, durch Bilden einer Schicht aus Siliziumdioxid über der dielektrischen Schicht mit kleinem  $\epsilon$ ; und  
Bilden einer siliziumreichen Oxynitridschicht während der Bildung der Schicht aus Siliziumdioxid, um damit mindestens eine optische Eigenschaft des Mehrschichtstapels so einzustellen, um eine Rückreflexion von der dielektrischen Schicht mit kleinem  $\epsilon$  zu reduzieren.
2. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Siliziumdioxidschicht aus Silan abgeschieden wird.
3. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die siliziumreiche Oxynitridschicht durch Variieren einer Abscheidatmosphäre nach der Herstellung der Siliziumdioxidschicht gebildet wird.
4. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Dicke des auf der dielektrischen Schicht gebildeten Siliziumdioxids im Bereich von ungefähr 20 bis 120 nm liegt.
5. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Dicke der siliziumreichen Oxynitridschicht im Bereich von ungefähr 30 bis 80 nm liegt.
6. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die optischen Eigenschaften eingestellt werden, indem der Siliziumanteil der siliziumreichen Oxynitridschicht va-



riert wird.

7. Das Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Siliziumanteil variiert wird, indem ein Silan-Stickstoffoxid- ( $N_2O$ ) Verhältnis in einer Abscheidatmosphäre eingestellt wird.

8. Das Verfahren nach Anspruch 1, dass ferner Bilden einer stickstoffverarmten Schutzschicht in einem Oberflächengebiet der siliziumreichen Oxynitridschicht umfasst.

9. Das Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Schutzschicht gebildet wird, indem diese einer Stickstoffoxid- ( $N_2O$ )-Plasmaumgebung ausgesetzt wird.

10. Das Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Stickstoffoxid- ( $N_2O$ )-Plasmaumgebung geschaffen wird, indem eine Silanzufuhr, die während des Abscheidens der siliziumreichen Oxynitridschicht verwendet wird, unterbrochen wird.

11. Das Verfahren nach Anspruch 8, wobei eine Dicke der Schutzschicht im Bereich von ungefähr 1 bis 5 nm liegt.

12. Das Verfahren nach Anspruch 1, dass ferner Bilden einer Lackmaske über der siliziumreichen Oxynitridschicht umfasst.

13. Das Verfahren nach Anspruch 12, das ferner Strukturieren der dielektrischen Schicht mit der Lackmaske zur Bildung einer Vertiefung in der dielektrischen Schicht umfasst.

14. Das Verfahren nach Anspruch 13, dass ferner Füllen der Vertiefung mit einem Metall umfasst.

15. Das Verfahren nach Anspruch 14, dass ferner Entfernen von überschüssigen Metall- und der siliziumreichen Oxynitridschicht durch chemisch-mechanisches Polieren umfasst.

16. Das Verfahren nach Anspruch 15, das ferner umfasst: Reduzieren einer Dicke der siliziumdioxidbasierten Schicht während des chemisch-mechanischen Polierens auf eine Dicke von ungefähr 5 – 20 nm.

17. Verfahren zur Herstellung eines Metallgebiets in einem dielektrischen Material mit kleinem  $\epsilon$ , wobei das Verfahren umfasst:  
Abscheiden einer Mehrfachsicht auf Siliziumdioxidbasis in einer Plasmaumgebung über einer Schicht mit dem dielektrischen Material mit kleinem  $\epsilon$ , während optische Eigenschaften der Mehrfachsicht auf Siliziumdioxidbasis gesteuert werden;  
Bilden eines vertieften Bereichs durch Photolithographie, wobei die Mehrfachsicht eine Rückreflexion für eine spezifizierte Wellenlänge reduziert;

Füllen des vertieften Bereichs mit einem Metall; und Entfernen überschüssigen Metalls und eines Teils der Mehrfachsicht durch chemisch-mechanisches Polieren.

18. Das Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Mehrfachsicht Siliziumdioxidbasis zumindest teilweise aus Silan abgeschieden wird.

19. Das Verfahren nach Anspruch 17, wobei eine siliziumreiche Oxynitridschicht in der Mehrfachsicht gebildet wird, indem eine Abscheidatmosphäre während der Herstellung der Mehrfachsicht auf Siliziumdioxidbasis variiert wird.

