



(10) **DE 101 27 231 B4** 2012.01.05

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 27 231.6**
(22) Anmeldetag: **05.06.2001**
(43) Offenlegungstag: **20.12.2001**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.01.2012**

(51) Int Cl.: **H01L 21/308** (2006.01)
H01L 21/761 (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:

2000-167822	05.06.2000	JP
2000-313918	13.10.2000	JP

(73) Patentinhaber:

DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(74) Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS, KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354, Freising, DE

(72) Erfinder:

Urakami, Yasushi, Kariya, Aichi, JP; Yamauchi, Shoichi, Kariya, Aichi, JP; Sakakibara, Toshio, Kariya, Aichi, JP; Yamaguchi, Hitoshi, Kariya, Aichi, JP; Tsuji, Nobuhiro, Kariya, Aichi, JP

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

US	4 645 564	A
US	5 279 974	A
US	4 528 745	A
EP	0 660 389	B1
EP	0 797 245	A2
JP	59- 181 529	A

(54) Bezeichnung: **Herstellungsverfahren eines Halbleitersubstrats**

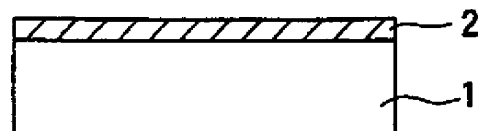
(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats, mit den Schritten:

Bilden einer Maske (102, 112, 113, 122, 132, 142) zum Grabenätzen auf einer Oberfläche eines Halbleitersubstrats (101, 111, 121, 131, 141);

Bilden eines Grabens (103, 114, 123, 133, 143) in dem Halbleitersubstrat durch Ätzen unter Verwendung der Maske; Glätten einer inneren Oberfläche des in dem Halbleitersubstrat gebildeten Grabens durch eine thermische Behandlung in einer nicht oxidierenden oder einer nicht nitrierenden Atmosphäre und unter einem Vakuum; und

Bilden einer Epitaxialschicht (106, 115, 124, 134, 135, 144) in dem geglätteten Graben durch epitaxiales Aufwachsen derart, dass der Graben mit der Epitaxialschicht gefüllt wird; wobei

die nicht oxidierende oder die nicht nitrierende Atmosphäre durch Einführung von Wasserstoff oder eines Edelgases in eine Kammer unter dem Vakuum gebildet wird, und die thermische Behandlung bei 900°C oder mehr durchgeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Herstellungsverfahren einer Halbleiteranordnung mit einem Graben, welcher insbesondere mit einer Diffusionsschicht gefüllt ist.

[0002] Bezüglich einer Halbleiteranordnung mit einem Graben, der mit einer Diffusionsschicht gefüllt ist, wird in [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8D](#) ein Herstellungsverfahren zur Bildung eines Prototyps der Anordnung dargestellt.

[0003] Wie in [Fig. 21A](#) dargestellt, wird ein Siliziumsubstrat **201** mit einer auf einer Oberfläche davon gebildeten Siliziumoxidschicht **202** vorbereitet. Nachdem ein Öffnungsabschnitt in der Siliziumoxidschicht **202** an einem vorbestimmten Gebiet durch Fotoätzen gebildet worden ist, wird darauffolgend ein Trockenätzen oder ein Nassätzen durchgeführt, um einen Graben **203** in dem Siliziumsubstrat **201** unter Aufbringen der Siliziumoxidschicht mit dem Öffnungsabschnitt als Maske, wie in [Fig. 21B](#) dargestellt, durchgeführt. Danach wird der Graben **203** mit einer Epitaxialschicht **204** gefüllt, in welche Störstellen dotiert sind, wie in [Fig. 21C](#) dargestellt. Danach wird die Epitaxialschicht **204** unter Aufbringen der Siliziumoxidschicht **2** als Stopper poliert, so dass eine polykristalline Siliziumschicht **205**, wie in [Fig. 21D](#) dargestellt, abgeflacht wird. Durch die oben beschriebenen Schritte wird die Halbleiteranordnung mit dem Graben **203**, der mit der Diffusionsschicht gefüllt ist, fertiggestellt.

[0004] [Fig. 22A](#) stellt eine vergrößerte Querschnittsansicht der in [Fig. 21B](#) dargestellten Halbleiteranordnung dar, nachdem der Graben **203** gebildet worden ist. [Fig. 22B](#) stellt eine vergrößerte Querschnittsansicht der in [Fig. 21C](#) dargestellten Halbleiteranordnung dar, wenn die Epitaxialschicht gebildet wird. Bei dem oben beschriebenen Verfahren wird die Siliziumoxidschicht **202** sowohl als Maske zur Bildung des Grabens als auch als Stopper zum Abflachen der Epitaxialschicht verwendet. Daher wird die Epitaxialschicht auf der Siliziumoxidschicht **202** gebildet, welche so wie sie ist belassen wird, nachdem der Graben gebildet worden ist.

[0005] Jedoch wird während des in [Fig. 22B](#) dargestellten Schritts eine Öffnungsbreite des Grabens **203** größer als diejenige des Öffnungsabschnitts der Siliziumoxidschicht **202**, so dass ein Rand der Siliziumoxidschicht **202** aus einer inneren Oberfläche des Grabens **203** parallel zu einer Oberfläche des Siliziumsubstrats herausragt, um, wie in [Fig. 22A](#) dargestellt, einen Vorsprung **202a** zu bilden. Wenn die Epitaxialschicht in dem in [Fig. 21C](#) dargestellten Schritt aufwächst, wächst daher das polykristalline Silizium auf dem Vorsprung **202a**, wodurch ein Ansteigen der Kristalldefekte in der Epitaxialschicht **204**

hervorgerufen wird. Da eine Aufwachsrate von polykristallinem Silizium größer als diejenige von einkristallinem Silizium ist, wird ein Öffnungsabschnitt des Grabens **203** durch den polykristallinen Siliziumabschnitt **205** verschlossen. Als Ergebnis wird ein leerer Raum beim Füllen des Grabens in dem Graben **203** erzeugt.

[0006] Andere Schwierigkeiten bei der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf [Fig. 26A](#) und [Fig. 26B](#) erläutert. Diese Figuren zeigen schematische Querschnittsansichten einer Prototypanordnung beruhend auf einem Querschnitts-SEM-Bild. [Fig. 26A](#) stellt eine schematische Querschnittsansicht dar, nachdem ein Grabenätzen durchgeführt worden ist. [Fig. 26B](#) stellt eine schematische Querschnittsansicht dar, nachdem ein epitaxiales Aufwachsen zum Füllen des Grabens durchgeführt worden ist.

[0007] In einem Zustand, bei welchem ein Siliziumsubstrat mit einer Oberflächenorientierung von (110) als Substrat verwendet wird und bei welchem ein Graben in diesem Substrat mit einer Breite von 18 µm und einer Tiefe von 13,5 µm gebildet wird, tritt ein Ansteigen von Kristalldefekten in einem auf der unteren Oberfläche des Grabens gebildeten Teil der Epitaxialschicht auf. Dies kann durch eine Rauigkeit der auf der unteren Oberfläche des Grabens angeordneten (110) Si-Oberfläche hervorgerufen werden, die größer als diejenige der auf der Seitenoberfläche des Grabens angeordneten (111) Si-Oberfläche ist.

[0008] Die JP 59181529 A offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats, bei welchem auf einer Oberfläche eines Halbleitersubstrats eine Maske gebildet und unter Verwendung der Maske und Anwendung eines Trockenätzverfahrens in dem Halbleitersubstrat ein Graben gebildet wird. Danach werden die Seiten des Grabens einem Nassätzverfahren unterworfen, mit dem Ergebnis, dass die Wände des Grabens abgeschrägt werden, um eine freiliegende Oberfläche von in dem Graben aufgewachsenen Silizium zu glätten. In einem nachfolgenden Schritt wird der Graben durch epitaxiales Aufwachsen mit einer Epitaxialschicht gefüllt.

[0009] Bei einem aus der EP 07 97 245 A2 bekannten Verfahren wird das Bilden eines Grabens und das Bilden einer Halbleiterschicht bei einer Wärmebehandlung in einer Wasserstoffatmosphäre nach dem Bilden der Halbleiterschicht vorgenommen. Die Halbleiterschicht wird dabei auf einer rauen Oberfläche gebildet, auf welche keine Wärmebehandlung angewandt worden ist.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die oben beschriebenen Schwierigkeiten zu lösen.

[0011] Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0012] Nachdem ein Graben unter Verwendung einer Maske gebildet worden ist, wird wenigstens ein Randabschnitt der Maske entfernt, welcher an einem Öffnungsabschnitt des Grabens derart angeordnet ist, dass er von einem Rand des Öffnungsabschnitts des Grabens herausragt. Danach wird der Graben mit einer Epitaxialschicht gefüllt. Mit anderen Worten, wenn der Graben mit einer Epitaxialschicht gefüllt wird, ist eine Öffnungsbreite der Maske größer als diejenige des Grabens.

[0013] Es kann eine Schutzschicht auf der Maske gebildet werden, welche zur Vergrößerung der Öffnungsbreite der Maske verwendet wird. Die Schutzschicht kann durch viele Schichten gebildet werden.

[0014] Eine innere Wand des Grabens kann abgeflacht werden, bevor der Graben mit der Epitaxialschicht gefüllt wird. Diese Abflachungsbehandlung verbessert die Kristallinität der inneren Wand des Grabens. Mit anderen Worten, die Rauheit und Kristalldefekte werden durch die Abflachungsbehandlung verringert.

[0015] Eine Wärmebehandlung in einer Niederdruckatmosphäre, welche ein nicht oxidierendes Gas oder ein nicht nitrierendes Gas enthält, wird als die Abflachungsbehandlung verwendet.

[0016] Die vorliegende Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. Dabei werden elf Ausführungsformen beschrieben, von denen die erste bis sechste Ausführungsform nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bilden, sondern deren Erläuterung dienen. Die siebente bis elfte Ausführungsform betreffen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

[0017] [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1D](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer ersten Ausführungsform darstellen, die nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient;

[0018] [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2E](#) zeigen Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer zweiten Ausführungsform darstellen, die nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient;

[0019] [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3F](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer dritten Ausführungsform darstellen, die nicht den Gegen-

stand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient;

[0020] [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4D](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer vierten Ausführungsform darstellen, die nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient;

[0021] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5F](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer fünften Ausführungsform darstellen, die nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient;

[0022] [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6E](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer sechsten Ausführungsform darstellen, die nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient;

[0023] [Fig. 7](#) zeigt eine Tabelle, welche eine Beziehung zwischen der Tiefe eines Grabens und dem Vorsprungsbetrag darstellt;

[0024] [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8D](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer siebenten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0025] [Fig. 9](#) zeigt eine schematische Querschnittsansicht des Halbleitersubstrats, nachdem ein Graben mit einer Epitaxialschicht bei der siebenten Ausführungsform gefüllt worden ist;

[0026] [Fig. 10](#) zeigt einen Graphen, welcher eine Beziehung zwischen der Rauheit auf der unteren Oberfläche des Grabens und der thermischen Behandlungszeit bei 1150°C darstellt;

[0027] [Fig. 11](#) zeigt einen Graphen, welcher eine Beziehung zwischen einer Defektdichte im Querschnitt und der Temperatur der thermischen Behandlung darstellt;

[0028] [Fig. 12](#) zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, bevor und nachdem eine thermische Behandlung durchgeführt worden ist;

[0029] [Fig. 13](#) zeigt einen Graphen, welcher eine Beziehung zwischen der Länge eines abgestellten Abschnitts einer Maskenoxidschicht und der Temperatur der Wärmebehandlung darstellt;

[0030] [Fig. 14A](#) bis [Fig. 14C](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben beruhend auf SEM-Bildern;

[0031] [Fig. 15A](#) bis [Fig. 15C](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0032] [Fig. 16A](#) bis [Fig. 16C](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte der achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0033] [Fig. 17A](#) bis [Fig. 17C](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0034] [Fig. 18](#) zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, nachdem eine polykristalline Schicht aufgewachsen ist;

[0035] [Fig. 19A](#) bis [Fig. 19D](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0036] [Fig. 20A](#) bis [Fig. 20D](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte einer elften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0037] [Fig. 21A](#) bis [Fig. 21D](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, welche Herstellungsschritte entsprechend einer verwandten Technik darstellen;

[0038] [Fig. 22A](#) und [Fig. 22B](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats eines Grabens entsprechend einer verwandten Technik;

[0039] [Fig. 23](#) zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines Halbleitersubstrats mit Störstellendifusionsgebieten entsprechend einer verwandten Technik;

[0040] [Fig. 24A](#) bis [Fig. 24C](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats, welche Herstellungsschritte entsprechend dem Stand der Technik darstellen;

[0041] [Fig. 25A](#) bis [Fig. 25B](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats, welche Herstellungsschritte entsprechend dem Stand der Technik darstellen; und

[0042] [Fig. 26A](#) und [Fig. 26B](#) zeigen schematische Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben entsprechend einer verwandten Technik.

[0043] Spezifische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die zugehörigen Figuren beschrieben, in welchen dieselben oder ähnliche Komponententeile mit denselben oder ähnlichen Bezugszeichen bezeichnet werden.

[0044] Erste Ausführungsform (nicht erfindungsgemäß) Unter Bezugnahme auf [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1D](#) wird ein Herstellungsverfahren einer Halbleiteranordnung der ersten Ausführungsform, welche nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient, unten erklärt.

Schritt entsprechend Fig. 1A

[0045] Ein Halbleitersubstrat **1** mit einer Oberflächenorientierung von (110) wird bereitgestellt bzw. vorbereitet. Eine thermische Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von etwa 42,5 nm (425 Å) wird durch Oxidation auf dem Siliziumsubstrat **1** gebildet. Darauf folgend wird eine Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von etwa 1700 nm (17000 Å) auf der thermischen Siliziumoxidschicht durch CVD angeordnet, so dass die Siliziumoxidschicht **2** als Maske gebildet wird. Danach wird eine Ausheizbehandlung in einer N₂-Atmosphäre durchgeführt.

Schritt entsprechend Fig. 1B

[0046] Die Siliziumoxidschicht **2** wird durch Trockenätzen strukturiert, so dass die Siliziumoxidschicht **2** an einem Gebiet geöffnet wird, an dem ein Graben zu bilden ist.

Schritt entsprechend Fig. 1C

[0047] Ein Graben **3** wird in dem Siliziumsubstrat **1** mit einer Tiefe von etwa 35 µm durch Ätzen durch die Siliziumoxidschicht **2** als Maske gebildet. Beispielsweise wird Nassätzen mit einer Ätzrate von 1,4 µm/Min. über 25 Minuten in 22 Gw.% einer TMAH-(TetraMethylAmmoniumHydroxid)Lösung bei 90°C durchgeführt, welche als Ätzlösung verwendet wird.

[0048] Als Ergebnis wird der Graben **3** gebildet. Zusätzlich wird eine Öffnungsbreite des Grabens **3** in eine laterale Richtung durch Nassätzen im Vergleich mit einem Öffnungsabschnitt der Siliziumoxidschicht

2, welche als Maske dient, vergrößert, so dass Vorsprünge in der Siliziumoxidschicht **2** gebildet werden.

[0049] Wenn ein Betrag der Vorsprünge, welche sich von einer inneren Seitenoberfläche des Grabens **3** in die laterale Richtung erstrecken, als Vorsprungsbeitrag "S" bezeichnet wird, wird der Betrag "S" in dieser Ausführungsform zu etwa 0,53 µm, wenn die Tiefe des Grabens **3** bei etwa 35 µm liegt.

[0050] Die TMAH-Lösung besitzt eine hohe Ätzselektivität des Siliziumoxids in Bezug auf Silizium. Beispielsweise wird in einem Fall, bei welchem die Siliziumoxidschicht als Maske dient und eine TMAH-Lösung von 22 Gew.% bei 90°C als Ätzlösung verwendet wird, die Ätzselektivität von Siliziumoxid in Bezug auf Silizium zu 1/2000.

Schritt entsprechend Fig. 1D

[0051] Die Siliziumoxidschicht **2** wird derart geätzt, dass die Öffnungsbreite der Siliziumoxidschicht **2** größer als diejenige des Grabens **3** ist. Mit anderen Worten, ein oberer Abschnitt eines Öffnungsabschnitts der Siliziumoxidschicht **2** springt von einer inneren Oberfläche des Grabens **3** in der lateralen Richtung ab. Es wird nämlich ein Randabschnitt der Maske um den Öffnungsabschnitt herum derart entfernt, dass die Öffnungsbreite der Siliziumoxidschicht **2** breiter als diejenige des Grabens wird.

[0052] Wenn beispielsweise ein Ätzen der Siliziumoxidschicht **2** in Fluorwasserstoffsäure (HF) mit einer Konzentration von 1/50 bezüglich Wasser über 160 Minuten durchgeführt wird, springt der obere Abschnitt des Öffnungsabschnitts der Siliziumoxidschicht **2** von der inneren Oberfläche des Grabens **3** in die laterale Richtung um 0,37 µm ab.

[0053] Danach wird ähnlich wie bei dem Herstellungsverfahren des Prototyps der Graben **3** mit einer mit Störstellen dotierten Epitaxialschicht durch epitaxiales Aufwachsen gefüllt (siehe [Fig. 21C](#)).

[0054] Da zu diesem Zeitpunkt der obere Abschnitt an dem Öffnungsabschnitt der Siliziumoxidschicht **2** von der inneren Oberfläche des Grabens **3** in der lateralen Richtung abspringt, um eine Oberfläche des Siliziumsubstrats **1** in einer Nachbarschaft eines Öffnungsabschnitts des Grabens **3** freizulegen (als Randabschnitt eines Grabens hiernach bezeichnet), wird einkristallines Silizium in der Nähe des Öffnungsabschnitts des Grabens **3** gebildet.

[0055] Daher wird die Kristallinität der Epitaxialschicht an dem Öffnungsabschnitt des Grabens **3** verbessert.

[0056] Darüber hinaus ist eine Aufwachsrate von einkristallinem Silizium kleiner als diejenige von po-

lykristallinem Silizium. Somit wird eine Aufwachsrate der Epitaxialschicht an dem Öffnungsabschnitt im Wesentlichen gleich derjenigen der Epitaxialschicht in dem Graben. Daher wird die Bildung von leeren Räumen beim Füllen des Grabens **3** verhindert.

[0057] Danach wird ein Polieren durch Aufbringen der Siliziumoxidschicht **2** als Stopper derart durchgeführt, dass eine polykristalline Siliziumschicht abgeflacht wird (vgl. [Fig. 21D](#)), wodurch eine Halbleiteranordnung mit dem Graben **3**, der mit der Diffusionschicht gefüllt ist, fertiggestellt wird.

Zweite Ausführungsform (nicht erfindungsgemäß)

[0058] Im Folgenden wird eine zweite Ausführungsform, welche nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient, unter Bezugnahme auf [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2E](#) beschrieben. Diese Figuren stellen ein Herstellungsverfahren einer Halbleiteranordnung dieser Ausführungsform dar.

Schritt entsprechend Fig. 2A

[0059] Es wird ein Siliziumsubstrat **11** mit einer Oberflächenorientierung von (110) vorbereitet bzw. bereitgestellt. Eine thermische Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von etwa 42,5 nm (425 Å) wird durch Oxidation auf dem Siliziumsubstrat **11** gebildet. Darauf folgend wird eine Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von etwa 800 nm (8000 Å) auf der thermischen Siliziumoxidschicht durch CVD derart angeordnet, dass eine Siliziumoxidschicht **12** als erste Maske gebildet wird. Danach wird eine Ausheizbehandlung (annealing treatment) in einer N₂-Atmosphäre durchgeführt.

[0060] Darauf folgend wird eine Siliziumnitridschicht **13**, welche als Schutzschicht dient, auf der Siliziumoxidschicht **12** derart aufgetragen, dass sie eine Dicke von etwa 150 nm (1500 Å) besitzt. Danach wird eine Ausheizbehandlung in einer N₂-Atmosphäre durchgeführt.

[0061] Die Siliziumnitridschicht **13** schützt die Siliziumoxidschicht **12**, so dass eine Dicke der Siliziumoxidschicht **12** nicht verringert wird, wenn ein Ätzen von Vorsprüngen der Siliziumoxidschicht **12** in einem späteren Schritt durchgeführt wird. Daher ist es nicht nötig die Siliziumoxidschicht dicker zu machen, wodurch eine Wölbung bzw. Überhöhung des Siliziumsubstrats **11** verhindert bzw. gedämpft wird.

Schritt entsprechend Fig. 2B

[0062] Die Siliziumoxidschicht **12** und die Siliziumnitridschicht **13** werden durch Trockenätzen strukturiert, so dass die Siliziumoxidschicht **12** und die Siliziumnitridschicht **13** in einem Gebiet geöffnet werden, an welchem ein Graben **14** zu bilden ist.

Schritt entsprechend Fig. 2C

[0063] Der Graben **14** wird in dem Siliziumsubstrat **11** mit einer Tiefe von 35 µm durch Ätzen unter Verwendung der Siliziumoxidschicht **12** und der Siliziumnitridschicht **13** als Maske gebildet. Beispielsweise wird ein Nassätzen mit einer Ätzrate von 1,4 µm/Min. über 25 Minuten in einer TMAH-Lösung von 22 Gw. % bei 90°C durchgeführt.

