



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 51 550 B4** 2009.10.29

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **196 51 550.5**  
 (22) Anmeldetag: **11.12.1996**  
 (43) Offenlegungstag: **19.06.1997**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **29.10.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 21/336** (2006.01)  
**H01L 21/318** (2006.01)  
**H01L 27/088** (2006.01)  
**H01L 29/78** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**7-325727 14.12.1995 JP**

(73) Patentinhaber:  
**DENSO CORPORATION, Kariya-shi, Aichi-ken, JP**

(74) Vertreter:  
**WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
 KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising**

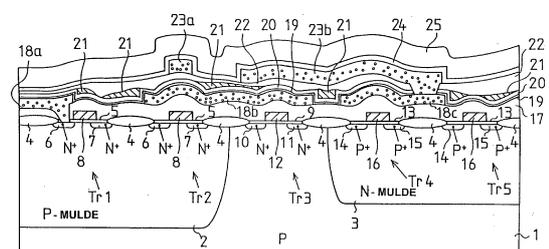
(72) Erfinder:  
**Ichikawa, Yuji, Kariya, Aichi, JP; Tanaka, Yasushi,  
 Kariya, Aichi, JP; Souki, Yasuo, Kariya, Aichi, JP;  
 Kubokoya, Ryouichi, Kariya, Aichi, JP;  
 Kuroyanagi, Akira, Kariya, Aichi, JP; Shioya,  
 Hirohito, Kariya, Aichi, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

**US 51 60 998 A**  
**US 43 65 264 A**

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung und Verfahren zu deren Herstellung**

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtung, mit:  
 einem Halbleitersubstrat (1);  
 einem Transistor (Tr1 bis Tr5), welcher einen Gate-Isolationsfilm (5, 9 und 13) besitzt, wobei der Transistor in dem Halbleitersubstrat ausgebildet ist;  
 einem ersten auf dem Halbleitersubstrat angeordneten Plasma-SiN-Film (24); und  
 einem auf dem ersten Plasma-SiN-Film aufbeschichteten zweiten Plasma-SiN-Film (25),  
 wobei der erste Plasma-SiN-Film (24) eine geringere Menge an Wasserstoff enthält als der zweite Plasma-SiN-Film (25), und der erste Plasma-SiN-Film (24) den Durchgang von Wasserstoff aus dem zweiten Plasma-SiN-Film (25) blockiert.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Halbleitervorrichtung bzw. einen IC (integrierter Schaltkreis), welcher einen Transistor mit einem Gate-Isolationsfilm enthält.

**[0002]** Als ein Passivierungsfilm oder ein Zwischenschichtisolationsfilm eines IC's wurde oft ein Siliziumnitridfilm (SiN-Film) verwendet.

**[0003]** US 5 160 998 beschreibt eine Halbleitervorrichtung mit zwei Schichten zum Beispiel aus SiN, wobei die erste Schicht eine Zugspannung und die zweite Schicht eine Druckspannung auf die betreffende Schicht ausübt. Die erste Schicht wird als Zugspannungsisolationschicht durch Plasma-CVD mit einer Ladungsfrequenz zum Beispiel 13,56 Megahertz, erzeugt, während die Druck-Spannungsisolationschicht durch Plasma-CVD mit einer Entladungsfrequenz kleiner als 2 Megahertz (zum Beispiel 200 Kilohertz) bei einem Verarbeitungstemperaturbereich von 200 bis 450°C erzeugt wird.

**[0004]** US 4 365 264 beschreibt das Verhältnis vom Wasserstoffgehalt in einem SiN-Film zu der inneren Spannung, die bei sehr geringem Wasserstoffgehalt als Zugspannung, bei höherem Wasserstoffgehalt als Druckspannung auftritt. Die beschriebene Halbleitervorrichtung enthält nur eine SiN-Schicht.

**[0005]** In einem Transistor mit einem Gate-Isolationsfilm wird ein Grenzschichtniveau eines Gate-Isolationsfilms verschoben, wenn heiße Ladungsträger in den Gate-Isolationsfilm eintreten. Als Folge davon kann eine Verschlechterung der heißen Ladungsträger stattfinden, so daß der Gate-Isolationsfilms nicht geeignet funktioniert.

**[0006]** Wenn ein Plasma-SiN-Film als zum Beispiel ein Passivierungsfilm in einem Transistor mit einem Gate-Isolationsfilm verwendet wird, tritt der darin enthaltene Wasserstoff ebenfalls in den Gate-Isolationsfilm ein und fördert die Verschlechterung der heißen Ladungsträger (The Technical Studies Reports At The Electronic Data Communication Learned Society 90-123, Seite 33, "Hot Carrier Effects" von Kenichiro TATSUUMA und anderen). Wenn als eine Gegenmaßnahme gegen das oben beschriebene Problem die Menge an Wasserstoff in einem Passivierungsfilm verringert wird, steigt die Filmspannung des Passivierungsfilms. Als Folge davon tritt das Problem auf, daß die Bildung von Al(Aluminium)-Hohlräumen und dergleichen folgt. Das Aluminium wird hier als eine Verdrahtung in einem Transistor verwendet. Wenn darüber hinaus versucht wird, eine Verringerung der Filmspannung zu erzielen, indem die Gasfließgeschwindigkeit zur Ausbildung eines Passivierungsfilms und dadurch dessen Dicke verringert wird, verschlechtert sich das Deckvermögen des Passivie-

rungsfilms insbesondere in einem gestuften Bereich. Zusätzlich wird die Menge an im Passivierungsfilm enthaltenem Wasserstoff wahrscheinlich ansteigen. Als Folge davon können Probleme im Bezug auf die Feuchtigkeitsbeständigkeit des Passivierungsfilms ebenso wie der Verschlechterung der heißen Ladungsträger auftreten. Auf diesem Wege ist es unmöglich, eine Verbesserung der Lebensdauer der heißen Ladungsträger zu erreichen, und gleichzeitig den Eigenschaften der Feuchtigkeitsbeständigkeit, einer niedrigen Filmspannung, der Gleichförmigkeit der Filmdicke, welche bei der Herstellung wichtig wird, und der Herstellbarkeit, des ursprünglichen Entwurfs, welche für einen Schutzfilm notwendig sind, in ausreichendem Maß zu genügen. Wenn ferner die Halbleitervorrichtung eine Speichervorrichtung wie ein EPROM ist, werden die Charakteristik der UV-Durchlässigkeit und die Charakteristik der Ladungserhaltung eines Floating-Gates zu wichtigen Faktoren für den Schutzfilm.

**[0007]** Wegen der oben erwähnten Gründe ist eine Halbleitervorrichtung gefordert, welche in hervorragendem Maße die Lebensdauer der heißen Ladungsträger erhöht, während die Charakteristik der UV-Durchlässigkeit und die Charakteristik der Ladungserhaltung ebenso wie die Feuchtigkeitsbeständigkeit (verbesserte Bedeckung gestufter Bereiche) und eine verringerte Filmspannung ohne eine Veränderung der Basisfilmdicke sichergestellt wird. Wenn eine derartige Halbleitervorrichtung realisiert wird, sollte ferner eine im Hinblick auf das herkömmliche Herstellungsverfahren durchgeführte Änderung der Filmbildungsbedingungen nicht zu einer Abnahme des Durchsatzes und zu einer Zunahme der Herstellungskosten führen.

**[0008]** Es ist folglich Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Halbleitervorrichtung zur Verfügung zu stellen, welche durch eine neuartige Konstruktion in hervorragendem Maße ihre Leistungsfähigkeit beibehält, und welche leicht herzustellen ist.

**[0009]** Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 10.

**[0010]** In einem Plasma-SiN-Film existiert Wasserstoff (welcher hauptsächlich von schwachen Si-H-Bindungen dissoziiert ist). Es heißt, daß im Fall einer Kurzkanal-MOS-Vorrichtung dieser Wasserstoff in die MOS-Vorrichtung eintritt, um eine Verschlechterung des Gate-Oxidfilms zu bewirken. Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Erfindung hinsichtlich der Si-H-Bindungen des Wasserstoffs, welcher in dem Plasma-SiN-Film enthalten ist, wenn dieser Film gebildet wird, ein erster Plasma-SiN-Film mit einer verringerten Anzahl an Si-H-Bindungen und ein zweiter Plasma-SiN-Film mit einer größeren Anzahl an Si-H-Bindungen als der erste Plasma-SiN-Film aufbeschichtet.

**[0011]** Folglich wird, obwohl der Wasserstoff dazu bereit steht, aus dem zweiten Plasma-SiN-Film in die Kurzkanal-MOS-Vorrichtungsebene einzudringen, dieses Eindringen des Wasserstoffs durch den ersten Plasma-SiN-Film mit einer verringerten Menge an Si-H-Bindungen blockiert (oder der Wasserstoff wird eingefangen). (Als Grund wird angenommen, daß sich der Wasserstoff von innerhalb des zweiten Plasma-SiN-Films mit den nichtpaarigen Bindungen des Siliciums im ersten Plasma-SiN-Film mit einer verringerten Menge an Si-N-Bindungen verbindet und dadurch am Übergang in die Kurzkanal-MOS-Vorrichtung gehindert wird). Dies verhindert negative Auswirkungen auf die Kurzkanal-MOS-Vorrichtung (insbesondere wird die Verschlechterung des Gate-Oxidfilms verhindert). Als Ergebnis davon ist diese Struktur hervorragend im Bezug auf die Verlängerung der Lebensdauer der heißen Ladungsträger.

**[0012]** Durch das nachfolgende Verfahren kann auch leicht ein Plasma-SiN-Film einer wie oben beschriebenen Vielschichtstruktur gebildet werden. Zuerst werden ein Ammoniakgas und ein Gas aus der Verbindungsgruppe der Silane zugeführt, während die Fließgeschwindigkeit von mindestens einem von ihnen erhöht wird, um dadurch einen Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt (erster Plasma-SiN-Film) auszubilden. Anschließend wird jedes der beiden Gase mit einer festen Fließgeschwindigkeit zugeführt, um dadurch auf dem Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt einen Plasma-SiN-Film (zweiter Plasma-SiN-Film) auszubilden, dessen Gehalt an Wasserstoff höher ist als der des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt.

**[0013]** Wenn vor dem Fließenlassen des Gases aus der Verbindungsgruppe der Silane, in einem Zustand, in welchem man Stickstoffgas fließen läßt, die Spannung einer Stromquelle angelegt wird, um dadurch mittels eines Plasmas auf der Oberfläche einer darunter liegenden Schicht, auf welcher der Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt abgedichtet wird, eine Rauheitsbearbeitung der Oberfläche durchzuführen und anschließend damit begonnen wird, den Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt darauf auszubilden, kann der Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt fest darauf haften.

**[0014]** Wenn ferner beim Ausbilden des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt ein Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt hauptsächlich aus Stickstoffgas und einem Gas der Verbindungsgruppe der Silane gebildet wird, ist es möglich, die Si-N-Bindung im Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt zu festigen. Wenn ferner nach dem Ausbilden des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt die Menge an zugeführtem Stickstoffgas verringert wird und andererseits die

Menge an zugeführtem Ammoniakgas erhöht wird, um dadurch einen Plasma-SiN-Film mit hohem Wasserstoffgehalt hauptsächlich aus Ammoniakgas und einem Gas der Verbindungsgruppe der Silane zu bilden, ist es möglich, eine Abnahme der Filmspannung und eine Verbesserung der Gleichförmigkeit in der Ebene im Hinblick auf den Plasma-SiN-Film mit hohem Wasserstoffgehalt zu erreichen.

**[0015]** Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aufgrund der Beschreibung von Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen.

**[0016]** Es zeigt:

**[0017]** [Fig. 1](#) eine vertikale Schnittansicht, welche eine Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

**[0018]** [Fig. 2](#) eine Schnittansicht, welche einen ersten Schritt eines Verfahrens zur Herstellung der Halbleitervorrichtung veranschaulicht;

**[0019]** [Fig. 3](#) eine Schnittansicht, welche einen zweiten Schritt des Verfahrens zur Herstellung der Halbleitervorrichtung veranschaulicht;

**[0020]** [Fig. 4](#) eine Schnittansicht, welche einen dritten Schritt des Verfahrens zur Herstellung der Halbleitervorrichtung veranschaulicht;

**[0021]** [Fig. 5](#) eine Schnittansicht, welche einen vierten Schritt des Verfahrens zur Herstellung der Halbleitervorrichtung veranschaulicht;

**[0022]** [Fig. 6](#) eine Schnittansicht, welche einen fünften Schritt des Verfahrens zur Herstellung der Halbleitervorrichtung veranschaulicht;

**[0023]** [Fig. 7](#) ein Diagramm, welches die entsprechenden Zustände der Gaszuführung, des Drucks und der RF-Leistung veranschaulicht, wenn der Plasma-SiN-Film nach einem Plasma-CVD-Verfahren hergestellt wird;

**[0024]** [Fig. 8](#) ein Diagramm, welches die entsprechenden Zustände der Gaszuführung, des Drucks und der RF-Leistung veranschaulicht, wenn der zu vergleichende Plasma-SiN-Film nach dem Plasma-CVD-Verfahren hergestellt wird;

**[0025]** [Fig. 9](#) ein graphisches Diagramm, welches die in Bezug auf die Menge an Si-H-Bindungen in dem Plasma-SiN-Film gemessene Lebensdauer der Vorrichtung veranschaulicht;

**[0026]** [Fig. 10](#) ein graphisches Diagramm, welches den Zeitraum veranschaulicht, während dem sich ein

MOS-Transistor verschlechtert;

Erste Ausführungsform

[0027] [Fig. 11](#) ein graphisches Diagramm, welches die Beziehung zwischen  $V_G$  und  $I_{sub}$  veranschaulicht, welches dazu verwendet wird, um den Maximalwert  $I_{submax}$  des Substratstroms zu veranschaulichen;

[0028] [Fig. 12](#) ein Diagramm, welches die entsprechenden Zustände der Gaszuführung, des Drucks und der RF-Leistung veranschaulicht, wenn der Plasma-SiN-Film nach dem Plasma-CVD-Verfahren hergestellt wird;

[0029] [Fig. 13](#) ein Diagramm, welches die entsprechenden Zustände der Gaszuführung, des Drucks und der RF-Leistung veranschaulicht, wenn der Plasma-SiN-Film nach dem Plasma CVD-Verfahren hergestellt wird;

[0030] [Fig. 14](#) ein Diagramm, welches die entsprechenden Zustände der Gaszuführung, des Drucks und der RF-Leistung veranschaulicht, wenn der Plasma-SiN-Film nach dem Plasma-CVD-Verfahren hergestellt wird;

[0031] [Fig. 15](#) ein Diagramm, welches die entsprechenden Zustände der Gaszuführung, des Drucks und der RF-Leistung veranschaulicht, wenn der Plasma-SiN-Film nach dem Plasma-CVD-Verfahren hergestellt wird;

[0032] [Fig. 16](#) eine Schnittansicht, welche einen Zustand der Bildung des Plasma-SiN-Films veranschaulicht;

[0033] [Fig. 17](#) ein Diagramm, welches die entsprechenden Zustände der Gaszuführung, des Drucks und der RF-Leistung veranschaulicht, wenn der Plasma-SiN-Film nach dem Plasma-CVD-Verfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt wird;

[0034] [Fig. 18](#) ein Diagramm, welches die entsprechenden Zustände der Gaszuführung, des Drucks und der RF-Leistung veranschaulicht, wenn der Plasma-SiN-Film nach dem Plasma-CVD-Verfahren hergestellt wird;

[0035] [Fig. 19](#) eine Schnittansicht, welche einen Hauptbereich einer Halbleitervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht; und

[0036] [Fig. 20](#) eine Schnittansicht, welche einen Hauptbereich einer Halbleitervorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

[0037] Unter Bezug auf die Zeichnungen wird nun eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert.