20. Das Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Mehrfachsicht eine Siliziumdioxidschicht aufweist, die auf der dielektrischen Schicht mit einer Dicke im Bereich von ungefähr 20 – 120 nm gebildet ist.

21. Das Verfahren nach Anspruch 19, wobei eine Dicke der siliziumreichen Oxynitridschicht im Bereich von ungefähr 30 bis 90 nm liegt.

22. Das Verfahren nach Anspruch 17, wobei die optischen Eigenschaften eingestellt werden, indem der Siliziumgehalt in der siliziumreichen Oxynitridschicht variiert wird.

23. Das Verfahren nach Anspruch 22, wobei der Siliziumgehalt variiert wird, indem ein Silan/Stickstoffoxid- ( $N_2O$ ) Verhältnis in einer Abscheidatmosphäre eingestellt wird.

24. Das Verfahren nach Anspruch 17, das ferner Bilden einer stickstoffverarmten Schutzschicht in einem Oberflächengebiet der Mehrfachsicht auf Siliziumdioxidbasis umfasst.

25. Das Verfahren nach Anspruch 24, wobei die Schutzschicht gebildet wird, indem diese einer Stickstoffoxid- ( $N_2O$ )-Plasmaumgebung ausgesetzt wird.

26. Das Verfahren nach Anspruch 25, wobei die Stickstoffoxid- ( $N_2O$ )-Plasmaumgebung geschaffen wird, indem eine Silan-Zufuhr, die während des Abscheidens einer siliziumreichen Oxynitridschicht angewendet wird, unterbrochen wird.

27. Das Verfahren nach Anspruch 24, wobei eine Dicke der Schutzschicht im Bereich von ungefähr 1 bis 5 nm liegt.

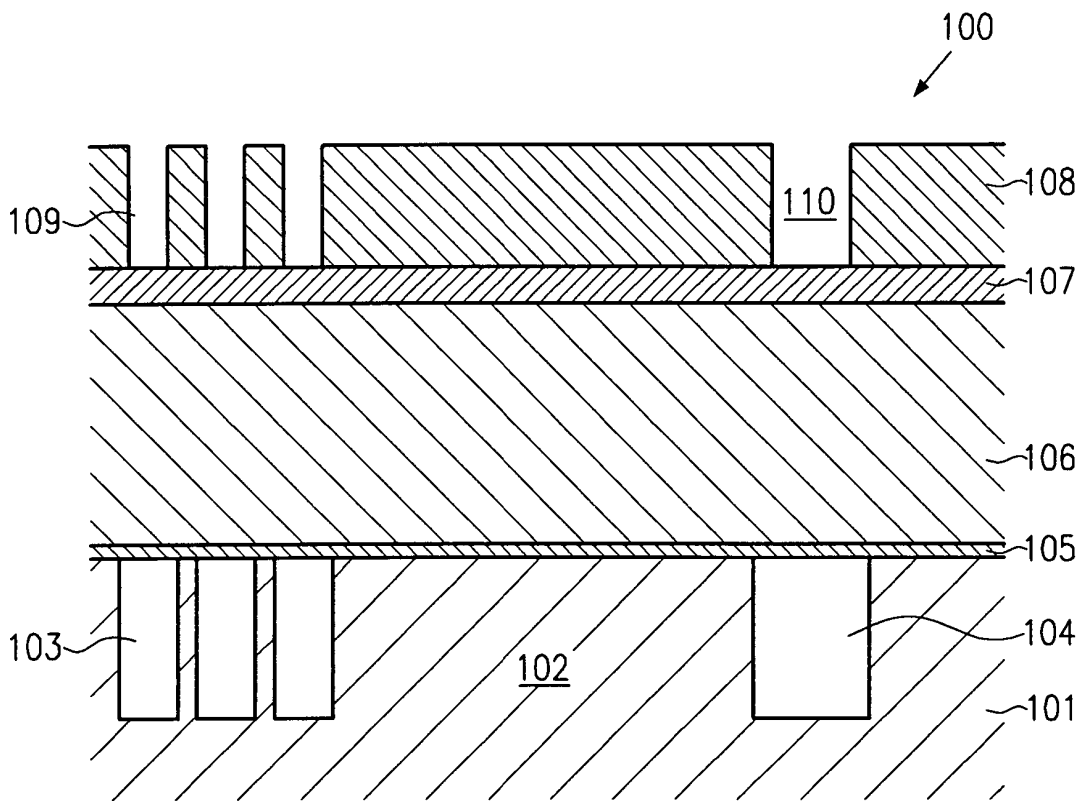
28. Das Verfahren nach Anspruch 25, wobei zumindest die Schutzschicht und die siliziumreichen Oxynitridschicht durch chemisch-mechanisches Polieren entfernt werden.