[0064] Als Ergebnis wird der Graben **14** gebildet. Darüber hinaus wird eine Öffnungsbreite des Grabens **14** in einer lateralen Richtung durch Nassätzen im Vergleich mit einem Öffnungsabschnitt der Siliziumoxidschicht **12** als die Maske zum Ätzen vergrößert, so dass Vorsprünge in der Siliziumoxidschicht **12** gebildet werden.

[0065] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform wird der Vorsprungsbetrag S bei dieser Ausführungsform etwa zu 0,53 µm, wenn die Tiefe des Grabens **14** bei etwa 35 µm liegt.

Schritt entsprechend Fig. 2D

[0066] Die Siliziumoxidschicht **12** wird durch Aufbringen der Siliziumnitridschicht **13** als Maske geätzt. Als Ergebnis wird das Ätzen derart durchgeführt, dass ein oberer Abschnitt, welcher an einer Öffnung der Siliziumoxidschicht **12** freigelegt ist, aufeinanderfolgend weggeätzt wird. Daher tritt der obere Abschnitt an dem Öffnungsabschnitt der Siliziumoxidschicht **12** an einer inneren Oberfläche des Grabens **14** in der lateralen Richtung zurück bzw. springt davon ab. Mit anderen Worten, ein Randabschnitt des Grabens **14** wird freigelegt.

[0067] Wenn beispielsweise das Ätzen der Siliziumoxidschicht **12** in Fluorwasserstoffsäure mit einer Konzentration von 1/50 in Bezug auf Wasser über 170 Minuten durchgeführt wird, tritt oder springt der obere Abschnitt an dem Öffnungsabschnitt der Siliziumoxidschicht **2** der inneren Oberfläche des Grabens **14** in der lateralen Richtung um 0,4 µm zurück bzw. ab.

Schritt entsprechend Fig. 2E

[0068] Die Siliziumnitridschicht **13** wird durch Phosphorsäure weggeätzt. Als Ergebnis wird der Randabschnitt des Grabens **14** freigelegt.

[0069] Der Graben **14** wird mit einer Epitaxialschicht gefüllt, und danach wird ein Polieren, wie bezüglich der ersten Ausführungsform beschrieben, durchgeführt.

[0070] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform wird einkristallines Silizium in der Nähe eines Öffnungsabschnitts des Grabens gebildet. Daher wird

die Kristallinität einer Epitaxialschicht an dem Öffnungsabschnitt des Grabens **14** verbessert. Folglich wird die Bildung von leeren Räumen in dem Graben **14** verhindert bzw. zurückgehalten.

Dritte Ausführungsform (nicht erfindungsgemäß)

[0071] Es wird eine dritte Ausführungsform, welche nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient, im Folgenden unter Bezugnahme auf [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3F](#) beschrieben. Diese Figuren stellen ein Herstellungsverfahren einer Halbleiteranordnung dieser Ausführungsform dar.

Schritt entsprechend Fig. 3A

[0072] Ein Siliziumsubstrat **21** mit einer Oberflächenorientierung von (110) wird vorbereitet bzw. bereitgestellt. Eine thermische Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von etwa 42,5 nm (425 Å) wird durch Oxidation auf dem Siliziumsubstrat **21** gebildet. Darauf folgend wird eine Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von etwa 800 nm (8000 Å) auf der thermischen Siliziumoxidschicht durch CVD derart angeordnet, dass eine Siliziumoxidschicht **22** als erste Maske gebildet wird.

[0073] Darauf folgend wird eine Siliziumnitridschicht **23**, welche als Schutzschicht dient, auf der Siliziumoxidschicht **22** mit einer Dicke von etwa 150 nm (1500 Å) aufgetragen. Darüber hinaus wird Siliziumoxid **25** auf der Siliziumnitridschicht **23** mit einer Dicke von etwa 1000 nm (10000 Å) als zweite Maske aufgetragen. Danach wird eine Ausheizbehandlung in einer N₂-Atmosphäre durchgeführt.

Schritt entsprechend Fig. 3B

[0074] Die Siliziumoxidschicht **24** und die Siliziumnitridschicht **23** werden durch Trockenätzen derart strukturiert, dass die Siliziumoxidschicht **24** an einem Gebiet geöffnet wird, an welchem ein Graben **25** zu bilden ist, und dass die Siliziumnitridschicht **23** partiell in Richtung der Dicke an einem Gebiet geätzt wird, an welchem der Graben zu bilden ist, so dass ein Teil der Siliziumnitridschicht **23** verbleibt.

Schritt entsprechend Fig. 3C

[0075] Die Siliziumoxidschicht **24** wird derart geätzt, dass eine Öffnungsbreite der Siliziumoxidschicht **24** vergrößert wird. Beispielsweise wird dieses Ätzen in Fluorwasserstoffsäure mit einer Konzentration von 1/50 bezüglich Wasser über 180 Minuten durchgeführt.

[0076] Als Ergebnis wird ein Öffnungsabschnitt der Siliziumoxidschicht **22** derart vergrößert, dass ein Abschnitt der Siliziumnitridschicht **23**, welcher unter der Siliziumoxidschicht **24** angeordnet ist, freigelegt wird.

Daher werden Stufen an einem Abschnitt gebildet, an welchem die Siliziumnitridschicht **23** geätzt wird, und an einem Abschnitt, an welchem die Siliziumoxidschicht **24** geätzt wird.

Schritt entsprechend Fig. 3D

[0077] Die Siliziumoxidschicht **24**, die Siliziumnitridschicht **23** und die Siliziumoxidschicht **22** werden durch Trockenätzen geätzt.

[0078] In diesem Schritt wird die Siliziumoxidschicht **22** an einem Abschnitt geöffnet, an welchem der Graben **25** zu bilden ist, während die Siliziumnitridschicht **23** weiter als die Siliziumoxidschicht **22** wegen der Stufen geöffnet wird, welche an dem Abschnitt gebildet sind, an welchem die Siliziumnitridschicht **23** geätzt wird, und an dem Abschnitt, an welchem die Siliziumoxidschicht **24** geätzt wird.

Schritt entsprechend Fig. 3E

[0079] Der Graben **25** wird in dem Siliziumsubstrat **21** mit einer Tiefe von etwa 35 µm durch Ätzen unter Verwendung der Siliziumoxidschicht **22** und der Siliziumnitridschicht **23** als Maske gebildet. Beispielsweise wird ein Nassätzen mit einer Ätzrate von 1,4 µm/Min. über 25 Minuten in einer TMAH-Lösung von 22 Gw.% bei 90°C als Ätzlösung durchgeführt.

[0080] Als Ergebnis wird der Graben **25** gebildet. Darüber hinaus wird eine Öffnungsbreite des Grabens **25** in einer lateralen Richtung durch Nassätzen im Vergleich mit einem Öffnungsabschnitt der als Maske dienenden Siliziumoxidschicht **22** derart vergrößert, dass Vorsprünge an dem Öffnungsabschnitt des Siliziumoxids **22** gebildet werden.

[0081] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform wird der Vorsprungsbetrag S bei dieser Ausführungsform etwa zu 0,53 µm, wenn die Tiefe des Grabens **25** etwa 35 µm beträgt.

Schritt entsprechend Fig. 3F

[0082] Die Siliziumoxidschicht **22** wird durch Aufbringen der Siliziumnitridschicht **23** als Maske geätzt. Als Ergebnis tritt ein oberer Abschnitt von dem Öffnungsabschnitt des Siliziumoxids **22** an einer inneren Seitenoberfläche des Grabens **25** in der lateralen Richtung in der Nähe eines oberen Abschnitts eines Öffnungsabschnitts der Siliziumnitridschicht **23** zurück bzw. springt davon ab. Daher wird eine Öffnungsbreite des Siliziumoxids **22** breiter als diejenige des Grabens **25**. Mit anderen Worten, es wird ein Randabschnitt des Grabens **25** freigelegt.

[0083] Wenn beispielsweise das Ätzen des Siliziumoxids **22** in Fluorwasserstoffsäure mit einer Konzentration von 1/50 in Bezug auf Wasser über 180 Minu-

ten durchgeführt wird, tritt oder springt der obere Abschnitt an dem Öffnungsabschnitt des Siliziumoxids **22** von der inneren Seitenoberfläche des Grabens **25** um 0,37 µm in der lateralen Richtung zurück bzw. ab.

[0084] Danach wird ähnlich wie bei dem oben beschriebenen Verfahren der Graben **25** mit einer mit Störstellen dotierten Epitaxialschicht gefüllt (vgl. [Fig. 21C](#)).

[0085] In dieser Ausführungsform wird ähnlich wie bei der oben beschriebenen Ausführungsform einkristallines Silizium in der Nähe eines Öffnungsabschnitts des Grabens **25** gebildet. Daher wird die Kristallinität einer Epitaxialschicht an dem Öffnungsabschnitt des Grabens **25** verbessert. Folglich wird die Bildung von leeren Räumen in dem Graben **25** zurückgehalten bzw. verhindert.

[0086] Darüber hinaus wird bei der zweiten Ausführungsform das Siliziumsubstrat **11** der Phosphorsäure ausgesetzt, um die Siliziumnitridschicht **13** zu ätzen. Demgegenüber wird bei dieser Ausführungsform das Siliziumsubstrat **21** nicht der Phosphorsäure ausgesetzt, da es nicht nötig ist die Siliziumnitridschicht **23** zu entfernen.

[0087] Danach sind ein Schritt des Füllens des Grabens **25** mit einer Epitaxialschicht und ein Schritt des Polierens der Epitaxialschicht ähnlich wie bei der ersten oder zweiten Ausführungsform. Die Siliziumnitridschicht **23** dient ebenfalls als Stopper mit der Siliziumoxidschicht **22**. Daher wird eine Stopperfunktion beim Polieren verbessert.

Vierte Ausführungsform (nicht erfindungsgemäß)

[0088] Eine vierte Ausführungsform, welche nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient, wird im Folgenden unter Bezugnahme auf [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4D](#) beschrieben. Diese Figuren stellen ein Herstellungsverfahren einer Halbleiteranordnung dieser Ausführungsform dar.

Schritt entsprechend Fig. 4A

[0089] Es wird ein Siliziumsubstrat **31** mit einer Oberflächenorientierung von (110) vorbereitet bzw. bereitgestellt. Eine thermische Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von etwa 42,5 nm (425 Å) wird durch Oxidation auf dem Siliziumsubstrat **31** gebildet. Darauf folgend wird eine Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von etwa 800 nm (8000 Å) auf der thermischen Siliziumoxidschicht durch CVD derart angeordnet, dass eine Siliziumoxidschicht **32** als erste Maske gebildet wird.

[0090] Darauf folgend wird eine polykristalline Siliziumschicht als Schutzschicht auf der Siliziumoxi-

dschicht **32** auf eine Dicke von 150 nm (1500 Å) aufgetragen. Darüber hinaus wird eine Siliziumoxidschicht **34** als zweite Maske auf der polykristallinen Siliziumschicht **33** auf eine Dicke von etwa 300 nm (3000 Å) aufgetragen. Danach wird eine Ausheizbehandlung in einer N₂-Atmosphäre durchgeführt.

Schritt entsprechend Fig. 4B

[0091] Die Siliziumoxidschicht **32**, die polykristalline Siliziumschicht **33** und die Siliziumoxidschicht **34** werden durch Trockenätzen derart strukturiert, dass die Siliziumoxidschicht **32**, die polykristalline Siliziumschicht **33** und die Siliziumoxidschicht **34** an einem Gebiet geöffnet sind, an welchem ein Graben **35** zu bilden ist.

Schritt entsprechend Fig. 4C

[0092] Der Graben **35** wird in dem Siliziumsubstrat **31** auf eine Tiefe von etwa 35 µm durch Ätzen unter Verwendung der Siliziumoxidschicht **32**, der polykristallinen Siliziumschicht **33** und der Siliziumoxidschicht **34** als Maske gebildet. Beispielsweise wird ein Nassätzen mit einer Ätzrate von 1.4 µm/Min. über 25 Minuten in einer TMAH-Lösung von 22 Gw.% bei 90°C als Ätzlösung durchgeführt.

[0093] Als Ergebnis wird der Graben **35** gebildet. Darüber hinaus wird eine Öffnungsbreite des Grabens **35** in einer lateralen Richtung durch Nassätzen im Vergleich mit einem Öffnungsabschnitt der als Maske dienenden Siliziumoxidschicht **32** vergrößert, so dass Vorsprünge an Öffnungsabschnitten in den Siliziumoxidschichten **32** und **34** gebildet werden.

[0094] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform wird der Vorsprungsbetrag S bei dieser Ausführungsform zu etwa 0,53 µm, wenn die Tiefe des Grabens **35** etwa 35 µm beträgt. Insbesondere wird die zwischen den Siliziumoxidschichten **32** und **34** angeordnete polykristalline Siliziumschicht **33** von einem Öffnungsabschnitt davon aus derart geätzt, dass eine Öffnungsbreite der polykristallinen Siliziumschicht **33** breiter als diejenige des Grabens **35** wird.

Schritt entsprechend Fig. 4D

[0095] Die Siliziumoxidschichten **32** und **34** werden durch Aufbringen der polykristallinen Siliziumschicht **33** als Maske geätzt. Als Ergebnis wird die Siliziumoxidschicht **34** entfernt, und ein oberer Abschnitt des Öffnungsabschnitts der Siliziumoxidschicht **32** tritt oder springt von einer inneren Seitenoberfläche des Grabens **35** in der lateralen Richtung in der Nähe eines oberen Abschnitts eines Öffnungsabschnitts der polykristallinen Siliziumschicht **33** zurück bzw. ab. Daher wird eine Öffnungsbreite der Siliziumoxidschicht **32** größer als diejenige des Grabens **35**. Mit

anderen Worten, es wird ein Randabschnitt des Grabens **35** freigelegt.

[0096] Wenn beispielsweise das Ätzen der Siliziumoxidschichten **32** und **34** in Fluorwasserstoffsäure mit einer Konzentration von 1/50 in Bezug auf Wasser über 180 Minuten durchgeführt wird, tritt oder springt der obere Abschnitt des Öffnungsabschnitts der Siliziumoxidschicht **32** von der inneren Seitenoberfläche des Grabens **35** um 0,4 µm in der lateralen Richtung zurück bzw. ab.

[0097] Danach wird ähnlich wie bei dem oben beschriebenen Verfahren der Graben **35** mit einer mit Störstellen dotierten Epitaxialschicht gefüllt (vgl. [Fig. 21C](#)). Danach wird ein Polieren der Epitaxialschicht, wie bezüglich der ersten Ausführungsform beschrieben, durchgeführt.

[0098] Bei dieser Ausführungsform wird ähnlich wie bei der oben beschriebenen Ausführungsform einkristallines Silizium in der Nähe des Öffnungsabschnitts des Grabens **35** gebildet. Daher wird die Kristallinität einer epitaxialen Schicht an dem Öffnungsabschnitt des Grabens **35** verbessert. Folglich wird die Bildung von leeren Räumen in dem Graben **35** zurückgehalten.

[0099] Darüber hinaus wird bei dieser Ausführungsform das Siliziumsubstrat **21** nicht der Phosphorsäure ausgesetzt, da es nicht nötig ist die polykristalline Siliziumschicht **33** zu entfernen.

[0100] Bei dieser Ausführungsform dient die Siliziumoxidschicht **32** als Stopper beim Polieren der Epitaxialschicht.

Fünfte Ausführungsform (nicht erfindungsgemäß)

[0101] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5F](#) eine fünfte Ausführungsform, welche nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient, beschrieben. Diese Figuren stellen ein Herstellungsverfahren einer Halbleiteranordnung dieser Ausführungsform dar.

Schritt entsprechend Fig. 5A

[0102] Ein Siliziumsubstrat **41** mit einer Oberflächenorientierung von (110) wird vorbereitet bzw. bereitgestellt. Eine thermische Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von etwa 42,5 nm (425 Å) wird durch Oxidation auf dem Siliziumsubstrat **41** gebildet. Darauf folgend wird eine aufgetragene Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von 800 nm (8000 Å) auf der thermischen Siliziumoxidschicht durch CVD derart angeordnet, dass eine Siliziumoxidschicht **42** als erste Maske gebildet wird.

[0103] Darauffolgend wird eine polykristalline Siliziumschicht **43** als Schutzschicht auf der Siliziumoxidschicht **42** auf eine Dicke von etwa 150 nm (1500 Å) aufgetragen. Darüber hinaus wird eine Siliziumoxidschicht **44** als zweite Maske auf der polykristallinen Siliziumschicht **43** mit einer Dicke von etwa 300 nm (3000 Å) durch thermische Oxidation der polykristallinen Siliziumschicht **43** oder durch Auftragen einer Siliziumoxidschicht gebildet. Danach wird eine Ausheizbehandlung in einer N₂-Atmosphäre durchgeführt.

Schritt entsprechend Fig. 5B

[0104] Die Siliziumoxidschicht **42**, die polykristalline Siliziumschicht **43** und die Siliziumoxidschicht **44** werden durch Trockenätzen derart strukturiert, dass die Siliziumoxidschicht **44** und die polykristalline Siliziumschicht **43** an einem Gebiet geöffnet wird, an welchem ein Graben **45** zu bilden ist, und derart, dass die Siliziumoxidschicht **42** in eine Dickenrichtung an einem Gebiet partiell entfernt wird, an welchem der Graben **45** zu bilden ist.

Schritt entsprechend Fig. 5C

[0105] Ein Öffnungsabschnitt der polykristallinen Siliziumschicht **43** wird durch eine thermische Behandlung thermisch oxidiert. Als Ergebnis wird der Öffnungsabschnitt der polykristallinen Siliziumschicht **43** breiter.

Schritt entsprechend Fig. 5D

[0106] Die Siliziumoxidschicht **42** wird geätzt, bis das Siliziumsubstrat **41** durch Trockenätzen freigelegt ist, so dass die Siliziumoxidschicht **42** an dem Gebiet geöffnet wird, an welchem der Graben **45** zu bilden ist.

Schritt entsprechend Fig. 5E

[0107] Der Graben **45** wird in dem Siliziumsubstrat **41** auf eine Tiefe von etwa 35 µm durch Ätzen unter Verwendung der Siliziumoxidschicht **42**, der polykristallinen Siliziumschicht **43** und der Siliziumoxidschicht **44** als Maske gebildet. Beispielsweise wird ein Nassätzen mit einer Ätzrate von 1,4 µm/Min. über 25 Minuten in einer TMAH-Lösung von 22 Gw.% bei 90°C als Ätzlösung durchgeführt.

[0108] Als Ergebnis wird der Graben **45** gebildet. Darüber hinaus wird eine Öffnungsbreite des Grabens **45** in einer lateralen Richtung durch Nassätzen im Vergleich mit einem Öffnungsabschnitt der als die Maske dienenden Siliziumoxidschicht **42** derart vergrößert, dass Vorsprünge an Öffnungsabschnitten der Siliziumoxidschichten **42** und **44** gebildet werden.

[0109] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform wird der Vorsprungsbetrag S bei dieser Ausführungsform zu etwa 0,53 µm, wenn die Tiefe des Grabens **45** etwa 35 µm beträgt.

Schritt entsprechend Fig. 5F

[0110] Die Siliziumoxidschichten **42** und **44** werden derart geätzt, dass die Siliziumoxidschicht **44** entfernt wird, und ein oberer Abschnitt an dem Öffnungsabschnitt der Siliziumoxidschicht **42** tritt von einer inneren Seitenoberfläche des Grabens **45** in der lateralen Richtung in der Nähe eines oberen Abschnitts eines Öffnungsabschnitts der polykristallinen Siliziumschicht **43** zurück bzw. springt davon ab. Daher wird eine Öffnungsbreite der Siliziumoxidschicht **42** größer als diejenige des Grabens **45**. Mit anderen Worten, es wird ein Randabschnitt des Grabens **45** freigelegt.

[0111] Wenn beispielsweise das Ätzen der Siliziumoxidschichten **42** und **44** in Fluorwasserstoffsäure mit einer Konzentration von 1/50 in Bezug auf Wasser über 180 Minuten durchgeführt wird, tritt oder springt der obere Abschnitt an dem Öffnungsabschnitt der Siliziumoxidschicht **42** von der inneren Seitenoberfläche des Grabens **45** um 0,4 µm in der lateralen Richtung zurück bzw. ab.

[0112] Danach wird ähnlich wie bei dem oben beschriebenen Verfahren der Graben **45** mit einer mit Störstellen dotierten Epitaxialschicht gefüllt (vgl. [Fig. 21C](#)). Danach wird, wie bezüglich der ersten Ausführungsform beschrieben, ein Polieren der Epitaxialschicht durchgeführt.

[0113] Bei dieser Ausführungsform wird ähnlich wie bei der oben beschriebenen Ausführungsform einkristallines Silizium in der Nähe eines Öffnungsabschnitts des Grabens **45** gebildet. Daher wird die Kristallinität einer Epitaxialschicht an dem Öffnungsabschnitt des Grabens **45** verbessert. Folglich wird die Bildung von leeren Räumen in dem Graben **45** zurückgehalten bzw. verhindert.

