



(10) **DE 10 2017 113 461 A1** 2017.12.21

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 113 461.1**

(22) Anmeldetag: **20.06.2017**

(43) Offenlegungstag: **21.12.2017**

(51) Int Cl.: **H01L 29/778 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
15/186,860 **20.06.2016** **US**

(71) Anmelder:
**Infineon Technologies Americas Corp., El
Segundo, Calif., US**

(74) Vertreter:
**Westphal, Mussnug & Partner Patentanwälte mit
beschränkter Berufshaftung, 81541 München, DE**

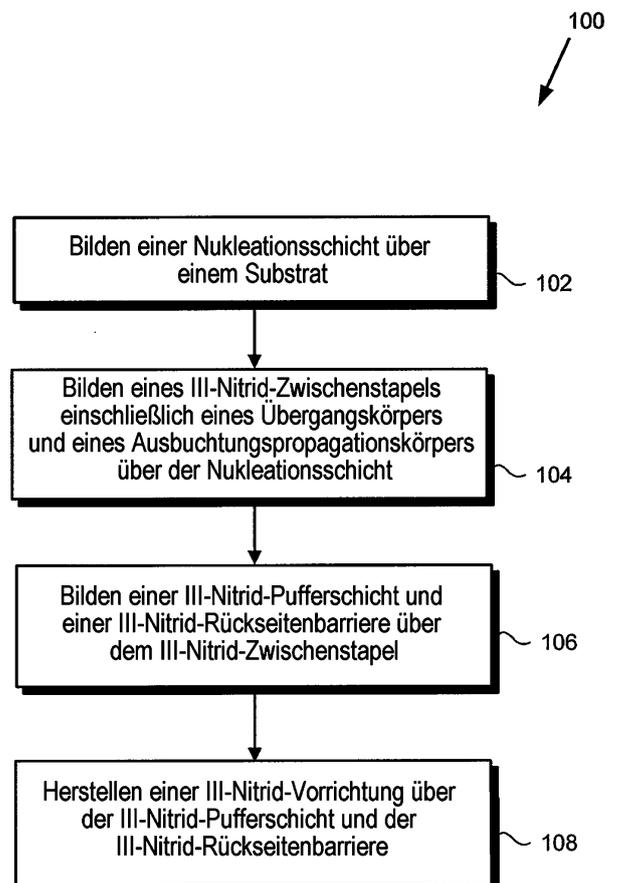
(72) Erfinder:
**Choi, Chankyung, Woodbury, Minn., US; Kim,
Peter Wook, Stillwater, Minn., US; Tungare, Mihir,
Roseville, Minn., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **III-Nitrid-Halbleiterkomponente mit niedriger Versetzungsdichte**

(57) Zusammenfassung: Vorliegend sind verschiedene Ausführungsformen einer Halbleiterkomponente einschließlich eines Ausbuchtungspropagationskörpers offenbart. Die Halbleiterkomponente beinhaltet Folgendes: ein Substrat, einen III-Nitrid-Zwischenstapel einschließlich des Ausbuchtungspropagationskörpers, der sich über dem Substrat befindet, eine III-Nitrid-Pufferschicht, die sich über dem Gruppe-III-Nitrid-Zwischenstapel befindet, und eine III-Nitrid-Vorrichtung, die über der Gruppe-III-Nitrid-Pufferschicht hergestellt ist. Der Ausbuchtungspropagationskörper beinhaltet wenigstens eine Ausbuchtungserzeugungsschicht und zwei oder mehr Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten.



Beschreibung

[0001] Gruppe III-V-Halbleiter, wie etwa Galliumnitrid (GaN) und andere III-Nitrid-Materialien, haben für die Herstellung von Leistungsschaltvorrichtungen, wie etwa zum Beispiel von III-Nitrid- oder anderen Gruppe-III-V-Feldeffekttransistoren (FETs), Transistoren mit hoher Elektronenbeweglichkeit (HEMTs: High Electron Mobility Transistors) und Schottky-Dioden, zunehmend an Bedeutung gewonnen. Aufgrund der typischerweise geringen Wafergröße und der hohen Kosten von nativen Gruppe-III-V-Substraten werden üblicherweise nichtnative Substrate, einschließlich Saphir-, Siliziumcarbid-(SiC)- und Siliziumsubstraten, zum Aufwachsen der Gruppe-III-V-Filme verwendet, die die aktiven Schichten der Gruppe-III-V-Vorrichtungen bereitstellen. Unter diesen nichtnativen Substraten ist Silizium aufgrund seiner großen Wafergröße, seiner niedrigen Kosten und seiner Einfachheit bei der Verarbeitung vorteilhaft. Jedoch stellt die Verwendung von Siliziumsubstraten für die Fertigung von Gruppe-III-V-Vorrichtungen beträchtliche Herausforderungen dar. Zum Beispiel können eine Gitterfehlanspassung und Unterschiede der Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen Gruppe-III-V-Halbleitern und Silizium unerwünschterweise zu einer hohen Dichte an Kristallversetzungen und einer großen Waferdurchbiegung, die durch die Gruppe-III-V-Film-Spannung bewirkt wird, führen.

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine III-Nitrid-Halbleiterkomponente mit niedriger Versetzungsdichte, wie sie im Wesentlichen in Verbindung mit wenigstens einer der Figuren gezeigt und/oder beschrieben und in den Ansprüchen dargelegt ist.

[0003] Bei einer Ausführungsform umfasst eine Halbleiterkomponente Folgendes: ein Substrat, eine Nukleationsschicht, die sich über dem Substrat befindet, einen III-Nitrid-Zwischenstapel, der sich über der Nukleationsschicht befindet, eine III-Nitrid-Pufferschicht, die sich über dem III-Nitrid-Zwischenstapel befindet, und eine III-Nitrid-Vorrichtung, die über der III-Nitrid-Pufferschicht hergestellt ist. Der III-Nitrid-Zwischenstapel umfasst einen Übergangskörper, der sich über einem Ausbuchtungspropagationskörper (protrusion propagation body) befindet, wobei der Ausbuchtungspropagationskörper eine Ausbuchtungserzeugungsschicht (protrusion generating layer) und mehrere Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten (protrusion spreading multilayers) beinhaltet.

[0004] Bei einer Ausführungsform ist die Ausbuchtungserzeugungsschicht eine Galliumnitrid(GaN)-Schicht. Wenigstens eine der mehreren Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten kann eine Aluminiumnitrid(AlN)-Schicht, eine Aluminiumgalliumnitrid(AlGaN)- und eine GaN-Schicht umfassen. Die mehreren Ausbuchtungsausbreitungsmehrfach-

schichten können wenigstens zehn Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten umfassen. Bei einer Ausführungsform befindet sich die Ausbuchtungserzeugungsschicht auf der Nukleationsschicht. Die III-Nitrid-Pufferschicht kann AlGaN umfassen.

[0005] Die Halbleiterkomponente kann ferner eine III-Nitrid-Rückseitenbarriere (back barrier) umfassen, die sich zwischen der III-Nitrid-Pufferschicht und der III-Nitrid-Vorrichtung befindet. Die III-Nitrid-Rückseitenbarriere kann AlGaN umfassen.

[0006] Die III-Nitrid-Pufferschicht kann bei einer niedrigeren Temperatur als die III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufgewachsen werden, so dass sie eine höhere Störstellenkonzentration als die III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufweist.

[0007] Bei manchen Ausführungsformen umfasst die III-Nitrid-Vorrichtung einen III-Nitrid-HEMT (HEMT: High Electron Mobility Transistor – Transistor mit hoher Elektronenbeweglichkeit).

[0008] Bei einer Ausführungsform umfasst eine Halbleiterkomponente Folgendes: ein Substrat, eine Nukleationsschicht, die sich über dem Substrat befindet, einen III-Nitrid-Zwischenstapel, der sich über der Nukleationsschicht befindet, eine III-Nitrid-Pufferschicht, die sich über dem III-Nitrid-Zwischenstapel befindet, und eine III-Nitrid-Vorrichtung, die über der III-Nitrid-Pufferschicht hergestellt ist. Der III-Nitrid-Zwischenstapel umfasst einen Ausbuchtungspropagationskörper, der sich über einem Übergangskörper befindet, wobei der Ausbuchtungspropagationskörper eine Ausbuchtungsinduzierungsschicht (protrusion inducing layer), eine Ausbuchtungserzeugungsschicht und mehrere Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten beinhaltet.

[0009] Die Ausbuchtungsinduzierungsschicht kann Aluminiumnitrid (AlN) umfassen. Die Ausbuchtungserzeugungsschicht kann eine Galliumnitrid(GaN)-Schicht sein. Wenigstens eine der mehreren Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten kann eine AlN-Schicht, eine Aluminiumgalliumnitrid(AlGaN) - und eine GaN-Schicht umfassen. Die mehreren Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten können wenigstens zehn Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten umfassen. Die III-Nitrid-Pufferschicht kann AlGaN umfassen.

[0010] Die Halbleiterkomponente kann ferner eine III-Nitrid-Rückseitenbarriere umfassen, die sich zwischen der III-Nitrid-Pufferschicht und der III-Nitrid-Vorrichtung befindet. Die III-Nitrid-Rückseitenbarriere kann AlGaN umfassen. Die III-Nitrid-Pufferschicht kann bei einer niedrigeren Temperatur als die III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufgewachsen werden, so dass sie eine höhere Störstellenkonzentration als die III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufweist. Die III-Ni-

trid-Vorrichtung kann einen III-Nitrid-HEMT (HEMT: High Electron Mobility Transistor – Transistor mit hoher Elektronenbeweglichkeit) umfassen.

[0011] Ausführungsformen werden nun unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

[0012] Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm, das ein Beispielverfahren zum Herstellen einer Halbleiterkomponente einschließlich eines Ausbuchtungspropagationskörpers gemäß einer Ausführungsform präsentiert.

[0013] Fig. 2A zeigt eine Querschnittsansicht einer Beispielstruktur, die einer anfänglichen Herstellungsphase entspricht, gemäß einer Ausführungsform des Flussdiagramms aus Fig. 1.

[0014] Fig. 2B zeigt eine Querschnittsansicht der Beispielstruktur aus Fig. 2A bei einer anschließenden Herstellungsphase gemäß einer Ausführungsform des Flussdiagramms aus Fig. 1.

[0015] Fig. 2C zeigt eine ausführlichere Querschnittsansicht des Ausbuchtungspropagationskörpers der Struktur aus Fig. 2B gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0016] Fig. 2D zeigt eine Querschnittsansicht der Beispielstruktur aus Fig. 2B bei einer anschließenden Herstellungsphase gemäß einer Ausführungsform des Flussdiagramms aus Fig. 1.