[0038] [Fig. 1](#) ist eine vertikale Schnittansicht, welche eine Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht. Diese Vorrichtung verkörpert einen IC (integrierter Schaltkreis) für die Verwendung in einem Kraftfahrzeug und enthält einen MOS-Transistor.

[0039] Die Einsatzumgebung (insbesondere die Temperaturumgebung) für einen Kraftfahrzeug-IC ist rauh. Folglich ist die geforderte Leistungscharakteristik derart, daß beim Durchführen einer Wechselrichter- bzw. Inverter-Operation bei einer Frequenz von 20 MHz, bei einer angelegten Spannung  $V_d$  von  $-5,5$  V und einem Arbeitsverhältnis von 50% der Zeitpunkt, bei welchem die Arbeitsgeschwindigkeit des MOS-Transistors um 10% abnimmt, dem Wert von 1,7 Jahren genügt, welcher für eine Belastungsgleichspannung  $V_d = 5,5$  V abgeschätzt wird, unter der Annahme eines Garantiezeitraums für ein Kraftfahrzeug von 19 Jahren (so daß der Kraftfahrzeug-IC seinen regelmäßigen Gebrauch während eines Zeitraums von 19 Jahren übersteht).

[0040] Es sei angemerkt, daß die Konstruktion dieser Halbleitervorrichtung für EPROM oder EEPROM (einschließlich einem Flash Memory) verwendet werden kann.

[0041] Ein Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ dient als ein Halbleitersubstrat. In dem Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ wird ein P-Mulden-Bereich **2** und ein N-Mulden-Bereich **3** ausgebildet. In einem Oberflächenbereich des P-Mulden-Bereichs **2** in dem Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ werden ein N-Kanal-MOS-Transistor Tr1 und ein N-Kanal-MOS-Transistor Tr2 ausgebildet. In einem Oberflächenbereich des Siliciumsubstrats **1** vom P-Typ wird ebenfalls ein N-Kanal-MOS-Transistor Tr3 ausgebildet. Ferner werden in einem Oberflächenbereich des N-Mulden-Bereichs **3** im Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ ein P-Kanal-MOS-Transistor Tr4 und ein P-Kanal-MOS-Transistor Tr5 ausgebildet.

[0042] Zur Erläuterung einer ausführlichen Konstruktion der MOS-Transistoren Tr1 bis Tr5 werden Feld-Oxidfilme **4** (LOCOS-Oxidfilme) auf dem Oberflächenbereich des Siliciumsubstrats **1** vom P-Typ ausgebildet. In dem Bereich, in welchem die N-Kanal-MOS-Transistoren Tr1 und Tr2 ausgebildet sind, bildet der Oberflächenbereich des Siliciumsubstrats **1** vom P-Typ darauf Gate-Oxidfilme **5**, auf welchen Polysilicium-Gate-Elektroden **8** ausgebildet werden. In den Bereichen des P-Mulden-Bereichs **2**, welche sich unterhalb der Polysilicium-Gate-Elektroden **8**

befinden, werden N<sup>+</sup>-Quellenbereiche **6** und N<sup>+</sup>-Senkenbereiche **7** ausgebildet.

**[0043]** In dem Bereich, in welchem der N-Kanal-MOS-Transistor Tr3 ausgebildet ist, bildet der Oberflächenbereich des Siliciumsubstrats **1** vom P-Typ darauf einen Gate-Oxidfilm **9**, auf welchem eine Polysilicium-Gate-Elektrode **12** ausgebildet wird. Der Bereich des Siliciumsubstrats **1** vom P-Typ, welcher sich unterhalb der Polysilicium-Gate-Elektrode **12** befindet, bildet darin einen N<sup>+</sup>-Quellenbereich **10** und einen N<sup>+</sup>-Senkenbereich **11** aus.

**[0044]** In dem Bereich, in welchem die P-Kanal-MOS-Transistoren Tr4 und Tr5 ausgebildet sind, bildet der Oberflächenbereich des Siliciumsubstrats **1** vom P-Typ darauf Gate-Oxidfilme **13**, auf welchen Polysilicium-Gate-Elektroden **16** ausgebildet werden. Die Bereiche des N-Mulden-Bereichs **3**, welche sich unterhalb der Polysilicium-Gate-Elektroden **16** befinden, bilden darin P<sup>+</sup>-Quellenbereiche **14** und P<sup>+</sup>-Senkenbereiche **15**. Hierbei beträgt die Dicke eines jeden der Gate-Oxidfilme **5**, **9** und **13** ungefähr 200 Å.

**[0045]** Über dem Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ mit den MOS-Transistoren Tr1 bis Tr5 ist ein BPSG-Film **17** ausgebildet, über welchem erste Aluminiumverdrahtungsschichten **18a**, **18b** und **18c** ausgebildet sind. Die erste Verdrahtungsschicht **18a** und der N<sup>+</sup>-Quellenbereich **6** des N-Kanal-MOS-Transistors Tr1 sind durch ein Kontaktloch miteinander elektrisch verbunden. Über dem BPSG-Film **17** und den Oberflächen der ersten Aluminiumverdrahtungsschicht **18a**, **18b** und **18c** wird ein Plasma-SiN-Film **19** mit einer Dicke von 1000 Å ausgebildet. Über dem Plasma-SiN-Film **19** wird ein TEOS-(Tetraethylorthosilikat)-Film **20** ausgebildet, welcher als ein erster Zwischenschichtisolationfilm dient. In spezifischen Bereichen des TEOS-Films **20** sind SOG-(Spin On Glass)-Filme **21** ausgebildet, um dessen Oberfläche zu glätten.

**[0046]** Über dem TEOS-Film **20** und den Oberflächen der SOG-Filme **21** wird ein TEOS-Film **22** ausgebildet, welcher als ein zweiter Zwischenschichtisolationfilm dient. Über dem TEOS-Film **22** werden zweite Aluminiumverdrahtungsschichten (Mehrlagenverdrahtung) **23a** und **23b** ausgebildet. Die zweite Aluminiumverdrahtungsschicht **23b** und die erste Aluminiumverdrahtungsschicht **18c** sind über ein Kontaktloch miteinander elektrisch verbunden. Unter Verwendung einer mehrlagigen Aluminiumverdrahtung (zweite Aluminiumverdrahtungsschichten **23a** und **23b** und erste Aluminiumverdrahtungsschichten **18a**, **18b** und **18c**, usw.) werden die Spannung einer Energiequelle und eine Erdungsspannung an die MOS-Transistoren Tr1 bis Tr5, welche in dem Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ ausgebildet sind, angelegt.

**[0047]** Über dem TEOS-Film **22** und den Oberflä-

chen der zweiten Aluminiumverdrahtungsschichten **23a** und **23b** wird ein Plasma-SiN-Film **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt ausgebildet, über welchem ein Plasma-SiN-Film **25** mit einem hohen Wasserstoffgehalt ausgebildet wird. Der Plasma-SiN-Film **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt enthält weniger Wasserstoff als der Plasma-SiN-Film **25** mit einem hohen Wasserstoffgehalt. Im Einzelnen beträgt die Menge an Si-H-Bindungen im Plasma-SiN-Film **25** mit hohem Wasserstoffgehalt  $8 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ , und auf der anderen Seite beträgt der Gehalt an Si-H-Bindungen im SiN-Film **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt  $6 \times 10^{21}/\text{cm}^3$  oder weniger. Die Gesamtdicke der Plasma-SiN-Filme **24** und **25** beträgt ungefähr 16 000 Å. Die Dicke des Plasma-SiN-Films **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt beträgt ungefähr 500 Å.

**[0048]** Hierbei hat der Plasma-SiN-Film **25** mit einem hohen Wasserstoffgehalt eine geringe Filmspannung und dadurch eine gute Bedeckungscharakteristik für Stufen (das Vermögen einen gestuften Bereich abzudecken). Der Plasma-SiN-Film **25** mit einem hohen Wasserstoffgehalt enthält jedoch in sich viel Wasserstoff. Der Wasserstoff wird zu einem Faktor, welcher eine Verschlechterung der heißen Ladungsträger in den MOS-Transistoren Tr1 bis Tr5, welche in dem Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ ausgebildet sind, verursacht. Der Plasma-SiN-Film **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt besitzt die Eigenschaft, den Durchgang von Wasserstoff zu verhindern.

**[0049]** Während der Wasserstoff dazu bereit steht, von innerhalb des Plasma-SiN-Films **25** mit einem hohen Wasserstoffgehalt, welcher als ein Passivierungsfilm verwendet wird, einzudringen, ermöglicht es die Verwendung der Plasma-SiN-Filme **24** und **25** mit solch einer Zweischichtstruktur den Wasserstoff durch den Plasma-SiN-Film **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt, welcher eine verringerte Menge an Si-H-Bindungen besitzt, abzublocken (einzufangen). Man nimmt an, daß dieses Phänomen dadurch stattfindet, daß sich der Wasserstoff, welcher von innerhalb des Plasma-SiN-Films **25** mit einem hohen Wasserstoffgehalt nach außen getreten ist, mit den nichtpaarigen Bindungen des Siliciums im Plasma-SiN-Film **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt verbindet. Als Folge davon wird der Wasserstoff am Übergehen auf die Seite der MOS-Transistoren Tr1 bis Tr5 gehindert.

**[0050]** Als nächstes wird das Verfahren zur Herstellung des oben konstruierten IC's für ein Kraftfahrzeug unter Bezug auf die [Fig. 2](#) bis [Fig. 6](#) erläutert.

**[0051]** Wie in [Fig. 2](#) veranschaulicht, wird ein Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ hergestellt. Dann werden darin der P-Mulden-Bereich **2** und der N-Mulden-Bereich **3** ausgebildet. Unter Verwendung eines LO-

COS-Oxidationsverfahrens werden an dem Oberflächenbereich des Siliciumsubstrats **1** vom P-Typ Feld-Oxidfilme **4** und Gate-Oxidfilme **5**, **9** und **13** ausgebildet.

**[0052]** Anschließend werden wie in [Fig. 3](#) veranschaulicht Polysilicium-Gate-Elektroden **8**, **12** und **16** auf den Gate-Oxidfilmen **5**, **9** und **13** ausgebildet. Ferner werden wie in [Fig. 4](#) veranschaulicht Quellenbereich **6**, **10** und **14** und Senkenbereiche **7**, **11** und **15** durch ein Ionenimplantationsverfahren ausgebildet.

**[0053]** Dann werden wie in [Fig. 5](#) veranschaulicht über dem Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ nacheinander ein BPSG-Film **17**, erste Aluminiumverdrahtungsschichten **18a**, **18b** und **18c**, ein Plasma-SiN-Film **19**, ein TEOS-Film **20**, ein SOG-Film **21**, ein TEOS-Film **22** und zweite Aluminiumverdrahtungsschichten **23a** und **23b** ausgebildet.

**[0054]** Anschließend wird wie in [Fig. 6](#) veranschaulicht unter Verwendung eines Plasma-CVD-Verfahrens ein Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt ausgebildet. Wie in [Fig. 1](#) veranschaulicht wird des weiteren darauf ein Plasma-SiN-Film **25** mit einem hohen Wasserstoffgehalt ausgebildet. Anschließend werden spezielle Bereiche der Plasma-SiN-Filme **24** und **25** geätzt und dadurch geöffnet, um Aluminiumkontaktstellen bereitzustellen.

**[0055]** Es wird nun das Verfahren des Aufbeschichtens eines Plasma-SiN-Films **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt und eines Plasma-SiN-Films **25** mit einem hohen Wasserstoffgehalt ausführlich erläutert.

**[0056]** In dieser Ausführungsform wird als eine Plasma-CVD-Vorrichtung die von Nippon A·S·M Co. Ltd. hergestellte EAGLE-10 verwendet. Diese Vorrichtung ist eine Einzellagen-Plasma-CVD-Vorrichtung.

**[0057]** In [Fig. 7](#) werden die entsprechenden Zustände der Zuführung der RF-Leistung, der Änderung im Druck, der Zuführung von Stickstoffgas ( $N_2$ ) und Ammoniakgas ( $NH_3$ ) und der Zuführung von Silangas ( $SiH_4$ ) veranschaulicht, wenn diese Plasma-CVD-Vorrichtung betrieben wird.

**[0058]** In [Fig. 7](#) werden als erstes der Vorgang der Druckreduzierung und die Zuführung von Stickstoffgas ( $N_2$ ) und Ammoniakgas ( $NH_3$ ) gleichzeitig gestartet. Zum Erhalt eines Zielwertes des Vakuums (4,3 Torr) wird als Zeitraum der Druckverringerung ein Zeitraum von 15 Sekunden benötigt. Stickstoffgas ( $N_2$ ) und Ammoniakgas ( $NH_3$ ) können ebenfalls nach 10 Sekunden die entsprechenden Zielfließgeschwindigkeiten ( $N_2$ : 1200 sccm,  $NH_3$ : 1800 sccm) erreichen. Wenn der Zielwert des Vakuums und die Ziel-

gasfließgeschwindigkeiten erreicht worden sind, wird zwischen einer unteren Elektrode und einer oberen Elektrode (Hochspannung bzw. High 485 W und Niederspannung bzw. Low 215 W) die hochfrequente Spannung einer Energiequelle (RF-Leistung) angelegt. Fünf Sekunden nach dem Einschalten wird die Zuführung von Silangas ( $SiH_4$ ) gestartet. Zu diesem Zeitpunkt beginnt die Filmbildung. Die Zuführung von Silangas ( $SiH_4$ ) wird während 5 Sekunden linear erhöht. Während dieses Zeitraums von 5 Sekunden wird ein wie in [Fig. 1](#) aufgezeigter Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt ausgebildet. Nachdem die Fließgeschwindigkeit von Silangas ( $SiH_4$ ) einen vorherbestimmten Wert (150 sccm) erreicht hat, wird dessen Zuführung bei einer festen Fließgeschwindigkeit fortgeführt. Als Folge davon wird ein Plasma-SiN-Film **25** aus [Fig. 1](#) mit einem hohen Wasserstoffgehalt gebildet.