[0114] Darüber hinaus wird bei dieser Ausführungsform das Siliziumsubstrat **41** nicht der Phosphorsäure ausgesetzt, da es nicht nötig ist die polykristalline Siliziumschicht **43** zu entfernen.

Sechste Ausführungsform (nicht erfindungsgemäß)

[0115] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6E](#) eine sechste Ausführungsform, welche nicht den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, sondern deren Erläuterung dient, beschrieben. Diese Figuren stellen ein Herstellungsverfahren einer Halbleiteranordnung dieser Ausführungsform dar.

Schritt entsprechend Fig. 6A

[0116] Es werden Siliziumsubstrate **51** und **52** mit jeweils einer Oberflächenorientierung von (110) vorbereitet bzw. bereitgestellt. Danach werden diese Substrate **51** und **52** aneinander mit einer dazwischen angeordneten vergrabenen Siliziumoxidschicht **53** angehaftet, wodurch ein SOI-Substrat gebildet wird. Die vergrabene Siliziumoxidschicht **53** entspricht einer ersten Maske, und das Siliziumsubstrat **52** entspricht einer Schutzschicht.

[0117] Als Nächstes wird das Siliziumsubstrat **52** durch Polieren oder dergleichen verdünnt, um eine SOI-Schicht zu bilden. Das verdünnte Siliziumsubstrat **52** wird hiernach als SOI-Schicht bezeichnet.

[0118] Das Siliziumsubstrat, welches die SOI-Schicht **52** bildet, besitzt eine Oberflächenorientierung von (110). Dies liegt daran, dass dieses Siliziumsubstrat durch eine TMAH-Lösung derart steuerbar geätzt wird, dass ein Ätzbetrag der SOI-Schicht **52** steuerbar eingestellt wird.

Schritt entsprechend Fig. 6B

[0119] Darauffolgend wird eine Oberfläche der SOI-Schicht thermisch oxidiert. Als Ergebnis verbleibt die SOI-Schicht **52** zwischen der vergrabenen Siliziumoxidschicht **53** und einer als zweite Maske dienenden Siliziumoxidschicht **54**.

Schritt entsprechend Fig. 6C

[0120] Die Siliziumoxidschicht **54**, die SOI-Schicht **52** und die vergrabene Siliziumoxidschicht **53** werden durch Trockenätzen derart strukturiert, dass die Siliziumoxidschicht **54**, die SOI-Schicht **52** und die vergrabene Siliziumoxidschicht **53** an einem Gebiet geöffnet werden, an welchem ein Graben zu bilden ist.

Schritt entsprechend Fig. 6D

[0121] Ein Graben **55** wird in dem Siliziumsubstrat **31** mit einer Tiefe von etwa 35 µm durch Ätzen unter Verwendung der Siliziumoxidschicht **54**, der SOI-Schicht **52** und der vergrabenen Siliziumoxidschicht **53** als Maske gebildet. Beispielsweise wird ein Nassätzen mit einer Ätzrate von 1,4 µm/Min. über 25 Minuten in einer TMAH-Lösung von 22 Gew.% bei 90°C als Ätzlösung durchgeführt.

[0122] Als Ergebnis wird der Graben **55** gebildet. Darüber hinaus wird eine Öffnungsbreite des Grabens **55** in einer lateralen Richtung durch Nassätzen im Vergleich mit einem Öffnungsabschnitt der als Maske dienenden vergrabenen Siliziumoxidschicht **53** derart vergrößert, dass Vorsprünge an Öffnungsabschnitten der vergrabenen Siliziumoxidschicht **53** und der Siliziumoxidschicht **54** gebildet werden.

[0123] Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform wird der Vorsprungsbetrag S bei dieser Ausführungsform zu etwa 0,53 µm, wenn die Tiefe des Grabens **35** etwa 35 µm beträgt. Darüber hinaus wird die zwischen den Siliziumoxidschichten **53** und **54** angeordnete SOI-Schicht **52** von einem Öffnungsabschnitt davon aus geätzt.

Schritt entsprechend Fig. 6E

[0124] Die Siliziumoxidschichten **54** und **53** werden geätzt. Als Ergebnis wird die Siliziumoxidschicht **54** entfernt, und es wird die vergrabene Siliziumoxidschicht **53** von einem oberen Abschnitt aus an einem Öffnungsabschnitt davon derart geätzt, dass eine Öffnungsbreite der vergrabenen Siliziumoxidschicht **53** breiter als diejenige des Grabens **55** wird.

[0125] Wenn beispielsweise das Ätzen der Siliziumoxidschichten **54** und **53** in Fluorwasserstoffsäure mit einer Konzentration von 1/50 in Bezug auf Wasser über 180 Minuten durchgeführt wird, tritt oder springt der obere Abschnitt an dem Öffnungsabschnitt der Siliziumoxidschicht **53** von der inneren Seitenoberfläche des Grabens **55** in der lateralen Richtung um 0,4 µm zurück bzw. ab.

[0126] Danach wird ähnlich wie bei dem oben beschriebenen Verfahren der Graben **55** mit einer mit Störstellen dotierten Epitaxialschicht gefüllt (vgl. [Fig. 21C](#)). Danach wird ein Polieren der Epitaxialschicht, wie bezüglich der ersten Ausführungsform beschrieben, durchgeführt.

[0127] Bei dieser Ausführungsform wird ähnlich wie bei den oben beschriebenen Ausführungsformen einkristallines Silizium in der Nähe eines Öffnungsabschnitts des Grabens **55** gebildet. Daher wird die Kristallinität einer Epitaxialschicht an dem Öffnungsabschnitt des Grabens **55** verbessert. Folglich wird die Erzeugung von leeren Räumen in dem Graben **55** zurückgehalten bzw. verhindert.

[0128] Bei dieser Ausführungsform dient die vergrabene Siliziumoxidschicht **53** als Stopper beim Polieren der Epitaxialschicht.

[0129] Obwohl bei den oben beschriebenen Ausführungsformen die Tiefe der Gräben wie bei einem Beispiel 35 µm beträgt, kann die Tiefe des Grabens beruhend auf einer in dem Substrat gebildeten Anordnung gewählt werden. Daher kann das Herstellungsverfahren der oben beschriebenen Ausführungsformen auf ein Substrat angewandt werden, bei welchem ein Graben mit irgendeiner Tiefe gebildet wird.

[0130] Beispielsweise wird bezüglich der ersten Ausführungsform eine Beziehung zwischen der Tiefe des Grabens und dem Vorsprungsbetrag in einer Tabelle in [Fig. 7](#) dargestellt. Wie in dieser Tabelle

dargestellt, wird der Vorsprungsbetrag mit einem Ansteigen der Tiefe des Grabens größer. Daher kann ein Ätzbetrag einer als Maske dienenden Siliziumoxidschicht dann, wenn die Siliziumoxidschicht zurücktritt bzw. abspringt, beruhend auf dem Vorsprungsbetrag der Siliziumoxidschicht gewählt werden.

[0131] Obwohl bei den oben beschriebenen Ausführungsformen das epitaxiale Aufwachsen in dem Zustand durchgeführt wird, dass die Siliziumoxidschichten **2**, **12**, **22**, **32**, **42**, **53** verbleiben, können darüber hinaus diese Siliziumoxidschichten vollständig vor dem epitaxialen Aufwachsen entfernt werden.

[0132] Da jedoch in dem Fall der Stopper beim Polieren der Epitaxialschicht nicht übrigbleibt, sollte eine Dicke der Epitaxialschicht durch Einstellen einer Polierzeit des Ebens kontrolliert werden bzw. gesteuert werden.

[0133] Wenn eine Mehrzahl von Gräben gebildet wird, wird ein Ätzbetrag der Siliziumoxidschicht, welche zurücktreten bzw. abspringen soll, beruhend auf einem Intervall zwischen zwei benachbarten aus der Mehrzahl von Gräben gewählt. Darüber hinaus ist der Fall akzeptabel, dass die Siliziumoxidschicht zwischen den Gräben entfernt wird, während die Siliziumoxidschicht auf einem Gebiet des Siliziumsubstrats verbleibt, wo die Gräben nicht gebildet werden.

[0134] Obwohl bei der dritten Ausführungsform die in **Fig. 3D** dargestellte Stufe in dem Herstellungsschritt gebildet wird, bei welchem die Siliziumnitridschicht **23** partiell geätzt wird, nachdem die Siliziumoxidschicht **24** auf der Siliziumnitridschicht **23** gebildet worden ist, wird die Stufe ebenfalls unter Verwendung von zwei Masken mit zueinander unterschiedlichen Öffnungsbreiten gebildet.

[0135] Obwohl bei den oben beschriebenen Ausführungsformen die Kristallinität in der Nähe des Öffnungsabschnitts des Grabens hauptsächlich beschrieben wurde, wird ebenfalls bei unten erläuterten Ausführungsformen eine Verbesserung der Kristallinität innerhalb des Grabens beschrieben.

Siebente Ausführungsform

[0136] Es wird eine siebente Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 8A** bis **Fig. 8D** und **Fig. 9** bis **Fig. 14** beschrieben. Diese Figuren zeigen schematische Querschnittsansichten, welche ein Herstellungsverfahren eines Halbleitersubstrats darstellen.

[0137] Entsprechend **Fig. 9** wird ein Graben **103** in einem Siliziumsubstrat (einkristallines Siliziumsubstrat) **101** gebildet, welches ein Halbleitersubstrat bildet. Der Graben **103** wird mit einer einkristallinen Siliziumschicht **107** gefüllt. Die einkristalline Silizium-

schicht **107** wird durch epitaxiales Aufwachsen aufgetragen. Das Siliziumsubstrat **101** ist ein n-Typ Siliziumsubstrat, und die einkristalline Siliziumschicht **107** ist eine p-Typ Diffusionsschicht. Daher wird ein pn-Übergang an einer Schnittstelle zwischen dem Substrat **101** und der Diffusionsschicht **107** gebildet, wodurch eine große Integration einer Halbleiteranordnung in Richtung der Tiefe erzielt wird. Leitungstypen des Substrats **101** und der Diffusionsschicht **107** können invertiert werden (das Substrat **101** kann ein p-Typ sein, und die Diffusionsschicht **107** kann ein n-Typ sein). Darüber hinaus wird die Diffusionsschicht **107** durch eine vergrabene Epitaxialschicht derart gebildet, dass die Konzentration einer Dotierungssubstanz der vergrabenen Epitaxialschicht durch das epitaxiale Aufwachsen gesteuert wird. Als Ergebnis besitzt die Diffusionsschicht **107** ein gleichförmiges Konzentrationsprofil in Richtung der Tiefe ebenso wie in einer lateralen Richtung.

[0138] Als Nächstes wird ein Herstellungsverfahren des Halbleitersubstrats wie folgt beschrieben.

[0139] Wie in **Fig. 8** dargestellt, wird das einkristalline Siliziumsubstrat **101** vorbereitet bzw. bereitgestellt. Das Substrat **101** besitzt eine Oberfläche, die auf eine (110)-Oberfläche bzw. -Seite ausgerichtet ist. Eine Maskenoxidschicht (Siliziumoxidschicht **102**) als Maske zum Grabenätzen wird auf einer oberen Oberfläche des Substrats **101** gebildet. Nachdem ein Fotoresist auf der Maskenoxidschicht **102** aufgetragen worden ist, werden Öffnungsabschnitte **102a** auf vorbestimmten Gebieten der Maskenoxidschicht **102** durch Fotolithographie gebildet. Mit anderen Worten, die Gebiete, wo Gräben zu bilden sind, werden freigelegt. Obwohl dieses Oxidschichtätzen entweder durch Trockenätzen oder durch Nassätzen durchgeführt werden kann, wird das Trockenätzen zur Durchführung einer genauen Herstellung bevorzugt.

[0140] Nachfolgend werden Gräben **103** in dem Substrat **101** durch Ätzen mit der Siliziumoxidschicht **102** als Maske gebildet.

[0141] Es werden nämlich die Gräben **103** durch anisotropes Trockenätzen durch die Öffnungsabschnitte **102a** gebildet. Es wird ein RIE-Verfahren (Reactive Ion Etching) für das Trockenätzen verwendet, welches im allgemeinen bei einem Halbleiterprozess verwendet wird.

[0142] Obwohl bezüglich des oben beschriebenen Grabenbildungsprozesses das anisotrope Trockenätzen angenommen wird, kann ein anisotropes Nassätzen angenommen werden. In einem Fall, bei welchem das Nassätzen zur Bildung der Gräben **103** durchgeführt wird, wird die auf der Oberfläche des Substrats **101** an den Öffnungsabschnitten **102a** der Oxidschicht **102** gebildete natürliche Oxidschicht (natural oxide film) durch eine HF-Lösung oder derglei-

chen vorausgehend entfernt, und danach wird das Grabenätzen mit einer TMAH-Lösung durchgeführt. Das anisotrope Ätzen durch die TMAH-Lösung besitzt eine Charakteristik dahingehend, dass eine Ätzrate des Substrats **101** von einer Oberflächenorientierung des Substrats **101** abhängt. Daher wird ein Grabenbildungsprozess mit einem größeren Seitenverhältnis unter einer Bedingung bzw. einem Zustand erzielt, dass ein Substrat eine Si-Orientierung von (110) aufweist und dass eine Seitenoberfläche eines Grabens auf eine Oberfläche gegenüberliegend einer (111)-Si-Oberfläche gesetzt ist, da eine Ätzselektivität der (111)-Si-Oberfläche bezüglich der (110)-Si-Oberfläche 1:60 beträgt. Es kann übrigens eine KOH-Lösung anstelle einer TMAH-Lösung als Ätzlösung verwendet werden.

[0143] Bei diesem Grabenätzprozess wird eine innere Oberfläche (eine Seitenoberfläche und einen Bodenoberfläche) des Grabens angeraut und besitzt leicht darauf Kristalldefekte. Insbesondere wenn der Graben in dem Substrat, welches eine Oberfläche aufweist, die auf die (110)-Si-Oberfläche ausgerichtet ist, durch das Ätzen unter Verwendung der TMAH-Lösung gebildet wird, ist die Rauheit auf der Bodenoberfläche der (110)-Si-Oberfläche im Vergleich mit der Seitenoberfläche des Si von (111) groß. In einem Fall, bei welchem die innere Oberfläche (die Seitenoberfläche und die Bodenoberfläche) des Grabens mit Kristalldefekten angeraut ist, werden Kristalldefekte bei einem epitaxialen Aufwachsen induziert, welches auf das Grabenätzen folgt.

[0144] Es wird übrigens bei oder vor diesem Grabenätzen ein Ausrichtungsgraben **104** zum Ausrichten von Masken gebildet und mit polykristallinem Silizium oder dergleichen gefüllt, welches eine hohe Toleranz in Bezug auf eine HF-Lösung besitzt. Dieser Ausrichtungsgraben **104** kann zur Erfassung eines abschließenden Zeitpunkts eines unten beschriebenen Polierprozesses verwendet werden.

[0145] Darauffolgend wird, wie in [Fig. 8B](#) dargestellt, die als Maske verwendete Oxidschicht **102** vollständig von der Oberfläche des Substrats **101** entfernt. Ähnlich wird durch vollständiges Entfernen der Oxidschicht **102** verhindert, dass die Oxidschicht **102** sich während einer thermischen Behandlung wie einem folgenden Prozess abgeschält wird. Wenn zu dieser Zeit ein Reinigen des Substrats **101** mit einer HF-Lösung durchgeführt wird, wird ebenfalls eine natürliche Oxidschicht (natural oxide film) innerhalb des Grabens entfernt. Insbesondere wenn der Grabenbildungsprozess durch Trockenätzen durchgeführt wird, können Reaktionsprodukte innerhalb des Grabens anhaften. Daher wird es bei diesem Reinigen des Substrats **101** mit einer HF-Lösung bevorzugt, dass das Substrat **101** zuerst durch eine Lösung einer Schwefelsäure (H_2SO_4), welche mit einer Wasserstoffperoxidlösung (H_2O_2) gemischt ist, vor dem

HF-Reinigen gereinigt wird. Das Entfernen der Maskenoxidschicht **102** kann ebenfalls durch Reinigen mit der HF-Lösung durchgeführt werden, wobei diese Art in [Fig. 8B](#) dargestellt wird. Ähnlich kann in dem Fall, bei welchem das Reinigen der natürlichen Oxidschicht und der Nebenprodukte durch die Reaktion vor dem epitaxialen Aufwachsen durchgeführt wird, können ungünstige Auswirkungen bei dem epitaxialen Aufwachsen hervorgerufen durch das Vorhandensein der natürlichen Oxidschicht und der Reaktionsprodukte vermieden werden.

[0146] Danach wird die innere Oberfläche (die Seitenoberfläche und die Bodenoberfläche) des Grabens in dem Substrat **101** durch die thermische Behandlung glatt gemacht. Diese thermische Behandlung wird unter einem niedrigen Druck und in einer nicht oxidierenden oder einer nicht nitrierenden Atmosphäre bei 900 bis 1200°C über mehrere Minuten bis mehrere zehn Minuten beispielsweise durchgeführt, obwohl die Zeit von der Größe der Rauheit abhängt. Es wird bevorzugt, dass diese thermische Behandlung bei 1100°C oder mehr durchgeführt wird.

[0147] Die nicht oxidierende und die nicht nitrierende Atmosphäre wird durch Einführung von Wasserstoffgas oder einem Edelgas in eine Kammer unter dem niedrigen Druck erlangt. Wenn die thermische Behandlung zum Glätten der inneren Oberfläche des Grabens in einer LP-CVD-Kammer durchgeführt wird, welche bei dem epitaxialen Aufwachsen verwendet wird, kann der Prozess vereinfacht werden, und es wird eine Bildung der natürlichen Oxidschicht verhindert (es ist nicht nötig die natürliche Oxidschicht zu entfernen). Mit anderen Worten, wenn die thermische Behandlung und das epitaxiale Aufwachsen einer Epitaxialschicht **106** in derselben Vorrichtung aufeinanderfolgend durchgeführt werden, wird eine Adhäsion von Verunreinigungen zurückgehalten bzw. verhindert, und es wird eine Verbesserung des Durchsatzes erwartet.

[0148] Danach wird, wie in [Fig. 8C](#) dargestellt, das epitaxiale Aufwachsen durchgeführt, wodurch die epitaxiale Schicht **106** gebildet wird, um den Graben zu füllen und um auf der Oberfläche des Substrats **101** angeordnet zu werden. Detailliert dargestellt, es wird die epitaxiale Schicht **106** in der LP-CVD-Kammer unter einem niedrigen Druck bei 800 bis 1100°C gebildet. Auf diese Weise werden die Gräben **3** mit der Epitaxialschicht **106** gefüllt. Bei der Bildung der Epitaxialschicht **106** wird das Substrat **101** auf einer vorbestimmten Temperatur in einem Zustand gehalten, bei welchem die Oberfläche des Substrats **101** einem Schichtbildungsgas einschließlich wenigstens eines Elements eines Schichtbildungsmaterials der Epitaxialschicht **106** ausgesetzt wird. Danach werden das Schichtbildungsgas und ein Dotierungssubstanz enthaltendes Gas in die Kammer einer nicht Oxidationsatmosphäre unter einem niedrigen Druck

eingeführt, um die Diffusionsschicht in den Gräben zu bilden, welche sich von dem Substrat **101** in der Konzentration oder dem Leitfähigkeitstyp unterscheidet. Auf diese Weise können der Leitfähigkeitstyp und die Konzentration der Diffusionsschicht (Epitaxialschicht) gesteuert werden, so dass die Diffusionsschicht wie gewünscht erlangt werden kann. Des Weiteren kann die Diffusionsschicht durch eine Mehrzahl von Schichten mit unterschiedlichen Konzentrationen oder unterschiedlichen Leitfähigkeitstypen gebildet werden.

[0149] D. h. die Epitaxialschicht kann sich aus Epitaxialschichten mit unterschiedlichen Leitfähigkeitstypen zusammensetzen. Beispielsweise können wechselweise eine erste n-Typ Schicht, eine p-Typ Schicht und eine zweite n-Typ Schicht aufgeschichtet werden.

[0150] Nachdem die vergrabene Epitaxialschicht gebildet worden ist, wird danach eine Oberfläche der auf dem Substrat **101** angeordneten Epitaxialschicht **106** abgeflacht, so dass die auf den Gräben **3** erzeugten Stufen eliminiert werden. Bei diesem Abflachungsprozess kann CMP (Chemical Mechanical Polish) verwendet werden. Durch das CMP kann ein Teil der Epitaxialschicht mit einer geringeren Kristallinität, welche in der Nähe des Öffnungsabschnitts des Grabens vorhanden ist, gleichzeitig mit dem Abflachen der Epitaxialschicht entfernt werden. Übrigens kann ein Zurückätzverfahren durch Trockenätzen oder anisotropes Nassätzen das CMP (Polieren) ersetzen. Der Abflachungsprozess kann durch eine Kombination des Polierens, des Zurückätzens und des anisotropen Nassätzens durchgeführt werden.

