



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 18 219 T2** 2005.07.28

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 955 679 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 18 219.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 107 089.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **12.04.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.11.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.06.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.07.2005**

(51) Int Cl.⁷: **H01L 29/94**

H01L 27/108, H01L 21/8242

(30) Unionspriorität:

74882 08.05.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IE

(73) Patentinhaber:

Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

(72) Erfinder:

**Shen, Hua, Beacon, US; Hoepfner, Joachim,
Poughkeepsie, US**

(54) Bezeichnung: **Methode zur Verbesserung der Stöpsel-Leitfähigkeit**

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

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

Beschreibung

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

1. Erfindungsgebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft Stapelkondensatoren für Halbleiterbauelemente und insbesondere einen gut leitenden Plug für Stapelkondensatoren.

2. Beschreibung des verwandten Stands der Technik

[0002] Halbleiterspeicherzellen enthalten Kondensatoren, auf die zum Speichern von Daten Transistoren zugreifen. Daten werden je nach dem Zustand des Kondensators durch ein H- oder ein L-Bit gespeichert. Die Ladung oder der Mangel an Ladung des Kondensators zeigt, wenn auf ihn zum Lesen von Daten zugegriffen wird, ein H oder ein L an, und der Kondensator wird geladen oder entladen, um Daten in ihn zu schreiben.

[0003] Gestapelte Kondensatoren zählen zu den Kondensatorarten, die in Halbleiterspeichern verwendet werden. Gestapelte Kondensatoren befinden sich in der Regel auf dem Transistor, mit dem auf einen Speicherknoten des Kondensators zugegriffen wird, im Gegensatz zu Grabenkondensatoren, die im Substrat des Bauelements vergraben sind. Wie bei vielen elektrischen Bauelementen ist für die Leistungscharakteristik von gestapelten Kondensatoren eine hohe Leitfähigkeit von Vorteil.

[0004] Bei Halbleiterspeichern wie etwa dynamischen Direktzugriffsspeichern (DRAM) werden bei der Bildung von Kondensatoren mit einer hohen Dielektrizitätskonstante stark dielektrische Materialien abgeschieden. Bei einer Art von Kondensatoren mit hoher Dielektrizitätskonstante wird eine Schicht aus Materialien mit einer hohen Dielektrizitätskonstante, wie etwa Barium-Strontium-Titanoxid (BSTO) in einer oxidierten Atmosphäre abgeschieden.

[0005] In dem Dokument EP 0697719A ist ein Kondensator offenbart.

[0006] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) wird eine Struktur **2** mit gestapelten Kondensatoren gezeigt. Die gestapelten Kondensatoren **3** enthalten zwei Elektroden, eine obere Elektrode oder einen Speicherknoten **4**, üblicherweise Platin (Pt), und eine Elektrode **12**, getrennt durch eine dielektrische Schicht **18**. Ein Zugriffstransistor **5** enthält eine Gateelektrode **6**, die bei Aktivierung eine Bitleitung **7** durch einen Bitleitungskontakt **8** mit einem Plug **14** elektrisch koppelt. Das Plug **14** wird durch eine Diffusionsbarriere **16** mit der Elektrode **12** verbunden, was Ladung in der Elektrode **12** speichert.

[0007] Eine Teilansicht eines herkömmlichen gestapelten Kondensators **10** ist in [Fig. 1B](#) gezeigt. Der gestapelte Kondensator **10** enthält eine Elektrode **12**, die bevorzugt aus Platin (Pt) gebildet ist. Die Elektrode **12** ist durch eine Diffusionsbarriere **16** vom Plug **14** getrennt. Der Plug **14** besteht bevorzugt aus polykristallinem Silizium (Polysilizium oder Poly). Während der Bearbeitung wird eine dielektrische Schicht **18** auf der Elektrode **12** abgeschieden. Bei der dielektrischen Schicht **18** handelt es sich in der Regel um ein Material mit einer hohen Dielektrizitätskonstante, beispielsweise BSTO. Während der Abscheidung der dielektrischen Schicht **18** entstehen Oxidschichten **20** und **21**, die der Leistung des gestapelten Kondensators abträglich sind. Die Diffusionsbarriere **16** wird dazu verwendet, die Entstehung der Oxidschicht **21** zu verhindern.

[0008] Oxidschichten **20** und **21** bilden sich, wenn:

- (a) Silizium durch die Diffusionsbarriere **16** diffundiert und mit Sauerstoff unter Ausbildung des Oxids **20** zwischen der Diffusionsbarriere **16** und der Elektrode **12** reagiert;
- (b) Materialien der Diffusionsbarriere **16** einfach mit Sauerstoff reagieren und
- (c) Sauerstoff durch die Diffusionsbarriere **16** diffundiert und mit dem Plug **14** unter Ausbildung der Oxidschicht **21** zwischen der Diffusionsbarriere **6** und dem Plug **14** reagiert.