**[0059]** Das Verfahren gemäß der ersten Ausführungsform, welches in [Fig. 7](#) veranschaulicht ist, wird nun im Vergleich mit dem in [Fig. 8](#) veranschaulichten, welches verwendet wird, wenn ein gewöhnlicher einlagiger Plasma-SiN-Film gebildet wird, erläutert. Bei der Ausbildung des in [Fig. 8](#) veranschaulichten einlagigen Films werden der Vorgang der Druckreduzierung und die Zuführung von Stickstoffgas ( $N_2$ ) und Ammoniakgas ( $NH_3$ ) gleichzeitig gestartet. Wenn der Zielwert des Vakuums und die Zuführung von Stickstoffgas und Ammoniakgas bei den entsprechenden festen Fließgeschwindigkeiten erreicht worden sind, wird die Zuführung von Silangas gestartet. Nachdem das Silangas mit einer festen Fließgeschwindigkeit zugeführt worden ist, wird die RF-Leistung eingeschaltet, um die Filmbildung zu starten. Der Film wird fortlaufend abgeschieden bis seine Dicke eine vorherbestimmte Dicke erreicht hat.

**[0060]** Wie aus dem Vergleich zwischen den Ansichten der [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) deutlich wird, sind aufgrund der Veränderung des Zeitpunkts, an dem die Zuführung von Silangas ansteigt, der Plasma-SiN-Film, welcher im Anfangsstadium der Filmbildung gebildet wird, und der Plasma-SiN-Film, welcher gebildet wird, wenn Silangas stetig zugeführt wird, im Hinblick auf die Eigenschaften voneinander verschieden. In dem in [Fig. 7](#) veranschaulichten Fall bedeutet dies, daß der Zeitpunkt des Einschaltens der RF-Leistung vor den Zeitpunkt des Beginns der Zuführung von Silangas ( $SiH_4$ ) gesetzt wird. Bei der Zuführung von Silangas, wobei dessen Fließgeschwindigkeit erhöht wird, und da der Druck auf 4,3 Torr reduziert wurde und eine Entladung durch die RF-Leistung durchgeführt werden kann, wird es möglich, einen Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt auszubilden.

**[0061]** [Fig. 9](#) veranschaulicht den Verschlechtszeitraum eines MOS-Transistors, gemessen unter Bezug auf die Menge an Si-H-Bindungen im

Plasma-SiN-Film. In [Fig. 9](#) wird auf der Abszisse die Menge an Si-H-Bindungen aufgetragen, und die Zeit Gm 10%, bei welcher die Charakteristik des MOS-Transistors um 10% abnimmt, wurde auf der Ordinate aufgetragen. Die Betriebsspannung wird auf 5,5 Volt eingestellt. Als eine Probe wird ebenfalls ein N-Kanal-MOS-Transistor verwendet, welcher so aufgebaut ist, daß  $W$  (Gate-Breite)/ $L$  (Gate-Länge) = 25,0/1,0.

**[0062]** Aus der Beziehung zwischen der Menge der Si-H-Bindungen und dem Verschlechterungszeitraum des MOS-Transistors in [Fig. 9](#) ist ersichtlich, daß es notwendig ist, daß die Menge an Si-H-Bindungen in einem Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt  $6 \times 10^{21}/\text{cm}^3$  oder weniger beträgt, um eine kontinuierliche Benutzung während 1,7 Jahren zu überstehen.

**[0063]** [Fig. 10](#) veranschaulicht den gemessenen Verschlechterungszeitraum, während dem die Charakteristiken des MOS-Transistors sowohl im Fall dieser Ausführungsform (der zweilagige Plasma-SiN-Film) als auch im Fall des Vergleichsbeispiels (der einlagige Plasma-SiN-Film) um 10% abnehmen. In [Fig. 10](#) wird der Maximalwert  $I_{\text{submax}}/W$  des Senkenstroms pro Einheit der Gatterbreite in einem MOS-Transistor auf der Abszisse aufgetragen, und die Zeit Gm 10% wird auf der Ordinate aufgetragen. Als Proben werden ebenfalls N-Kanal-MOS-Transistoren verwendet, welche so aufgebaut sind, daß  $W/L = 25,0/1,0$ . Hierbei stellt  $I_{\text{submax}}$  einen Maximalwert eines Substratstroms dar. Wie in [Fig. 11](#) veranschaulicht, ist der Maximalwert  $I_{\text{submax}}$  des Substratstroms ein Wert  $I_{\text{sub}}$  des Substratstroms, welcher einem Maximalwert des Substratstroms in der Beziehung zwischen einer Gate-Spannung  $V_G$  und dem Substratstrom  $I_{\text{sub}}$  entspricht.

**[0064]** Aus [Fig. 10](#) wird deutlich, die Verwendung des einlagigen Plasma-SiN-Films, welcher ein herkömmliches Produkt darstellt, könnte bei einer Einstellung der Betriebsspannung auf 5,5 Volt nicht die Erfordernisse einer kontinuierlichen Verwendung während 1,7 Jahren erfüllen. Wie in [Fig. 10](#) veranschaulicht könnte jedoch die Verwendung des zweilagigen Plasma-SiN-Films gemäß der Vorrichtung der ersten Ausführungsform denselben Erfordernissen genügen.

**[0065]** Wie oben erwähnt besitzt die vorliegende Ausführungsform die folgenden beiden charakterisierenden Eigenschaften (a) und (b):

(a) Der Plasma-SiN-Film, welcher als ein Passivierungsfilm (Oberflächenschutzfilm) wirkt, wird in einer zweilagigen Struktur ausgebildet. Die untere Schicht wird als der Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt ausgebildet, welcher hinsichtlich des Gehalts an Wasserstoff geringer ist als der Plasma-SiN-Film der oberen Schicht. Als

Folge davon ist es möglich, den Wasserstoff im Plasma-SiN-Film der oberen Schicht daran zu hindern, in die MOS-Transistorseite einzudringen. Folglich ist die Lebensdauer der heißen Ladungsträger gesichert, das heißt, der Verschlechterungszeitraum des MOS-Transistors ist sicherlich lange genug.

(b) Als das Verfahren zur Herstellung des Plasma-SiN-Films mit einer Zweischichtstruktur mit dem Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt und dem Plasma-SiN-Film mit hohem Wasserstoffgehalt wurden die beiden folgenden Verfahrensarten angewendet. In einem Zustand, in dem das Ammoniakgas mit einer festen Fließgeschwindigkeit zugeführt wird, wird nämlich die Zuführung des Gases aus der Verbindungsgruppe der Silane so durchgeführt, daß dessen Fließgeschwindigkeit erhöht wird. Als Folge davon wird ein Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt ausgebildet. Bei der anderen Verfahrensart wird die Zuführung von Ammoniakgas und dem Gas aus der Verbindungsgruppe der Silane bei einer festen Fließgeschwindigkeit durchgeführt. Aufgrund der Zuführung wird auf einem Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt ein Plasma-SiN-Film **25** mit hohem Wasserstoffgehalt, dessen Wasserstoffgehalt höher ist als der des Plasma-SiN-Films **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt, ausgebildet. Folglich kann durch die kontinuierliche Verwendung derselben Vorrichtung der Plasma-SiN-Film mit Zweischichtstruktur, welcher als der Passivierungsfilm wirkt, ausgebildet werden.

**[0066]** Als nächstes werden Modifikationen der ersten Ausführungsform erläutert.

**[0067]** In [Fig. 7](#) wird die Fließgeschwindigkeit, bei welchem Silangas ( $\text{SiH}_4$ ) zugeführt wird, linear erhöht. Wie in [Fig. 12](#) veranschaulicht, kann jedoch bei der Zuführung von Silangas dessen Fließgeschwindigkeit nicht linear sondern krummlinig erhöht werden (in [Fig. 12](#) sind durch eine Strichpunktlinie und eine durchgezogene Linie zwei Beispiele veranschaulicht).

**[0068]** Oder wie in [Fig. 13](#) veranschaulicht kann bei der Zuführung des Silangases dessen Fließgeschwindigkeit in Form einer Treppe (stufenweise) erhöht werden (in [Fig. 13](#) zeigt eine durchgezogene Linie eine dreistufige Arbeitsweise bei der Erhöhung des Silangases, und eine Strichpunktlinie zeigt eine zweistufige Arbeitsweise).

**[0069]** Oder wie in [Fig. 14](#) veranschaulicht kann bei der Zuführung des Silangases dessen Fließgeschwindigkeit auf eine Weise erhöht werden, daß sie für bestimmte Zeiträume erniedrigt wird.

**[0070]** Oder wie in [Fig. 15](#) veranschaulicht kann

nach dem Einschalten der Hochfrequenzenergiequelle die Fließgeschwindigkeit des Silangases während eines Zeitraums erhöht werden, in welchem die Fließgeschwindigkeiten von Stickstoffgas ( $N_2$ ) und Ammoniakgas ( $NH_3$ ) erhöht werden, um dadurch einen Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt auszubilden.

#### Zweite Ausführungsform

**[0071]** Als nächstes wird eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert werden, wobei ein Augenmerk auf den Unterschied zur ersten Ausführungsform gerichtet wird.

**[0072]** Bei dem Herstellungsverfahren gemäß der ersten Ausführungsform wird nach dem Ausbilden des Plasma-SiN-Films **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt und des Plasma-SiN-Films **25** mit hohem Wasserstoffgehalt ein Ätzen der Plasma-SiN-Filme **24** und **25** durchgeführt, um so die Aluminiumkontaktstellenbereiche zu öffnen. Wie in [Fig. 16](#) veranschaulicht wird jedoch zu diesem Zeitpunkt der Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt auf der Aluminiumverdrahtung **23b** leicht von diesem abgelöst. Da die Ätzlösung in diesem Bereich der mangelhaften Haftung eindringt, ist es schwierig einen Öffnungsbereich einer gewünschten Konfiguration zu erhalten. Das heißt, beim Vergleich der Ätzgeschwindigkeit eines Plasma-SiN-Films, welcher eine große Menge an Wasserstoff enthält, mit der eines Plasma-SiN-Films, welcher eine geringe Menge an Wasserstoff enthält, ist die Ätzgeschwindigkeit des letzteren Plasma-SiN-Films höher. Im Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt, welcher in Kontakt mit der Aluminiumverdrahtung **23b** ist, welche als die darunterliegende Schicht wirkt, tritt daher die Ätzlösung schnell aus dem Bereich mangelhafter Haftung ein, mit dem Ergebnis, daß unangenehmerweise ein Seitwärtsätzen stattfindet.

**[0073]** Wie in [Fig. 17](#) veranschaulicht wird aus diesem Grund in der zweiten Ausführungsform vor dem Fließenlassen des Silangases ( $SiH_4$ ) die RF-Leistung (hochfrequente Spannung einer Energiequelle) in einem Zustand angewendet, in welchem Stickstoffgas ( $N_2$ ) fließt. Als Folge davon wird im Hinblick auf die Oberfläche der Aluminiumverdrahtung **23b** ein Plasma-Oberflächenaufräuhungsverfahren durchgeführt. Anschließend wird die Filmbildung des Plasma-SiN-Films **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt gestartet.

**[0074]** Im Einzelnen wird zuerst damit begonnen Stickstoffgas ( $N_2$ ) und Ammoniakgas ( $NH_3$ ) gleichzeitig zuzuführen. Nach 5 Sekunden sind deren Fließgeschwindigkeiten auf vorherbestimmte Werte ( $N_2$ : 2900 sccm,  $NH_3$ : 300 sccm) eingestellt. Nach weiteren 5 Sekunden wird während 10 Sekunden die RF-Leistung eingeschaltet. Durch dieses Vorplasma-

bearbeiten geht Stickstoffgas ( $N_2$ ) in ein Plasma über. Als Folge davon wird die Oberfläche der Aluminiumverdrahtung **23b**, welche die darunter liegende Schicht des Plasma-SiN-Films **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt bildet, mittels des Plasma geklopft, um darauf Unregelmäßigkeiten auszubilden.

**[0075]** 20 Sekunden nach dem Ende der Vorplasmabearbeitung wird die RF-Leistung angewendet (Hochspannung bzw. High 485 W und Niederspannung bzw. Low 215 W). 3 Sekunden nach dem Einschalten der RF-Leistung wird die Zuführung von Silangas ( $SiH_4$ ) gestartet, und dadurch wird die Filmbildung gestartet. Und durch die Erhöhung der Fließgeschwindigkeit der Silangaszuführung ( $SiH_4$ ) wird der Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt gebildet. 5 Sekunden nach dem Beginn der Zuführung von Silangas wird die Fließgeschwindigkeit des Silangases ( $SiH_4$ ) auf einem vorherbestimmten Wert (150 sccm) eingestellt. Anschließend wird nach weiteren 5 Sekunden die Fließgeschwindigkeit von Stickstoffgas ( $N_2$ ) verringert und die Fließgeschwindigkeit von Ammoniakgas ( $NH_3$ ) wird erhöht. 5 Sekunden nach den Änderungen der Fließgeschwindigkeiten von Stickstoffgas und Ammoniakgas wird die Fließgeschwindigkeit des Stickstoffgases ( $N_2$ ) und die Fließgeschwindigkeit des Ammoniakgases ( $NH_3$ ) auf 1200 sccm bzw. 1800 sccm eingestellt. In diesem Zustand wird ein Plasma-SiN-Film **25** mit hohem Wasserstoffgehalt auf den Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt aufbeschichtet.

**[0076]** In [Fig. 17](#) ist hierbei der Grund für die Zuführung einer großen Menge an Stickstoff bei der Ausbildung eines Plasma-SiN-Films **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt, d. h. wenn Silangas ansteigt (seine Fließgeschwindigkeit wird stufenweise erhöht), die Festigung der Bindung von Si und N. Beim Vergleich der Herstellung des SiN-Films aus Stickstoff in Ammoniakgas mit der Herstellung des SiN-Films aus Stickstoff in Stickstoffgas bedeutet dies, daß die Bindung von Si und N in dem SiN-Film, welcher aus Stickstoff in Stickstoffgas gebildet wurde, stärker ist als die im Plasma-SiN-Film, welcher aus Stickstoff in Ammoniakgas gebildet wurde. Wenn jedoch der SiN-Film aus Stickstoff in Stickstoffgas gebildet wurde, besitzt dieser Film eine erhöhte Filmspannung oder besitzt eine verschlechterte Gleichförmigkeit innerhalb der Ebene. Wenn die Zuführung von Silangas stabilisiert wurde, wurde daher die Fließgeschwindigkeit von Stickstoffgas verringert und die Fließgeschwindigkeit von Ammoniakgas erhöht, um dadurch einen Plasma-SiN-Film **25** mit hohem Wasserstoffgehalt zu erhalten, welcher eine geringe Filmspannung und eine ausgezeichnete Gleichförmigkeit in der Ebene besitzt.