[0151] Bei dem durch die oben beschriebenen Prozesse verarbeiteten Substrat wird, wie in [Fig. 9](#) dargestellt, der an der oberen Oberfläche des Substrats geöffnete Graben **103** gebildet, und der Graben **103** wird mit dem einkristallinen Silizium **107** gefüllt. Darüber hinaus wird ein Radius einer Kurve "r" an einer durch die Seitenoberfläche und die Bodenoberfläche des Grabens **103** gebildeten Ecke von 1,0 µm oder mehr bereitgestellt. Des Weiteren wird eine maximale Höhe "Rmax" bezüglich der Rauheit der inneren Oberfläche des Grabens **103** von 3 nm oder weniger bereitgestellt. Insbesondere wird der Radius der Kurve "r" an der Ecke von 1,5 µm oder mehr bereitgestellt, und die maximale Höhe "Rmax" der Rauigkeit der inneren Oberfläche des Grabens **103** beträgt 2 nm oder weniger.

[0152] Anders als eine durch thermische Diffusion oder dergleichen von einer Oberfläche eines Substrats gebildete Diffusionsschicht besitzt die Diffusionsschicht (die Diffusionsschicht, welche sich in Richtung der Tiefe des Substrats erstreckt) **107**, welche durch die oben beschriebenen Prozesse gebildet

wird, ein großes Seitenverhältnis, wie in [Fig. 8D](#) dargestellt.

[0153] Daher kann das bezüglich dieser Ausführungsform beschriebene Substrat zur Bildung einer MOS-Anordnung verwendet werden, die geeignet ist einer hohen Spannung zu widerstehen, was in dem US 5438215 A offenbart ist.

[0154] Da bei dem Polierprozess zum Abflachen eine Oxidschicht nicht speziell als Stopper des Polierens gebildet wird, wird ein Zeitpunkt des Stoppens des Polierens durch eine Dicke der verbleibenden Epitaxialschicht auf dem Substrat bestimmt (eine Erfassung ist durch ein Freilegen des Ausrichtungsgrabens möglich).

[0155] Wie oben beschrieben, wird das epitaxiale Aufwachsen durchgeführt, nachdem die innere Oberfläche des Grabens durch die thermische Behandlung in der Niederdruckatmosphäre (nicht oxidierende und nicht nitrierende Atmosphäre) geglättet worden ist. Detailliert dargestellt, die thermische Behandlung in der nicht oxidierenden oder nicht nitrierenden Atmosphäre und das epitaxiale Aufwachsen werden aufeinanderfolgend in der LP-CVD-Kammer zum Durchführen des epitaxialen Aufwachsens durchgeführt. Zu der Zeit wird die in [Fig. 8A](#) dargestellte Maskenoxidschicht **102**, wie in [Fig. 8B](#) dargestellt, entfernt, um eine Trennung der Maskenoxidschicht **102** bei der thermischen Behandlung zu verhindern.

[0156] Auf diese Weise wird die Rauheit auf der inneren Oberfläche des Grabens durch die nicht oxidierende oder nicht nitrierende thermische Behandlung derart verringert, dass die Kristallinität der Epitaxialschicht verbessert wird. Detailliert dargestellt, obwohl die Rauheit auf der inneren Oberfläche (eigentlich die maximale Höhe Rmax) größer wird, nachdem das Grabenätzen durch eine TMAH-Lösung durchgeführt wird, sorgt die nicht oxidierende oder nicht nitrierende thermische Behandlung dafür, dass Rmax klein wird. Die Verringerung von Rmax hängt von der Zeit der thermischen Behandlung ab. Darüber hinaus wird durch Bilden der Wasserstoffatmosphäre eine Oxidation und Nitrierung verhindert.

[0157] [Fig. 10](#) zeigt eine Änderung der Rauheit unter Durchführung der thermischen Behandlung. Die X-Achse zeigt die Behandlungszeit an, und die Y-Achse zeigt die Rauheit auf der Bodenoberfläche des Grabens an. Eine Rauheit auf der Oberfläche eines Substrats (bulk silicon), welches eine Oberfläche aufweist, die auf eine (110)-Oberfläche ausgerichtet ist, ist ebenfalls in [Fig. 10](#) als Bezugswert dargestellt. Die Temperatur der Behandlung lag bei 1150°C. Es wurde eine Oberflächenrauheit an fünf Punkten auf einer identische Oberfläche in jeder Probe durch eine Stufenmessvorrichtung gemessen. Entsprechend [Fig. 10](#) wird die Rauheit auf der Bodenoberfläche

des Grabens durch die thermische Behandlung verringert.

[0158] Als Nächstes wird ein Kompromiss zwischen der Verbesserung der Kristallinität und dem Abschälen (Trennen) der Maske beschrieben.

[0159] [Fig. 11](#) stellt experimentelle Daten dar, welche sich auf die Verbesserung der Kristallinität durch die nicht oxidierende und nicht nitrierende Wärmebehandlung beziehen; mit anderen Worten, eine Änderung der Kristallinität in der Epitaxialschicht, wenn die nicht oxidierende und die nicht nitrierende thermische Behandlung durchgeführt wird.

[0160] Die X-Achse stellt die Temperatur der Behandlung dar. Die Y-Achse stellt die Defektdichte in einem Querschnitt dar, nachdem die Epitaxialschicht gebildet worden ist (nachdem ein zweites Ätzen (seco etching) durchgeführt worden ist, d. h. nachdem ein Ätzen mit einer gemischten Lösung einer Fluorwasserstoffsäure und Kaliumdichromat durchgeführt worden ist). Die H_2 -Fließrate wird auf 20 Liter pro Minute festgelegt. Ein Grad des Vakuums wird auf 80 Torr festgelegt. Das Experiment wird in drei Zeitabschnitten durchgeführt, d. h. 1,5 Minuten, 5 Minuten und 10 Minuten. Eine Wirkung der thermischen Behandlung zur Verringerung von Kristalldefekten tritt allmählich bei 950°C oder mehr auf, wobei die Wirkung markant wird, wenn die Behandlung bei 1100°C oder darüber und über 10 Minuten und länger durchgeführt wird.

[0161] Wie in [Fig. 12](#) dargestellt, kann die Oxidschicht an einem Rand des Grabens durch die thermische Behandlung abgeschält werden. Wie bezüglich der ersten Ausführungsform beschrieben, liegt dies daran, dass die Oxidschicht als Maske zur Bildung des Grabens mit den Vordächern, welche vom Rand des Grabens herausragen, zurückbleibt, wodurch das Abschälen der Oxidschicht hervorgerufen wird. Das Abschälen der Oxidschicht wird durch die Messung quantifiziert. Ein Ergebnis der Messung ist in [Fig. 13](#) dargestellt. Mit anderen Worten, [Fig. 13](#) stellt die Größe des abgeschälten Oxidschichtabschnitts hervorgerufen durch verschiedene Bedingungen bzw. Zustände der nicht oxidierenden und der nicht nitrierenden thermischen Behandlung dar. Die X-Achse zeigt die Temperatur bei der Behandlung an, und die Y-Achse zeigt die Länge des abgeschälten Oxidschichtabschnitts an. Die Zeit der Behandlung ist auf 1,5 Minuten 5 Minuten und 10 Minuten festgelegt worden.

[0162] Wenn die Behandlung bei 1150°C über 10 Minuten durchgeführt wird, wird die Kristallinität der Epitaxialschicht effizient verbessert, und die Länge der abgeschälten Oxidschicht beträgt etwa 10 µm, wie es sich aus [Fig. 13](#) ergibt. Die abgeschälte Oxidschicht sollte gereinigt werden, da sie durch Teilchen verunreinigt wird und eine Verschlechterung der

Kristallinität der Epitaxialschicht hervorgerufen wird, welche gebildet wird, nachdem die thermische Behandlung durchgeführt worden ist.

[0163] [Fig. 14A](#) bis [Fig. 14C](#) zeigen Querschnittsansichten eines Halbleitersubstrats mit einem Graben, um eine Wirkung der nicht oxidierenden und der nicht nitrierenden thermischen Behandlung darzustellen. Detailliert dargestellt, [Fig. 14A](#) bis [Fig. 14C](#) stellen SEM-Bilder dar, nachdem querschnittsmäßige Fleckätzungen (cross sectional stain etchings) unter Verwendung einer gemischten Lösung durchgeführt wurden, welche sich aus Fluorwasserstoffsäure und Nitridsäure zusammensetzt.

[0164] [Fig. 14A](#) stellt einen Fall dar, bei welchem das den Graben vergrabende epitaxiale Aufwachsen ohne die thermische Behandlung durchgeführt wird, während die Maskenoxidschicht mit einer Dicke von 500 nm zurückbleibt. In diesem Fall werden Kristalldefekte auf einer Bodenoberfläche des Grabens erzeugt, und es erscheinen Vertiefungen bzw. Löcher an einem Öffnungsabschnitt des Grabens. Darüber hinaus wächst polykristallines Silizium auf der Maskenoxidschicht auf.

[0165] [Fig. 14B](#) stellt einen Fall dar, bei welchem ein den Graben vergrabendes epitaxiales Aufwachsen durchgeführt wird, nachdem die thermische Behandlung bei 1150°C über 10 Minuten durchgeführt wird, während die Maskenoxidschicht mit einer Dicke von 500 nm zurückbleibt. Obwohl in diesem Fall die Kristallinität auf der Bodenoberfläche des Grabens relativ verbessert wird, erscheinen die Ätzvertiefungen hervorgerufen durch die thermische Behandlung. Die Vertiefungen erscheinen ebenfalls an dem Öffnungsabschnitt des Grabens.

[0166] [Fig. 14C](#) stellt einen Fall dar, bei welchem das den Graben vergrabende epitaxiale Aufwachsen durchgeführt wird, nachdem die thermische Behandlung bei 1150°C über 10 Minuten ohne die Maskenoxidschicht mit der Dicke von 500 nm durchgeführt worden ist. In diesem Fall werden die Kristallinität in einem Bodenabschnitt des Grabens und in einem Öffnungsabschnitt des Grabens verbessert. Darüber hinaus wächst die Epitaxialschicht außerhalb des Grabens auf.

[0167] Obwohl bei dieser Ausführungsform die Maskenoxidschicht vor der nicht oxidierenden und der nicht nitrierenden thermischen Behandlung zur Verringerung der Rauheit auf der inneren Oberfläche des Grabens vollständig entfernt wird, wird die Maskenoxidschicht teilweise derart entfernt, dass Vorsprünge von dem Öffnungsabschnitt des Grabens ähnlich wie bei den oben beschriebenen Ausführungsformen zurücktreten bzw. abspringen. In diesem Fall wird dieselbe Wirkung erzielt, wie es sich aus [Fig. 13](#) ergibt.

[0168] Hiernach wird die Wirkung der einkristallinen Halbleiterschicht (Diffusionsschicht) beschrieben, welche den Graben 103 füllt.

[0169] Wie in Fig. 23 dargestellt, ist ein Siliziumsubstrat 301 mit einer Diffusionsschicht 301 bekannt, in welcher Störstellenkonzentrationen gleichförmig in Richtung der Tiefe vorgesehen sind, welche bezüglich einer Verringerung des Widerstandswerts einer MOS-Anordnung wirksam ist, die zum Aushalten einer hohen Spannung geeignet ist und beispielsweise in dem US 5438215 A offenbart wird. Darüber hinaus ist es aus einem anderen Grunde möglich, dass Halbleiteranordnungen integriert in Richtung der Tiefe unter Verwendung des Substrats in Richtung der Tiefe hinreichend gebildet werden.

[0170] Eine thermische Diffusion von Störstellen einer Dotierungssubstanz (dopant impurities), welche in einem üblichen Siliziumhalbleiterprozess wie bei einem herkömmlichen Verfahren verwendet wird, und eine Ionenimplantierung und ein darauffolgender Diffusionsprozess werden üblicherweise zur Bildung der Diffusionsschicht 301 verwendet. Da jedoch eine Tiefe "B" der Diffusionsschicht 301 durch eine Diffusionsgeschwindigkeit der Störstellen bestimmt wird, wird die Diffusionsschicht 301 in einer Tiefe von mehreren μm von einer Oberfläche des Substrats aus meistens gebildet. Darüber hinaus diffundieren die Störstellen in eine laterale Richtung ebenfalls wie in die Richtung der Tiefe, da sie isotropisch diffundieren. Als Ergebnis besitzt die Diffusionsschicht eine Breite A, die im Wesentlichen gleich der Tiefe davon ist. Daher wird ein Seitenverhältnis, welches gleich B/A ist, theoretisch nicht größer als "1", wenn die Diffusionsschicht durch das herkömmliche Verfahren gebildet wird, wodurch eine Struktur der Halbleiteranordnungen beschränkt wird.

[0171] Demgegenüber wird entsprechend "A new generation of high voltage MOSFETs breaks the limit of silicon" von G. Deboy et al. (1988) oder der JP 2000-40822 A, wie in Fig. 24A und Fig. 24B dargestellt, eine Epitaxialschicht 311a auf einem Substrat 310 gebildet, und danach wird eine Diffusionsschicht 312a durch partielle Ionenimplantierung einer Dotierungssubstanz durch Fotolithographie und eine thermische Diffusion, wie in Fig. 24C dargestellt, gebildet. Danach werden, wie in Fig. 25A und Fig. 25B dargestellt, das epitaxiale Aufwachsen, die partielle Ionenimplantierung und die thermische Diffusion wiederholt wechselweise durchgeführt, so dass eine Diffusionsschicht 312, welche sich in eine Richtung der Tiefe erstreckt, wie in Fig. 25C dargestellt, gebildet. Auf diese Weise hängt eine Dicke der Diffusionsschicht 312 von einer Dicke des epitaxialen Aufwachsens ab, wodurch keine Abhängigkeit von einem Abstand der diffundierten Störstellen auftritt. Jedoch besitzt eine Form einer Seitenoberfläche dieser Diffu-

sionsschicht 312 eine Unregelmäßigkeit und es liegt keine gerade Form vor.

[0172] Demgegenüber ist bei der in Fig. 9 dargestellten Ausführungsform die innere Oberfläche des Grabens 103 geglättet, wodurch eine Seitenform der Diffusionsschicht 107 als gerade Form ausgebildet ist, welche sich in eine Richtung nach oben und unten erstreckt. Daher wird es bevorzugt, dass eine Struktur der Diffusionsschicht bei dieser Ausführungsform eine vorbestimmte Anordnungscharakteristik aufweist.

[0173] Die nicht oxidierende und die nicht nitrierende thermische Behandlung können ebenfalls vor dem epitaxialen Aufwachsen bei der ersten bis sechsten Ausführungsform durchgeführt werden.

Achte Ausführungsform

[0174] Es wird eine achte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hauptsächlich im Hinblick auf unterschiedliche Merkmale gegenüber der siebenten Ausführungsform beschrieben.

[0175] Fig. 15A bis Fig. 15C und Fig. 16A bis Fig. 16C zeigen schematische Querschnittsansichten, welche ein Herstellungsverfahren eines Halbleitersubstrats darstellen.

[0176] Wie in Fig. 16C dargestellt, wird ein Graben 114 in einem Siliziumsubstrat (einkristallines Siliziumsubstrat) 111 gebildet, welches ein Halbleitersubstrat darstellt, und mit einer einkristallinen Siliziumschicht (Diffusionsschicht) 116 gefüllt.

[0177] Da bei der oben beschriebenen siebenten Ausführungsform eine Verschlechterung der Prozessgenauigkeit leicht auftritt, wird bei dieser Ausführungsform eine Maskenoxidschicht zurückgelassen. Es wird nämlich die Maskenoxidschicht lediglich von einem Gebiet entfernt, an welchem Gräben in dem Substrat gebildet sind. Danach werden aufeinanderfolgend eine thermische Behandlung und ein epitaxiales Aufwachsen durchgeführt.

[0178] Zuerst wird, wie in Fig. 15A dargestellt, eine Oxidschicht 112 auf dem Siliziumsubstrat 111 gebildet. Danach wird die Oxidschicht 112 an Gebieten entfernt, an denen die Gräben 114 zu bilden sind.

[0179] Als Nächstes wird, wie in Fig. 15B dargestellt, eine dicke Oxidschicht gebildet. Detailliert dargestellt, es wird ein Grabenbildungsgebiet Z1 als Gebiet definiert, auf welchem die Oxidschicht 112 entfernt wird. Das Grabenbildungsgebiet Z1 besitzt einen Endabschnitt, dessen Abstand von einem Randabschnitt eines äußersten Grabens größer als eine Länge einer durch eine vorbestimmte thermische Behandlung abgeschälten Oxidschicht ist. Darüber hinaus wird ein Feldgebiet Z2 an einer Außenseite des Grabenbil-

dungsgebiets Z1 angeordnet, es wird nämlich eine dünne Oxidschicht **113** auf dem Grabenbildungsgebiet Z1 gebildet, und man lässt eine auf dem Feldgebiet Z2 zurückgebliebene Oxidschicht **112** durch eine thermische Oxidation derart aufwachsen, dass sie dick wird. Danach wird die dünne Oxidschicht **113** strukturiert.

[0180] Des Weiteren werden, wie in [Fig. 15C](#) dargestellt, die Gräben **114** durch Ätzen gebildet. Danach wird, wie in [Fig. 16A](#) dargestellt, die Maskenoxidschicht **113** an dem Grabenbildungsgebiet Z1 durch Reinigen mit einer HF-Lösung entfernt. Zu dieser Zeit werden die in den Gräben **114** gebildeten natürlichen Oxidschichten ebenfalls entfernt. Danach wird, wie in [Fig. 16B](#) dargestellt, nachdem eine thermische Behandlung (900 bis 1200°C) durchgeführt worden ist, um innere Oberflächen der Gräben **114** zu glätten, eine Epitaxialschicht **115** gebildet (bei 800 bis 1000°C in einer Niederdruckatmosphäre), wodurch die Gräben **114** mit der Epitaxialschicht **115** gefüllt werden. Darauffolgend wird wie in [Fig. 16C](#) dargestellt ein Polieren durchgeführt, um die Epitaxialschicht **115** zu glätten. In diesem Schritt bestimmt die um die Gräben **114** zurückgebliebene Oxidschicht **112** einen Endzeitpunkt des Polierens.

[0181] Obwohl, wie oben beschrieben, die Oxidschicht bei der siebenten Ausführungsform vollständig entfernt wird, wird bei dieser Ausführungsform die auf dem Feldgebiet Z2 gebildete Oxidschicht dicker als die Oxidschicht ausgebildet, welche vorwiegend auf dem Grabenbildungsgebiet Z1 gebildet worden ist. Dementsprechend kann lediglich die auf dem Grabenbildungsgebiet Z1 gebildete Oxidschicht entfernt werden. Mit anderen Worten, die Maskenoxidschicht **112** zur Bildung der Gräben an dem Feldgebiet Z2, an welchem die Gräben nicht gebildet werden, wird dicker gemacht als die Maskenoxidschicht **113** zur Bildung der Gräben an dem Grabenbildungsgebiet Z1, so dass die Maskenoxidschicht **113** zur Bildung der Gräben an dem Grabenbildungsgebiet Z1 lediglich entfernt wird, und die Maskenoxidschicht **112** verbleibt, wenn das Maskenoxidschichtätzen durchgeführt wird. In diesem Fall kann die Oxidschicht **112** als Stopper beim Polieren zur Abflachung verwendet werden.

Neunte Ausführungsform

[0182] Es wird eine neunte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung im Hinblick auf unterschiedliche Merkmale bezüglich der siebenten und achten Ausführungsform hauptsächlich beschrieben.

[0183] [Fig. 17A](#) bis [Fig. 17C](#) zeigen schematische Querschnittsansichten, welche ein Herstellungsverfahren eines Halbleitersubstrats darstellen.

[0184] Bei dieser Ausführungsform wird ein epitaxiales Aufwachsen in einem Zustand bzw. unter einer Bedingung durchgeführt, dass eine Maske (Oxidschicht) auf einem Substrat zurückbleibt, es wird jedoch eine thermische Behandlung dahingehend eingeschränkt, dass ein Abschälen der Oxidschicht (Maske) verhindert wird, und es kann eine Verbesserung der Kristallinität einer Epitaxialschicht gleichzeitig erzielt werden.

[0185] Zuerst wird, wie in [Fig. 17A](#) dargestellt, eine Maskenoxidschicht **122** auf einer oberen Oberfläche eines Siliziumsubstrats **121** gebildet, und danach werden Gräben **123** durch Ätzen gebildet. Danach wird eine thermische Behandlung zum Glätten einer inneren Oberfläche der Gräben **123** durchgeführt. Die thermische Behandlung wird bei 900 bis 1100°C über mehrere Minuten bis mehrere Dutzend Minuten durchgeführt.

[0186] Danach wird, wie in [Fig. 17B](#) dargestellt, eine Epitaxialschicht **124** auf dem Siliziumsubstrat **121** aufgetragen und wird ebenfalls in den Gräben **123** aufgetragen (unter 800 bis 1100°C in einer Niederdruckatmosphäre). Danach wird ein Polieren durchgeführt, um die auf dem Substrat **121** gebildete Epitaxialschicht abzuflachen, wodurch ein Substrat mit Diffusionsschichten **125** erzielt wird, welche die Gräben füllen. Es wird ein Endzeitpunkt des Polierens unter Verwendung der zwischen zwei benachbarten Gräben angeordneten Oxidschicht **122** erfasst.