[0009] Die Oxidschichten **20** und **21** reduzieren die Kapazität des gestapelten Kondensators **10**. Es besteht somit ein Bedarf nach der Verbesserung der Kapazität von gestapelten Kondensatoren durch Eliminieren von Oxidschichten neben einer Barrierenschicht, die in Folge von Bearbeitung und Diffusion entstanden ist. Ein weiterer Bedarf existiert für ein Verfahren zum Erhöhen der Leitfähigkeit eines in gestapelten Kondensatoren verwendeten Plugs.

KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die vorliegende Erfindung enthält ein Verfahren zum Verbessern der Leitfähigkeit zwischen einer Elektrode und einem Plug in einem gestapelten Kondensator, zwischen denen sich ein Oxid ausgebildet hat, wie in Anspruch 1 definiert. Das Verfahren beinhaltet die Schritte des Bombardierens des Oxids mit Ionen und des Mischens des Oxids mit Materialien der Elektrode und des Plugs, um eine Leitfähigkeit zwischen der Elektrode und dem Plug zu erhöhen.

[0011] Bei besonders geeigneten Verfahren zum Verbessern der Leitfähigkeit kann der Schritt des Bombardierens den Schritt des Bombardierens durch Ionenimplantierung beinhalten. Der Schritt des Bombardierens kann auch den Schritt des Bombardierens des Oxids mit Germaniumionen beinhalten. Der Schritt des Bombardierens beinhaltet bevorzugt den Schritt des Justierens eines Winkels von auftreffen-

den Ionen, um ein verbessertes Mischen zu erhalten. Der Schritt des Bombardierens kann weiterhin den Schritt des Justierens einer Energie und Dosis einfallender Ionen beinhalten, um ein verbessertes Mischen zu erhalten. Die Elektrode enthält bevorzugt Platin, und das Plug enthält bevorzugt Polysilizium.

[0012] Diese und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden ausführlichen Beschreibung von veranschaulichenden Ausführungsformen, die in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen zu lesen ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] Diese Offenbarung präsentiert ausführlich die folgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die folgenden Figuren. Es zeigt:

[0014] [Fig. 1A](#) eine Querschnittsansicht von gestapelten Kondensatoren auf einem Halbleiterbauelement gemäß dem Stand der Technik;

[0015] [Fig. 1B](#) eine Querschnittsansicht eines gestapelten Kondensators gemäß dem Stand der Technik, die entstandene Oxidschichten zeigt;

[0016] [Fig. 2](#) eine Querschnittsansicht eines gestapelten Kondensators gemäß der vorliegenden Erfindung, die Ionenimplantierung von Oxidschichten zeigt;

[0017] [Fig. 3](#) eine Querschnittsansicht eines gestapelten Kondensators, die eine Oxidschicht zwischen einer Diffusionsbarriere und einer Elektrode zeigt, gemischt gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0018] [Fig. 4](#) eine Querschnittsansicht eines gestapelten Kondensators, die eine Oxidschicht zwischen einer Diffusionsbarriere und einem Plug zeigt, gemischt gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0019] [Fig. 5](#) eine Querschnittsansicht eines gestapelten Kondensators, die eine auf einer Elektrode ausgebildete Diffusionsbarriere zeigt; und

[0020] [Fig. 6](#) eine Querschnittsansicht eines gestapelten Kondensators, die eine in einer Elektrode ausgebildete Diffusionsbarriere zeigt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0021] Die vorliegende Offenbarung betrifft Stapelkondensatoren für Halbleiterbauelemente und insbesondere einen Plug mit hoher Leitfähigkeit zum Übertragen von Ladung zur Kondensatorelektrode. Die vorliegende Erfindung beinhaltet Ionenimplantierungsprozesse, um eine Oxidschicht in eine leitende

Schicht zu ändern oder eine Sauerstoffdiffusionsbarriere in einer Elektrode auszubilden, um die Entstehung von Oxidschichten zu verhindern. Das Ändern der Oxidschichten in leitende Schichten kann unter Verwendung von Ionenimplantierung (I/I) durchgeführt werden. Die Sauerstoffdiffusionsbarriere kann unter Verwendung von Plasmadotierung (PLAD) oder Plasma-Immersion-Ion-Implantierung (PIII) ausgebildet werden.