**[0077]** Es sei hierbei angemerkt, daß das Stickstoffgas im Plasma-CVD-Verfahren ursprünglich als Trägergas fungiert.

**[0078]** Wie oben erwähnt besitzt die vorliegende Ausführungsform die folgenden beiden charakterisierenden Eigenschaften (a) und (b):

(a) Vor dem Fließenlassen des Gases aus der Verbindungsgruppe der Silane wird die Spannung einer Energiequelle in einem Zustand angelegt, in welchem Stickstoffgas zugeführt wird. Hinsichtlich der Oberfläche der darunterliegenden Schicht wird folglich eine Plasma-Oberflächenaufräuhungsbearbeitung durchgeführt. Da die Filmbildung danach gestartet wird, wird auf der aufgerauhten Oberfläche der darunter liegenden Schicht ein Plasma-SiN-Film **24** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt ausgebildet. Der Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt kann daher fest auf diese darunterliegende Schicht gehaftet werden. Das heißt, die Oberfläche der Al-(Aluminium)-Schicht, welche als die darunter liegende Schicht fungiert, wird durch das Plasma geklopft und dadurch in einen unregelmäßigen Zustand gebracht. Als Folge davon wird die Haftung zwischen dem Plasma-SiN-Film **24**, welcher eine geringe Menge an Wasserstoff enthält, und der Aluminiumverdrahtung **23b** verstärkt.

Aufgrund der Durchführung der Vorplasmabearbeitung steigt ebenfalls die Temperatur des Substrates. Als Folge davon erreicht die Substrattemperatur ungefähr die Temperatur des Plasma-SiN-Films **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt, welche sich einstellt, wenn der Plasma-SiN-Film **24** gebildet wird, wodurch die Haftung verstärkt wird.

(b) Bei der Ausbildung eines Plasma-SiN-Films **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt wird eine große Menge an Stickstoffgas zugeführt, um den Plasma-SiN-Film **24** hauptsächlich aus Stickstoff in Stickstoffgas zu bilden. Dadurch ist es möglich, die Bindung zwischen Si und H im Plasma-SiN-Film **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt zu festigen. Nach der Ausbildung des Plasma-SiN-Films **24** mit niedrigem Wasserstoffgehalt wird die Fließgeschwindigkeit von Stickstoffgas verringert und die Fließgeschwindigkeit von Ammoniakgas erhöht. Es ist somit möglich, die Abnahme der Filmspannung und die Zunahme der Gleichförmigkeit innerhalb der Ebene im Hinblick auf den Plasma-SiN-Film **25** mit hohem Wasserstoffgehalt zu erreichen.

**[0079]** Nebenbei wird in [Fig. 17](#) nach der Vorplasmabearbeitung die RF-Leistung einmal ausgeschaltet. Dieses Ausschalten ist jedoch nicht immer notwendig. Wenn die RF-Leistung über einen längeren Zeitraum weiter angelassen wird, werden die Unregelmäßigkeiten der darunter liegenden Schicht (Aluminiumverdrahtung) zu groß. Aus diesem Grund wird die Zeitdauer der Vorplasmabearbeitung so eingestellt, daß eine vorherbestimmte Zeitdauer nicht überschritten wird.

**[0080]** Als nächstes werden Modifikationen der zweiten Ausführungsform erläutert.

**[0081]** Wie in [Fig. 18](#) veranschaulicht kann nach der Durchführung der Vorplasmabearbeitung, während Stickstoffgas ( $N_2$ ) zugeführt wird, damit begonnen werden, Ammoniakgas ( $NH_3$ ) zuzuführen.

**[0082]** Es sei angemerkt, daß obwohl sowohl in der ersten als auch der zweiten Ausführungsform, wie zum Beispiel in den [Fig. 7](#) und [Fig. 17](#) veranschaulicht, die Mengen (Fließgeschwindigkeiten) an zugeführten Gasen festgelegt sind, es ebenfalls möglich ist, die Konzentrationen der Gase innerhalb einer Kammer der CVD-Vorrichtung festzulegen. Da die Konzentration an Gas niedrig wird, wenn dessen Fließgeschwindigkeit niedrig ist, und hoch wird, wenn dessen Fließgeschwindigkeit hoch ist, bedeutet dies, daß die Halbleitervorrichtung hergestellt werden kann, indem die Konzentration des Gases eingestellt wird, so daß die Konzentration des Gases innerhalb der Kammer einen vorherbestimmten Wert erreicht.

#### Dritte Ausführungsform

**[0083]** Als nächstes wird eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert, wobei ein Augenmerk auf den Unterschied zu der ersten Ausführungsform gerichtet wird.

**[0084]** In der ersten Ausführungsform wurde die Zweischichtstruktur auf den Plasma-SiN-Film angewendet, welcher als der Passivierungsfilm wirkt. In der dritten Ausführungsform wird der Plasma-SiN-Film mit der Zweischichtstruktur auf sowohl einen Passivierungsfilm als auch einen Zwischenschichtisolationfilm angewendet. Das heißt, der Plasma-SiN-Film mit der Zweischichtstruktur wird ebenfalls auf den Plasma-SiN-Film **19** des in [Fig. 1](#) dargestellten IC's angewendet. Die dritte Ausführungsform wird nun unter Bezug auf [Fig. 19](#), welche eine vergrößerte Ansicht des Bereichs von [Fig. 1](#) ist, in welcher der N-Kanal-MOS-Transistor Tr3 ausgebildet ist, erläutert.

**[0085]** Gemäß der dritten Ausführungsform wird auf einem Plasma-SiN-Film **30** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt ein Plasma-SiN-Film **31** mit einem hohen Wasserstoffgehalt aufbeschichtet. Die Gesamtdicke des Plasma-SiN-Films **30** mit niedrigem Wasserstoffgehalt und des Plasma-SiN-Films **31** mit hohem Wasserstoffgehalt beträgt ungefähr 1000 Å. Die Dicke des Plasma-SiN-Films **30** mit niedrigem Wasserstoffgehalt beträgt ungefähr 160 Å. Die verbleibenden Bereiche sind dieselben wie die in der ersten Ausführungsform gezeigten, und bei denjenigen Bereichen, welche mit derselben Bezugsziffer bezeichnet sind, wird auf eine ausführliche Erklärung verzichtet.

**[0086]** Der in den TEOS-Filmen **20** und **22** oder dem SOG-Film **21** enthaltene Wasserstoff wird zur Ursache der Verschlechterung der heißen Ladungsträger in dem MOS-Transistor, welcher im Siliciumsubstrat **1** vom P-Typ ausgebildet ist. Der im Plasma-SiN-Film **31** mit einem hohen Wasserstoff enthaltene Wasserstoff wird ebenfalls zur Ursache der Verschlechterung der heißen Ladungsträger in dem MOS-Transistor. Der Plasma-SiN-Film **30** mit niedrigem Wasserstoffgehalt verhindert den Durchgang des Wasserstoffs. Als Folge davon wird, obwohl Wasserstoff von innerhalb der Filme **20**, **22** und **31** für das Eindringen in die MOS-Transistorseite bereit steht, der Eintritt des Wasserstoffs durch den Plasma-SiN-Film **30** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt und einer verringerten Anzahl an Si-H-Bindungen blockiert (der Wasserstoff wird eingefangen).

**[0087]** Durch Anwendung der Zweischichtstruktur auf den Plasma-SiN-Film **19**, welcher wie oben erwähnt als ein Zwischenschichtisolationfilm wirkt, wird ein hervorragender Schutz der Leistung des MOS-Transistors erreicht. Ferner, wie im Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform behauptet, ist die Herstellung des Plasma-SiN-Films mit der Zweischichtstruktur einfach.

#### Vierte Ausführungsform

**[0088]** Als nächstes wird eine vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert, wobei ein Augenmerk auf dem Unterschied zur dritten Ausführungsform gerichtet wird.

**[0089]** In der dritten Ausführungsform wird ein Plasma-SiN-Film **19** als der Zwischenschichtisolationfilm, welcher zwischen den ersten Aluminiumverdrahtungen **18a**, **18b** und **18c** und den zweiten Aluminiumverdrahtungen **23a** und **23b** angeordnet ist, verwendet. Das heißt, die Zweischichtstruktur wird auf den Plasma-SiN-Film **19** angewendet, welcher zwischen der Mehrlagenverdrahtung angeordnet ist. In der vierten Ausführungsform wird der Plasma-SiN-Film als ein Isolationfilm verwendet, welcher zwischen einem MOS-Transistor und einer auf dem MOS-Transistor angeordneten Verdrahtung angeordnet ist. Das heißt, die vierte Ausführungsform verwendet den Plasma-SiN-Film als Ersatz für den BPSG-Film **17** in dem in [Fig. 1](#) veranschaulichten IC.

**[0090]** Die vierte Ausführungsform wird nun unter Bezug auf [Fig. 20](#) (welche eine vergrößerte Ansicht des Bereichs von [Fig. 1](#) darstellt, in dem der N-Kanal-MOS-Transistor Tr3 ausgebildet ist), welche sich wiederum auf [Fig. 19](#) bezieht, erläutert.

**[0091]** Über einer Gate-Elektrode **21** eines N-Kanal-MOS-Transistors Tr3 wird ein Plasma-SiN-Film **40** mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt ausgebildet. Auf den Plasma-SiN-Film **40** mit niedrigem Was-

serstoffgehalt wird ein Plasma-SiN-Film **41** mit hohem Wasserstoffgehalt aufbeschichtet. Über diesen Plasma-SiN-Filmen **40** und **41** wird eine Aluminiumverdrahtung **18a**, **18b** und **18c** ausgebildet. Die verbleibenden Bereiche sind dieselben wie die in der dritten Ausführungsform aufgeführten, und bei den Bereichen, welche mit denselben Bezugsziffern bezeichnet sind, wird auf eine ausführliche Erläuterung verzichtet.

**[0092]** Auch in dieser Ausführungsform wird der im Plasma-SiN-Film **41** mit hohem Wasserstoffgehalt enthaltene Wasserstoff zur Ursache der Verschlechterung der heißen Ladungsträger im MOS-Transistor, welcher in dem Siliciumsubstrat vom P-Typ ausgebildet ist. Der Plasma-SiN-Film **40** mit niedrigem Wasserstoffgehalt verhindert den Durchgang des Wasserstoffs. Als Folge davon ist, obwohl Wasserstoff von innerhalb des Plasma-SiN-Films **41** mit hohem Wasserstoffgehalt für das Eindringen in den MOS-Transistor bereit steht, das Eindringen dieses Wasserstoffs durch den Plasma-SiN-Film **40** mit niedrigem Wasserstoffgehalt und einer verringerten Menge an Si-H-Bindungen blockiert (der Wasserstoff wird eingefangen).

**[0093]** Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben erwähnten Ausführungsformen beschränkt. Das heißt, die vorliegende Erfindung kann auf lediglich den Plasma-SiN-Film, welcher als der Zwischenschichtisolationfilm dient, angewendet werden, oder sie kann auf lediglich den Plasma-SiN-Film, welcher als der Isolationfilm, der die Gate-Elektrode des MOS-Transistors abdeckt, angewendet werden. Das heißt, die vorliegende Erfindung kann auf lediglich den Zwischenschichtisolationfilm oder auf lediglich den Isolationfilm, welcher zwischen dem MOS-Transistor und der darauf angeordneten Verdrahtung angeordnet ist, angewendet werden, ohne daß die Erfindung auf den Passivierungsfilm, welcher der Oberflächenschutzfilm ist, angewendet wird.

**[0094]** Die vorliegende Erfindung kann ebenfalls auf eine Halbleitervorrichtung wie ein IGBT und ein LD-MOS angewendet werden.

**[0095]** Ferner ist die vorliegende Erfindung nicht auf den in einem Kraftfahrzeug verwendeten IC beschränkt, sondern kann auch auf einen IC für eine andere Verwendung angewendet werden.

#### Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, mit:  
 einem Halbleitersubstrat (**1**);  
 einem Transistor (Tr1 bis Tr5), welcher einen Gate-Isolationfilm (**5**, **9** und **13**) besitzt, wobei der Transistor in dem Halbleitersubstrat ausgebildet ist;  
 einem ersten auf dem Halbleitersubstrat angeordneten Plasma-SiN-Film (**24**); und

einem auf dem ersten Plasma-SiN-Film aufbeschichteten zweiten Plasma-SiN-Film (**25**), wobei der erste Plasma-SiN-Film (**24**) eine geringere Menge an Wasserstoff enthält als der zweite Plasma-SiN-Film (**25**), und der erste Plasma-SiN-Film (**24**) den Durchgang von Wasserstoff aus dem zweiten Plasma-SiN-Film (**25**) blockiert.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Plasma-SiN-Film (**24**) eine Menge an Si-H-Bindungen von  $6 \times 10^{21}/\text{cm}^3$  oder weniger besitzt.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und zweite Plasma-SiN-Film (**24** und **25**) als ein Oberflächenschutzfilm verwendet werden.

4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, mit ferner: einer Mehrlagenverdrahtung (**18a**, **18b**, **18c**, **23a** und **23b**) zum Anlegen einer elektrischen Energie an den Transistor, wobei der erste und zweite Plasma-SiN-Film (**30** und **31**) als ein Zwischenschichtisolationfilm verwendet werden, welcher zwischen der Mehrlagenverdrahtung angeordnet ist.

5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrlagenverdrahtung (**18a**, **18b**, **18c**, **23a** und **23b**) aus Aluminium hergestellt ist.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, mit ferner: einer auf dem Transistor angeordneten Verdrahtung (**18c**) zum Anlegen einer elektrischen Energie an den Transistor, wobei der erste und zweite Plasma-SiN-Film (**40** und **41**) als ein Isolationfilm verwendet werden, welcher zwischen dem Transistor und der Verdrahtung angeordnet ist.

7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrahtung (**18c**) aus Aluminium hergestellt ist.

8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Plasma-SiN-Film (**24**) dünner ist als der zweite Plasma-SiN-Film (**25**).