[0187] [Fig. 18](#) stellt ein wahrgenommenes Ergebnis eines Falles dar, bei welchem ein epitaxiales Aufwachsen durchgeführt wird, nachdem eine thermische Behandlung bei 1100°C über 10 Minuten mit der Maskenoxidschicht durchgeführt worden ist. Die Kristallinität in dem Graben befindet sich in einem guten Zustand, wie aus [Fig. 18](#) ersichtlich.

Zehnte Ausführungsform

[0188] Es wird eine zehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung im Hinblick auf unterschiedliche Merkmale bezüglich der siebenten, achten und neunten Ausführungsform hauptsächlich beschrieben.

[0189] [Fig. 19A](#) bis [Fig. 19D](#) zeigen schematische Querschnittsansichten, welche ein Herstellungsverfahren eines Halbleitersubstrats darstellen.

[0190] Bei dieser Ausführungsform wird eine dünne Epitaxialschicht vor der Bildung einer Epitaxialschicht zum Vergraben von Gräben gebildet. Danach werden innere Oberflächen der Gräben durch eine thermische Behandlung geglättet, wodurch ein Abschälen der Maskenoxidschicht verhindert wird.

[0191] Zuerst wird, wie in [Fig. 19A](#) dargestellt, eine Maskenoxidschicht **132** auf einer oberen Ober-

fläche eines Siliziumsubstrats **131** als Maske für ein Grabenätzen gebildet. Darauf folgend werden Gräben **133** in dem Siliziumsubstrat **131** durch Ätzen unter Verwendung der Maskenoxidschicht **132** gebildet. Danach wird, wie in **Fig. 19B** dargestellt, eine erste Epitaxialschicht **134** auf dem Siliziumsubstrat **131** aufgetragen und ebenfalls in den Gräben **133** aufgetragen. Die erste Epitaxialschicht **134** wird bei 800 bis 1100°C und mit einer Dicke von mehreren µm gebildet. Nachdem die Epitaxialschicht **134** gebildet worden ist, treten ebenfalls eine Rauigkeit und Kristalldefekte auf inneren Oberflächen der Gräben **133** auf einer Oberfläche der Epitaxialschicht **134** auf (mit anderen Worten, die Schicht **134** zeigt die Rauigkeit und die Kristalldefekte von den inneren Oberflächen der Gräben **133**). Daher wird die Oberfläche der Epitaxialschicht **134** durch eine thermische Behandlung geglättet. Die thermische Behandlung wird bei 900 bis 1200°C über mehrere Minuten bis mehrere zehn Minuten durchgeführt.

[0192] Danach wird, wie in **Fig. 19C** dargestellt, eine zweite Epitaxialschicht **135** auf dem Siliziumsubstrat **131** aufgetragen und wird ebenfalls in den Gräben **133** aufgetragen, wodurch die Gräben **133** mit den Epitaxialschichten gefüllt werden. Das epitaxiale Aufwachsen in dieser Stufe wird bei 800 bis 1100°C durchgeführt.

[0193] Danach wird, wie in **Fig. 19D** dargestellt, die auf dem Substrat **131** gebildete Epitaxialschicht abgeflacht, wodurch ein Substrat erzielt wird, welches Diffusionsschichten **136** aufweist, die die Gräben **133** füllen.

[0194] Wie oben beschrieben, wird durch die erste Epitaxialschicht **134** ein Abschälen der Maskenoxidschicht **132** verhindert. Darüber hinaus wird die Oberfläche der in den Gräben gebildeten ersten Epitaxialschicht **134** durch die thermische Behandlung vor dem Bilden der Epitaxialschicht **35** zum Vergraben der Gräben geglättet, so dass die Kristallinität beim Aufwachsen der Epitaxialschicht **135** sogar verbessert wird, obwohl die Rauheit und die Kristalldefekte auf den inneren Oberflächen der Gräben eingeführt werden.

Elfte Ausführungsform

[0195] Es wird eine elfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung im Hinblick auf unterschiedliche Merkmale bezüglich der siebenten bis zehnten Ausführungsform hauptsächlich beschrieben.

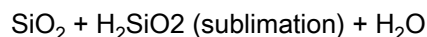
[0196] **Fig. 20A** bis **Fig. 20C** zeigen schematische Querschnittsansichten, welche ein Herstellungsverfahren eines Halbleitersubstrats darstellen.

[0197] Bei dieser Ausführungsform wird ein Material einschließlich einer Nitridschicht als Maske verwendet.

[0198] Zuerst wird, wie in **Fig. 20A** dargestellt, eine Maske **142** zur Bildung von Gräben auf einem Halbleitersubstrat **141** gebildet. Die Maske setzt sich zusammen aus der Nitridschicht oder einer Vielfachschicht, welche sich aus einer Oxidschicht und einer Nitridschicht zusammensetzt. Bei dieser Ausführungsform wird eine Oxidschicht, eine Nitridschicht und eine Oxidschicht auf dem Siliziumsubstrat **141** wechselweise aufgetragen, um die Vielfachschicht als die Maske zu bilden. Danach werden die Gräben **143** durch Ätzen gebildet. Nachdem eine thermische Behandlung bei 900 bis 1200°C durchgeführt worden ist, um innere Oberflächen der Gräben zu glätten, wird, wie in **Fig. 20B** dargestellt, als Nächstes eine Epitaxialschicht **144** auf dem Siliziumsubstrat **141** aufgetragen und ebenfalls in den Gräben **143** (bei 800 bis 1100°C in einer Niederdruckatmosphäre). Danach wird die auf dem Substrat **141** gebildete Epitaxialschicht **144** abgeflacht, wodurch ein Substrat Diffusionsschichten **145** aufreißt, welche die Gräben **143** füllen.

[0199] Wie oben beschrieben, wird die Nitridschicht oder die Vielfachschicht, die sich aus der Oxidschicht und der Nitridschicht zusammensetzt, als die Maske anstelle einer Oxidschicht verwendet. Da die Maske einschließlich der Nitridschicht nicht eine Reaktion einer unten erklärten Sublimation hervorruft, wird verhindert, dass die Maske von einer Schnittstelle zwischen dem Silizium und der Maske aus abgeschält wird. Mit anderen Worten, die Maske einschließlich der Nitridschicht besitzt eine schlechte Fluidität, wenn Wärme aufgebracht wird. Als Ergebnis wird die Adhäsion der Maske erhöht, wenn Wärme aufgebracht wird.

[0200] Die chemische Reaktion stellt sich wie folgt dar:



[0201] Andere Wege zum Glätten einer inneren Oberfläche eines Graben werden wie folgt beschrieben.

- i) Nachdem der Graben gebildet worden ist, wird eine Opferoxidschicht auf einer inneren Oberfläche des Grabens gebildet, und es wird danach die Opferoxidschicht entfernt.
- ii) Nachdem der Graben gebildet worden ist, wird ein isotropes Ätzen bezüglich des Grabens durchgeführt. Beispielsweise wird das isotrope Ätzen mit einer gemischten Lösung aus Fluorwasserstoffsäure und Salpetersäure (nitric acid) durchgeführt, oder es wird ein isotropes Trockenätzen oder isotropes Nassätzen durchgeführt.

[0202] Vorstehend wurde ein Herstellungsverfahren eines Halbleitersubstrats offenbart. Ein Graben wird in einem Halbleitersubstrat durch eine Maske gebildet, welche sich aus einer Siliziumoxidschicht zusammensetzt, die auf dem Halbleitersubstrat gebildet wird. Danach wird ein Randabschnitt eines Öffnungsabschnitts der Maske derart geätzt, dass eine Öffnungsbreite davon breiter als diejenige des Grabens wird. Danach wird eine innere Oberfläche des Grabens durch eine thermische Behandlung bei etwa 1000°C in einer nicht oxidierenden oder einer nicht nitrierenden Atmosphäre unter einem niedrigen Druck geglättet. Danach wird der Graben mit einer Epitaxialschicht gefüllt. Danach wird die Epitaxialschicht poliert, wodurch ein Halbleitersubstrat zur Bildung einer Halbleiteranordnung erzielt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats, mit den Schritten:
Bilden einer Maske (**102, 112, 113, 122, 132, 142**) zum Grabenätzen auf einer Oberfläche eines Halbleitersubstrats (**101, 111, 121, 131, 141**);
Bilden eines Grabens (**103, 114, 123, 133, 143**) in dem Halbleitersubstrat durch Ätzen unter Verwendung der Maske;
Glätten einer inneren Oberfläche des in dem Halbleitersubstrat gebildeten Grabens durch eine thermische Behandlung in einer nicht oxidierenden oder einer nicht nitrierenden Atmosphäre und unter einem Vakuum; und
Bilden einer Epitaxialschicht (**106, 115, 124, 134, 135, 144**) in dem geglätteten Graben durch epitaxiales Aufwachsen derart, dass der Graben mit der Epitaxialschicht gefüllt wird; wobei die nicht oxidierende oder die nicht nitrierende Atmosphäre durch Einführung von Wasserstoff oder eines Edelgases in eine Kammer unter dem Vakuum gebildet wird, und die thermische Behandlung bei 900°C oder mehr durchgeführt wird.
2. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Maske (**102, 113**) für das Grabenätzen entfernt wird, nachdem der Graben gebildet worden ist.
3. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Maske aus einer Gruppe ausgewählt wird, welche aus einer Oxidschicht, einer Nitridschicht und einer Vielfachsicht einschließlich einer Oxidschicht und einer Nitridschicht besteht.
4. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Graben durch anisotropes Ätzen gebildet wird.
5. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den Schritt:
Reinigen des Grabens zum Entfernen einer natürlichen Oxidschicht und von Reaktionsprodukten.
6. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Behandlung bei 1100°C oder mehr durchgeführt wird.
7. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Glätten der inneren Oberfläche des Grabens durch die thermische Behandlung und das Bilden der Epitaxialschicht in dem Graben aufeinanderfolgend in derselben Kammer durchgeführt werden.
8. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schichtbildungsgas und ein eine Dotierungssubstanz enthaltendes Gas unter einer nicht nitrierenden Atmosphäre zur Bildung der Epitaxialschicht eingeführt werden und die Epitaxialschicht sich aus einer Störstellendiffusionsschicht zusammensetzt, welche sich von dem Halbleitersubstrat wenigstens in der Störstellenkonzentration oder dem Leitfähigkeitstyp unterscheidet.
9. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Störstellendifusionsschicht zusammensetzt aus einer Mehrzahl von Schichten, welche unterschiedliche Konzentrationen zueinander aufweisen, oder aus einer Mehrzahl von Schichten, welche unterschiedliche Leitfähigkeitstypen zueinander aufweisen.
10. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den Schritt:
Abflachen einer Oberfläche der Epitaxialschicht, nachdem die Epitaxialschicht gebildet worden ist.
11. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Epitaxialschicht unter Verwendung eines Polierprozesses, eines Zurückätzprozesses oder eines anisotropen Nassätzprozesses abgeflacht wird.
12. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Maske zum Grabenätzen zum Erfassen eines Endzeitpunkts des Abflachens der Oberfläche der Epitaxialschicht verwendet wird.
13. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abschnitt (**113**) der Maske zum Grabenätzen

zen dort, wo der Graben zu bilden ist, dünner als ein anderer Abschnitt der Maske ausgebildet wird.

14. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Maske (**102**) zum Grabenätzen vollständig von dem Halbleitersubstrat entfernt wird.

15. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschnitt der Maske (**102, 103**) zum Grabenätzen entfernt wird, bevor die innere Oberfläche des Grabens geglättet wird.

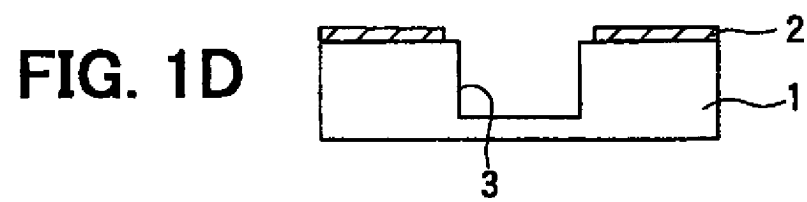
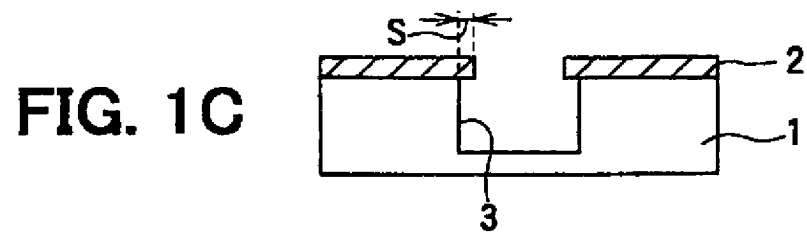
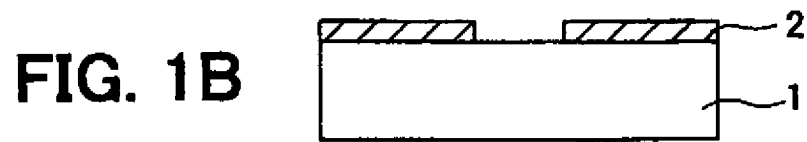
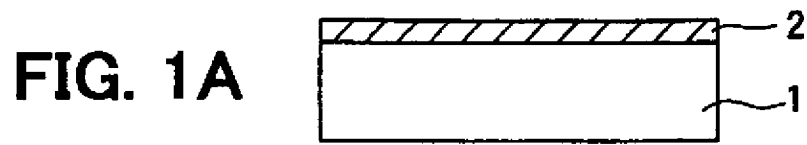
16. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Graben derart ausgestaltet wird, dass ein Radius einer Krümmung (r) an einer Ecke, welche durch eine Seitenoberfläche und eine Bodenoberfläche des Grabens definiert ist, von $1,0\ \mu\text{m}$ oder mehr vorgesehen wird und eine maximale Höhe der Rauheit einer inneren Oberfläche des Grabens von $3\ \text{nm}$ oder weniger vorgesehen wird.

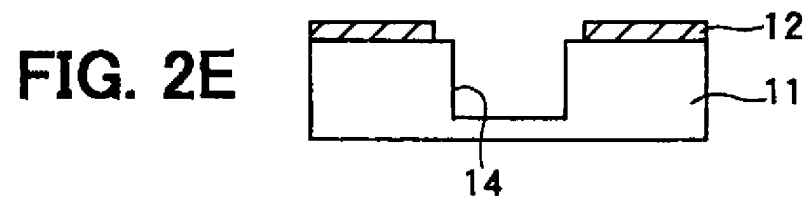
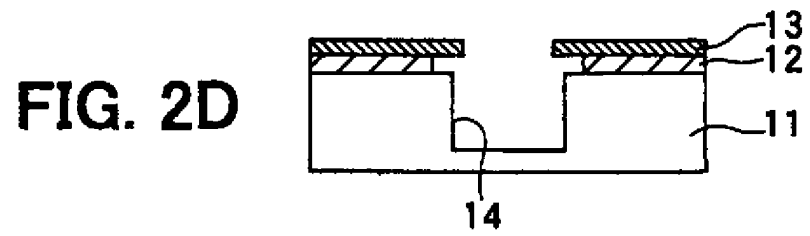
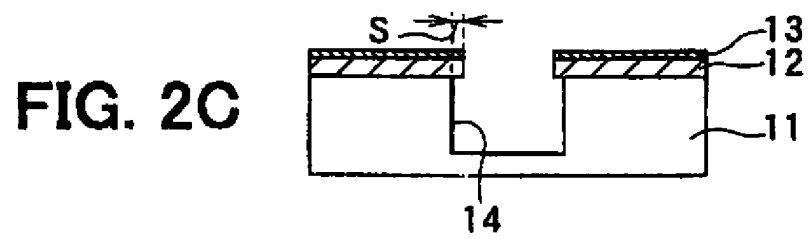
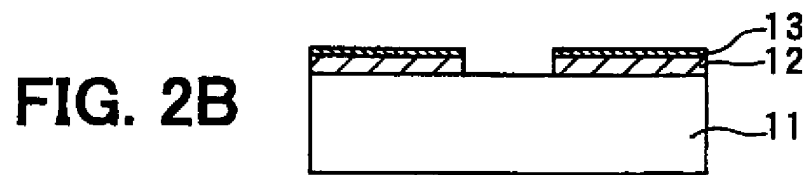
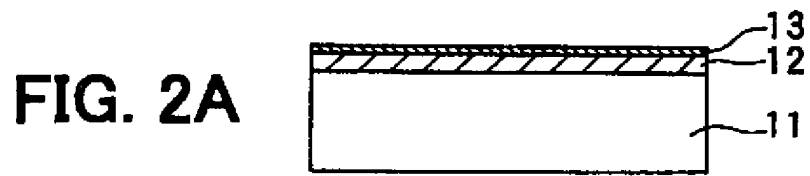
17. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Radius der Krümmung von $1,5\ \mu\text{m}$ oder mehr vorgesehen wird und die maximale Höhe der Rauheit von $2\ \text{nm}$ oder weniger vorgesehen wird.

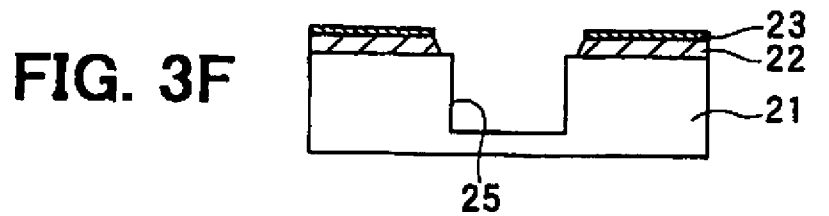
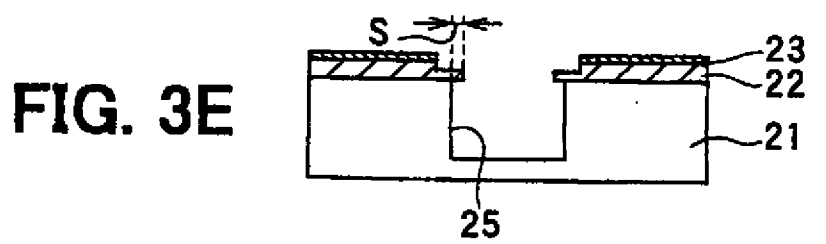
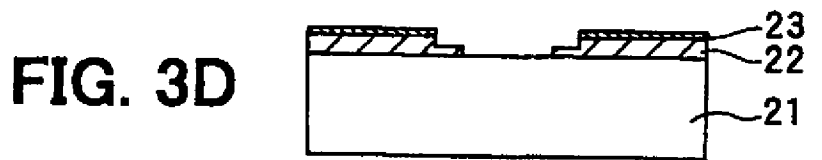
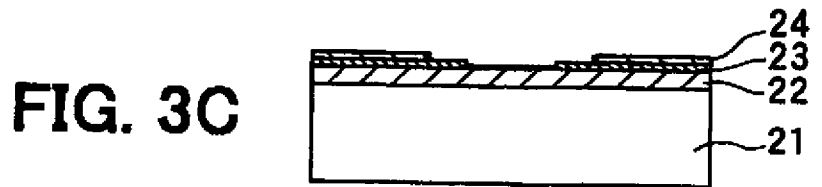
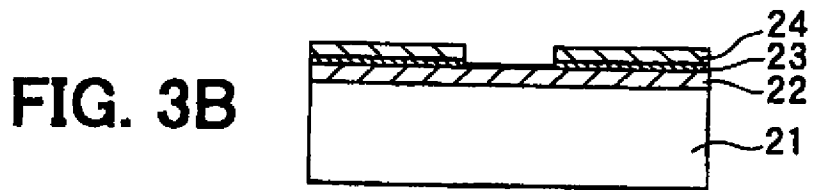
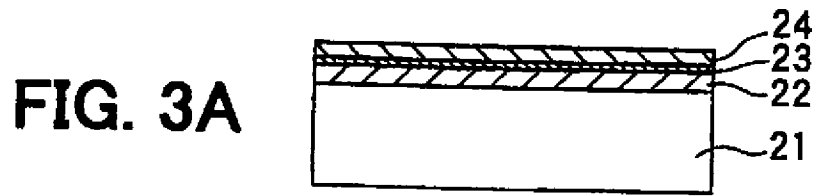
18. Verfahren zur Herstellung eines Halbleitersubstrats nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Epitaxialschichtschicht (**106, 115, 124, 134, 135, 144**) entweder aus einer Mehrzahl von Schichten mit unterschiedlichen Konzentrationen zueinander oder einer Mehrzahl von Schichten mit unterschiedlichen Leitfähigkeitstypen zueinander zusammengesetzt wird.