[0017] Fig. 2E zeigt eine Querschnittsansicht einer Halbleiterkomponente einschließlich eines Ausbuchtungspropagationskörpers gemäß einer Ausführungsform.

[0018] Fig. 3A zeigt eine Querschnittsansicht einer Halbleiterkomponente einschließlich eines Ausbuchtungspropagationskörpers gemäß einer anderen Ausführungsform.

[0019] Fig. 3B zeigt eine ausführlichere Querschnittsansicht des Ausbuchtungspropagationskörpers der Halbleiterkomponente aus Fig. 3A gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0020] Die folgende Beschreibung enthält spezielle Informationen, die auf Ausführungsformen in der vorliegenden Offenbarung zutreffen. Ein Fachmann erkennt, dass die vorliegende Offenbarung auf eine Weise implementiert werden kann, die von der hier speziell besprochenen verschieden ist. Die Zeichnungen in der vorliegenden Anmeldung und ihre begleitende ausführliche Beschreibung betreffen lediglich Ausführungsbeispiele. Sofern nichts anderes angegeben ist, können ähnliche oder entsprechende Elemente durch die Figuren hindurch durch ähnliche oder entsprechende Bezugsziffern angezeigt wer-

den. Zudem sind die Zeichnungen und Veranschaulichungen in der vorliegenden Anmeldung allgemein nicht maßstabsgetreu und sollen nicht den tatsächlichen relativen Abmessungen entsprechen.

[0021] Wie hier verwendet, verweisen „III-Nitrid“ oder „III-N“ auf einen Verbindungshalbleiter, der Stickstoff und wenigstens ein Gruppe-III-Element, wie etwa Aluminium (Al), Gallium (Ga), Indium (In) und Bor (B), beinhaltet und der unter anderem eine beliebige ihrer Legierungen, wie etwa zum Beispiel Aluminiumgalliumnitrid ($Al_xGa_{(1-x)}N$) oder AlGaN, Indiumgalliumnitrid ($In_yGa_{(1-y)}N$), Aluminiumindiumgalliumnitrid ($Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$), Galliumarsenidphosphidnitrid ($GaAs_aP_bN_{(1-a-b)}$), Aluminiumindiumgalliumarsenidphosphidnitrid ($Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}As_aP_bN_{(1-a-b)}$), beinhaltet. III-N verweist allgemein auch auf eine beliebige Polarität, einschließlich unter anderem Ga-polarer, N-polarer, semipolarer oder nichtpolarer Kristallorientierungen. Ein III-N-Material kann auch entweder die Wurtzit-Struktur, die Zinkblende-Struktur oder gemischte Polytypen beinhalten und kann einkristalline, monokristalline, polykristalline oder amorphe Strukturen beinhalten. Galliumnitrid oder GaN, wie hier verwendet, verweist auf einen III-N-Verbindungshalbleiter, wobei das bzw. die Gruppe-III-Element(e) etwas oder eine erhebliche Menge an Gallium beinhalten kann bzw. können. Ein III-N- oder GaN-Transistor kann auch auf einen Verbundhochspannungsanreicherungs transistor verweisen, der entweder durch Verbinden des III-N- oder des GaN-Transistors in einer Kaskode mit einem Gruppe-IV-Transistor mit niedrigerer Spannung oder unter Verwendung von p-Typ-GaN als ein Gate gebildet wird.

[0022] Des Weiteren verweist der Ausdruck „Gruppe-IV“, wie hier verwendet, auf einen Halbleiter, der wenigstens ein Gruppe-IV-Element, wie etwa Silizium (Si), Germanium (Ge) und Kohlenstoff (C), beinhaltet, und kann auch Verbindungshalbleiter, wie etwa zum Beispiel Siliziumgermanium (SiGe) und Siliziumcarbid (SiC), beinhalten. Gruppe-IV verweist auch auf Halbleitermaterialien, die mehr als eine Schicht aus Gruppe-IV-Elementen, oder einer Dotierung mit Gruppe-IV-Elementen, beinhalten, um verspannte Gruppe-IV-Materialien zu erzeugen, und kann auch Gruppe-IV-basierte Verbundsubstrate, wie etwa zum Beispiel einkristallines oder polykristallines SiC auf Silizium, Silizium auf Isolator (SOI: Silicon On Insulator), SIMOX-Prozess-Substrate (SIMOX: Separation by Implantation of Oxygen – Separation durch Implantation von Sauerstoff) und Silizium auf Saphir (SOS), beinhalten.

[0023] Es wird angemerkt, dass die Begriffe „Niederspannung“ oder „LV“ (Low Voltage), wie hier verwendet, mit Bezug auf einen Transistor oder einen Schalter einen Transistor oder einen Schalter mit einem Spannungsbereich von bis zu etwa fünfzig Volt (50 V) beschreiben. Es wird ferner angemerkt, dass

die Verwendung des Begriffs „Mittelspannung“ oder „MV“ (Midvoltage) auf einen Spannungsbereich von etwa fünfzig Volt bis etwa zweihundert Volt (etwa 50 V bis 200 V) verweist. Zudem verweist der Begriff „Hochspannung“ oder „HV“ (High Voltage), wie hier verwendet, auf einen Spannungsbereich von etwa zweihundert Volt bis etwa zwölfhundert Volt (etwa 200 V bis 1200 V) oder mehr.

[0024] Wie oben angegeben, sind Gruppe-III-V-Halbleiter, wie etwa Galliumnitrid (GaN) und andere III-Nitrid-Materialien, für die Herstellung von Leistungsschaltvorrichtungen wichtig und erwünscht. Wie ferner oben angegeben, werden aufgrund von Nachteilen, die mit herkömmlichen nativen III-Nitrid- oder anderen Gruppe-III-V-Substraten verknüpft sind, Siliziumsubstrate oft als nichtnative Substrate für Gruppe-III-V-Vorrichtungen verwendet. Es wurde jedoch angemerkt, dass die Verwendung von Siliziumsubstraten für die Fertigung von Gruppe-III-V-Vorrichtungen beträchtliche Herausforderungen darstellt.

[0025] Zum Beispiel können eine Gitterfehlpassung und Unterschiede der Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen Gruppe-III-V-Halbleitern und Silizium unerwünschterweise zu einer hohen Dichte an Kristallversetzungen und einer großen Waferdurchbiegung, die durch die Gruppe-III-V-Film-Spannung bewirkt wird, führen. Wie in der Technik bekannt ist, wirken Fadenversetzungen als laterale und vertikale Stromleckpfade während einer Aus-Zustand- und Ein-Zustand-Belastung, die unerwünscht zu einer Vorrichtungsstörung führen können. Zudem reduzieren geladene Versetzungen durch Streuung eine Ladungsträgerbeweglichkeit. Infolgedessen kann eine Reduzierung der Dichte an Kristallversetzungen vorteilhaft sowohl eine Gruppe-III-V-Vorrichtung-Zuverlässigkeit und -Stabilität verbessern als auch ein schnelleres Schalten ermöglichen.

[0026] Die vorliegende Anmeldung betrifft eine Halbleiterkomponente mit einem Gruppe-III-V-Zwischenstapel einschließlich eines Ausbuchtungspropagationskörpers und ein Verfahren zum Herstellen einer solchen Halbleiterkomponente. Die Verwendung eines Ausbuchtungspropagationskörpers, wie hier offenbart, ermöglicht vorteilhaft das Wachstum von darüber liegenden Gruppe-III-V-Schichten oder -filmen mit erheblich verbesserter Kristallqualität. Das heißt, die darüber liegenden Gruppe-III-V-Schichten oder -filme weisen im Vergleich zu Gruppe-III-V-Schichten oder -filmen in herkömmlichen Halbleiterkomponenten, bei denen der vorliegend offenbarte Ausbuchtungspropagationskörper weggelassen ist, reduzierte Kristallversetzungen auf. Infolgedessen ermöglicht das in der vorliegenden Anmeldung offenbarte erfinderische Konzept eine Herstellung von III-Nitrid- und anderen Gruppe-III-V-basierten Transistoren mit verbesserter Hochfrequenzleistungsfähigkeit und reduziertem Leckstrom unter hohen Drain-Vor-

spannungen aufgrund einer niedrigen Kristallversetzungsdichte in den Vorrichtungsschichten.

[0027] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** zeigt **Fig. 1** ein Flussdiagramm **100**, das ein Beispielverfahren zum Herstellen einer Halbleiterkomponente einschließlich eines Ausbuchtungspropagationskörpers präsentiert. Es wird angemerkt, dass bestimmte Einzelheiten und Merkmale, die für einen Durchschnittsfachmann offensichtlich sind, in dem Flussdiagramm **100** weggelassen wurden, um die Erörterung der Erfindungsmerkmale der vorliegenden Anmeldung nicht unklar zu machen.

[0028] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2A** zeigt **Fig. 2A** eine Querschnittsansicht einer Struktur **202**. Wie in **Fig. 2A** gezeigt, beinhaltet die Struktur **202** ein Substrat **210** und eine Nukleationsschicht **212**, die sich über dem Substrat **210** befindet. Insbesondere ist das Substrat **210** so gewählt, dass es für die Verwendung als Stützsubstrat für eine Gruppe-III-V-Vorrichtung geeignet ist, während die Nukleationsschicht **212** implementiert wird, um das Wachstum verschiedener Gruppe-III-V-Material-Schichten über dem Substrat **210** zu fördern. Fortfahrend zu **Fig. 2B** und **Fig. 2C** zeigt eine Struktur **204** in **Fig. 2B** das Ergebnis des Bildens eines Gruppe-III-V-Zwischenstapels **220** über der Nukleationsschicht **212** (Handlung **104**), während **Fig. 2C** eine ausführlichere Ansicht eines Ausbuchtungspropagationskörpers **230** zeigt, der in dem Gruppe-III-V-Zwischenstapel **220** enthalten ist. Zudem zeigt **Fig. 2D** das Ergebnis des Bildens einer Gruppe-III-V-Pufferschicht **214** und einer Gruppe-III-V-Rückseitenbarriere **216** über dem Gruppe-III-V-Zwischenstapel **220** (Handlung **106**), während **Fig. 2E** eine Querschnittsansicht einer Halbleiterkomponente **208** einschließlich des Ausbuchtungspropagationskörpers **220** gemäß einem Ausführungsbeispiel zeigt.