9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Plasma-SiN-Film (**24**) hauptsächlich aus Stickstoffgas und Silangas gebildet ist, und der zweite Plasma-SiN-Film (**25**) hauptsächlich aus Ammoniakgas und Silangas gebildet ist.

10. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung, in welcher ein Transistor (Tr1 bis Tr5) mit ei-

nem Gate-Isolationfilm (**5**, **9** und **13**) in einem Halbleitersubstrat (**1**) ausgebildet ist, dessen Oberfläche mit einem Plasma-SiN-Film (**24** und **25**) bedeckt ist, welcher mittels eines Plasma-CVD-Verfahrens ausgebildet ist, welches auf die Ausbildung eines SiN-Films auf dem Halbleitersubstrat während der Zuführung von Ammoniakgas und einem Gas aus der Verbindungsgruppe der Silane ausgerichtet ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte enthält:

Ausbilden eines Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt durch Zuführen des Ammoniakgases und des Gases aus der Verbindungsgruppe der Silane, während mindestens eine der Gasmengen von Ammoniak und dem Gas aus der Verbindungsgruppe der Silane erhöht wird; und Aufbeschichten eines Plasma-SiN-Film auf den Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt, welcher aufbeschichtete Plasma-SiN-Film mehr Wasserstoff enthält als der Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt, indem das Ammoniakgas und das Gas der Verbindungsgruppe der Silane mit einer festen Fließgeschwindigkeit zugeführt werden.

11. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Ausbildens des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt unter einem verringerten Druck in einem Zustand durchgeführt wird, in welchem eine elektrische Entladung möglich ist.

12. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Ausbildens des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt in einem Zustand durchgeführt wird, in welchem das Ammoniakgas mit einer festen Fließgeschwindigkeit zugeführt wird und das Gas aus der Verbindungsgruppe der Silane unter Erhöhung seiner Fließgeschwindigkeit zugeführt wird.

13. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Ausbildens des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt auf eine Weise durchgeführt wird, bei der das Ammoniakgas und das Silangas zugeführt werden, wobei mindestens eine der Fließgeschwindigkeiten vom Ammoniakgas oder dem Silangas linear erhöht wird.

14. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Ausbildens des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt auf eine Weise durchgeführt wird, bei der das Ammoniakgas und das Silangas zugeführt werden, wobei die Fließgeschwindigkeit des Silangases schrittweise erhöht wird.

15. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervor-

richtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Ausbildens des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt die Fließgeschwindigkeiten des Ammoniakgases und des Silangases so reguliert, daß der Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt eine Menge an Si-H-Bindungen von  $6 \times 10^{21}/\text{cm}^3$  oder weniger besitzt.

16. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß beim Schritt des Ausbildens des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt eine größere Menge an Stickstoffgas zugeführt wird als die, welche beim Schritt des Aufbeschichtens zugeführt wird.

17. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß beim Schritt des Ausbildens des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt eine geringere Menge des Ammoniakgases zugeführt wird als die, welche beim Schritt des Aufbeschichtens zugeführt wird.

18. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, mit ferner dem Schritt: Anwenden einer Spannung einer Energiequelle in einem Zustand, in welchem Stickstoffgas zugeführt wird, bevor das Gas aus der Verbindungsgruppe der Silane durch den Schritt des Ausbildens fließengelassen wird, um mittels eines Plasmas aus Stickstoff auf einer Oberfläche einer darunterliegenden Schicht, auf welcher der Plasma-SiN-Film mit niedrigem Wasserstoffgehalt ausgebildet ist, eine Oberflächenaufrauungsbearbeitung durchzuführen.

19. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Ausbildens des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt eine größere Menge des Stickstoffgases zugeführt als die, welche beim Schritt des Aufbeschichtens zugeführt wird.

20. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Ausbildens des Plasma-SiN-Films mit niedrigem Wasserstoffgehalt eine geringere Menge an Ammoniakgas zugeführt als die, welche beim Schritt des Aufbeschichtens zugeführt wird.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen



FIG. 2

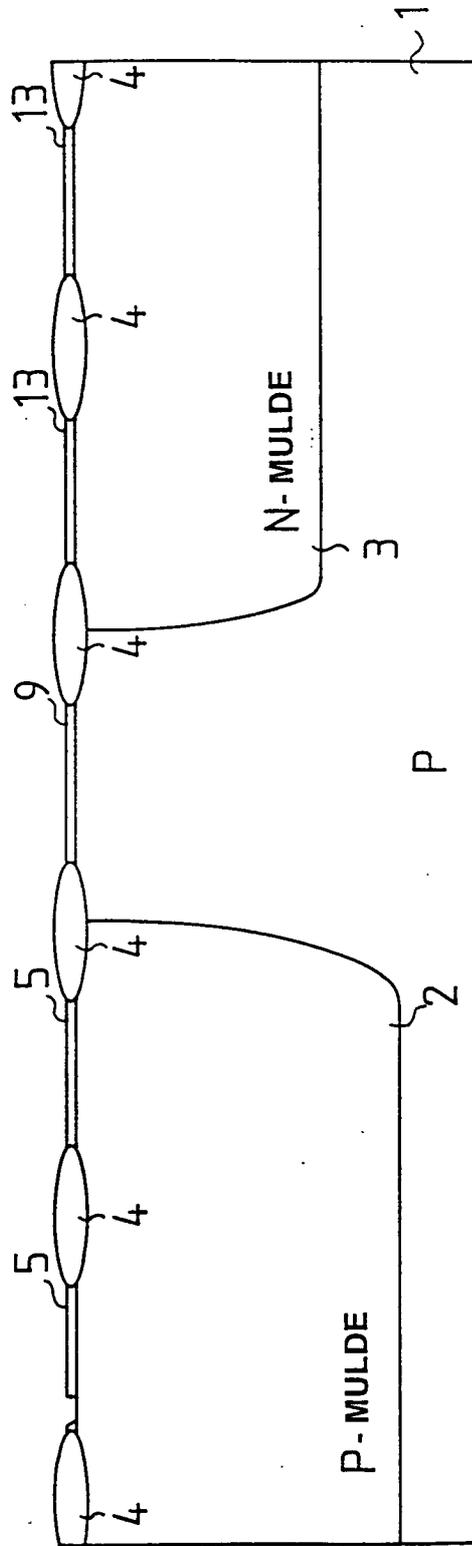


FIG. 3

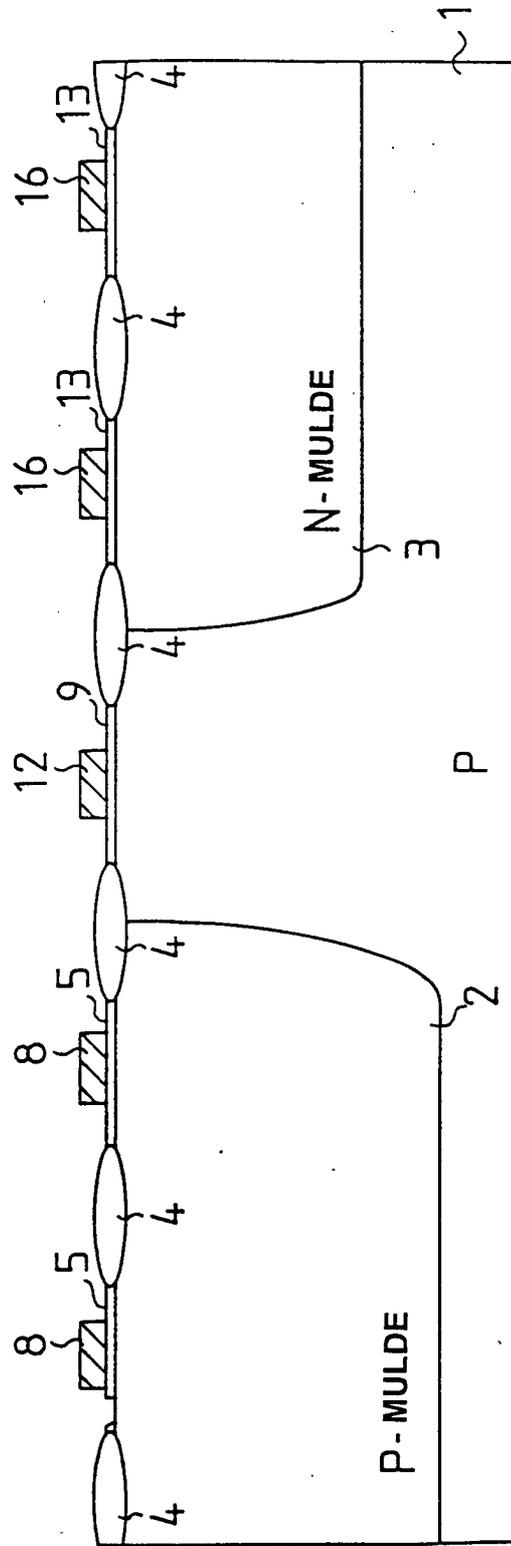


FIG. 4

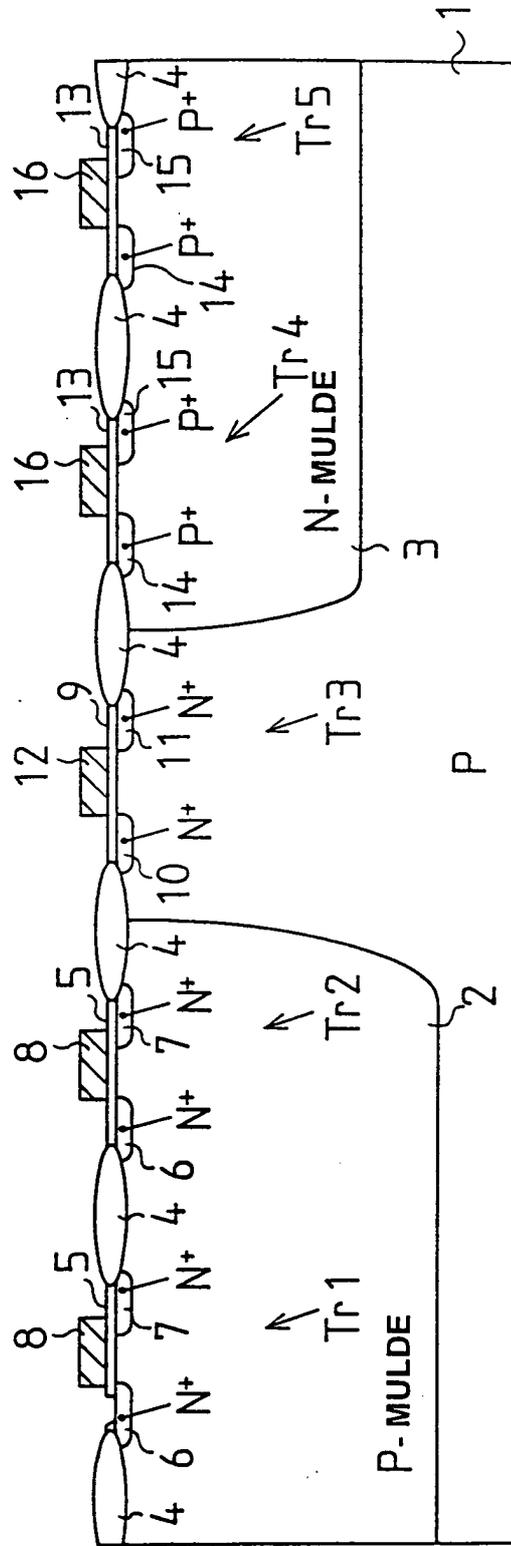


FIG. 5

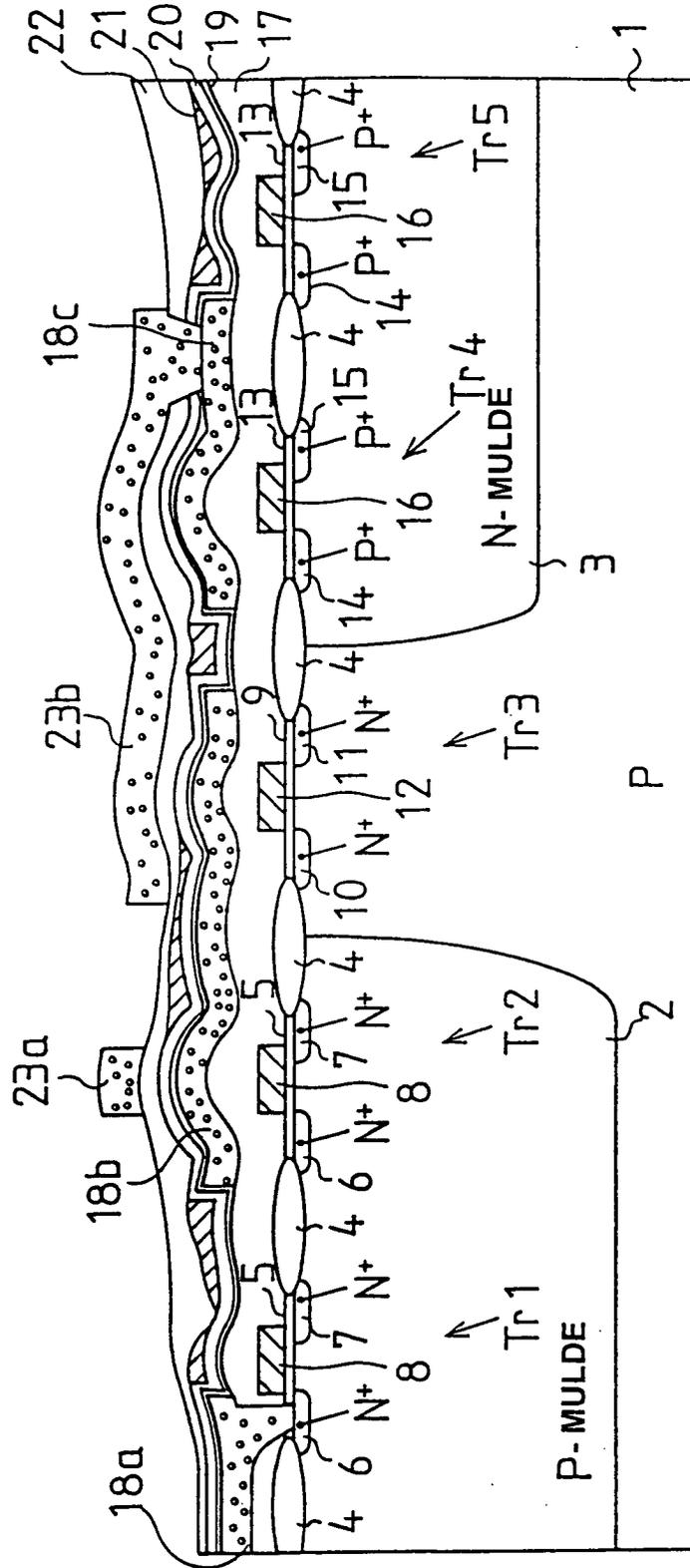


FIG. 6

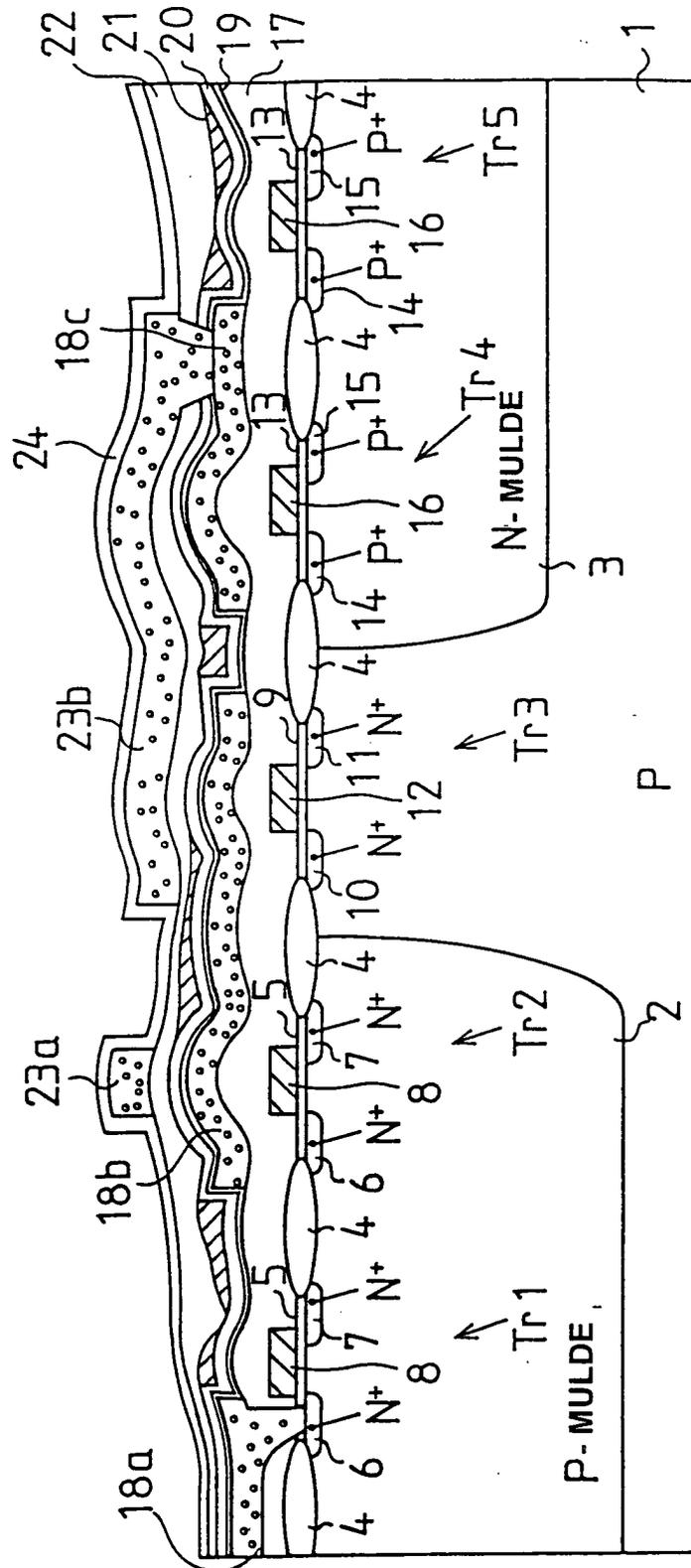


FIG. 7

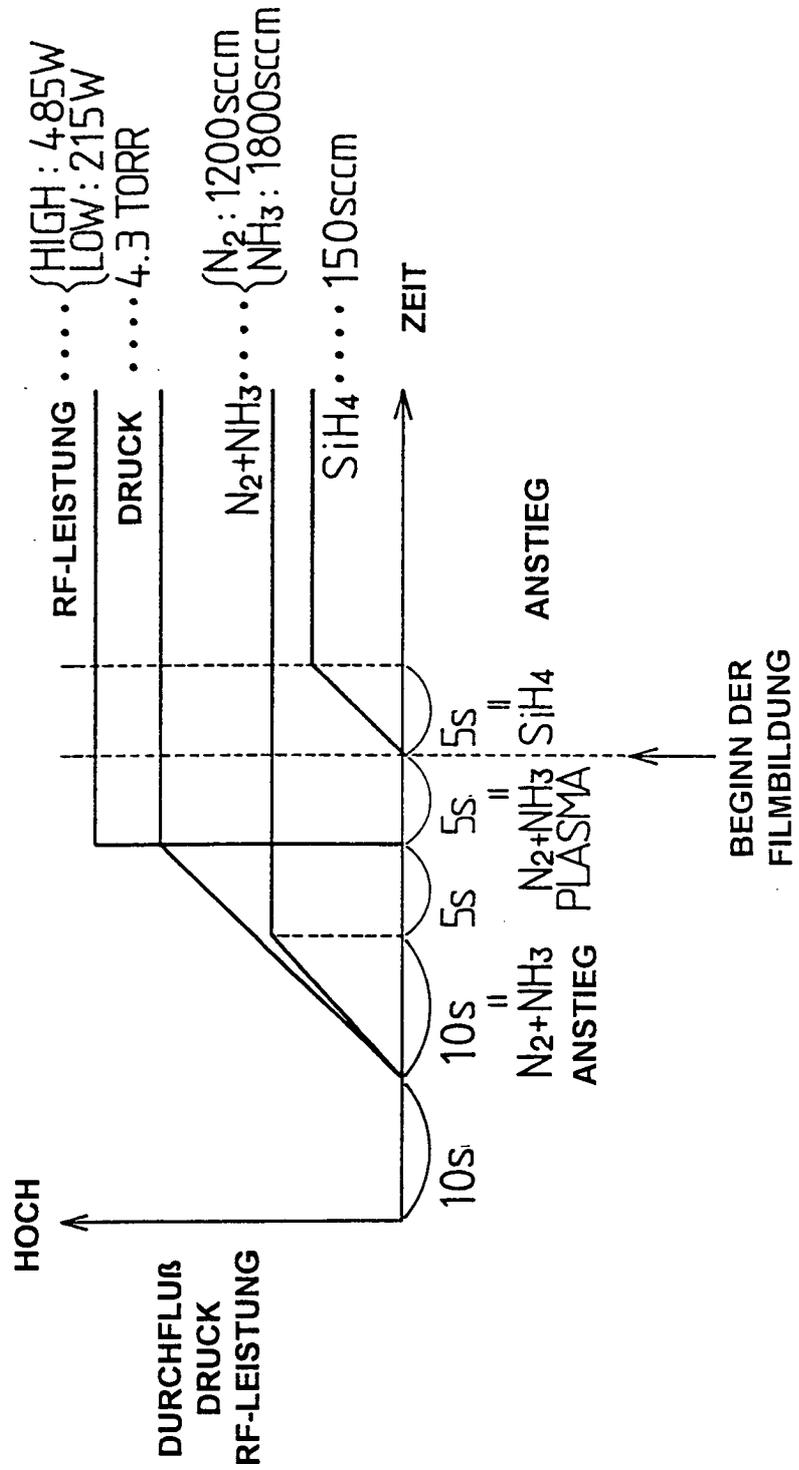


FIG. 8