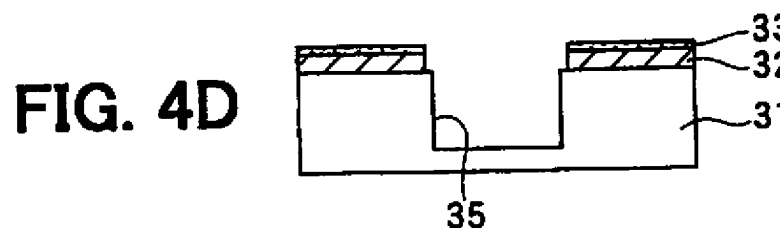
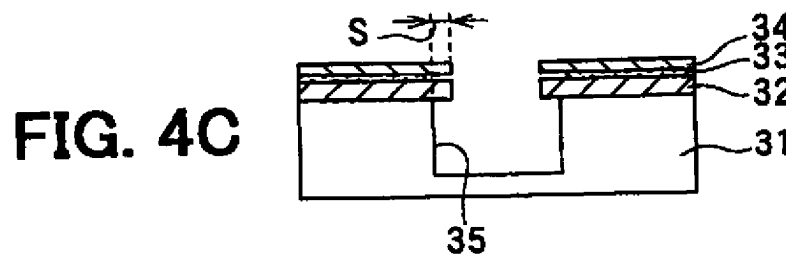
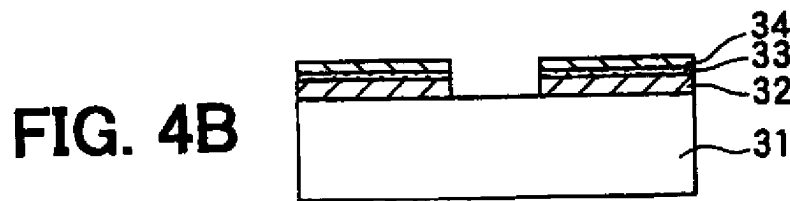
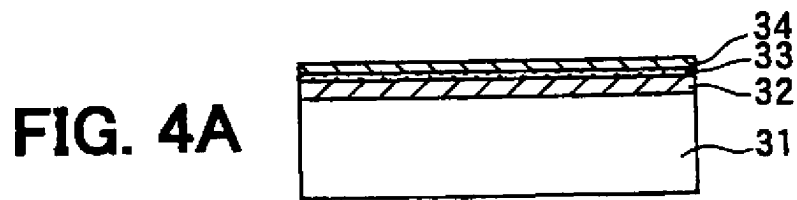
Es folgen 23 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen









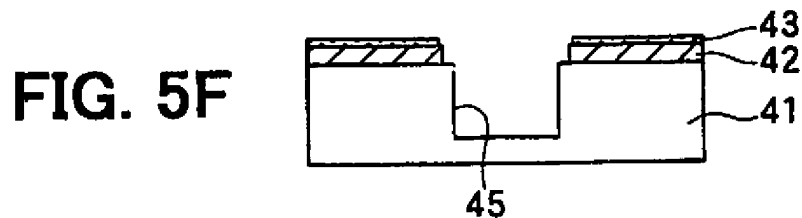
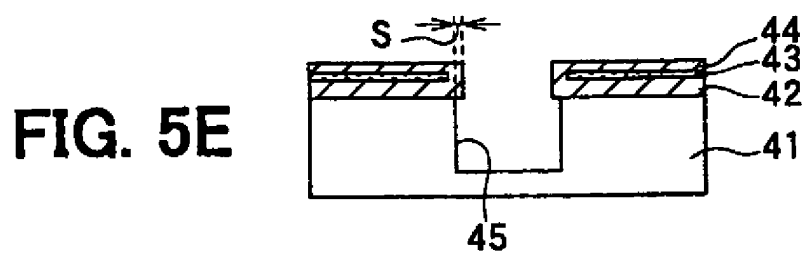
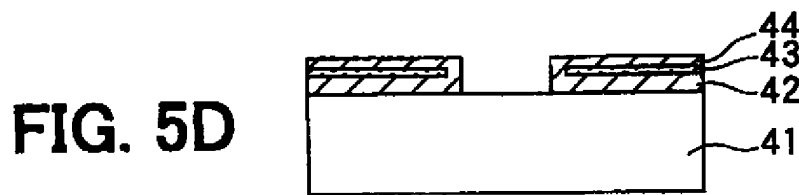
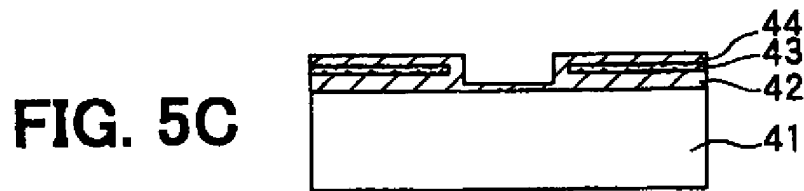
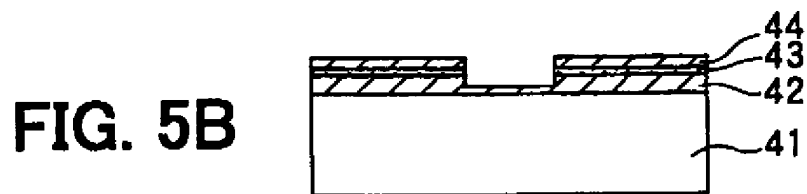
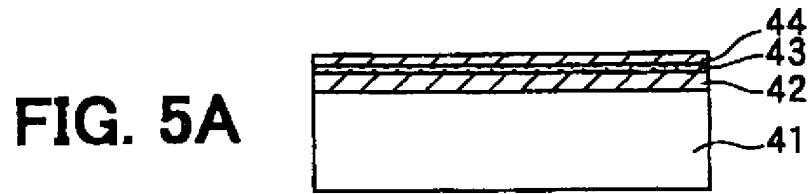