29. Das Verfahren nach Anspruch 28, das ferner umfasst: Reduzieren einer Dicke der Mehrfach-

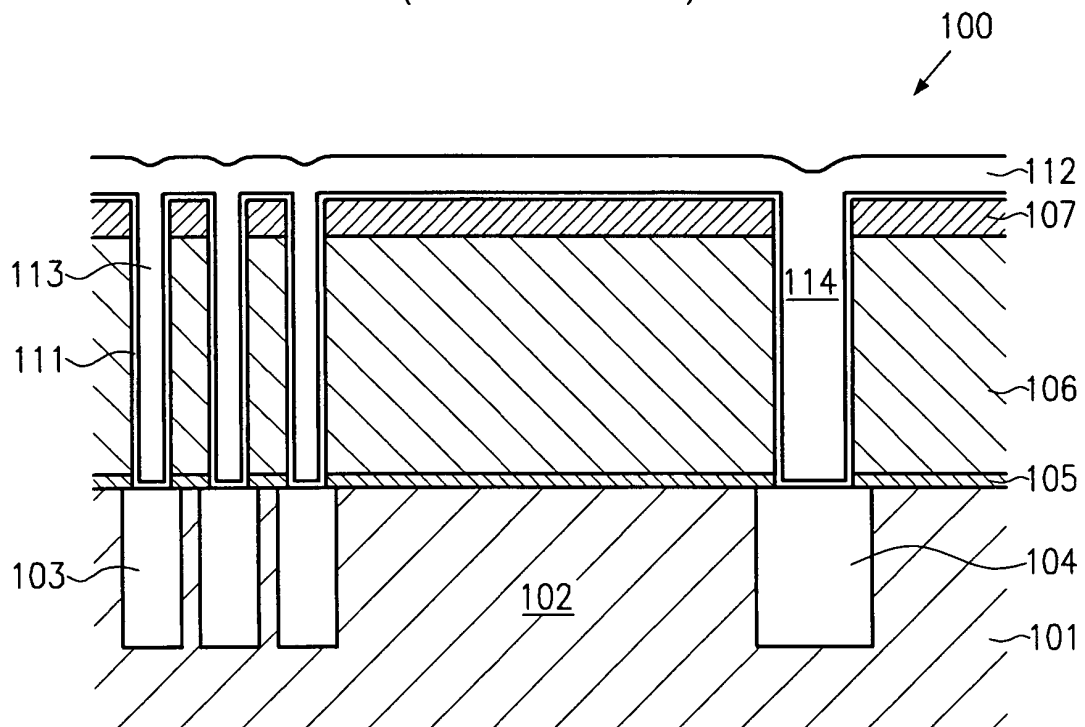
schicht auf Siliziumdioxidbasis während des chemisch-mechanischen Polierens auf eine Dicke von ungefähr 5 bis 20 nm.

30. Das Verfahren nach Anspruch 29, wobei die Mehrschicht auf Siliziumdioxidbasis mit der reduzierten Dicke aus Siliziumdioxid aufgebaut ist.