[0029] Es wird angemerkt, dass sowohl die in **Fig. 2A**, **Fig. 2B**, **Fig. 2C**, **Fig. 2D** und **Fig. 2E** (anschließend „**Fig. 2A–Fig. 2E**“) gezeigten Strukturen als auch die durch **Fig. 3A** und **Fig. 3B** gezeigten alternativen Strukturen als spezielle Ausführungsformen der vorliegenden erfinderischen Prinzipien bereitgestellt sind und mit einer solchen Spezifität für die Zwecke der konzeptuellen Klarheit gezeigt sind. Es versteht sich auch, dass bestimmte Einzelheiten, wie etwa die zum Bilden der in **Fig. 2A–Fig. 2E**, **Fig. 3A** und **Fig. 3B** gezeigten Strukturen verwendeten Materialien genauso wie die zum Herstellen der verschiedenen dargestellten Merkmale verwendeten Techniken, lediglich als Beispiele bereitgestellt sind und nicht als Beschränkungen interpretiert werden sollten. Zudem können, obwohl die in **Fig. 2A–Fig. 2E**, **Fig. 3A** und **Fig. 3B** gezeigten Beispielstrukturen als verschiedene III-Nitrid-Material-Schichten beinhaltend beschrieben sind, bei anderen Ausführungsformen Strukturen, die den in

Fig. 2A–Fig. 2E, Fig. 3A und Fig. 3B gezeigten Strukturen entsprechen, andere Gruppe-III-V-Halbleiterbasierte Materialschichten beinhalten.

[0030] Unter Bezugnahme auf die Struktur **202** in **Fig. 2A** in Verbindung mit **Fig. 1** beginnt das Flussdiagramm **100** mit dem Bilden der Nukleationsschicht **212** über dem Substrat **210** (Handlung **102**). Wie oben angemerkt, kann das Substrat **210** ein beliebiges Material beinhalten, das zur Verwendung als ein Substrat für die Herstellung einer III-Nitrid- oder einer anderen Gruppe-III-V-Vorrichtung geeignet ist. Beispiele für Vorrichtungen, für die das Substrat **210** benutzt werden kann, beinhalten Gruppe-III-V-Schottky-Dioden und Gruppe-III-V-Heterostrukturfeldtransistoren (HFETs), wie etwa III-Nitrid- oder andere Gruppe-III-V-HEMTs (High Electron Mobility Transistors – Transistoren mit hoher Elektronenbeweglichkeit).

[0031] Das Substrat **210** kann aus einem Gruppe-IV-Material, wie etwa Silizium (Si), gebildet werden oder kann ein Siliziumcarbid(SiC)- oder ein Saphirsubstrat sein. Zudem kann, obwohl das Substrat **210** in **Fig. 2A** als ein im Wesentlichen einheitliches Substrat gezeigt ist, das Substrat **210** bei anderen Ausführungsformen ein Verbundsubstrat, wie etwa zum Beispiel ein SOI-Substrat (SOI: Silizium On Isolator – Silizium auf Isolator), ein SOS-Substrat (SOS: Silicon on Sapphire – Silizium auf Saphir) oder ein einkristallines oder polykristallines SiC-auf-Silizium-Substrat, sein.

[0032] Gemäß der durch die Struktur **202** gezeigten Ausführungsform befindet sich die Nukleationsschicht **212** über dem Substrat **210**. Die Nukleationsschicht **212** kann aus Aluminiumnitrid (AlN) gebildet werden und kann eine Dicke in einem Bereich von näherungsweise einhundert Nanometer bis näherungsweise vierhundert Nanometer (100–400 nm), wie etwa zum Beispiel 250 nm, aufweisen. Die Nukleationsschicht **212** kann direkt auf oder über dem Substrat **210** unter Verwendung einer beliebigen von einer metallorganischen chemischen Gasphasenabscheidung (MOCVD: Metalorganic Chemical Vapor Deposition), einer Molekularstrahlepitaxie (MBE: Molecular-Beam Epitaxy), einer Hydridgasphasenepitaxie (HVPE: Hydride Vapor Phase Epitaxy), einer plasmaunterstützten Gasphasenepitaxie (PECVD) oder einer Atomlagenepitaxie (ALE), um nur einige geeignete Techniken zu nennen, gebildet werden.

[0033] Weitergehend zu **Fig. 2B** unter fortgesetzter Bezugnahme auf **Fig. 1** fährt das Flussdiagramm **100** mit dem Bilden des III-Nitrid-Zwischenstapels **220** einschließlich des Übergangkörpers **222** und des Ausbuchtungspropagationskörpers **230** über der Nukleationsschicht **212** (Handlung **104**) fort.

[0034] Wie durch die Struktur **204** gezeigt, kann der III-Nitrid-Zwischenstapel **220** bei Ausführungsformen, bei denen das Substrat **210** ein nichtnatürliches Substrat für die Herstellung einer III-Nitrid-Vorrichtung, wie etwa eines III-Nitrid-HEMT, ist, den Übergangskörper **222** beinhalten, der sich zwischen dem Substrat **210** und einer anschließend hergestellten III-Nitrid-Vorrichtung befindet. Als ein spezielles Beispiel, bei dem das Substrat **210** ein Siliziumsubstrat ist, kann der Übergangskörper **222** mehrere unterscheidbare III-Nitrid-Material-Schichten beinhalten, die dabei helfen, den Gitterübergang von dem Substrat **210** zu den aktiven Schichten der darüber liegenden III-Nitrid-Vorrichtung (aktive Schichten sind in **Fig. 2B** nicht gezeigt) zu vermitteln.

[0035] Bei Ausführungsformen, bei denen die III-Nitrid-Vorrichtung zum Beispiel eine Galliumnitrid(GaN)-basierte Vorrichtung ist, kann der Übergangskörper **222** eine Reihe von Aluminiumgalliumnitrid(AlGaN)-Schichten beinhalten, die einen von der Grenzfläche zwischen dem Übergangkörper **222** und der Nukleationsschicht **212** zu der Oberseite des Übergangkörpers **222** im Verhältnis zu ihrem Galliumgehalt zunehmend reduzierte Aluminiumgehalt aufweisen. Zudem kann der Übergangskörper **222** bei manchen Ausführungsformen ein in der Zusammensetzung abgestufter Körper mit unterschiedlichen AlGaN- oder anderen III-Nitrid- oder Gruppe-III-V-Legierung-Zusammensetzungen bei seiner jeweiligen oberen und unteren Oberfläche sein. Der Übergangskörper **222** kann unter Verwendung einer beliebigen von MOCVD, MBE, HVPE, PECVD oder ALE über der Nukleationsschicht **212** mit einer Dicke im Bereich von näherungsweise 150–1000 nm, wie etwa zum Beispiel 500 nm, gebildet werden.

[0036] Wie ferner durch die Struktur **204** gezeigt, befindet sich der Ausbuchtungspropagationskörper **230** gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel über dem Übergangkörper **222**. Wie der Übergangkörper **222** kann der Ausbuchtungspropagationskörper **230** unter Verwendung einer beliebigen von zum Beispiel MOCVD, MBE, HVPE, PECVD oder ALE gebildet werden.

[0037] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2C** zeigt **Fig. 2C** eine ausführlichere Querschnittsansicht des Ausbuchtungspropagationskörpers **230** gemäß einem Ausführungsbeispiel. Wie in **Fig. 2C** gezeigt, beinhaltet der Ausbuchtungspropagationskörper **230** eine Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232**, eine Ausbuchtungserzeugungsschicht **234**, die sich direkt auf der Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** befindet, und Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a, 240b, ..., 240n** (anschließend „Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n**“), die über der Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** gestapelt sind.

[0038] Des Weiteren zeigt **Fig. 2C** Ausbuchtungen **238**, die an oder nahe der Grenzfläche der Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** und der Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** gebildet werden. Die jeweiligen Dicken der Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232**, der Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** und der Schichten, die in jeder der beispielhaften Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n** enthalten sind, sind ebenfalls in **Fig. 2C** gezeigt.

[0039] Im Interesse der konzeptuellen Klarheit wird der Ausbuchtungspropagationskörper **230** so beschrieben, als könnte er als Teil einer Halbleiterkomponente implementiert werden, die einen GaN-basierten HEMT bereitstellt. Dementsprechend werden die verschiedenen Schichten, die in dem Ausbuchtungspropagationskörper **230** enthalten sind, durch Bezugnahme auf spezielle III-Nitrid-Legierung-Zusammensetzungen, spezielle Dicken und in manchen Fällen spezielle Wachstumsbedingungen, die für eine solche Ausführungsform geeignet sind, beschrieben. Es wird jedoch angemerkt, dass die bereitgestellten Einzelheiten nicht als Beschränkungen auszulegen sind und dass die verschiedenen Schichten, die in dem Ausbuchtungspropagationskörper **230** enthalten sind, bei anderen Ausführungsformen andere III-Nitrid-Legierung-Zusammensetzungen, unterschiedliche Dicken aufweisen können und/oder unter Verwendung unterschiedlicher Wachstumsbedingungen gebildet werden können.

[0040] Gemäß dem in **Fig. 2C** gezeigten Ausführungsbeispiel kann die Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** eine AlGa_N-Schicht mit einer Legierungszusammensetzung in einem Bereich von Al_XGa_(1-X)N ($0,5 \leq X \leq 1$) sein. Die Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** kann unter Verwendung einer beliebigen von MOCVD, MBE, HVPE, PECVD oder ALE gebildet werden und kann eine Dicke **258** von bis zu näherungsweise 150 nm, wie etwa zum Beispiel 75 nm, aufweisen. Zudem kann es vorteilhaft oder wünschenswert sein, die Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** bei einer Wachstumstemperatur zu bilden, die niedriger als eine Wachstumstemperatur ist, die zum Bilden der Nukleationsschicht **212** verwendet wird. Zum Beispiel kann die Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** unter Verwendung einer Wachstumstemperatur gebildet werden, die näherungsweise dreißig bis einhundert Grad Celsius (30–100°C) niedriger als die Wachstumstemperatur ist, die zum Bilden der Nukleationsschicht **212** verwendet wird.

[0041] Die Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** mit einer Dicke **236** kann direkt auf der Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** unter Verwendung einer beliebigen von zum Beispiel MOCVD, MBE, HVPE, PECVD oder ALE gebildet werden. Als ein spezielles Beispiel, bei dem die Ausbuchtungsinduzie-

rungsschicht **232** eine wie oben beschriebene AlGa_N-Schicht ist, kann die Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** eine GaN-Schicht mit einer Dicke **236** in einem Bereich von näherungsweise 2 nm bis näherungsweise 12 nm, wie etwa 6 nm, sein.