[0022] Nunmehr unter eingehender Bezugnahme auf die Zeichnungen, bei denen in den verschiedenen Ansichten gleiche Bezugszahlen ähnliche oder identische Elemente identifizieren, zeigt [Fig. 2](#) einen gestapelten Kondensator **100** gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung. Ein Plug **106** ist in einer dielektrischen Schicht **108** ausgebildet. Die dielektrische Schicht **108** kann Siliziumdioxidmaterial enthalten. Eine Diffusionsbarriere **110** ist an einem oberen Teil des Plugs **106** ausgebildet. Die Diffusionsbarriere **110** enthält bevorzugt TaN, CoSi, TiN, WSi, TaSiN oder äquivalente Materialien. Eine Elektrode **104** ist auf der Diffusionsbarriere **110** ausgebildet. Die Elektrode **104** besteht bevorzugt aus Platin, obwohl auch andere leitende Materialien wie etwa Iridium (Ir), Ruthenium (Ru) oder Rutheniumoxid (RuO₂) verwendet werden können. Eine Schicht **102** mit hoher Dielektrizitätskonstante ist auf der Elektrode **104** abgeschieden. Die Schicht **102** mit der hohen Dielektrizitätskonstante wird bevorzugt aus BSTO gebildet. BSTO wird bevorzugt bei hohen Temperaturen abgeschieden. Da hohe Temperaturen jedoch die Diffusion erhöhen, müssen BSTO-Abscheidungstemperaturen begrenzt werden, um die Diffusion von Materialien wie etwa Sauerstoff zu reduzieren. Bei der vorliegenden Erfindung können jedoch Abscheidungstemperaturen für die Schicht **102** vorteilhafterweise erhöht werden, ohne die Leistung zu verschlechtern, wie hier erläutert wird.

[0023] Während der Abscheidung der Schicht **102** wird wie oben beschrieben eine Oxidschicht **112** und/oder eine Oxidschicht **114** ausgebildet.

[0024] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Ionenimplantierung durchgeführt, um die Oxidschichten **112** und/oder **114** leitend zu machen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird Germanium (Ge) in die Oxidschichten **112** und/oder **114** implantiert. Zu weiteren für die Implantierung geeigneten Elementen zählen Si, C und/oder N. Indem ein Winkel α , Energie und Dosis gesteuert werden, wird die Oxidschicht **112** und/oder **114** gut mit Materialien neben den jeweiligen Oxidschichten gemischt, wodurch die Leitfähigkeit zwischen dem Plug **106** und der Elektrode **104** erhöht wird. Obwohl Ge ein elektrisch neutrales Element ist, überbrückt Ge die benachbarten leitenden Schichten (Elektrode/Diffusionsbarriere oder Diffusionsbarriere/Plug), so daß die Leitfähigkeit zwischen Plug **106** und Elektrode **104** erheblich erhöht

wird.

[0025] Bei der Ionenimplantierung wird die Oxidschicht **112** und/oder **114** mit Ionen mit Energien zwischen etwa 30 und etwa 200 keV, bevorzugt zwischen etwa 50 und etwa 150 keV bei Dosen zwischen etwa 1×10^{10} und etwa 1×10^{16} Atomen/cm², bevorzugt zwischen etwa 1×10^{14} und 1×10^{15} Atomen/cm², bombardiert. Bei einer Ausführungsform werden Ionen unter einem Winkel α zwischen etwa 30° und etwa 60° eingeleitet.

[0026] Unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) wird ein gestapelter Kondensator **101** nach Ionenimplantierung von Ge in die Oxidschicht **112** gezeigt. Ein gemischtes Gebiet **116** bildet sich, in dem Atome benachbarter Materialien wie etwa von der Elektrode **104** und der Diffusionsbarriere **110** zusammen mit der Oxidschicht **112** gemischt werden, um ein leitendes Verbundmaterial zu bilden, wodurch die Leitfähigkeit zwischen Elektrode **104** und Plug **106** erhöht wird.

[0027] Unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) wird ein gestapelter Kondensator **103** nach Ionenimplantierung von Ge in die Oxidschicht **114** gezeigt. Ein gemischtes Gebiet **118** bildet sich, in dem Atome benachbarter Materialien wie etwa von der Diffusionsbarriere **110** und dem Plug **106** zusammen mit der Oxidschicht **114** gemischt werden, um ein leitendes Verbundmaterial zu bilden, wodurch die Leitfähigkeit zwischen Elektrode **104** und Plug **106** erhöht wird.