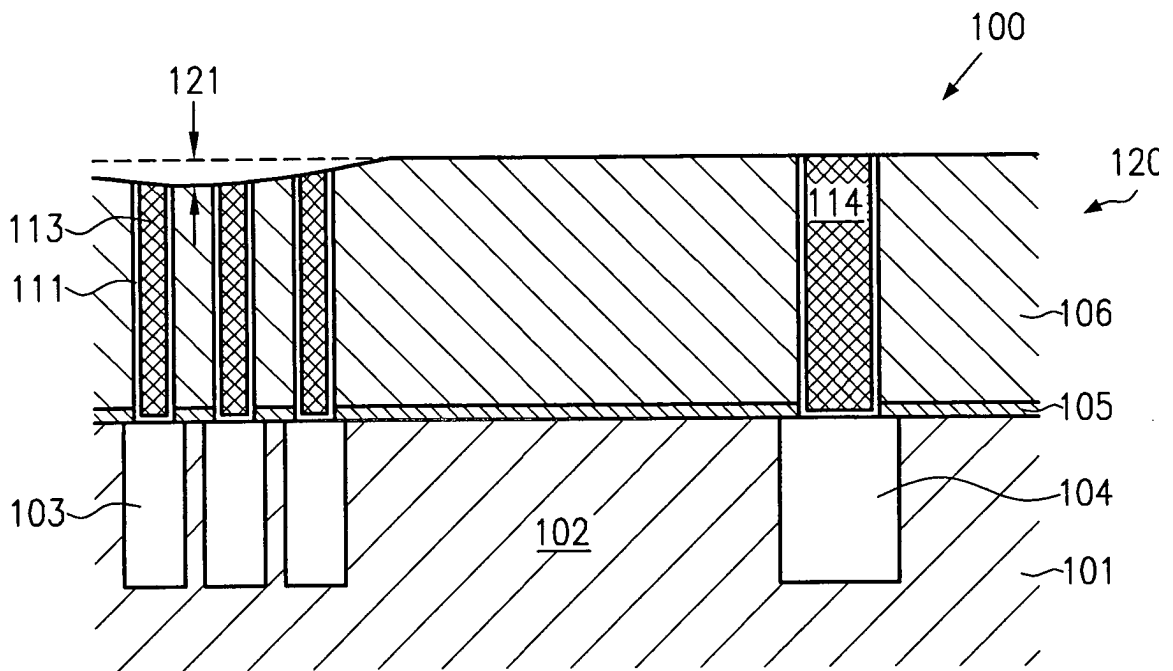
Es folgen 4 Blatt Zeichnungen



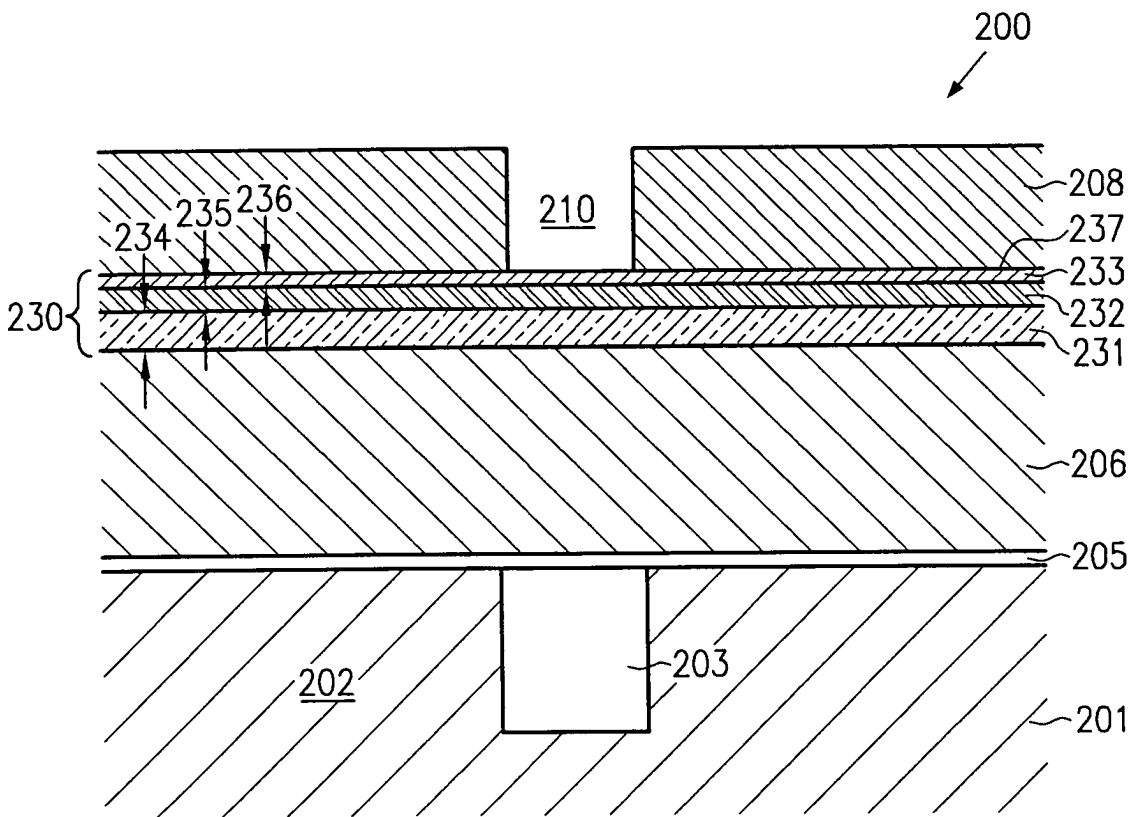
**Fig. 1a**  
(Stand der Technik)