FIG. 6A

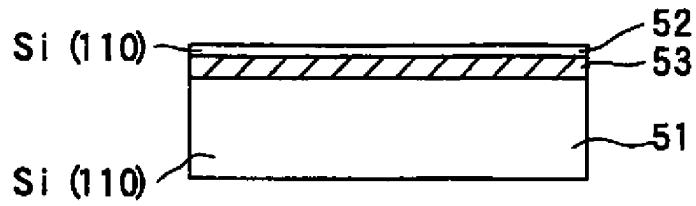


FIG. 6B

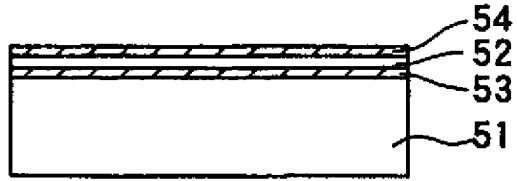


FIG. 6C



FIG. 6D

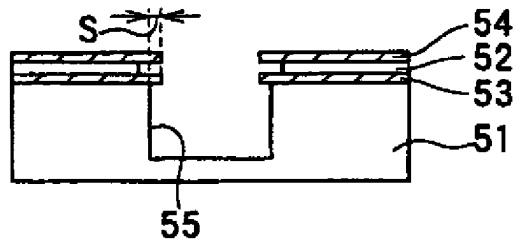


FIG. 6E

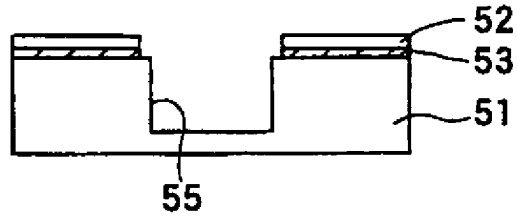


FIG. 7

EINHEIT: μm

TIEFE DES GRABENS	VORSPRUNGS-BETRAG
10	0.15
20	0.3
35	0.53
50	0.76

TABELLE

FIG. 8A

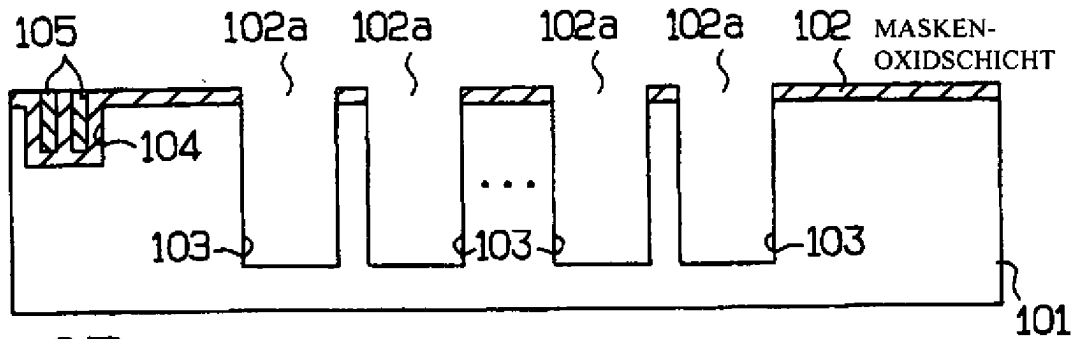


FIG. 8B

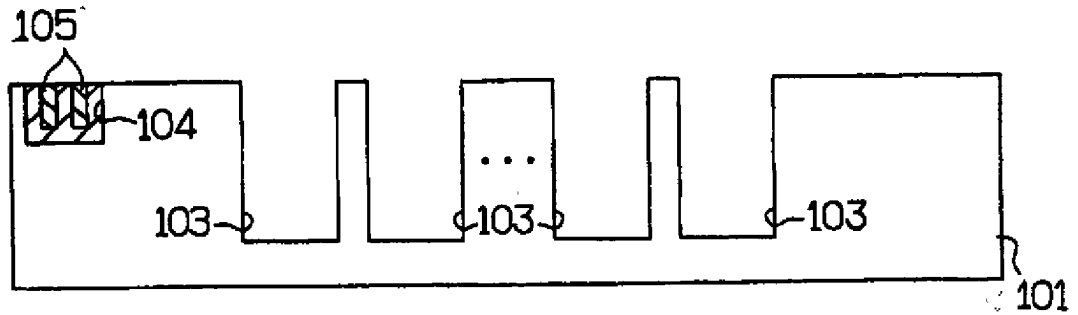


FIG. 8C

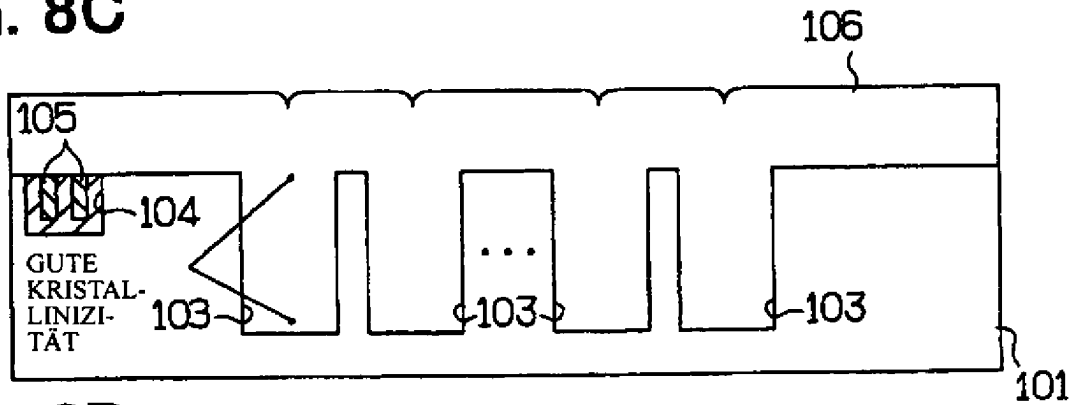


FIG. 8D

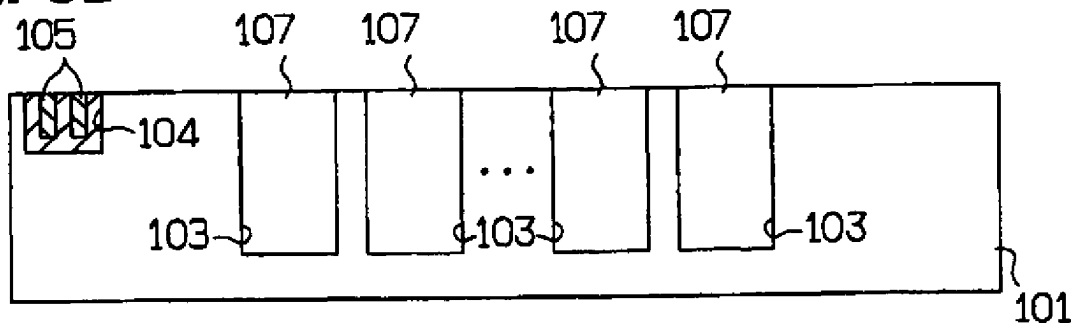


FIG. 9

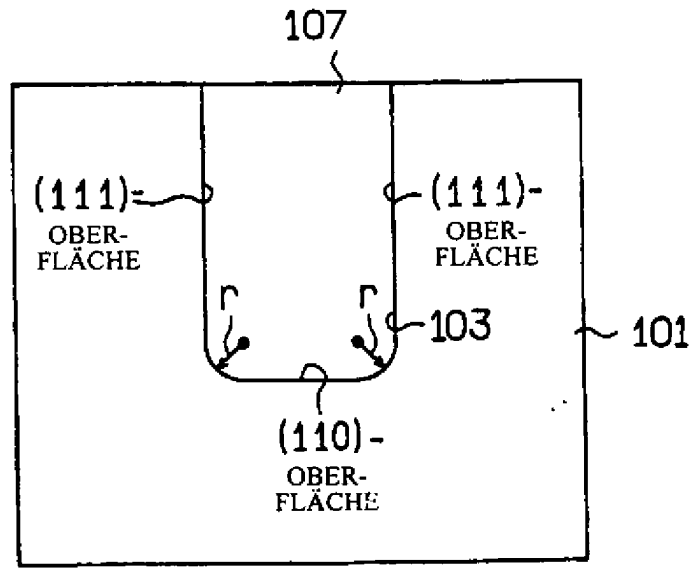


FIG. 10

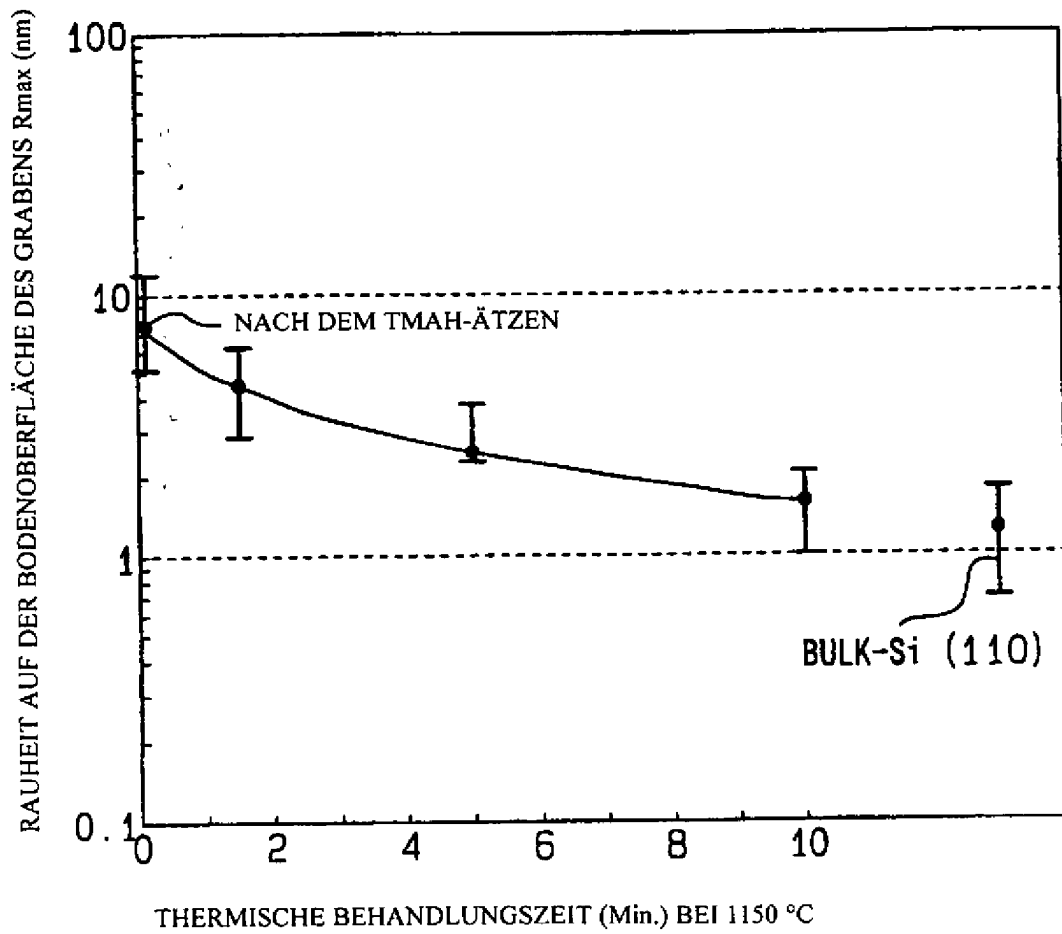


FIG. 11

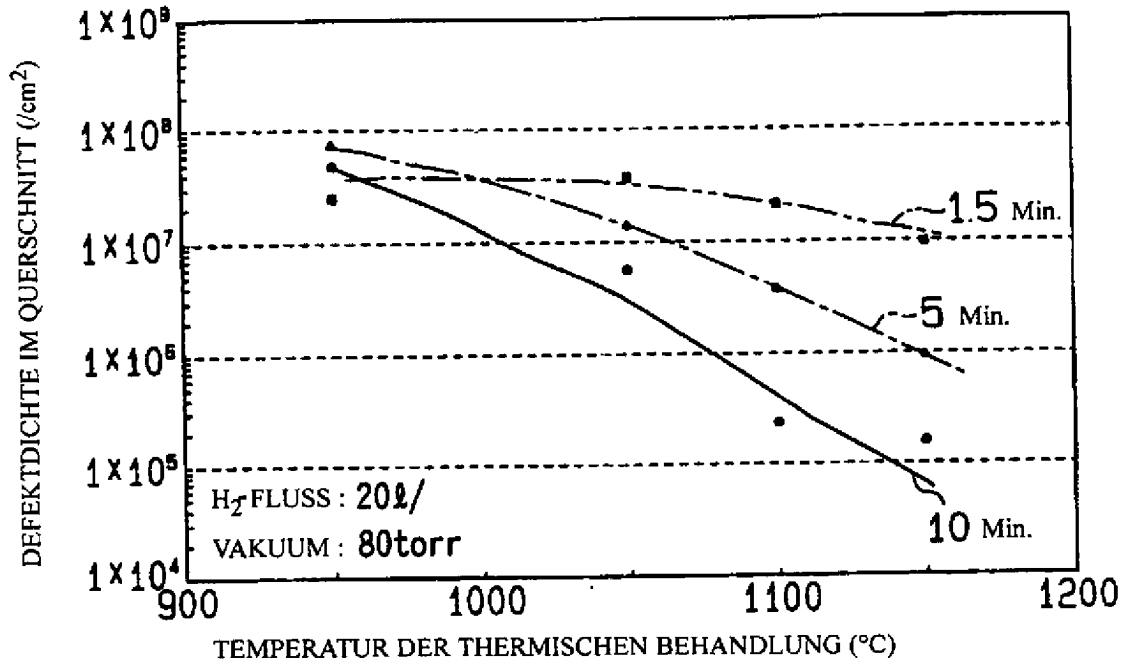


FIG. 12

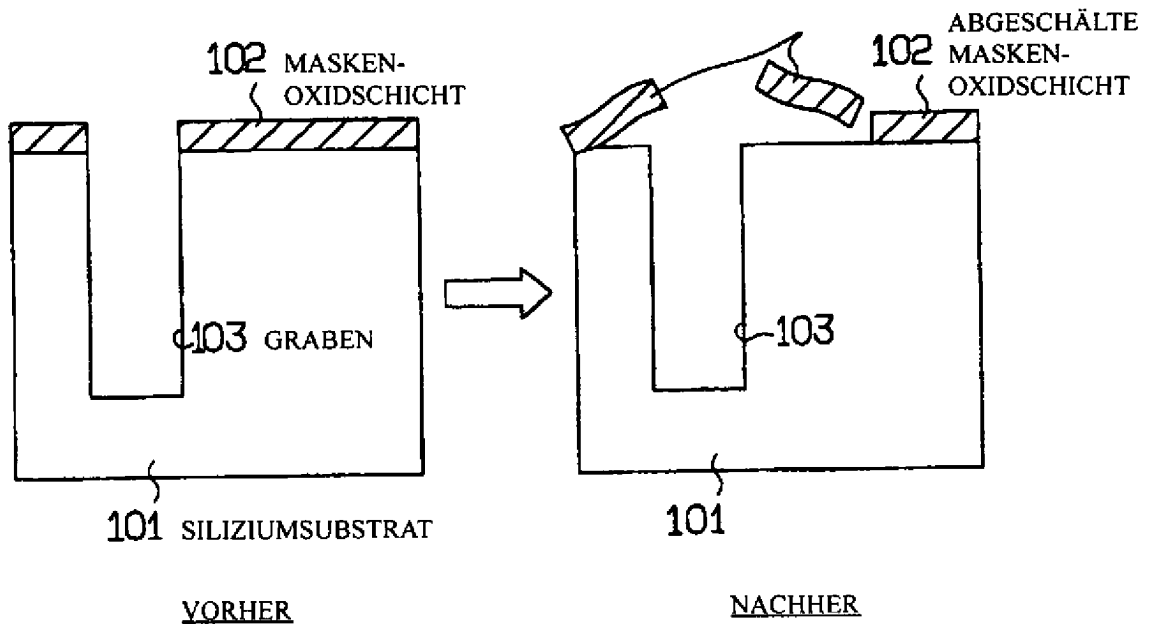


FIG. 13

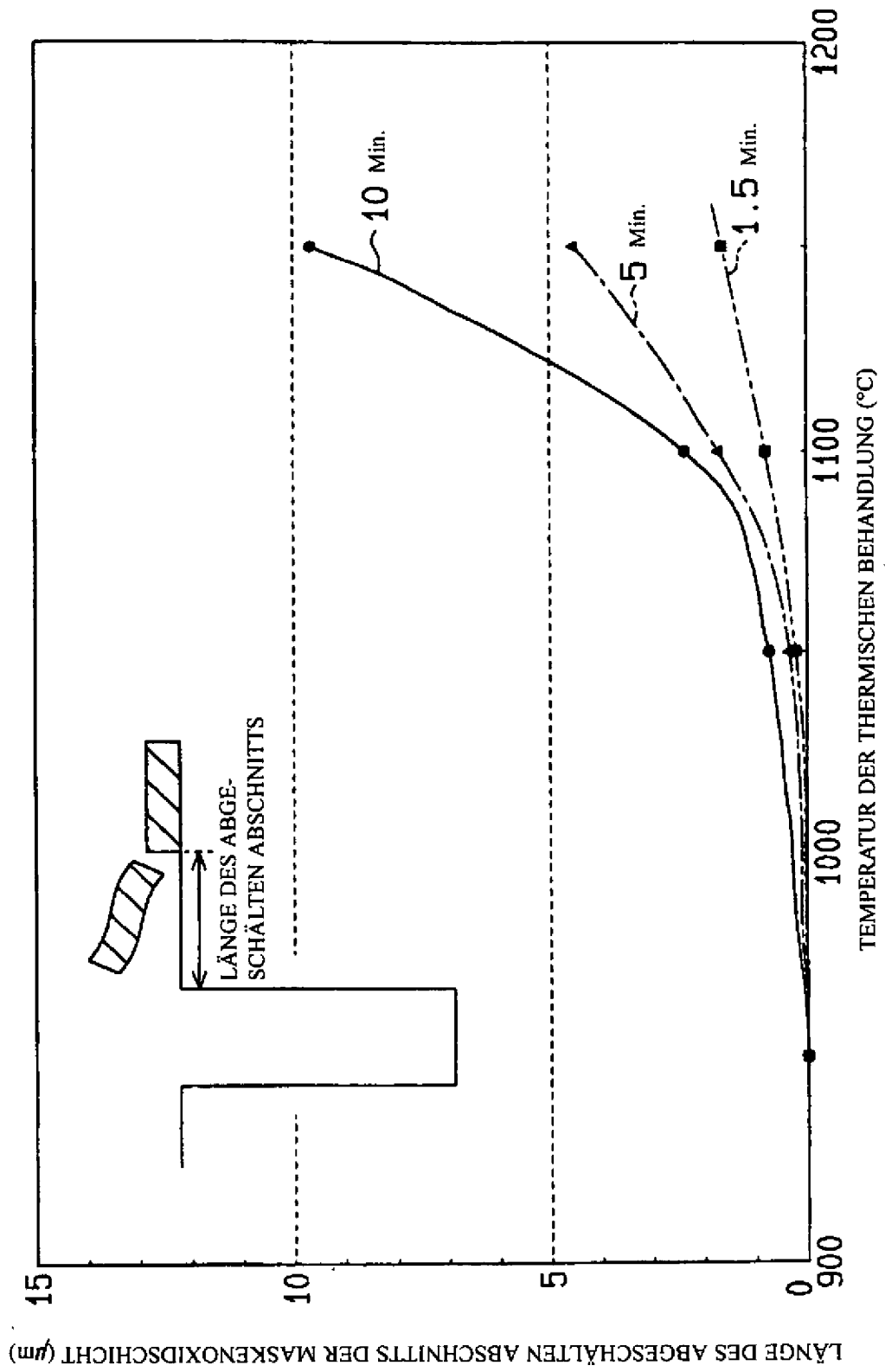


FIG. 14A

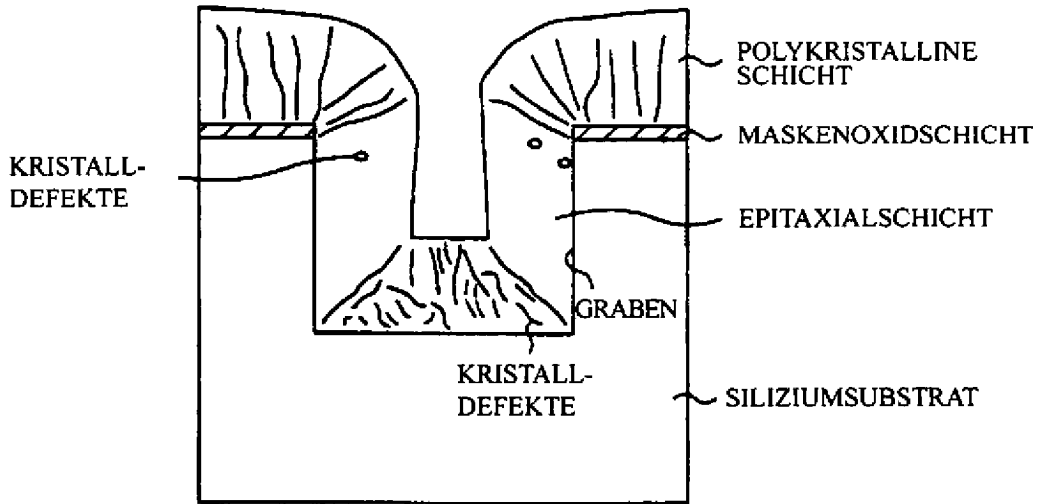


FIG. 14B

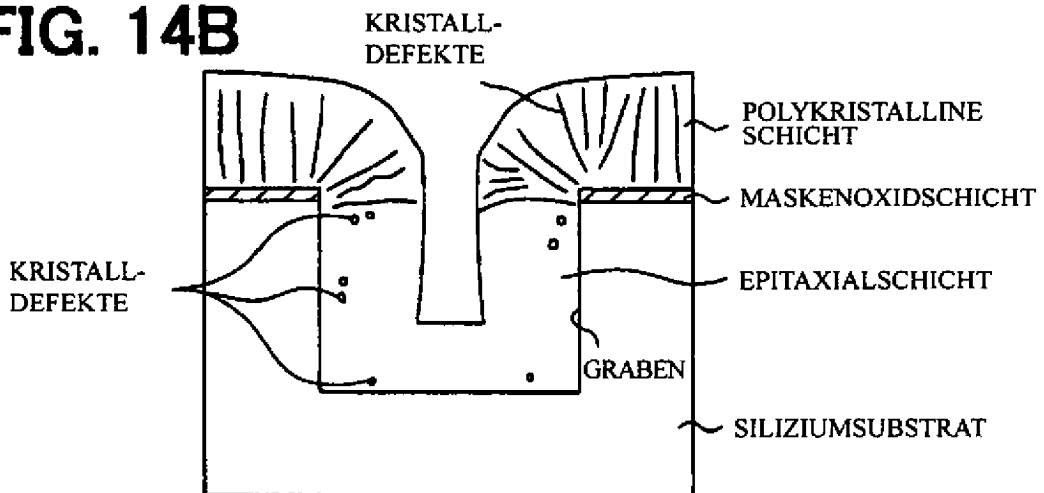


FIG. 14C

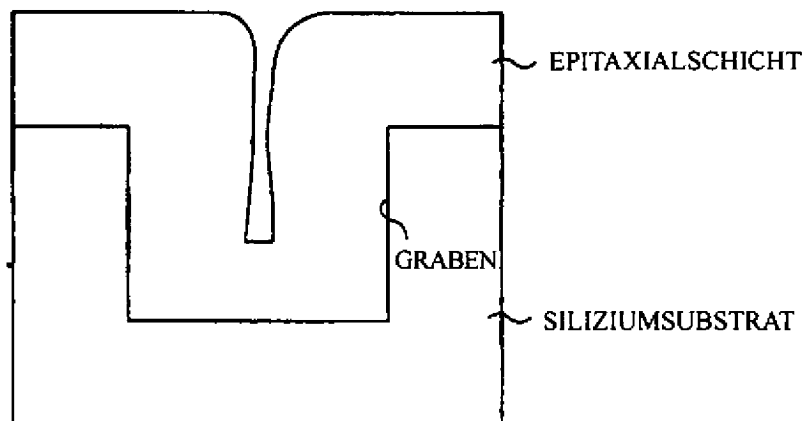


FIG. 15A

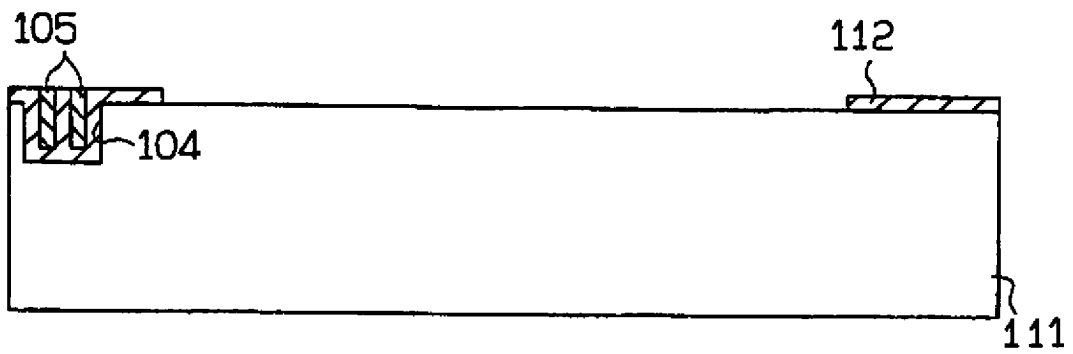


FIG. 15B

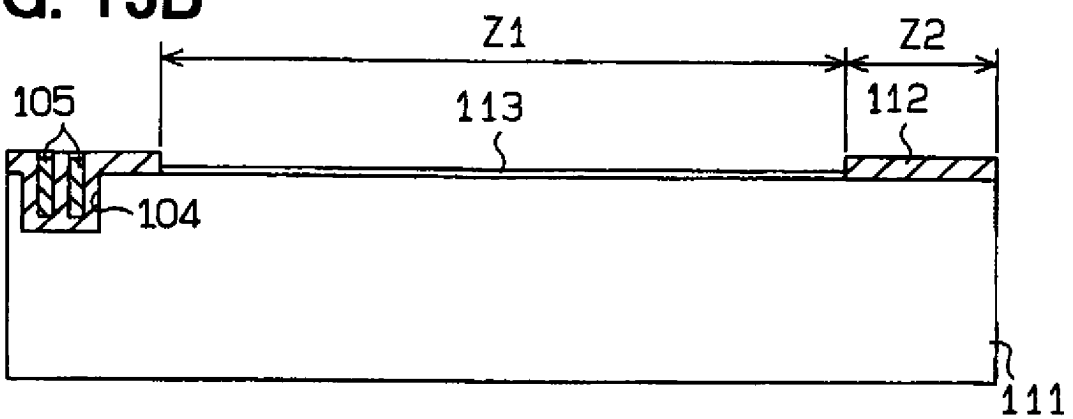


FIG. 15C

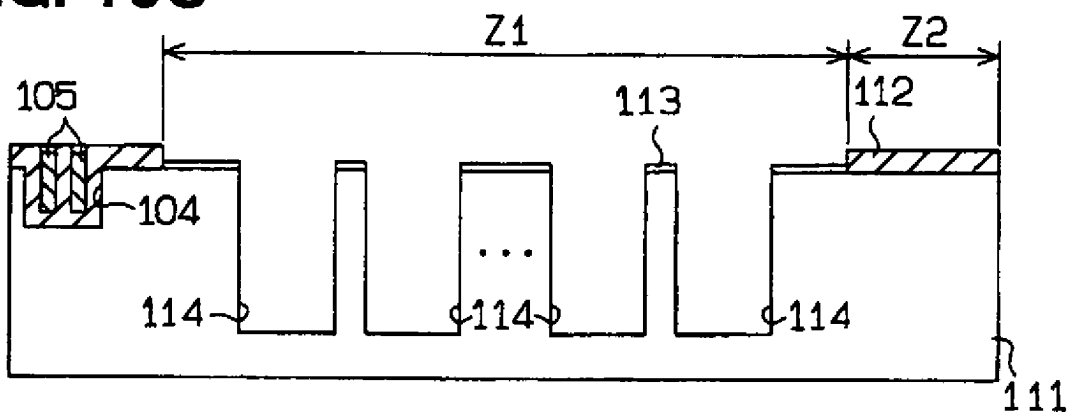


FIG. 16A

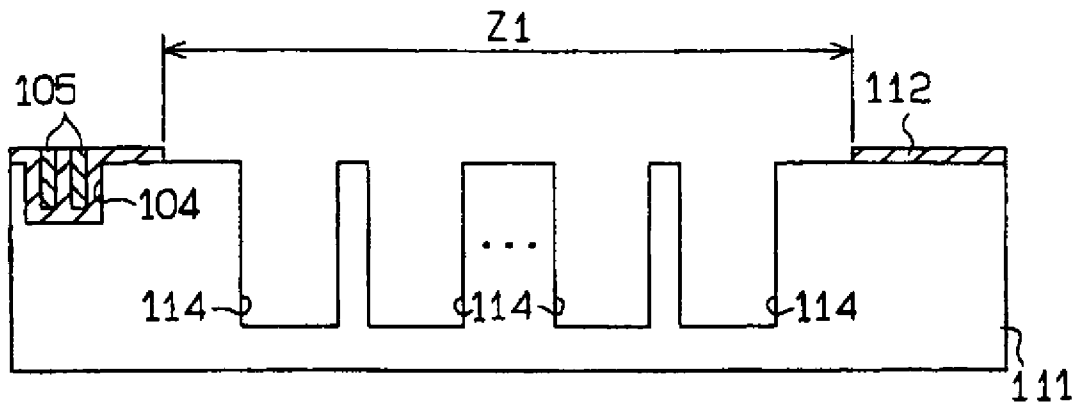


FIG. 16B

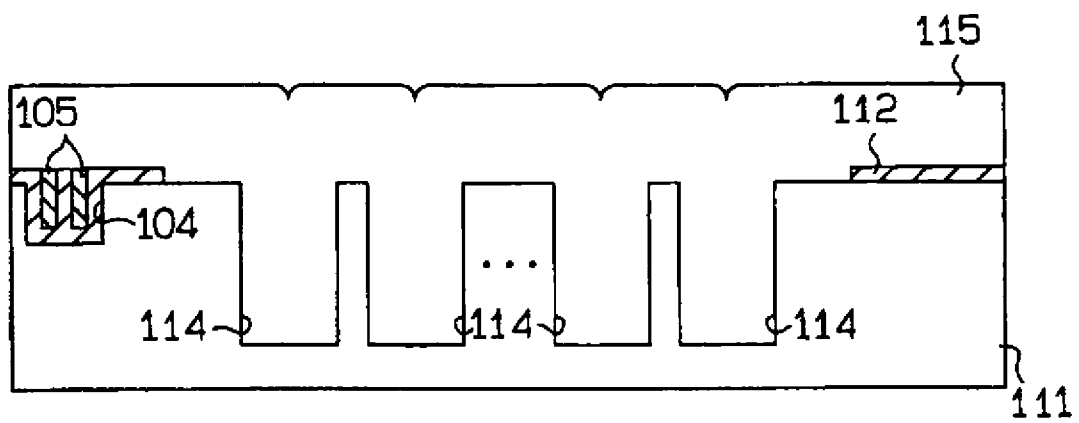


FIG. 16C

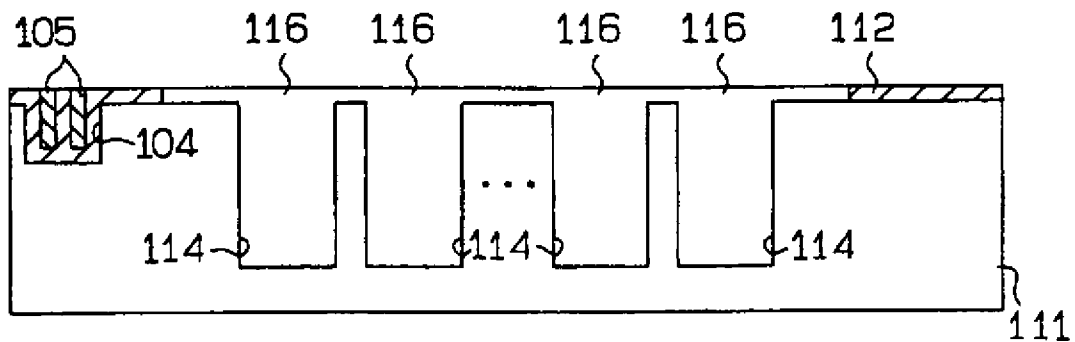


FIG. 17A

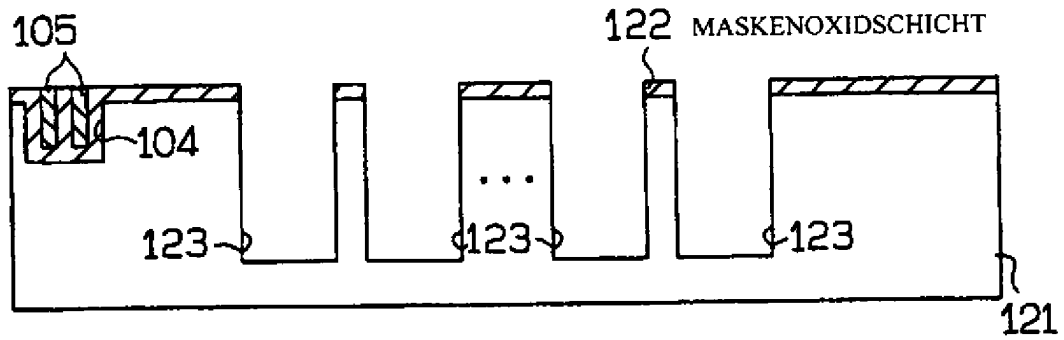


FIG. 17B

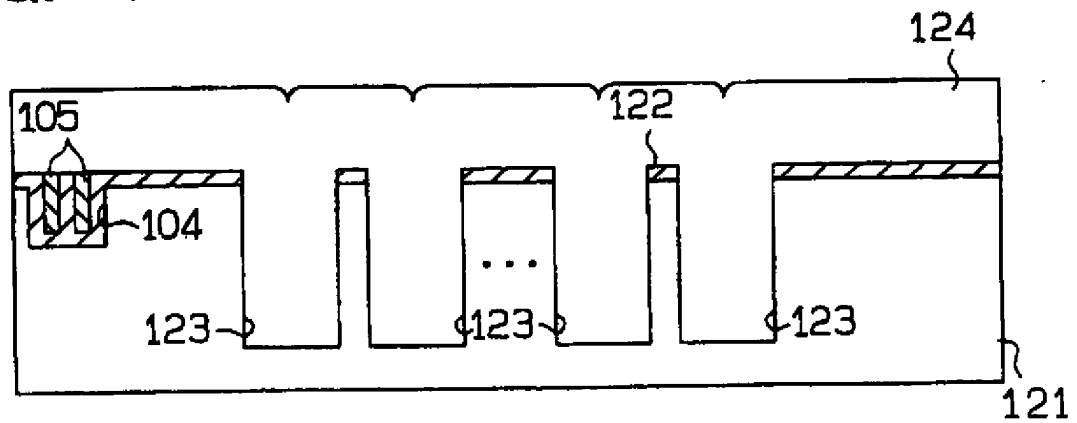


FIG. 17C

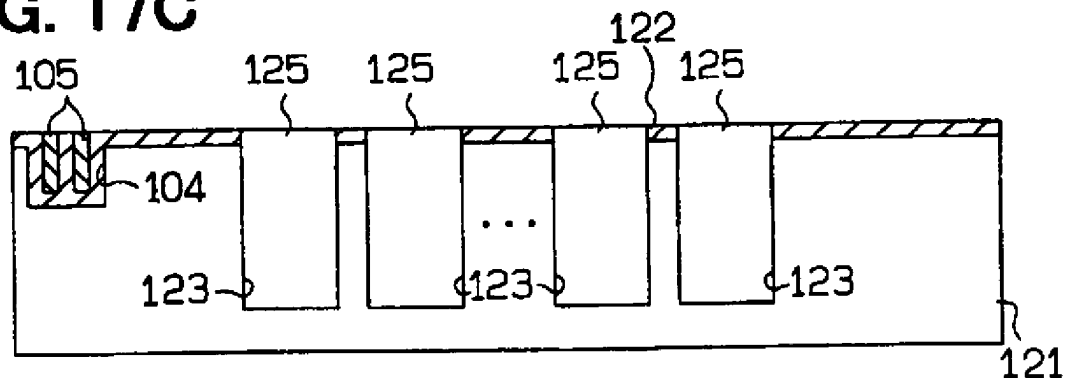


FIG. 18