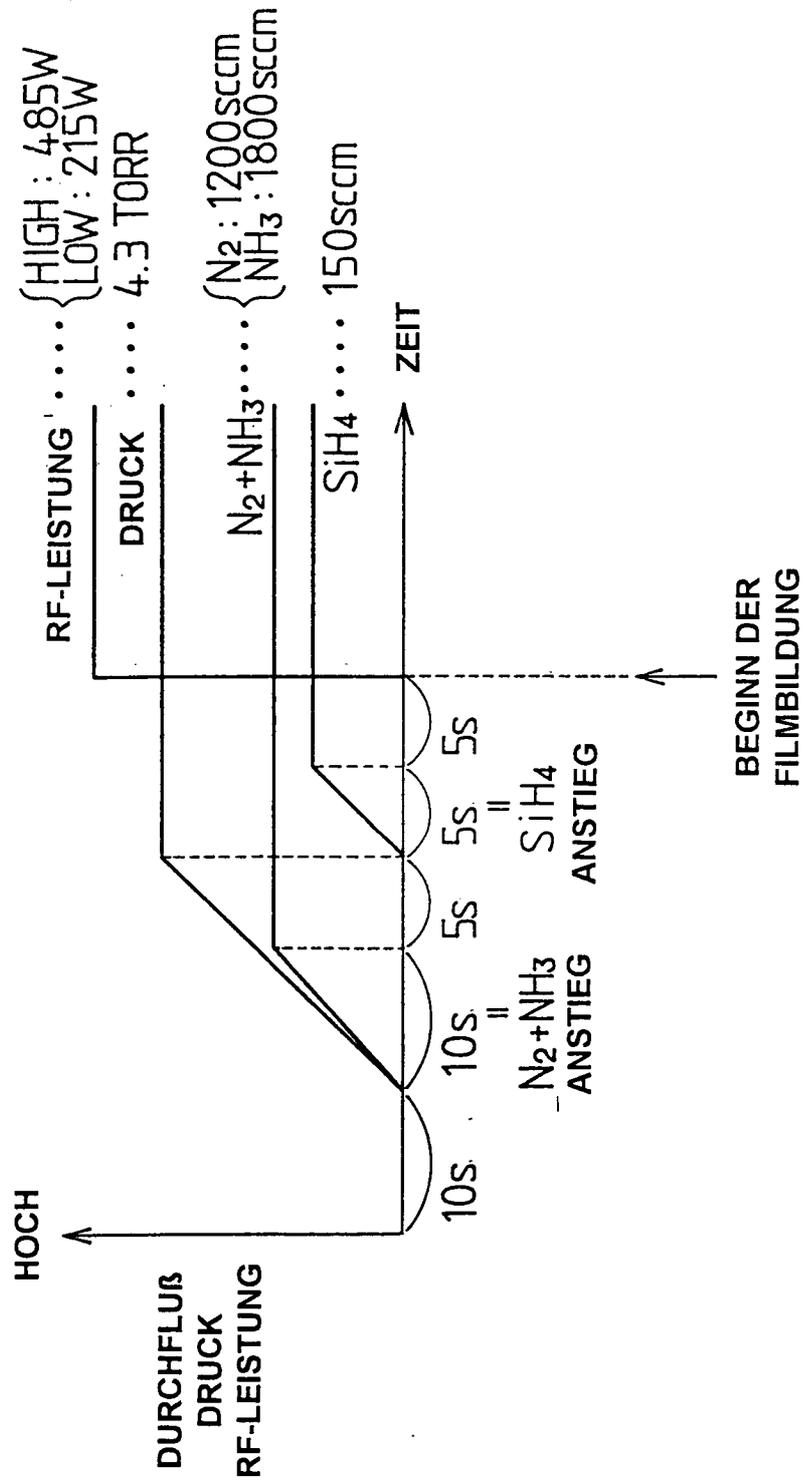


FIG. 9

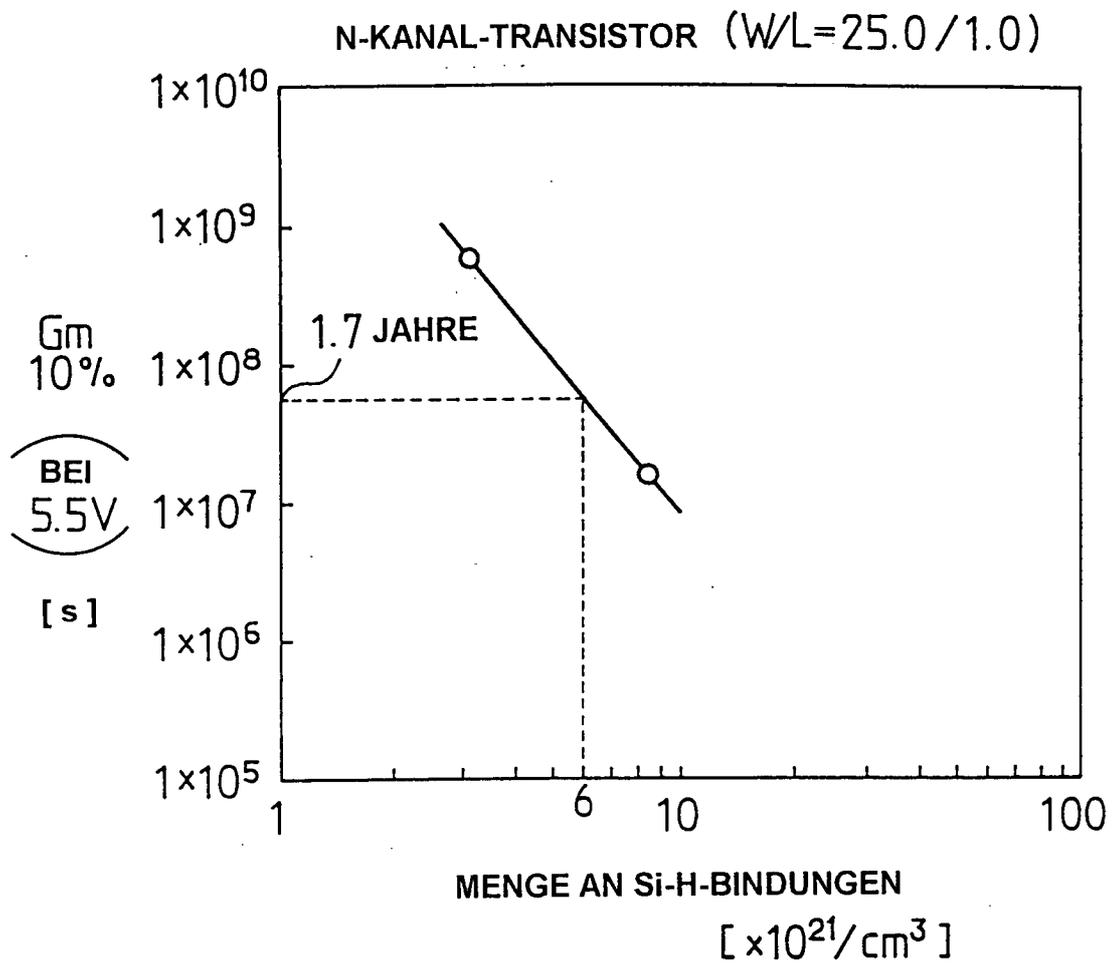


FIG. 10

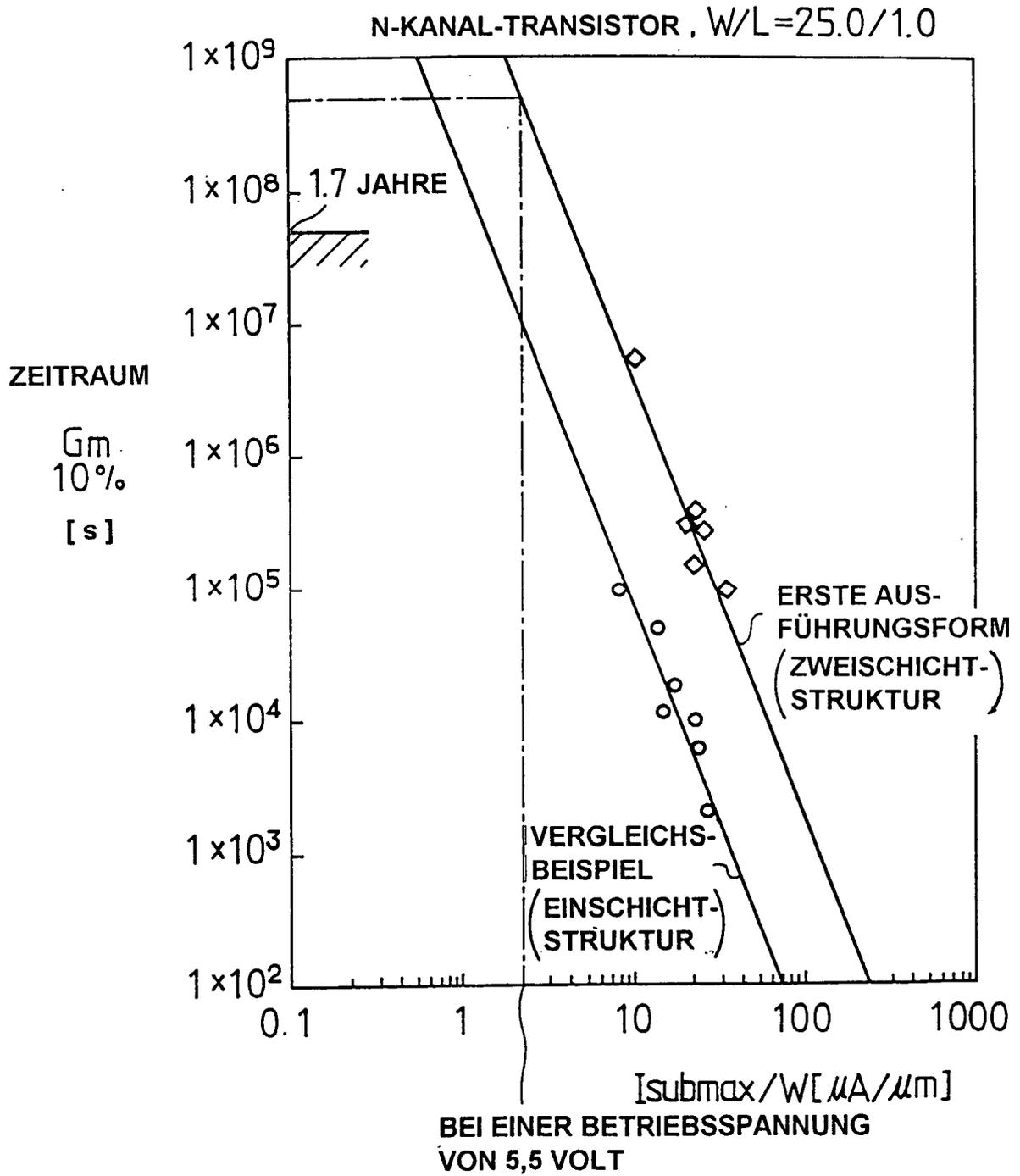


FIG. 11

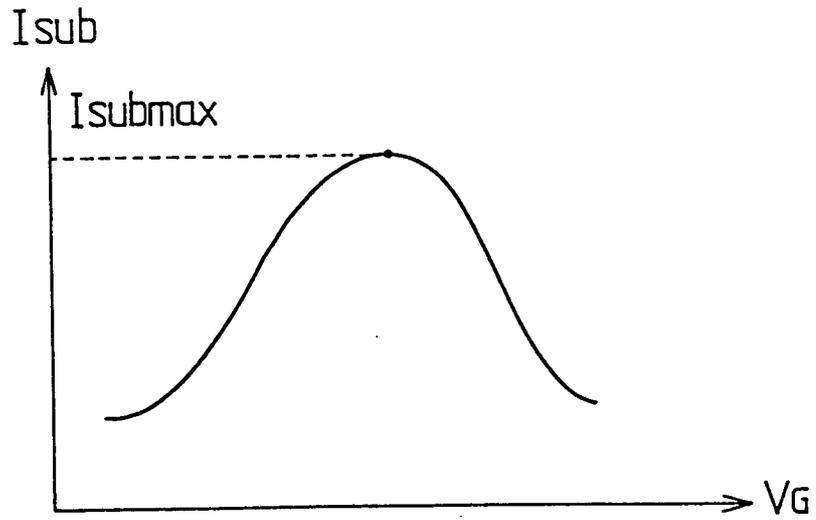


FIG. 12

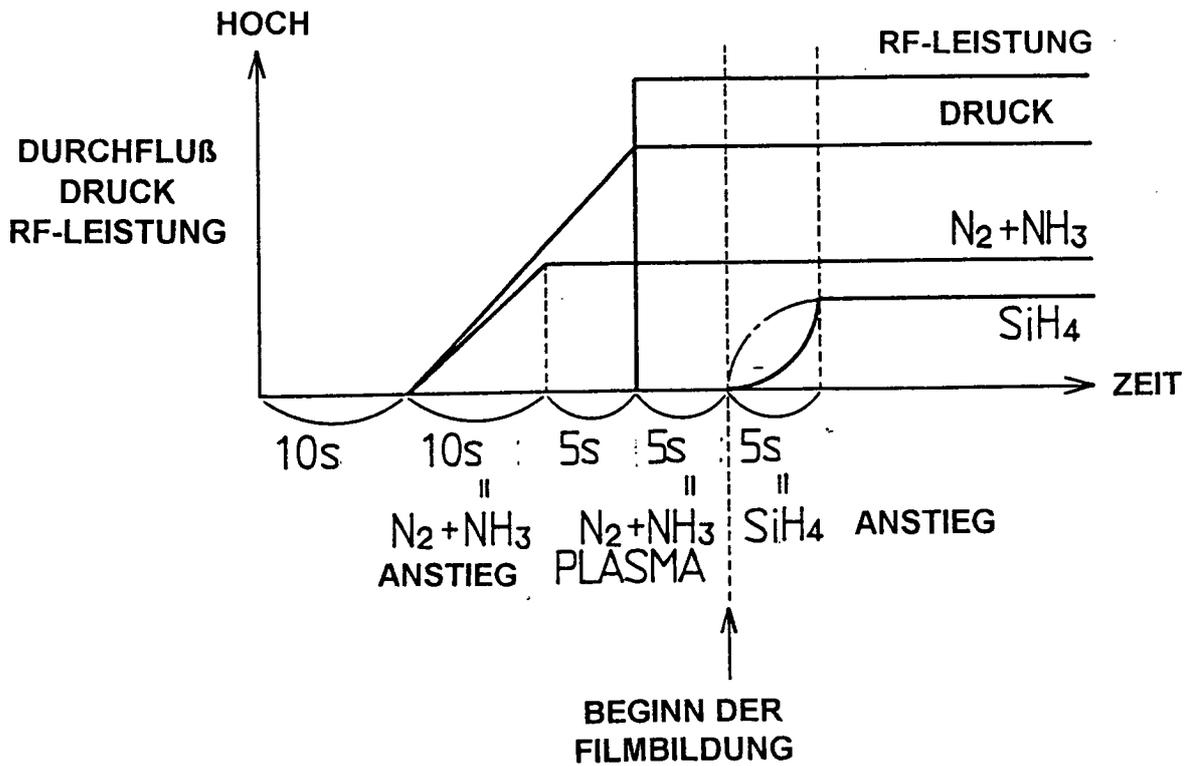


FIG. 13

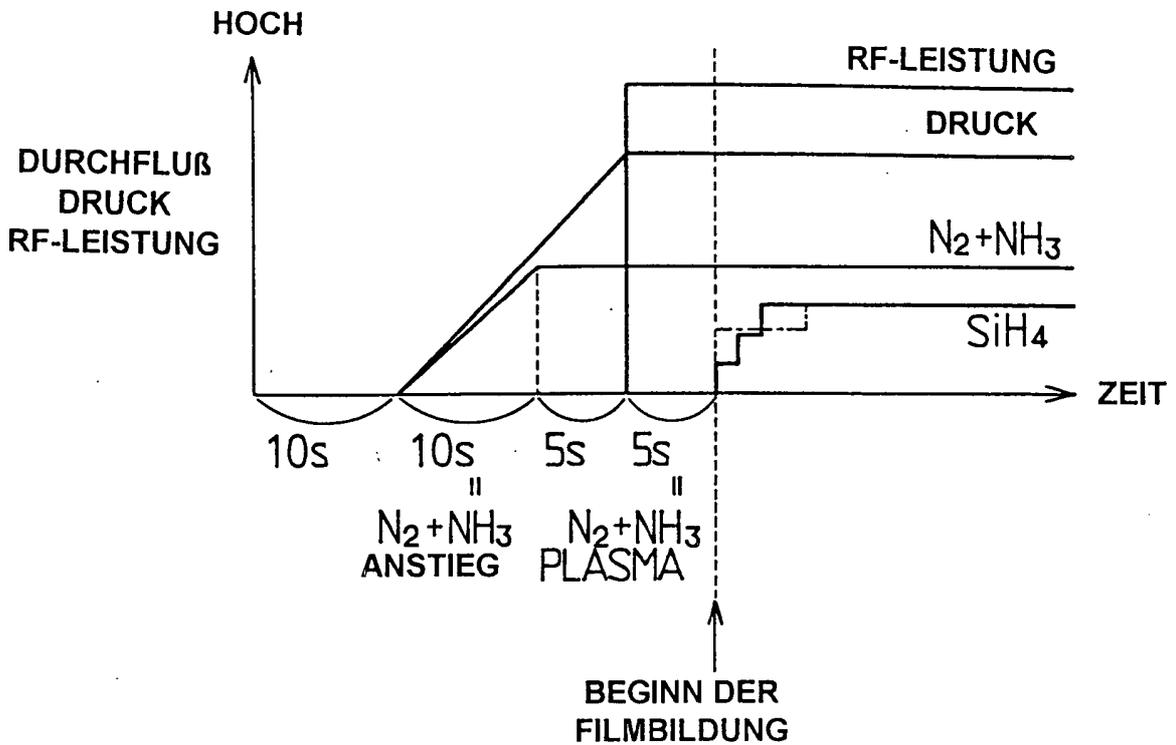


FIG. 14