**Fig. 1b**  
(Stand der Technik)



**Fig. 1c**  
(Stand der Technik)



**Fig. 2a**

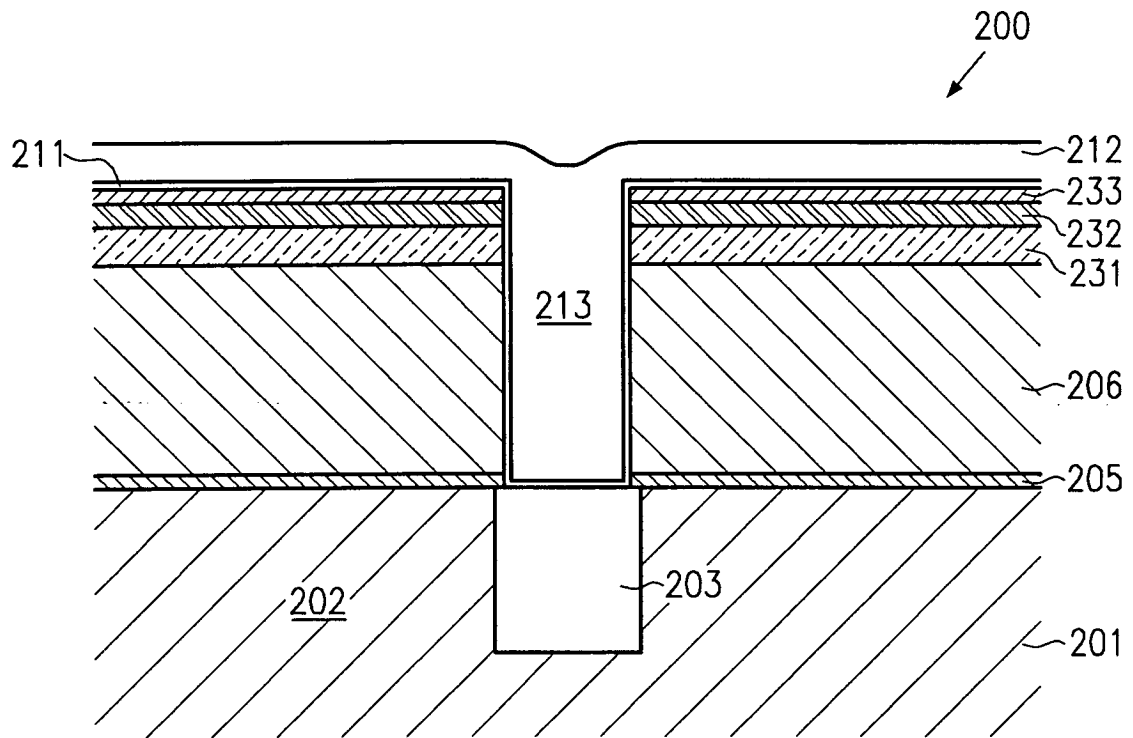