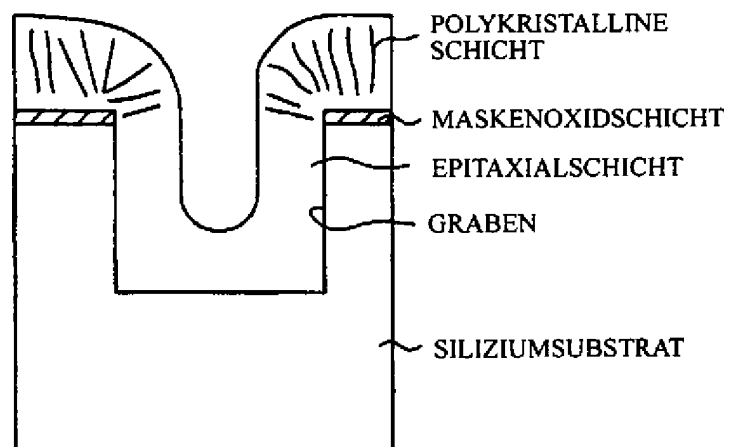


FIG. 19A

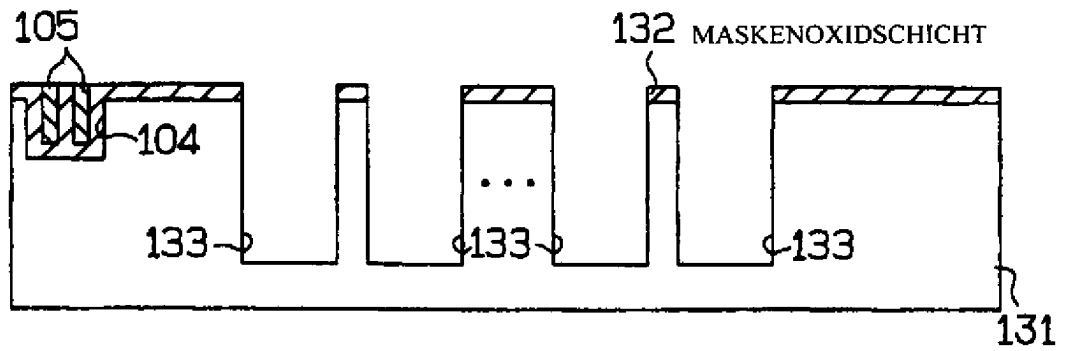


FIG. 19B

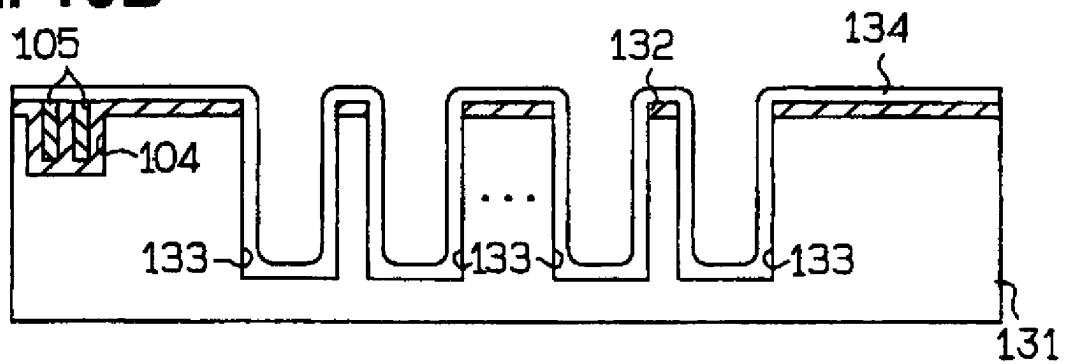


FIG. 19C

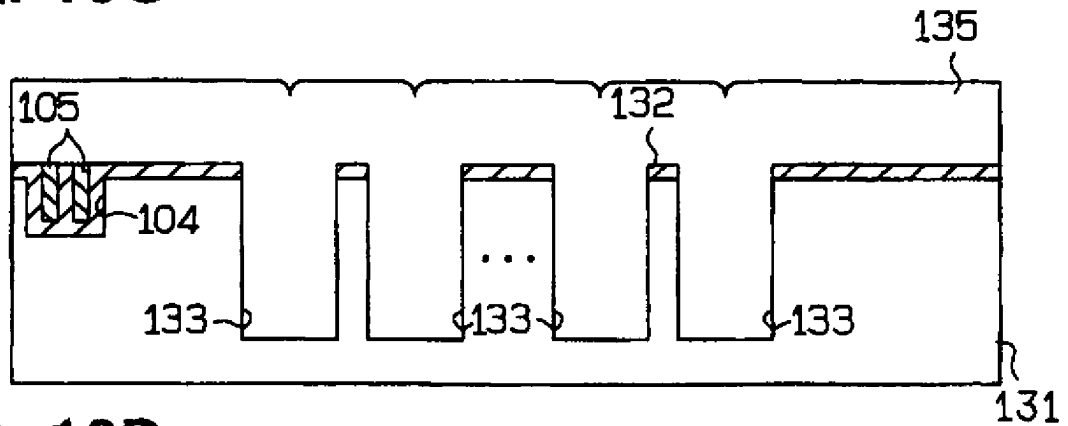


FIG. 19D

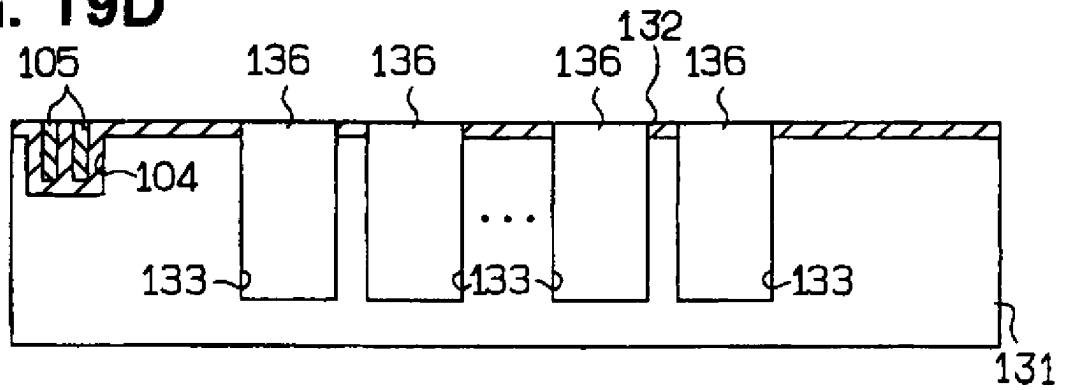


FIG. 20A

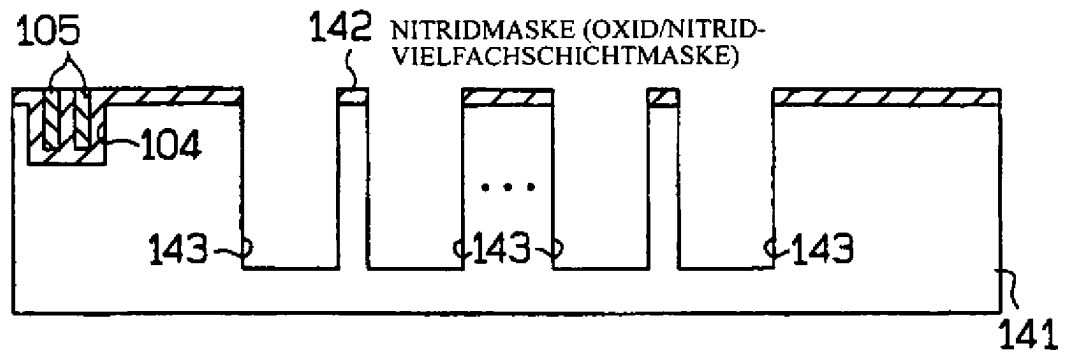


FIG. 20B

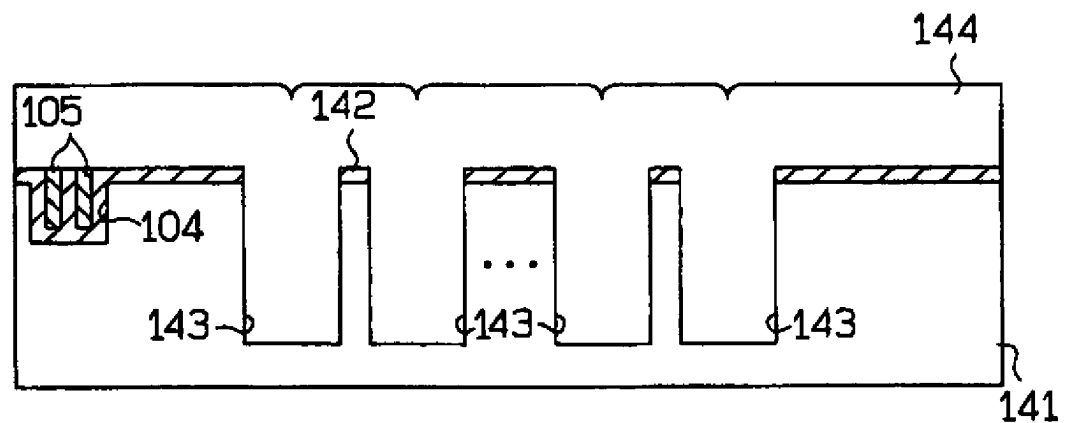


FIG. 20C

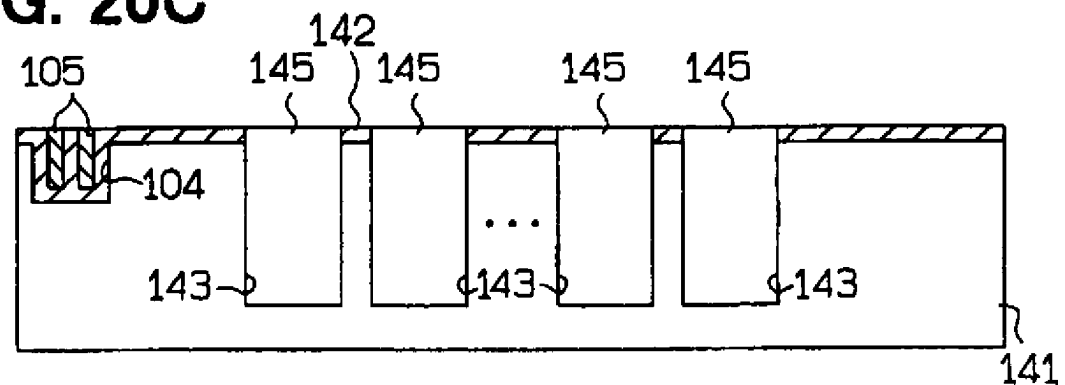


FIG. 21A
VERWANDTE
TECHNIK

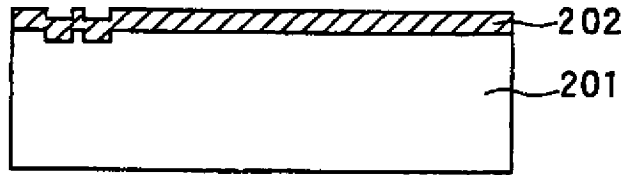


FIG. 21B
VERWANDTE
TECHNIK

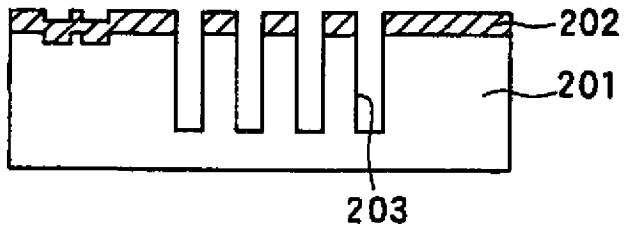


FIG. 21C
VERWANDTE
TECHNIK

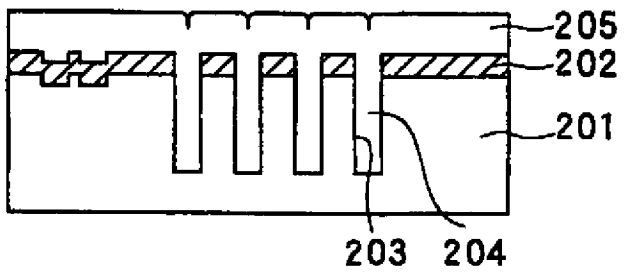


FIG. 21D
VERWANDTE
TECHNIK

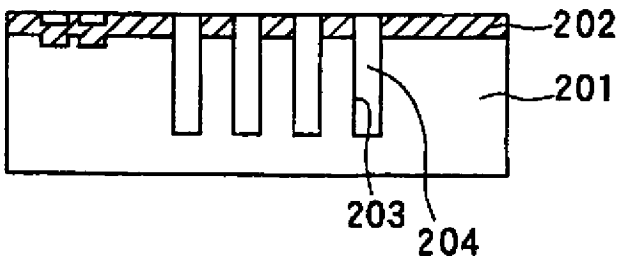


FIG. 22A

VERWANDTE TECHNIK

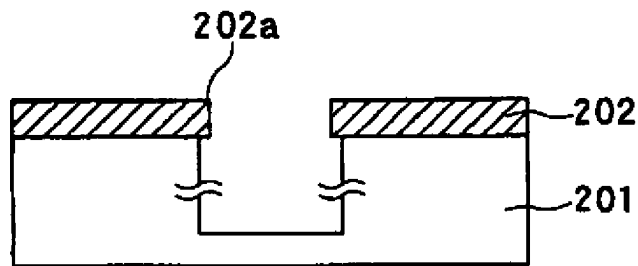


FIG. 22B

VERWANDTE TECHNIK

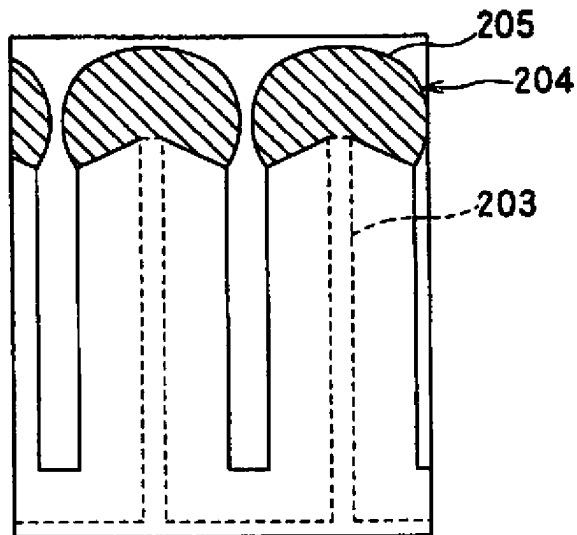


FIG. 23

VERWANDTE TECHNIK

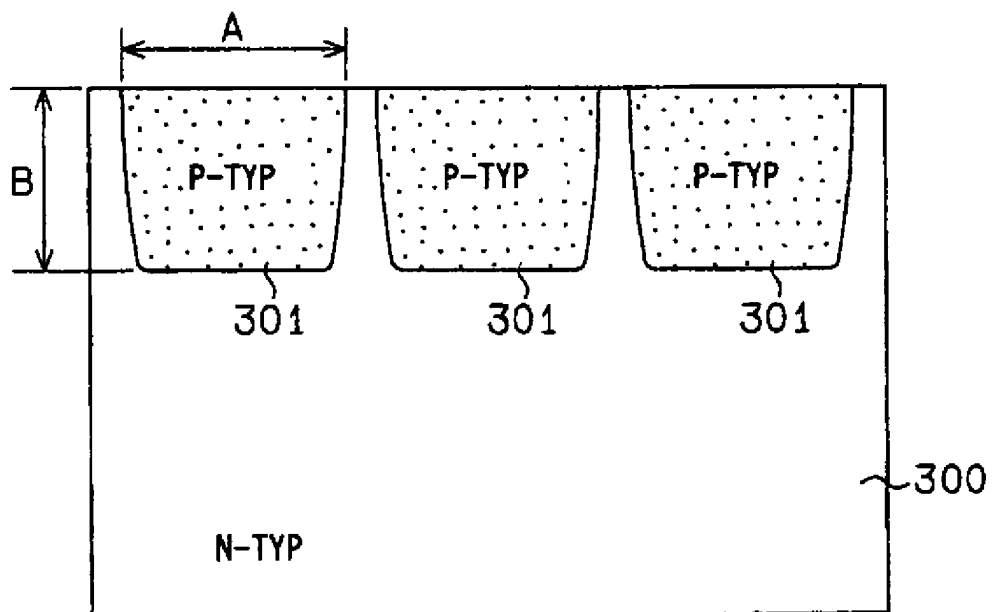


FIG. 24A

STAND DER TECHNIK

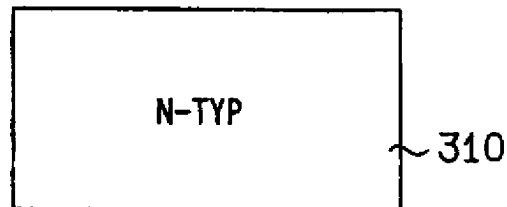


FIG. 24B

STAND DER TECHNIK

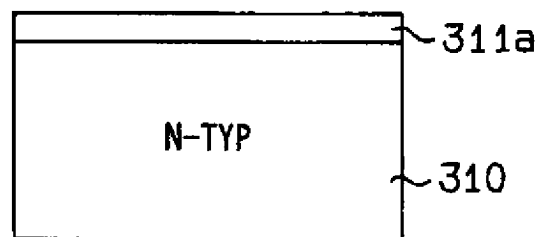


FIG. 24C

STAND DER TECHNIK

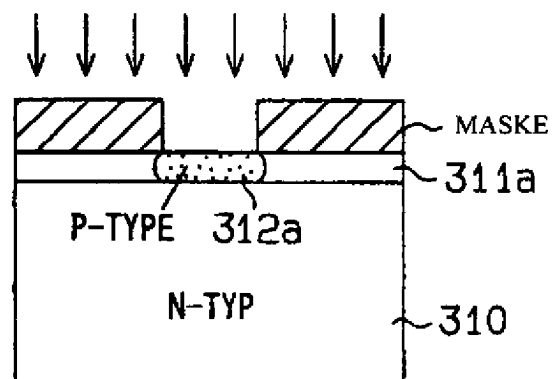


FIG. 25A

STAND DER TECHNIK

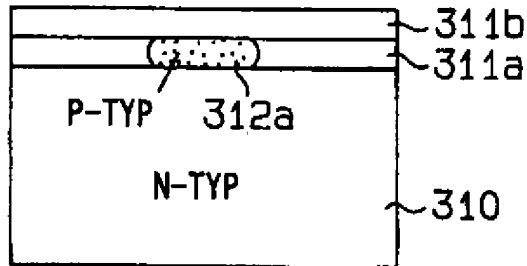


FIG. 25B

STAND DER TECHNIK

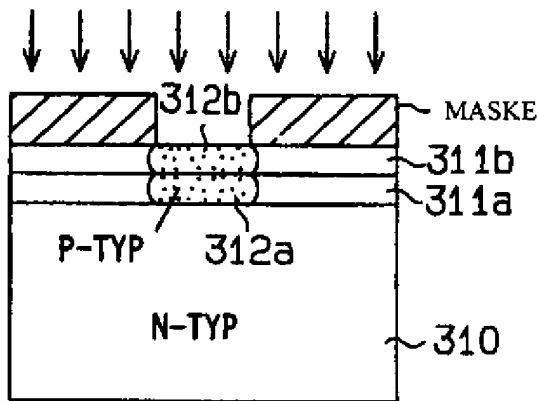


FIG. 25C

STAND DER TECHNIK

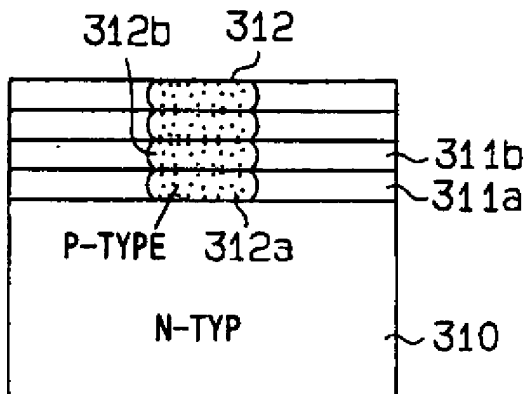


FIG. 26A

VERWANDTE TECHNIK

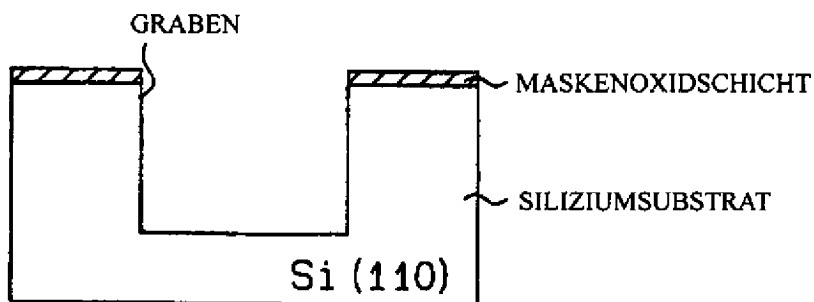


FIG. 26B

VERWANDTE TECHNIK