[0042] Die Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** kann unter Verwendung einer Wachstumstemperatur gebildet werden, die höher als die Wachstumstemperatur, die zum Bilden der Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** verwendet wird, aber niedriger als die Wachstumstemperatur ist, die zum Bilden der Nukleationsschicht **212** verwendet wird. Als ein spezielles Beispiel kann die Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** unter Verwendung einer Wachstumstemperatur in einem Bereich von näherungsweise 1015–1060°C, bei einem Druck in einem Bereich von näherungsweise fünfundsiebzig Millibar bis näherungsweise einhundertfünfzig Millibar (75–150 mbar) gebildet werden. Wie in **Fig. 2C** gezeigt, werden die Ausbuchtungen **238** an oder nahe der Grenzfläche der Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** und der Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** gebildet. Die Ausbuchtungen **238** können einen anfänglichen Durchmesser von weniger als näherungsweise 100 nm, wie etwa zum Beispiel einen Durchmesser von einigen zehn Nanometer, aufweisen.

[0043] Bei Ausführungsformen, bei denen die Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** eine GaN-Schicht ist, treten die Ausbuchtungen **238** bei einer kritischen Dicke der GaN-Schicht auf, die stark von der GaN-Wachstumstemperatur (die eine Wechselwirkungsstärke zwischen Ga-Adatomen und der Oberfläche bestimmt) sowie der durch die Gitterfehl-anpassung induzierte Belastungsenergie, die von der adsorbierenden Al_XGa_(1-X)N-Ausbuchtungsinduzierungsschicht ($0,5 \leq X \leq 1$) empfangen wird, abhängt. Verringern der GaN-Wachstumstemperatur und Erhöhen der Dicke der Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** bewirkt, dass die kritische Dicke abnimmt, während die Massenbelegung der Ausbuchtungen **238**, die durch die GaN-Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** erzeugt werden, zunimmt.

[0044] Es wird angemerkt, dass die Ausbuchtungen **238**, obwohl die Ausbuchtungen **238** in **Fig. 2C** als eine näherungsweise gleichmäßige Größe und Form aufweisend dargestellt sind, allgemein in der Größe variieren können und anfänglich eine Vielzahl an kristallinen Facetten aufzeigen können. Es wird ferner angemerkt, dass die Ausbuchtungen **238** anfänglich so durch die Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** gebildet werden können, dass sie sich teilweise in die Schicht **242a** der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **240a** erstrecken. Die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n** sind über der Ausbuchtungserzeugungsschicht **234** gestapelt und bewirken, dass sich die Ausbuchtungen **238** zwischen der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfach-

schicht **240a** und der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **240n** ausbreiten. Das heißt, die laterale Wachstumsrate der Ausbuchtungen **238** wird mit dem Wachstum der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n** schneller als ihr Wachstum in der Richtung normal zu dem Substrat **210**. Nach dem Wachstum von zehn bis zwanzig Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n**, wie etwa fünfzehn Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten (d.h. $n = 15$), können sich die Ausbuchtungen **238** so ausbreiten, dass sie einen Durchmesser in einem Bereich von näherungsweise zwei bis näherungsweise drei Mikrometer (2–3 μm) aufweisen, während ihre Höhe nicht größer als 100–200 nm oberhalb einer umgebenden ausbuchtungsfreien flachen Oberfläche ist. Durch diese erzwungene Erweiterung der Ausbuchtungsabmessungen wird ein effektives Filtern der Fadenversetzungen, die aufwärts durch den Ausbuchtungspropagationskörper **230** propagieren, erreicht.

[0045] Gemäß dem in **Fig. 2C** gezeigten Ausführungsbeispiel beinhaltet die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **240a** eine Schicht **242a** mit einer Dicke **252**, eine Schicht **244a** mit einer Dicke **254**, die sich über der Schicht **242a** befindet, und eine Schicht **246a** mit einer Dicke **256**, die sich über der Schicht **244a** befindet. Gleichermäßen beinhaltet die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **240b** eine Schicht **242b** mit einer Dicke **252**, eine Schicht **244b** mit einer Dicke **254**, die sich über der Schicht **242b** befindet, und eine Schicht **246b** mit einer Dicke **256**, die sich über der Schicht **244b** befindet. Des Weiteren können alle anderen Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten, die in dem Ausbuchtungspropagationskörper **230** enthalten sind, ähnlich beschaffen sein. Dementsprechend beinhaltet die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **240n** eine Schicht **242n** mit einer Dicke **252**, eine Schicht **244n** mit einer Dicke **254**, die sich über der Schicht **242n** befindet, und eine Schicht **246n** mit einer Dicke **256**, die sich über der Schicht **244n** befindet. Es wird angemerkt, dass es bei manchen Ausführungsformen vorteilhaft oder wünschenswert sein kann, dass die Anzahl der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n** zehn oder mehr beträgt. Mit anderen Worten ist „n“ bei diesen Ausführungsformen gleich wenigstens **10**.

[0046] Die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n** können unter Verwendung einer beliebigen von zum Beispiel MOCVD, MBE, HVPE, PECVD oder ALE gebildet werden. Als ein spezielles Beispiel können die Schicht **242a** und die Schichten **242b** bis **242n** AlN-Schichten mit einer Dicke **252** in einem Bereich von näherungsweise 1–8 nm, wie etwa 2,5 nm, sein. Die Schicht **244a** und die Schichten **244b** bis **244n** können AlGaIn-Schichten sein, die zur biaxialen Spannungsentlastung bereitgestellt werden und die eine Legierungszusammen-

setzung in einem Bereich von $\text{Al}_Y\text{Ga}_{(1-Y)}\text{N}$ ($0 < Y < 1$) und eine Dicke **254** in einem Bereich von näherungsweise 1–8 nm, wie etwa 2,5 nm, aufweisen können. Zudem können die Schicht **246a** und die Schichten **246b** bis **246n** GaN-Schichten mit einer Dicke **256** in einem Bereich von näherungsweise 2–10 nm, wie etwa 5 nm, sein.

[0047] In Bezug auf die Schichten **244a** bis **244n**, wie oben angegeben, sind jene AlGaIn-Schichten zur biaxialen Spannungsentlastung bereitgestellt. Bei manchen Ausführungsformen kann es vorteilhaft oder wünschenswert sein, die AlGaIn-Spannungsentlastungsschichten **244a** bis **244n** zwischen jeweiligen AlN-Schichten **242a** bis **242n** und jeweiligen GaN-Schichten **246a** bis **246n** zu beinhalten, um die Massenbelegung der Ausbuchtungen **238** in einem gewünschten Bereich zu halten. Wenn die Massenbelegung der Ausbuchtungen **238** einen gewünschten Wert überschreitet, kann die Kristallqualität von anschließend aufgewachsenen Vorrichtungsschichten aufgrund der Erzeugung von Versetzungsschleifen reduziert sein.

[0048] Es wird angemerkt, dass, obwohl das in **Fig. 2C** gezeigte Ausführungsbeispiel **20** jede der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n** als Dreifachschichten darstellt, die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n** bei anderen Ausführungsformen weniger oder mehr als drei Schichten beinhalten können. Es wird ferner angemerkt, dass, obwohl die Schichten, die in den Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **240a–240n** enthalten sind, oben in Form einer im Wesentlichen konstanten III-Nitrid-Material- oder Legierungszusammensetzung beschrieben sind, diese Repräsentation lediglich beispielhaft ist. Bei anderen Ausführungsformen können zum Beispiel beliebige oder alle der Schichten **242a**, **244a**, **246a**, **242b**, **244b**, **246b**, ..., **242n**, **244n** und **246n** in der Zusammensetzung abgestufte Schichten sein.

[0049] Nun unter Bezugnahme auf **Fig. 2D** mit weiterer Bezugnahme auf **Fig. 1** fährt das Flussdiagramm **100** mit dem Bilden einer III-Nitrid-Pufferschicht **214** und einer III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** über dem III-Nitrid-Zwischenstapel **220** (Handlung **106**) fort. Wie durch eine Struktur **206** gezeigt, kann die III-Nitrid-Pufferschicht **214** so gebildet werden, dass sie sich direkt auf oder über dem III-Nitrid-Zwischenstapel **220** befindet. Bei Ausführungsformen, bei denen die anschließend hergestellte darüber liegende Gruppe-III-V-Vorrichtung zum Beispiel eine GaN-basierte Vorrichtung ist, können die III-Nitrid-Pufferschicht **214** und die III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** als AlGaIn-Schichten implementiert werden. Wie die verschiedenen Schichten des III-Nitrid-Zwischenstapels **220**, können die III-Nitrid-Pufferschicht **214** und die III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** unter Verwendung von zum Beispiel einer belie-

bigen von MOCVD, MBE; HVPE, PECVD oder ALE gebildet werden.

[0050] Es wird angemerkt, dass, obwohl die III-Nitrid-Pufferschicht **214** und die III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216**, die sich über der III-Nitrid-Pufferschicht **214** befindet, beide als AlGa_N-Schichten gebildet sein können, die III-Nitrid-Pufferschicht **214** und die III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** typischerweise unter Verwendung unterschiedlicher Wachstumsbedingungen gebildet werden, so dass jede mit ausgeprägten Charakteristiken durchdrungen wird. Zum Beispiel kann die III-Nitrid-Pufferschicht **214** bei einer niedrigen Wachstumstemperatur gebildet werden, was dazu führt, dass die III-Nitrid-Pufferschicht **214** eine störstellenreiche III-Nitrid-Schicht, wie etwa eine störstellenreiche AlGa_N-Schicht, ist, welche eine gute elektrische Isolation zwischen dem III-Nitrid-Zwischenstapel **220** und den aktiven Schichten der darüber liegenden III-Nitrid-Vorrichtung (die aktiven Schichten sind in **Fig. 2D** nicht gezeigt) bereitstellt. Im Gegensatz dazu kann die III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** eine AlGa_N-Schicht sein, die so über der III-Nitrid-Pufferschicht **214** gebildet ist, dass sie relativ zu der III-Nitrid-Pufferschicht **214** eine reduzierte Störstellenkonzentration aufweist. Mit anderen Worten kann die III-Nitrid-Pufferschicht **214** bei einer niedrigeren Temperatur als die darüber liegende III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** aufgewachsen werden, so dass sie eine höhere Störstellenkonzentration als die III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** aufweist.

[0051] Es wird ferner angemerkt, dass die III-Nitrid-Pufferschicht **214** bei manchen Ausführungsformen als eine störstellenabgestufte Pufferschicht mit einer hohen Störstellenkonzentration an ihrer unteren Oberfläche, d.h. der Oberfläche der III-Nitrid-Pufferschicht **214**, die an den III-Nitrid-Zwischenstapel **220** angrenzt, und einer niedrigen Störstellenkonzentration an ihrer gegenüberliegenden oberen Oberfläche gebildet werden kann. Bei manchen Ausführungsformen kann die III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** weggelassen sein.