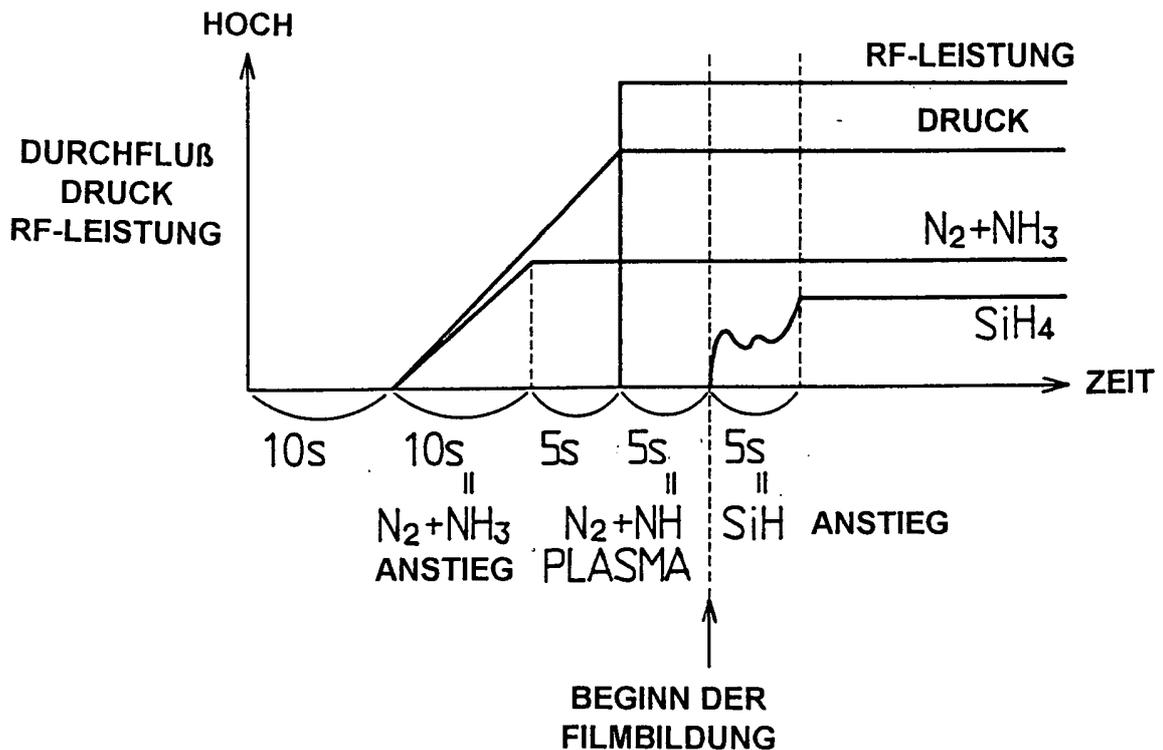


FIG. 15

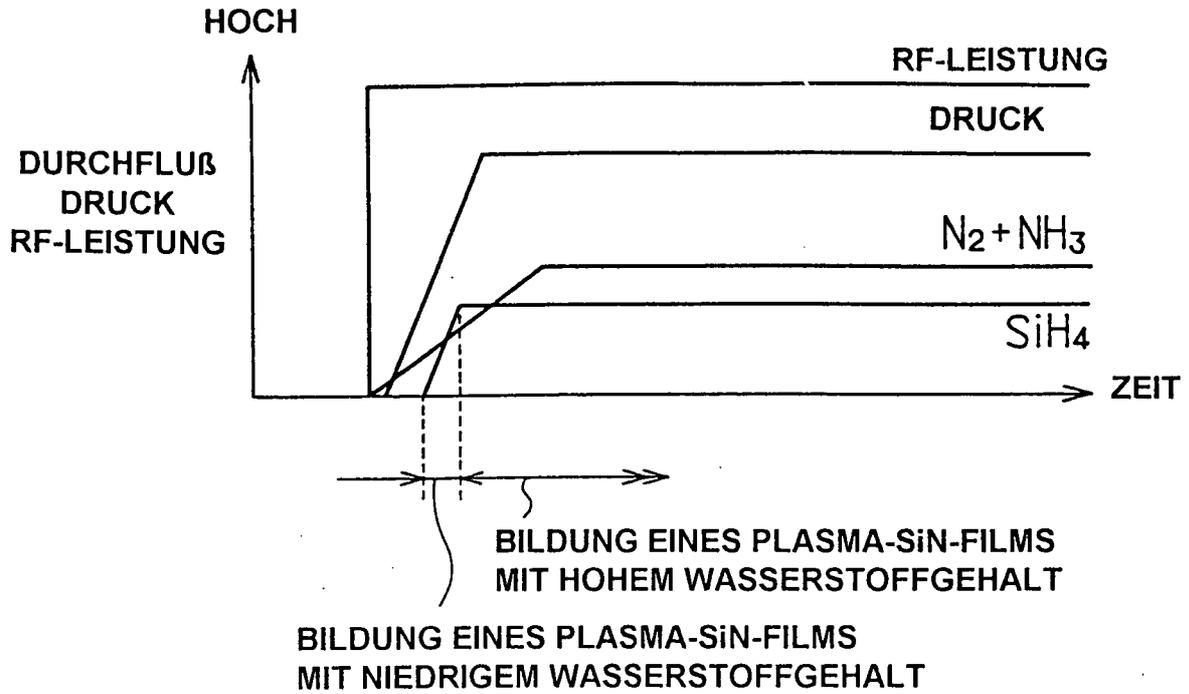


FIG. 16

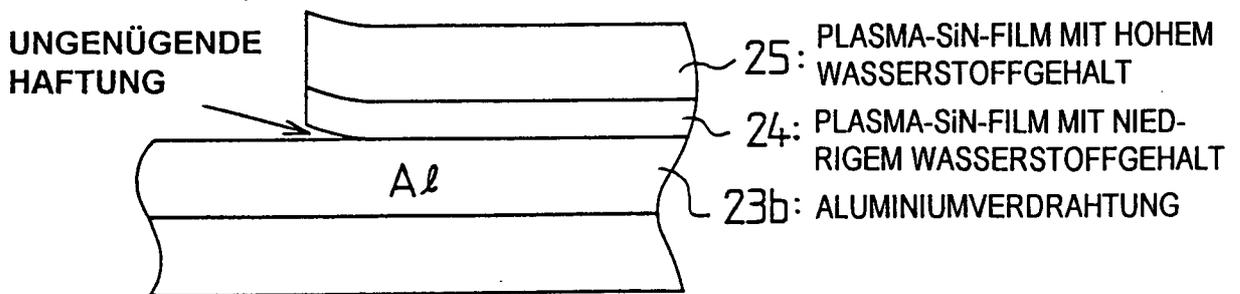


FIG. 17

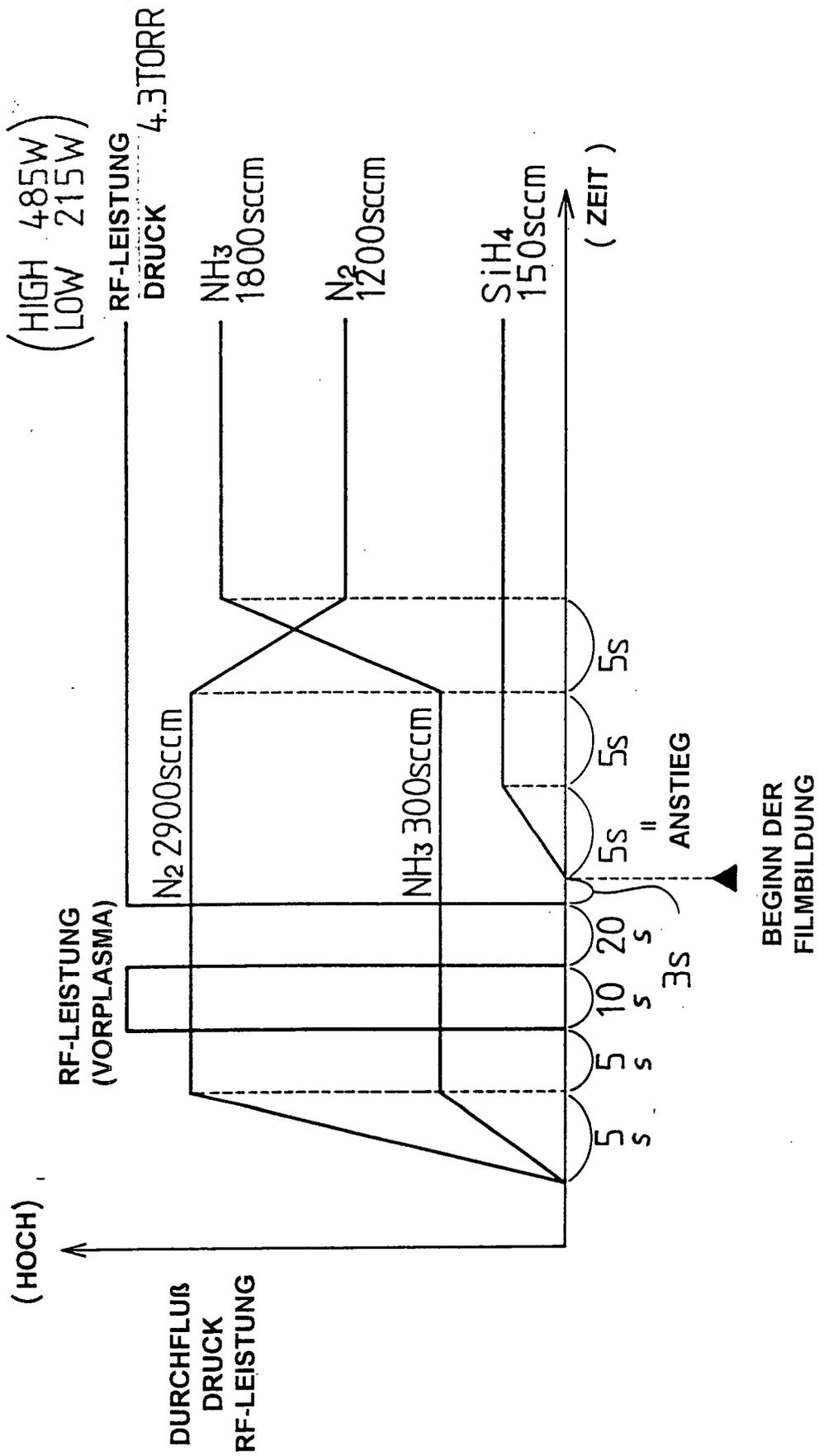


FIG. 18

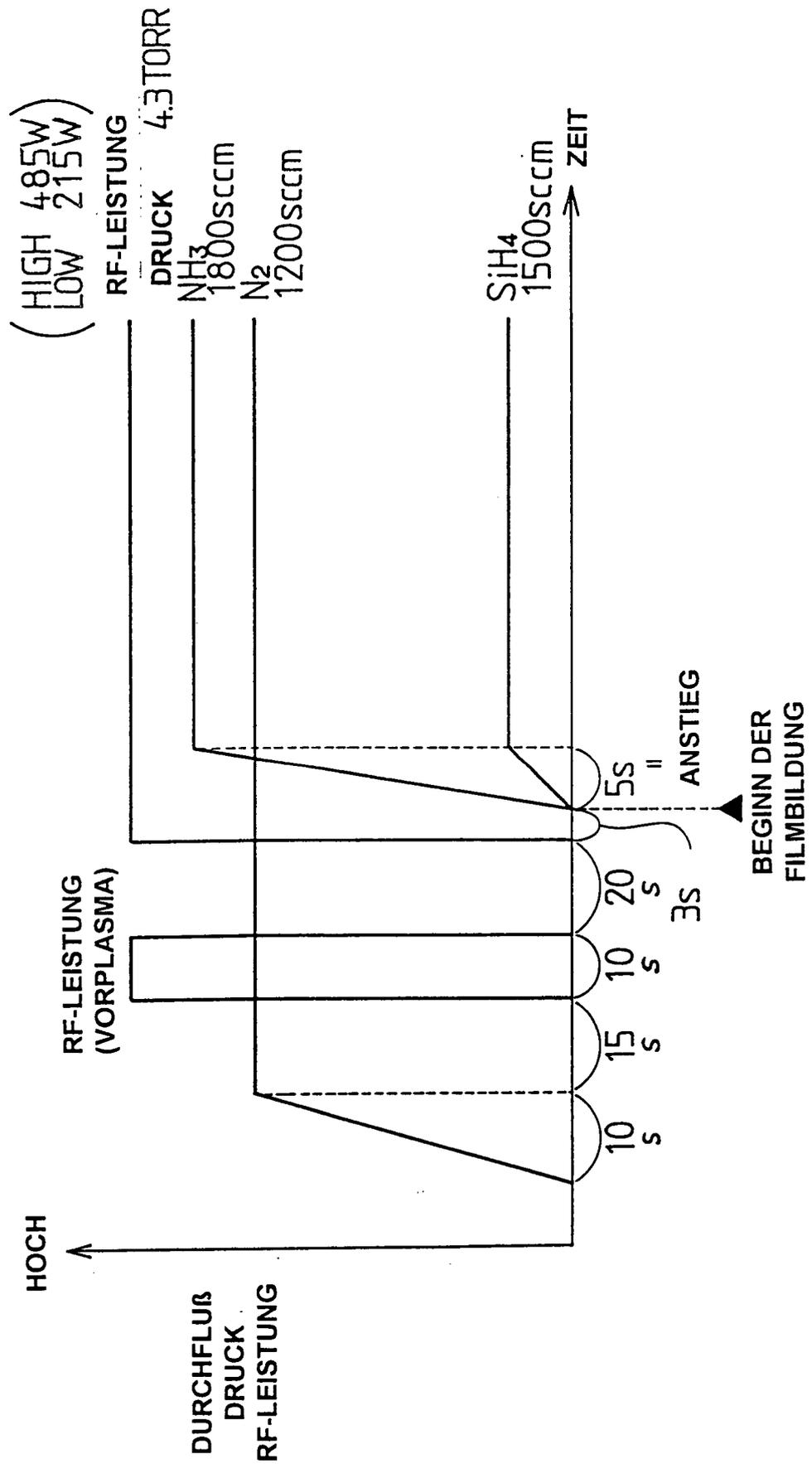


FIG. 19

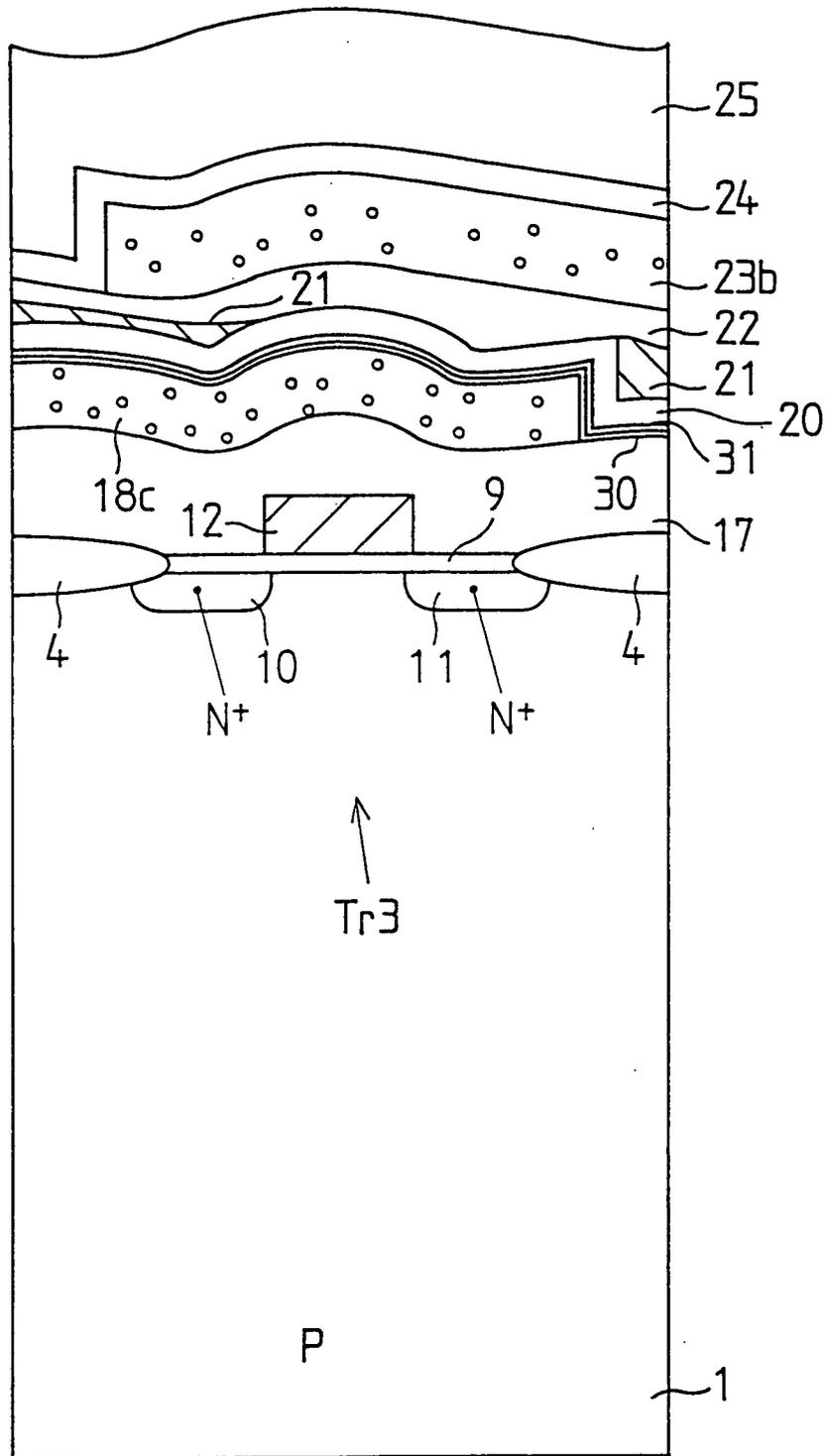


FIG. 20