[0028] Bei alternativen Ausführungsformen des gestapelten Kondensators, die von der vorliegenden Erfindung nicht abgedeckt sind, kann auf oder in der Elektrode eine Diffusionsbarriere ausgebildet werden, um zu verhindern, daß Sauerstoff und/oder Silizium dort hindurch diffundieren. Unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) ist ein Teil von einem gestapelten Kondensator **200** gezeigt. Der gestapelte Kondensator **200** enthält eine Diffusionsbarriere **202**, die auf der Elektrode **104** vorgesehen und ausgebildet ist. Die Diffusionsbarriere **202** verhindert die Diffusion von Sauerstoff und Silizium durch sie hindurch. Die Barriere **202** wird vor der Abscheidung der Schicht **102** mit der hohen Dielektrizitätskonstante (siehe [Fig. 2](#)), bei der Sauerstoff eingeleitet werden kann, ausgebildet. Die Barriere **202** kann durch einen chemischen Dampfabscheidungsprozeß oder durch PIII oder PLAD auf der Oberfläche der Elektrode **104** abgeschieden werden. Bei einem bevorzugten Beispiel wird die Barriere **202** auf einer Oberfläche der Elektrode **104** abgeschieden, um durch Verhindern der Diffusion von Sauerstoff zu einem Gebiet zwischen Elektrode **104** und Plug **106** eine verbesserte Leitfähigkeit zwischen Elektrode **104** und Plug **106** zu gestatten. Die Barriere **202** kann so bemessen sein, daß sich die Notwendigkeit einer Diffusionsbarriere **110** erübrigt, da das Diffundieren von Sauerstoff durch die dielektrische Schicht **102** durch die Barriere **202** verhindert wird.

Bei der Alternative kann die Barriere **110** beibehalten werden, doch stehen mehr Materialauswahlmöglichkeiten für die Diffusionsbarriere **110** zur Verfügung, da die Sauerstoffkonzentration reduziert ist. Beispielsweise kann ein Material substituiert werden, das sich leichter verarbeiten läßt, aber weniger die Sauerstoffdiffusion verhindernde Eigenschaften aufweist. Beispielsweise kann TiN verwendet werden.

[0029] Unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#) wird eine Barriere **204** unter der Oberfläche der Elektrode **104** ausgebildet. Beispielsweise kann durch einen PLAD- oder PIII-Prozeß ein diffusionsverhinderndes Material wie etwa Stickstoff unter der Oberfläche der Elektrode **104** eingeführt werden. Der Stickstoff wird in einer dünnen Schicht mit einer Dicke zwischen etwa 50 Å (10 Å = 1 nm) bis etwa 150 Å, bevorzugt zwischen etwa 70 Å und etwa 100 Å, ausgebildet. Auf diese Weise wirkt die Stickstoffschicht als eine Diffusionsbarriere ohne Verschlechterung der Leitfähigkeit zwischen Elektrode **104** und Plug **106**. Die Barriere **204** kann so positioniert und bemessen sein, daß sich die Notwendigkeit einer Diffusionsbarriere **110** erübrigt ([Fig. 2](#)), da das Diffundieren von Sauerstoff aus der leitenden Schicht **102** durch die Barriere **209** verhindert wird. Bei der Alternative kann die Barriere **110** beibehalten werden, doch stehen mehr Materialauswahlmöglichkeiten für die Diffusionsbarriere **110** zur Verfügung, da die Sauerstoffkonzentration reduziert ist. Auf diese Weise kann ein leichter zu bearbeitendes Material substituiert werden. Beispielsweise kann TiN verwendet werden.

[0030] PIII und PLAD beinhalten das Bombardieren der Elektrode **104** mit Ionen, die Energien zwischen 500 eV und etwa 10 keV aufweisen, bevorzugt zwischen etwa 1 keV und etwa 5 keV, bei Dosen zwischen etwa 1×10^{15} Atomen/cm² und etwa 1×10^{17} Atomen/cm², bevorzugt zwischen etwa 5×10^{15} Atomen/cm² und etwa 5×10^{16} Atomen/cm². Da PIII ein isotroper Prozeß ist und die dreidimensionale Dotierung beinhaltet, ist α nicht relevant. PIII Wird bei Drücken von etwa 5 mTorr bis etwa 300 mTorr, bevorzugt 20 mTorr bis etwa 100 mTorr, durchgeführt.