[0052] Fortfahrend zu **Fig. 2E** unter weiterer Bezugnahme auf **Fig. 1** kann das Flussdiagramm **100** mit dem Herstellen einer III-Nitrid-Vorrichtung **218** über der III-Nitrid-Pufferschicht **214** und der III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** (Handlung **108**) enden. Infolgedessen zeigt **Fig. 2E** eine Querschnittsansicht einer beispielhaften Halbleiterkomponente **208**, die den III-Nitrid-Zwischenstapel **220** mit dem Ausbuchtungspropagationskörper **230** beinhaltet.

[0053] Es wird angemerkt, dass, obwohl die III-Nitrid-Vorrichtung **218** in **Fig. 2E** als ein HEMT dargestellt ist, diese Repräsentation lediglich beispielhaft ist. Bei anderen Ausführungsformen kann die Halbleiterkomponente **208** einschließlich des Ausbuchtungspropagationskörpers **230** geeignet dazu ausge-

legt sein, eine andere Art einer Gruppe-III-V-Vorrichtung bereitzustellen, die der III-Nitrid-Vorrichtung **218** entspricht. Zum Beispiel kann die III-Nitrid-Vorrichtung **218** bei anderen Ausführungsformen die Form einer anderen Art einer Gruppe-III-V-Leistungsschaltvorrichtung, wie etwa einer beliebigen Art eines HFET oder einer Schottky-Diode, annehmen.

[0054] Dennoch wird die III-Nitrid-Vorrichtung **218** zu lediglich beispielhaften Zwecken als ein III-Nitrid-HEMT (anschließend „HEMT **218**“) einschließlich aktiver Schichten in Form einer GaN-Kanalschicht **224** und einer darüber liegenden AlGa_N-Barrierschicht **228**, einer Drain-Elektrode **262**, einer Source-Elektrode **264** und eines Gates **266** beschrieben. Wie in **Fig. 2E** gezeigt, beinhaltet der HEMT **218** in seinem Ein-Zustand ein zweidimensionales Elektronengas (2DEG) **226**, das einen Leitungs kanal mit niedrigem Widerstand zwischen der Drain-Elektrode **262** und der Source-Elektrode **264** bereitstellt. Wie ferner in **Fig. 2E** gezeigt, wird das 2DEG **226** bei oder nahe der Grenzfläche der aktiven Schichten des HEMT **218**, d. h. der GaN-Kanalschicht **224**, und der AlGa_N-Barrierschicht **228** mit einer größeren Bandlücke als die der GaN-Kanalschicht **224** erzeugt.

[0055] Die aktive GaN-Kanalschicht **224** und die AlGa_N-Barrierschicht **228** des HEMT **218** können unter Verwendung einer beliebigen einer Anzahl von bekannten Wachstumstechniken über der III-Nitrid-Pufferschicht **214** und der III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** gebildet werden. Zum Beispiel können die GaN-Kanalschicht **224** und die AlGa_N-Barrierschicht **228** unter Verwendung von MOCVD, MBE, HVPE, PECVD, oder ALE, um einige geeignete Techniken zu nennen, gebildet werden.

[0056] Gemäß dem in **Fig. 2E** gezeigten Ausführungsbeispiel führen die in ihren Abmessungen erweiterten Ausbuchtungen, die durch den Ausbuchtungspropagationskörper **230** produziert werden, zu einem selektiven Wachstumsbereich in einer frühen Wachstumsphase einer störstellenreichen Al-GaN-Pufferschicht **214**, wodurch bewirkt wird, dass die Oberfläche durch laterales Zusammenwachsen mit zunehmendem Wachstum schrittweise flach wird. Bei einem solchen Prozess des lateralen Zusammenwachsens kann eine Versetzungsablenkung in der AlGa_N-Pufferschicht **214** vorteilhaft zu einer näherungsweise 30%-igen bis zu einer näherungsweise 50%-igen Reduzierung der Versetzungsdichte innerhalb des GaN-Kanalschicht **224** führen. Dementsprechend verbessert der Ausbuchtungspropagationskörper **230** eine gesamte III-Nitrid-Kristallqualität in der Halbleiterkomponente **208** im Vergleich zu den Halbleiterkomponenten, von denen der Ausbuchtungspropagationskörper **230** weggelassen ist, erheblich.

[0057] Nun unter Bezugnahme auf **Fig. 3A** zeigt **Fig. 3A** eine Querschnittsansicht einer beispielhaften Halbleiterkomponente **308** einschließlich des III-Nitrid-Zwischenstapels **320** mit dem Ausbuchtungspropagationskörper **370** gemäß einer anderen Ausführungsform. Es wird angemerkt, dass die in **Fig. 3A** durch Bezugsziffern, die jenen in **Fig. 2A–Fig. 2E** gezeigten entsprechen, identifizierten Merkmale jeweils den zuvor beschriebenen Merkmalen entsprechen.

[0058] Dementsprechend entsprechen das Substrat **310**, die Nukleationsschicht **312** und der Übergangskörper **322** jeweils im Allgemeinen dem Substrat **210** und der Nukleationsschicht **212** in **Fig. 2A, Fig. 2B, Fig. 2D** und **Fig. 2E** und dem Übergangskörper **222** in **Fig. 2B, Fig. 2D** und **Fig. 2E** und können sie beliebige der Charakteristiken teilen, die jenen entsprechenden Merkmalen in der vorliegenden Anmeldung zugeschrieben sind. Des Weiteren entsprechen die III-Nitrid-Pufferschicht **314** und die III-Nitrid-Rückseitenbarriere **316** jeweils im Allgemeinen der III-Nitrid-Pufferschicht **214** und der III-Nitrid-Rückseitenbarriere **216** in **Fig. 2D** und **Fig. 2E** und können sie beliebige der Charakteristiken teilen, die jenen entsprechenden Merkmalen in der vorliegenden Anmeldung zugeschrieben sind.

[0059] Die III-Nitrid-Vorrichtung **318** in **Fig. 3A** entspricht dem HEMT **218** in **Fig. 2E** und kann beliebige der Charakteristiken teilen, die dem entsprechenden Merkmal in der vorliegenden **20** Anmeldung zugeschrieben sind. Dementsprechend entsprechen die Kanalschicht **324**, die Barrierschicht **328**, das 2DEG **326**, die Drain-Elektrode **362**, die Source-Elektrode **364** und das Gate **366** in **Fig. 3A** jeweils im Allgemeinen der GaN-Kanalschicht **224**, der AlGaN-Barrierschicht **228**, dem 2DEG **226**, der Drain-Elektrode **262**, der Source-Elektrode **264** und dem Gate **266** in **Fig. 2E**.

[0060] Es wird angemerkt, dass, obwohl die III-Nitrid-Vorrichtung **318** als dem HEMT **218** entsprechend gezeigt und beschrieben ist. Bei anderen Ausführungsformen kann die Halbleiterkomponente **308** geeignet dazu ausgelegt sein, eine andere Art einer Gruppe-III-V-Vorrichtung bereitzustellen, die der III-Nitrid-Vorrichtung **318** entspricht. Zum Beispiel kann die III-Nitrid-Vorrichtung **318** bei anderen Ausführungsformen die Form einer anderen Art einer Gruppe-III-V-Leistungsschaltvorrichtung, wie etwa einer beliebigen Art eines HFET oder einer Schottky-Diode, annehmen.

[0061] Im Gegensatz zu der Halbleiterkomponente **208** in **Fig. 2E**, bei der sich der Ausbuchtungspropagationskörper **230** über dem Übergangskörper **222** in dem III-Nitrid-Zwischenstapel **220** befindet, sind jene jeweiligen Positionen gemäß der in **Fig. 3A** gezeigten alternativen Ausführungsform umgekehrt. Das heißt, der III-Nitrid-Zwischenstapel **320** der Halbleiterkomponente

308 beinhaltet den Übergangskörper **322**, der sich über dem Ausbuchtungspropagationskörper **370** befindet, der sich selbst direkt auf der Nukleationsschicht **312** befindet.

[0062] Unter Bezugnahme auf **Fig. 3B** zeigt **Fig. 3B** eine ausführlichere Querschnittsansicht des Ausbuchtungspropagationskörpers **370** gemäß dem in **Fig. 3A** gezeigten alternativen Ausführungsbeispiel. Wie in **Fig. 3B** gezeigt, beinhaltet der Ausbuchtungspropagationskörper **370** eine Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** und Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a, 380b, ..., 380n** (anschließend „Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n**“), die über der Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** gestapelt sind.

[0063] Des Weiteren zeigt **Fig. 3B** Ausbuchtungen **378**, die bei oder nahe einer unteren Oberfläche der Ausbuchtungserzeugungsschicht **372**, d.h. der Oberfläche der Ausbuchtungserzeugungsschicht **372**, die der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **380a** gegenüberliegt, erzeugt werden. Die jeweiligen Dicken der Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** und der Schichten, die in jeder der beispielhaften Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n** enthalten sind, sind ebenfalls in **Fig. 3B** gezeigt.

[0064] Im Interesse der konzeptuellen Klarheit wird der Ausbuchtungspropagationskörper **370** so beschrieben, als könnte er als Teil einer Halbleiterkomponente implementiert werden, die einen GaN-basierten HEMT bereitstellt. Dementsprechend werden die verschiedenen Schichten, die in dem Ausbuchtungspropagationskörper **370** enthalten sind, durch Bezugnahme auf spezielle III-Nitrid-Legierung-Zusammensetzungen, spezielle Dicken und in manchen Fällen spezielle Wachstumsbedingungen, die für eine solche Ausführungsform geeignet sind, beschrieben. Es wird jedoch angemerkt, dass die bereitgestellten Einzelheiten nicht als Beschränkungen auszulegen sind und dass die verschiedenen Schichten, die in dem Ausbuchtungspropagationskörper **370** enthalten sind, bei anderen Ausführungsformen andere III-Nitrid-Legierung-Zusammensetzungen, unterschiedliche Dicken aufweisen können und/oder unter Verwendung unterschiedlicher Wachstumsbedingungen gebildet werden können.