Fig. 2b

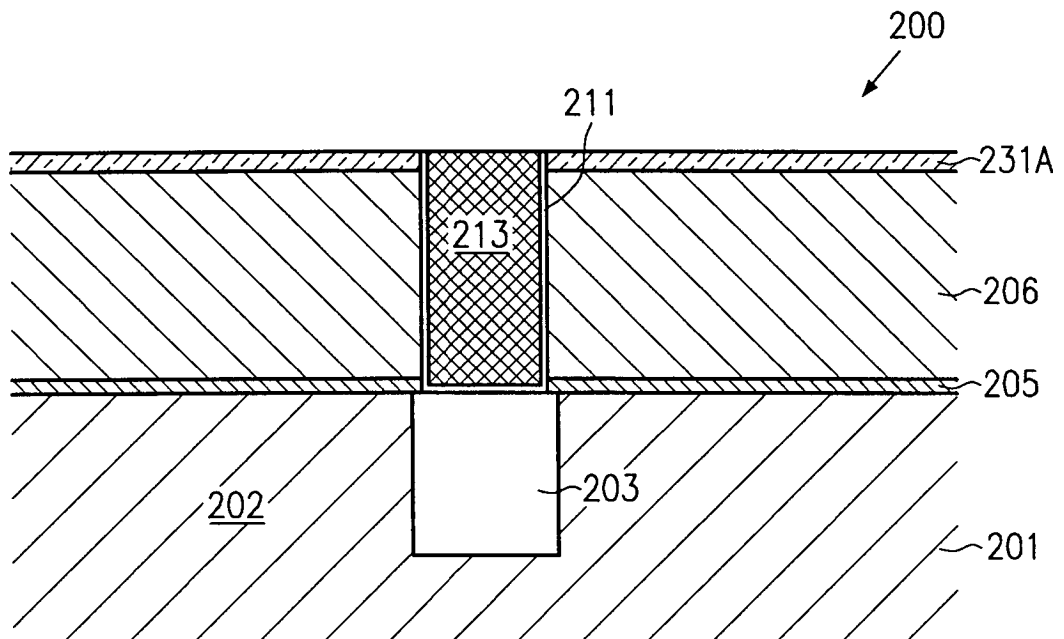


Fig. 2c

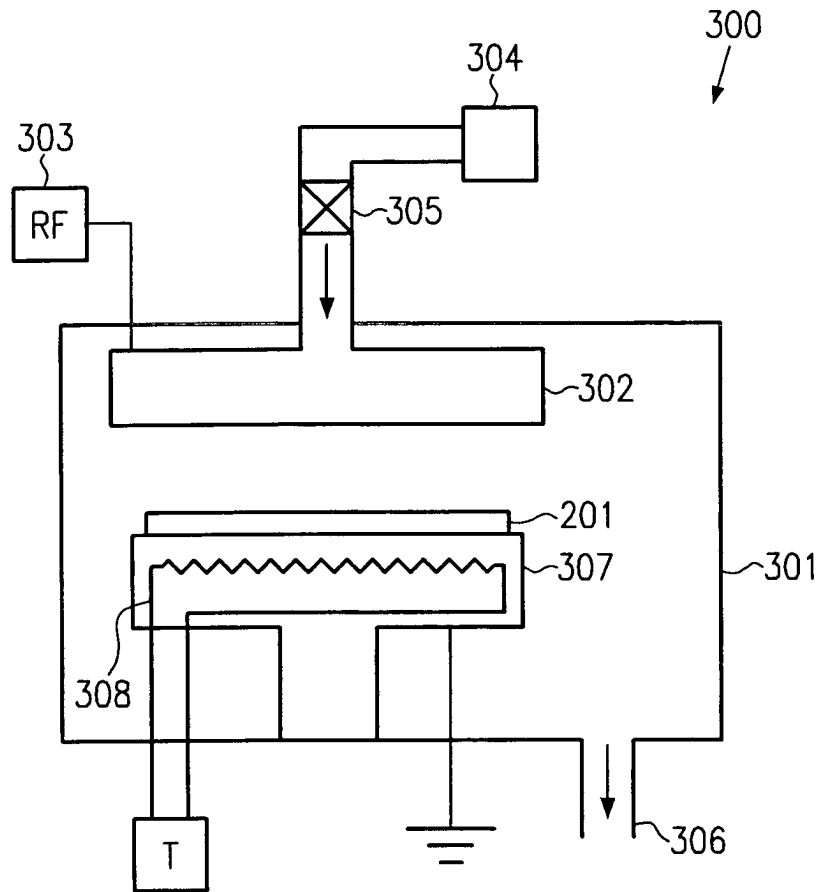


Fig. 3