[0031] Nachdem bevorzugte Ausführungsformen für einen Stapelkondensator mit verbesserter Plug-Leitfähigkeit beschrieben worden sind (die veranschaulichend und nicht einschränkend sein sollen), sei angemerkt, daß der Fachmann angesichts der obigen Lehren Modifikationen und Abänderungen vornehmen kann. Es versteht sich deshalb, daß an den jeweiligen offenbarten Ausführungsformen der Erfindung Änderungen vorgenommen werden können, die innerhalb des Schutzbereichs der Erfindung liegen, wie er durch die beigefügten Ansprüche umrissen ist. Nachdem die Erfindung mit den Einzelheiten und der Partikularität beschrieben worden ist, die von den Patentgesetzen gefordert wird, ist in den beigefügten Ansprüchen das dargelegt, was bean-

sprucht wird und durch Patenturkunde geschützt werden soll.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbessern der Leitfähigkeit zwischen einer Elektrode (**104**) und einem Plug (**106**) bei einem gestapelten Kondensator, wobei die Elektrode (**104**) eine von zwei Elektroden des Kondensators ist und über das Plug (**106**) mit einem Speicherknoten in einer integrierten Schaltung verbunden ist und ein Oxid (**112** und/oder **114**) zwischen der Elektrode (**104**) und dem Plug (**106**) entstanden ist, mit den folgenden Schritten:

Bombardieren des Oxids mit Ionen und

Mischen des Oxids mit Materialien der Elektrode und des Plugs zur Erhöhung einer Leitfähigkeit zwischen Elektrode und Plug.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bombardierens den Schritt des Bombardierens durch Ionenimplantierung beinhaltet.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bombardierens den Schritt des Bombardierens des Oxids mit Germaniumionen beinhaltet.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bombardierens den Schritt des Justierens eines Winkels einfallender Ionen beinhaltet, um ein verbessertes Mischen zu ermöglichen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bombardierens den Schritt des Justierens einer Energie und Dosis einfallender Ionen beinhaltet, um ein verbessertes Mischen zu ermöglichen.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Elektrode (**104**) Platin enthält.

7. verfahren nach Anspruch 1, wobei das Plug (**106**) Polysilizium enthält.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

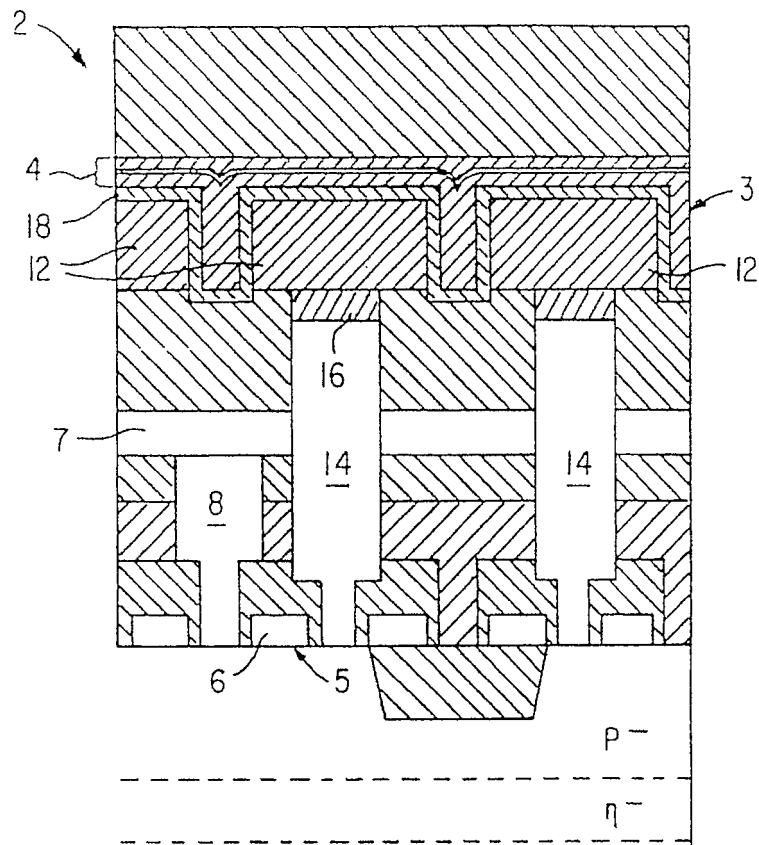


FIG. 1A

STAND DER TECHNIK

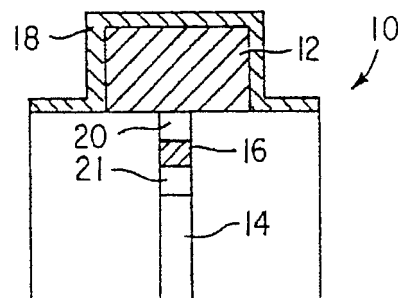


FIG. 1B

STAND DER TECHNIK