[0065] Die Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** mit einer Dicke **374** kann direkt auf der Nukleationsschicht **312** unter Verwendung einer beliebigen von zum Beispiel MOCVD, MBE, HVPE, PECVD oder ALE gebildet werden. Es wird angemerkt, dass die Nukleationsschicht **312** bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine zu der Ausbuchtungsinduzierungsschicht **232** in **Fig. 2C** analoge Rolle spielt. Wie jedoch oben durch Bezugnahme auf die entsprechende Nukleationsschicht **212** angegeben ist, kann

die Nukleationsschicht **312** eine AlN-Schicht mit einer Dicke in einem Bereich von näherungsweise 100–400 nm, wie etwa zum Beispiel 250 nm, sein. Bei einer Ausführungsform, bei der die Nukleationsschicht **312** mit den oben beschriebenen Merkmalen als Ausbuchtungsinduzierungsschicht der Halbleiterkomponente **308** verwendet wird, kann die Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** eine GaN-Schicht mit einer Dicke **374** in einem Bereich von näherungsweise 1 nm bis näherungsweise 10 nm, wie etwa 4 nm, sein.

[0066] Die Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** kann zum Beispiel unter Verwendung einer Wachstumstemperatur in einem Bereich von näherungsweise 1015–1060°C, bei einem Druck in einem Bereich von näherungsweise fünfundsiebzig Millibar bis näherungsweise 75–150 mbar gebildet werden. Wie in **Fig. 3B** gezeigt, werden die Ausbuchtungen **378** an oder nahe der unteren Oberfläche der Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** gebildet. Die Ausbuchtungen **378** können einen anfänglichen Durchmesser von weniger als näherungsweise 100 nm, wie etwa zum Beispiel einen Durchmesser von einigen zehn Nanometer, aufweisen.

[0067] Bei Ausführungsformen, bei denen die Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** eine GaN-Schicht ist, treten die Ausbuchtungen **378** bei einer kritischen Dicke der GaN-Schicht auf, die stark von der GaN-Wachstumstemperatur (die eine Wechselwirkungsstärke zwischen Ga-Adatomen und der Oberfläche bestimmt) sowie der durch die Gitterfehlpassung induzierte Belastungsenergie, die von der Nukleationsschicht **312** empfangen wird, abhängt. Verringern der GaN-Wachstumstemperatur und Erhöhen der Dicke der Nukleationsschicht **312** bewirkt, dass die kritische Dicke abnimmt, während die Massenbelegung der Ausbuchtungen **378**, die durch die GaN-Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** erzeugt werden, zunimmt.

[0068] Es wird angemerkt, dass die Ausbuchtungen **378**, obwohl die Ausbuchtungen **378** in **Fig. 3B** als eine näherungsweise gleichmäßige Größe und Form aufweisend dargestellt sind, allgemein in der Größe variieren können und anfänglich eine Vielzahl an kristallinen Facetten aufzeigen können. Es wird ferner angemerkt, dass die Ausbuchtungen **378** anfänglich so durch die Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** gebildet werden können, dass sie sich teilweise in die Schicht **382a** der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **380a** erstrecken.

[0069] Die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n** sind über der Ausbuchtungserzeugungsschicht **372** gestapelt und bewirken, dass sich die Ausbuchtungen **378** zwischen der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **380a** und der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **380n** ausbreiten. Das heißt, die

laterale Wachstumsrate der Ausbuchtungen **378** wird mit dem Wachstum der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n** schneller als ihr Wachstum in der Richtung normal zu dem Substrat **310**. Nach dem Wachstum von zehn bis zwanzig Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n**, wie etwa fünfzehn Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten (d.h. $n = 15$), können sich die Ausbuchtungen **378** so ausbreiten, dass sie einen Durchmesser in einem Bereich von näherungsweise 2–3 μm aufweisen, während ihre Höhe nicht größer als 100–200 nm oberhalb einer umgebenden ausbuchtungsfreien flachen Oberfläche ist. Durch diese erzwungene Erweiterung der Ausbuchtungsabmessungen wird ein effektives Filtern der Fadenversetzungen, die aufwärts durch den Ausbuchtungspropagationskörper **370** propagieren, erreicht.

[0070] Gemäß dem in **Fig. 3B** gezeigten Ausführungsbeispiel beinhaltet die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **380a** eine Schicht **382a** mit einer Dicke **392**, eine Schicht **384a** mit einer Dicke **394**, die sich über der Schicht **382a** befindet, und eine Schicht **386a** mit einer Dicke **396**, die sich über der Schicht **384a** befindet. Gleichermaßen beinhaltet die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **380b** eine Schicht **382b** mit einer Dicke **392**, eine Schicht **384b** mit einer Dicke **394**, die sich über der Schicht **382b** befindet, und eine Schicht **386b** mit einer Dicke **396**, die sich über der Schicht **384b** befindet. Des Weiteren können alle anderen Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten, die in dem Ausbuchtungspropagationskörper **370** enthalten sind, ähnlich beschaffen sein. Dementsprechend beinhaltet die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschicht **380n** eine Schicht **382n** mit einer Dicke **392**, eine Schicht **384n** mit einer Dicke **394**, die sich über der Schicht **382n** befindet, und eine Schicht **386n** mit einer Dicke **396**, die sich über der Schicht **384n** befindet. Es wird angemerkt, dass es bei manchen Ausführungsformen vorteilhaft oder wünschenswert sein kann, dass die Anzahl der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n** zehn oder mehr beträgt. Mit anderen Worten ist „n“ bei diesen Ausführungsformen wenigstens gleich zehn.

[0071] Die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n** können unter Verwendung einer beliebigen von zum Beispiel MOCVD, MBE, HVPE, PECVD oder ALE gebildet werden. Als ein spezielles Beispiel können die Schicht **382a** und die Schichten **382b** bis **382n** AlN-Schichten mit einer Dicke **392** in einem Bereich von näherungsweise 0,5–6 nm sein. Die Schicht **384a** und die Schichten **384b** bis **384n** können AlGa_(1-y)N-Schichten sein, die zur biaxialen Spannungsentlastung bereitgestellt werden und die eine Legierungszusammensetzung in einem Bereich von Al_yGa_(1-y)N ($0 < Y < 1$) und eine Dicke **394** in einem Bereich von näherungsweise 0,5–6 nm aufweisen können. Zudem können die Schicht **386a** und

die Schichten **386b** bis **386n** GaN-Schichten mit einer Dicke **396** in einem Bereich von näherungsweise 1–8 nm sein.

[0072] In Bezug auf die Schichten **384a** bis **384n**, wie oben angegeben, sind jene AlGaN-Schichten zur biaxialen Spannungsentlastung bereitgestellt. Bei manchen Ausführungsformen kann es vorteilhaft oder wünschenswert sein, die AlGaN-Spannungsentlastungsschichten **384a** bis **384n** zwischen jeweiligen AlN-Schichten **382a** bis **382n** und jeweiligen GaN-Schichten **386a** bis **386n** zu beinhalten, um die Massenbelegung der Ausbuchtungen **378** in einem gewünschten Bereich zu halten. Wenn die Massenbelegung der Ausbuchtungen **378** gewünschte Werte überschreitet, kann die Kristallqualität von anschließend aufgewachsenen Vorrichtungsschichten aufgrund der Erzeugung von Versetzungsschleifen reduziert sein.

[0073] Es wird angemerkt, dass, obwohl das in **Fig. 3B** gezeigte Ausführungsbeispiel jede der Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n** als Dreifachschichten darstellt, die Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n** bei anderen Ausführungsformen weniger oder mehr als drei Schichten beinhalten können. Es wird ferner angemerkt, dass, obwohl die Schichten, die in den Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten **380a–380n** enthalten sind, oben in Form einer im Wesentlichen konstanten III-Nitrid-Material- oder Legierungszusammensetzung beschrieben sind, diese Repräsentation lediglich beispielhaft ist. Bei anderen Ausführungsformen können zum Beispiel beliebige oder alle der Schichten **382a**, **384a**, **386a**, **382b**, **384b**, **386b**, ..., **382n**, **384n** und **386n** in der Zusammensetzung abgestufte Schichten sein.

[0074] Dementsprechend offenbart die vorliegende Anmeldung eine Halbleiterkomponente mit einem III-Nitrid-Zwischenstapel einschließlich eines Ausbuchtungspropagationskörpers, der vorteilhaft das Wachstum von III-Nitrid-Vorrichtungsschichten oder -filmen mit erheblich verbesserter Kristallqualität ermöglicht. Das heißt, die anschließend aufgewachsene darüber liegende III-Nitrid-Vorrichtungsschichten oder -filme weisen im Vergleich zu III-Nitrid-Vorrichtungsschichten oder -filmen in herkömmlichen Halbleiterkomponenten, bei denen der vorliegend offenbarte Ausbuchtungspropagationskörper weggelassen ist, reduzierte Kristallversetzungen auf. Infolgedessen ermöglicht das in der vorliegenden Anmeldung offenbarte erfinderische Konzept vorteilhafterweise eine Herstellung von zum Beispiel III-Nitrid- und anderen Gruppe-III-V-basierten Transistoren mit verbesserter Hochfrequenzleistungsfähigkeit und reduziertem Leckstrom unter hohen Drain-Voltagespannungen.

Patentansprüche

1. Halbleiterkomponente, die aufweist:
 - ein Substrat;
 - eine Nukleationsschicht, die sich über dem Substrat befindet;
 - einen III-Nitrid-Zwischenstapel, der sich über der Nukleationsschicht befindet;
 - eine III-Nitrid-Pufferschicht, die sich über dem III-Nitrid-Zwischenstapel befindet;
 - eine III-Nitrid-Vorrichtung, die über der III-Nitrid-Pufferschicht hergestellt ist;
 - wobei der III-Nitrid-Zwischenstapel einen Übergangskörper umfasst, der sich über einem Ausbuchtungspropagationskörper befindet, wobei der Ausbuchtungspropagationskörper eine Ausbuchtungserzeugungsschicht und mehrere Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten umfasst.
2. Halbleiterkomponente nach Anspruch 1, wobei die Ausbuchtungserzeugungsschicht eine Galliumnitrid-(GaN)-Schicht ist.
3. Halbleiterkomponente nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei wenigstens eine der mehreren Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten eine Aluminiumnitrid-(AlN)-Schicht, eine Aluminiumgalliumnitrid-(AlGaN)- und eine GaN-Schicht umfasst.
4. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die mehreren Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten wenigstens zehn Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten umfassen.
5. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei sich die Ausbuchtungserzeugungsschicht auf der Nukleationsschicht befindet.
6. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die III-Nitrid-Pufferschicht AlGaN aufweist.
7. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 1 bis 6, die ferner eine III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufweist, die sich zwischen der III-Nitrid-Pufferschicht und der III-Nitrid-Vorrichtung befindet.
8. Halbleiterkomponente nach Anspruch 7, wobei die III-Nitrid-Rückseitenbarriere AlGaN aufweist.
9. Halbleiterkomponente nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, wobei die III-Nitrid-Pufferschicht bei einer niedrigeren Temperatur als die III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufgewachsen ist, so dass sie eine höhere Störstellenkonzentration als die III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufweist.

10. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die III-Nitrid-Vorrichtung einen III-Nitrid-HEMT (High Electron Mobility Transistor – Transistor mit hoher Elektronenbeweglichkeit) aufweist.

11. Halbleiterkomponente, die aufweist:
 ein Substrat;
 eine Nukleationsschicht, die sich über dem Substrat befindet;
 einen III-Nitrid-Zwischenstapel, der sich über der Nukleationsschicht befindet;
 eine III-Nitrid-Pufferschicht, die sich über dem III-Nitrid-Zwischenstapel befindet;
 eine III-Nitrid-Vorrichtung, die über der III-Nitrid-Pufferschicht hergestellt ist;
 wobei der III-Nitrid-Zwischenstapel einen Ausbuchtungspropagationskörper umfasst, der sich über einem Übergangskörper befindet, wobei der Ausbuchtungspropagationskörper eine Ausbuchtungsinduzierungsschicht, eine Ausbuchtungserzeugungsschicht und mehrere Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten umfasst.

12. Halbleiterkomponente nach Anspruch 11, wobei die Ausbuchtungsinduzierungsschicht Aluminiumnitrid (AlN) umfasst.

13. Halbleiterkomponente nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, wobei die Ausbuchtungserzeugungsschicht eine Galliumnitrid-(GaN)-Schicht ist.

14. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei wenigstens eine der mehreren Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten eine AlN-Schicht, eine Aluminiumgalliumnitrid(AlGaN)- und eine GaN-Schicht aufweist.

15. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die mehreren Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten wenigstens zehn Ausbuchtungsausbreitungsmehrfachschichten aufweisen.

16. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei die III-Nitrid-Pufferschicht AlGaN aufweist.

17. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 11 bis 16, die ferner eine III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufweist, die sich zwischen der III-Nitrid-Pufferschicht und der III-Nitrid-Vorrichtung befindet.

18. Halbleiterkomponente nach Anspruch 17, wobei die III-Nitrid-Rückseitenbarriere AlGaN aufweist.

19. Halbleiterkomponente nach Anspruch 17 oder Anspruch 18, wobei die III-Nitrid-Pufferschicht bei einer niedrigeren Temperatur als die III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufgewachsen ist, so dass sie eine höhe-

re Störstellenkonzentration als die III-Nitrid-Rückseitenbarriere aufweist.

20. Halbleiterkomponente nach einem der Ansprüche 11 bis 19, wobei die III-Nitrid-Vorrichtung einen III-Nitrid-HEMT (High Electron Mobility Transistor – Transistor mit hoher Elektronenbeweglichkeit) aufweist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Fig. 1

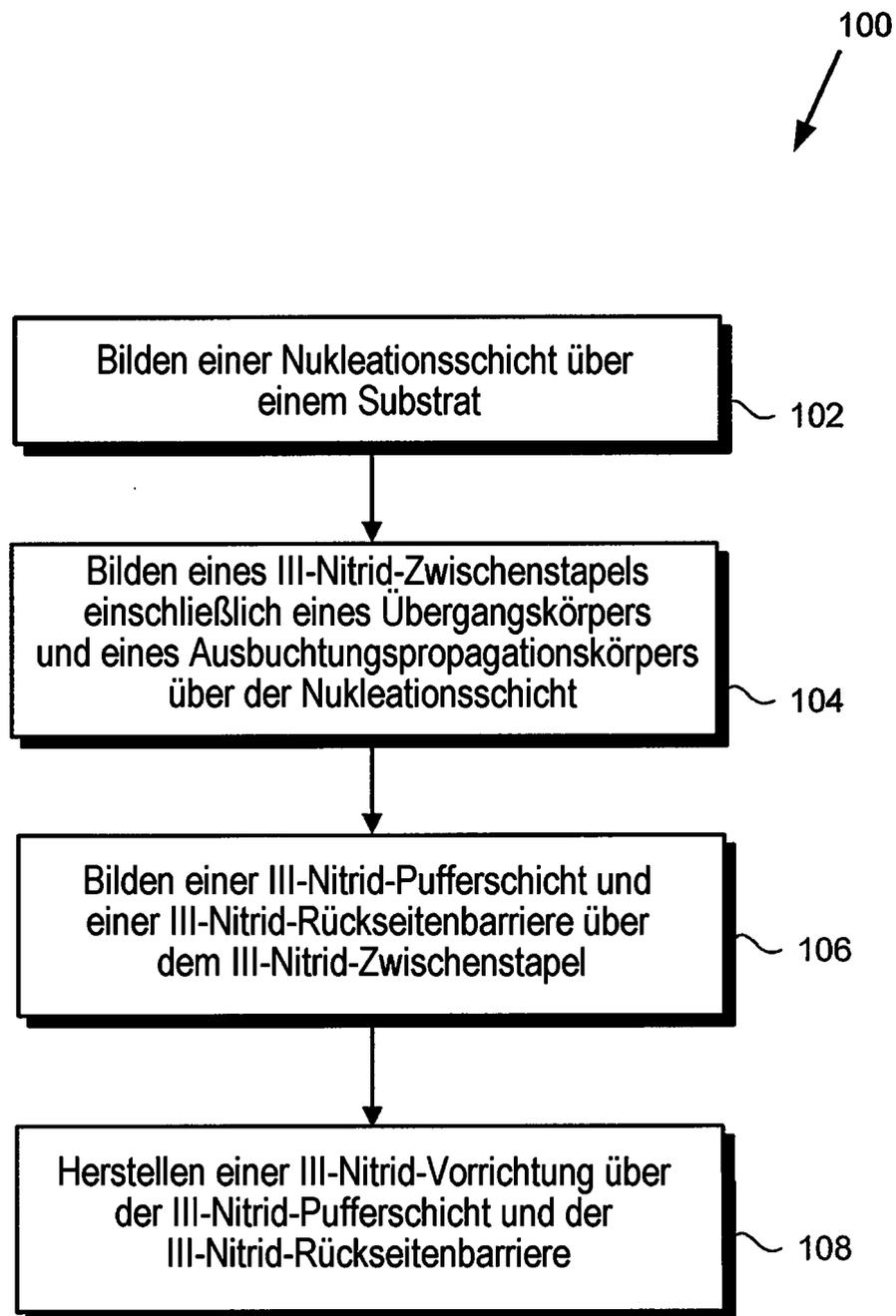


Fig. 2A

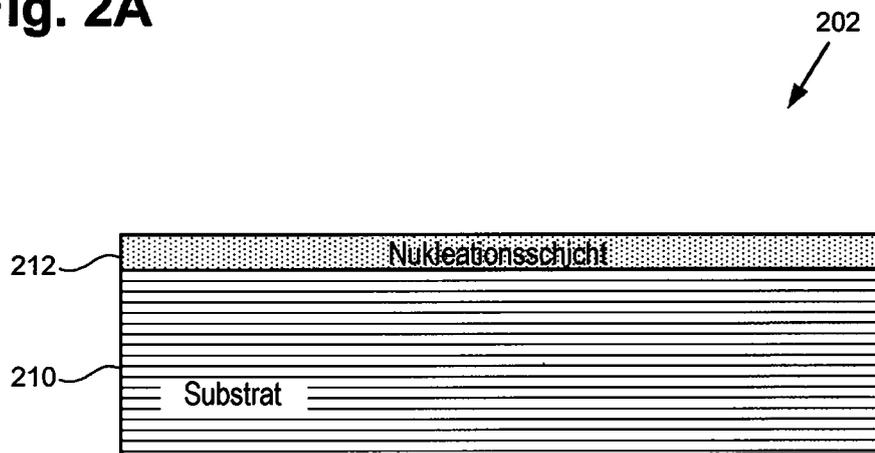


Fig. 2B

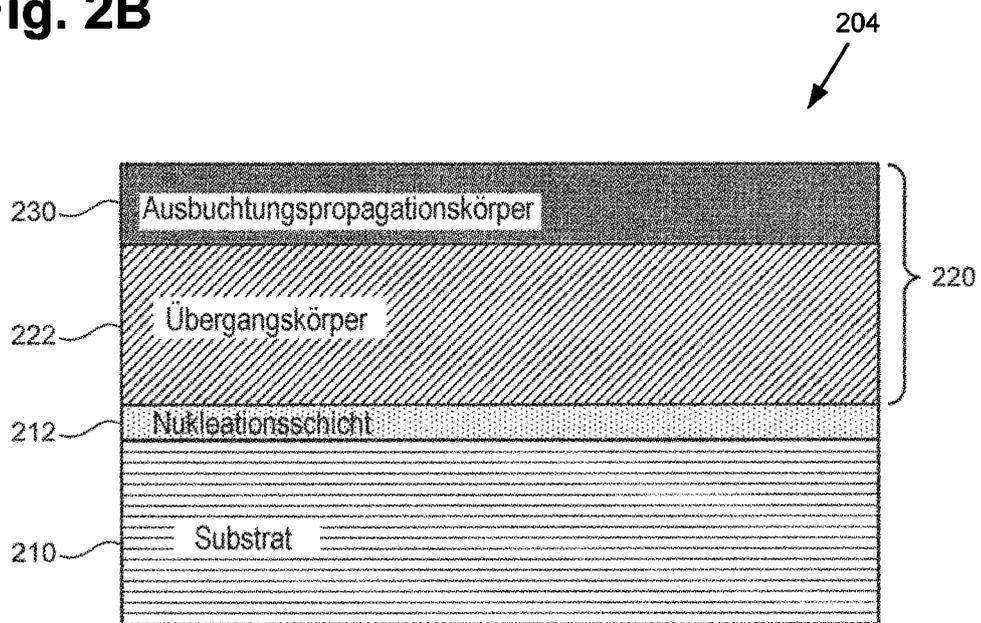


Fig. 2C

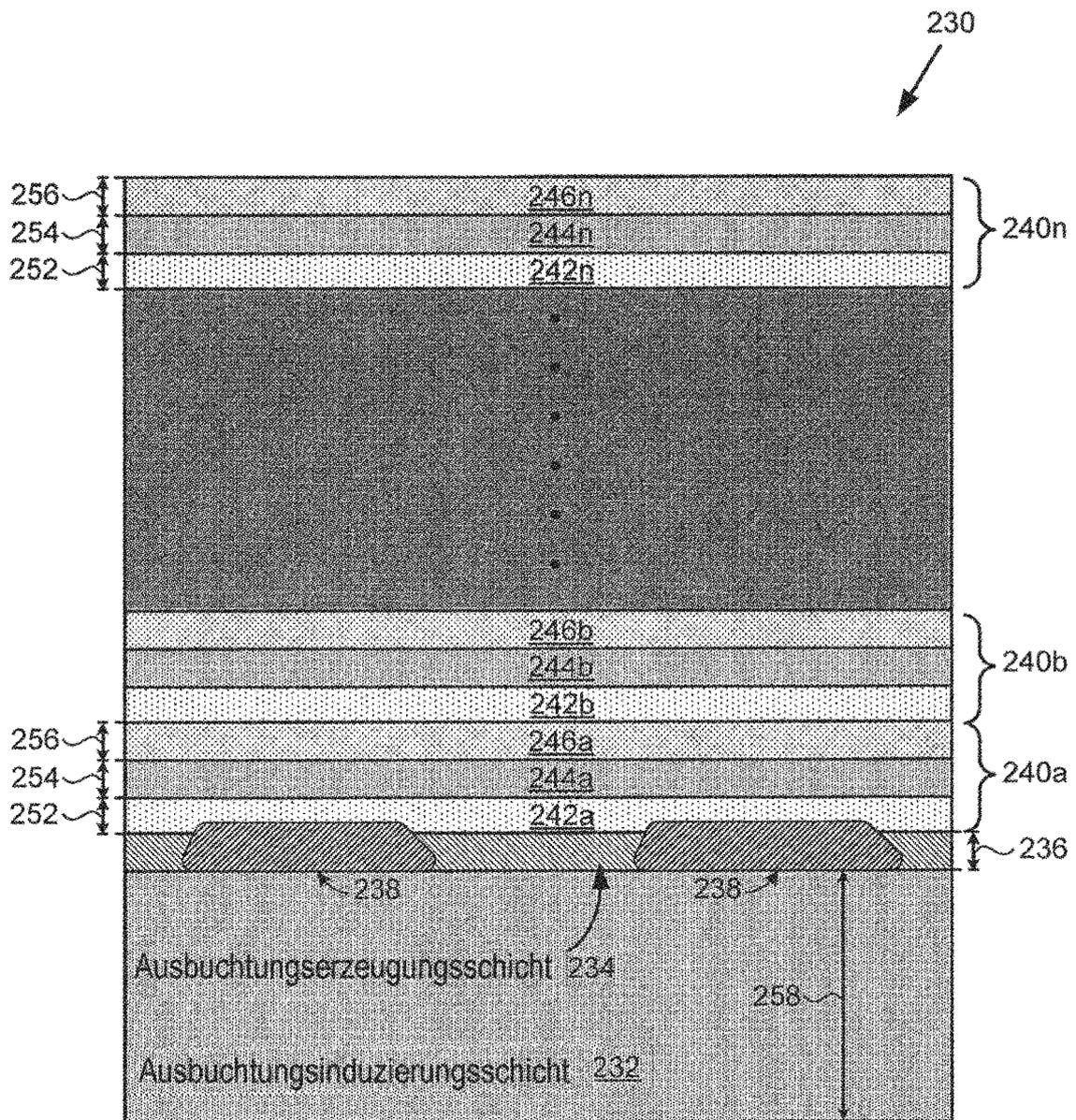


Fig. 2D

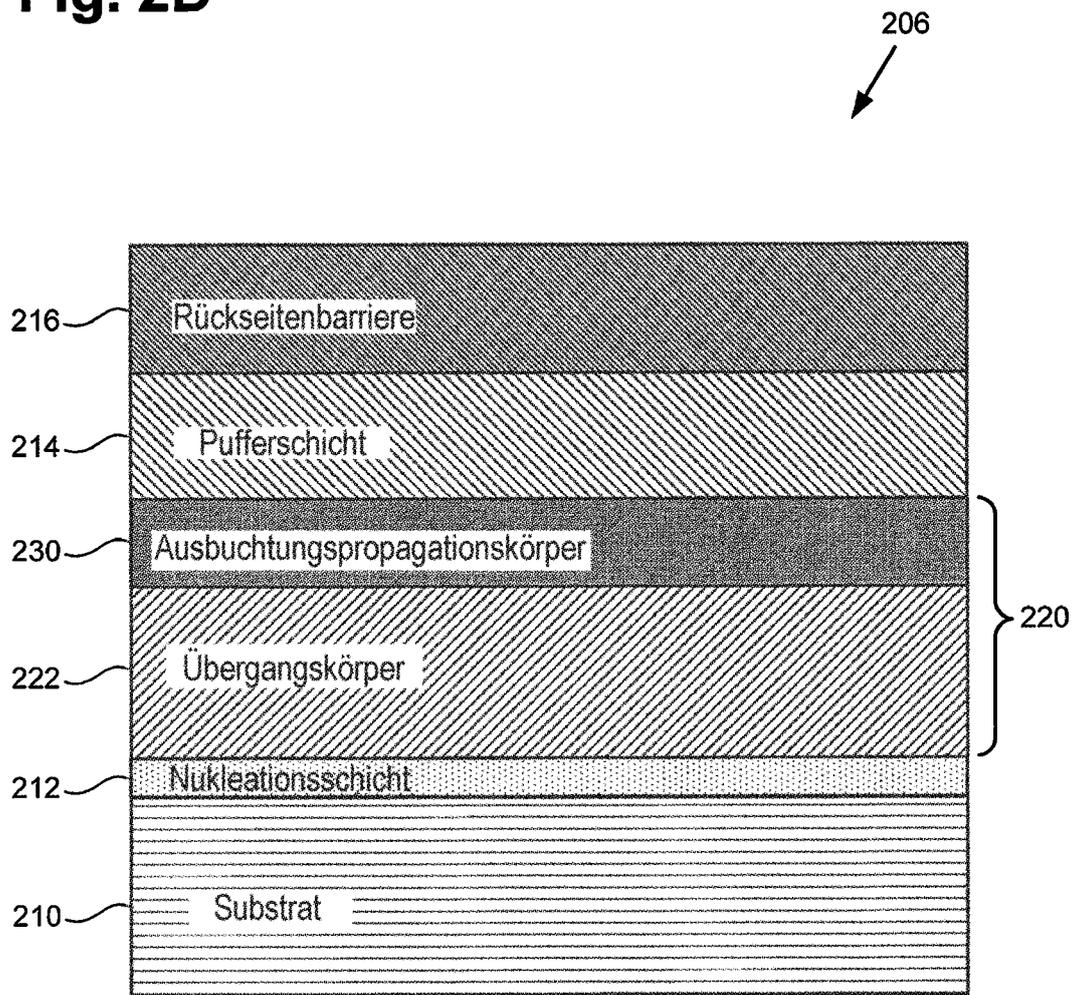


Fig. 2E

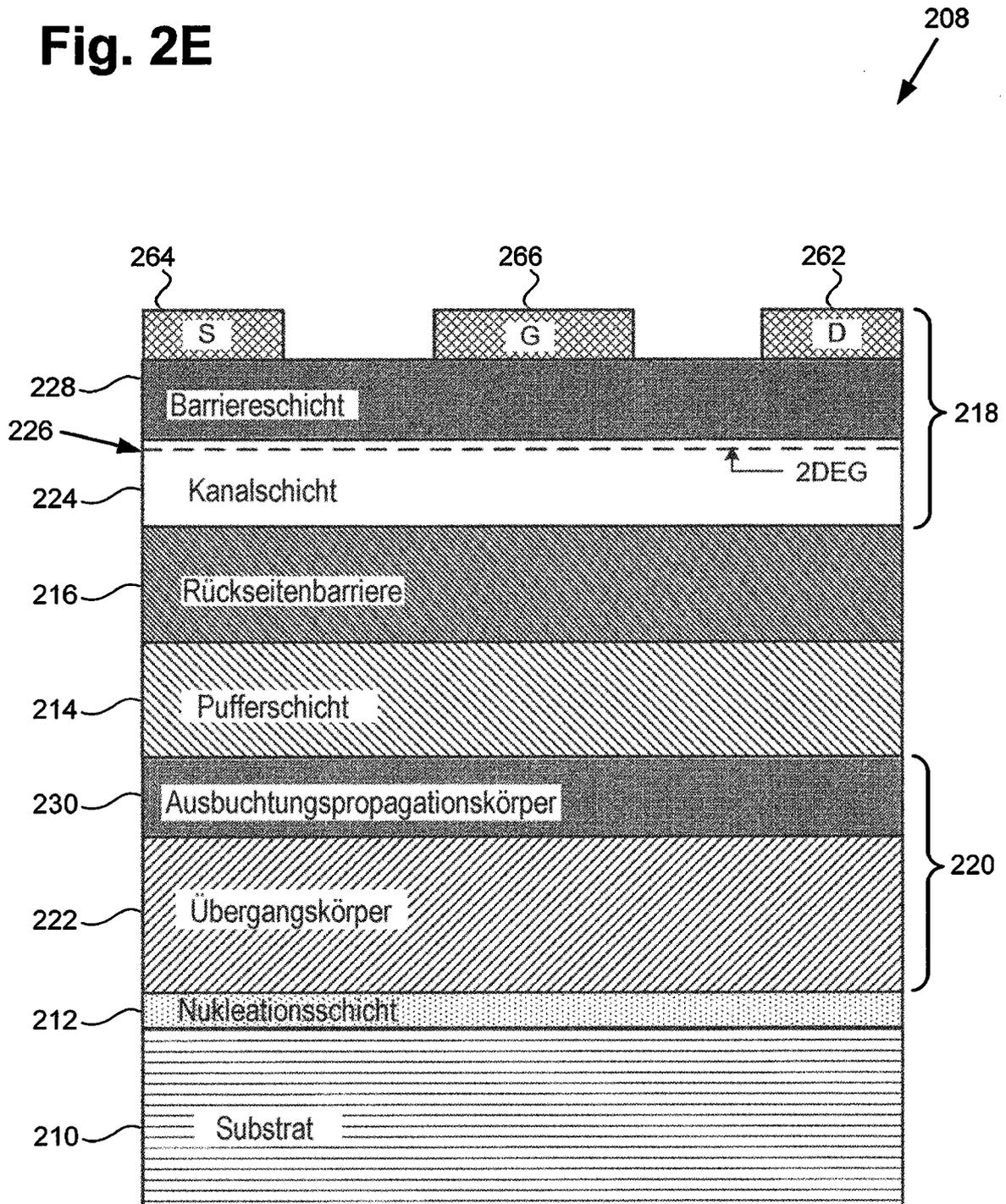


Fig. 3A

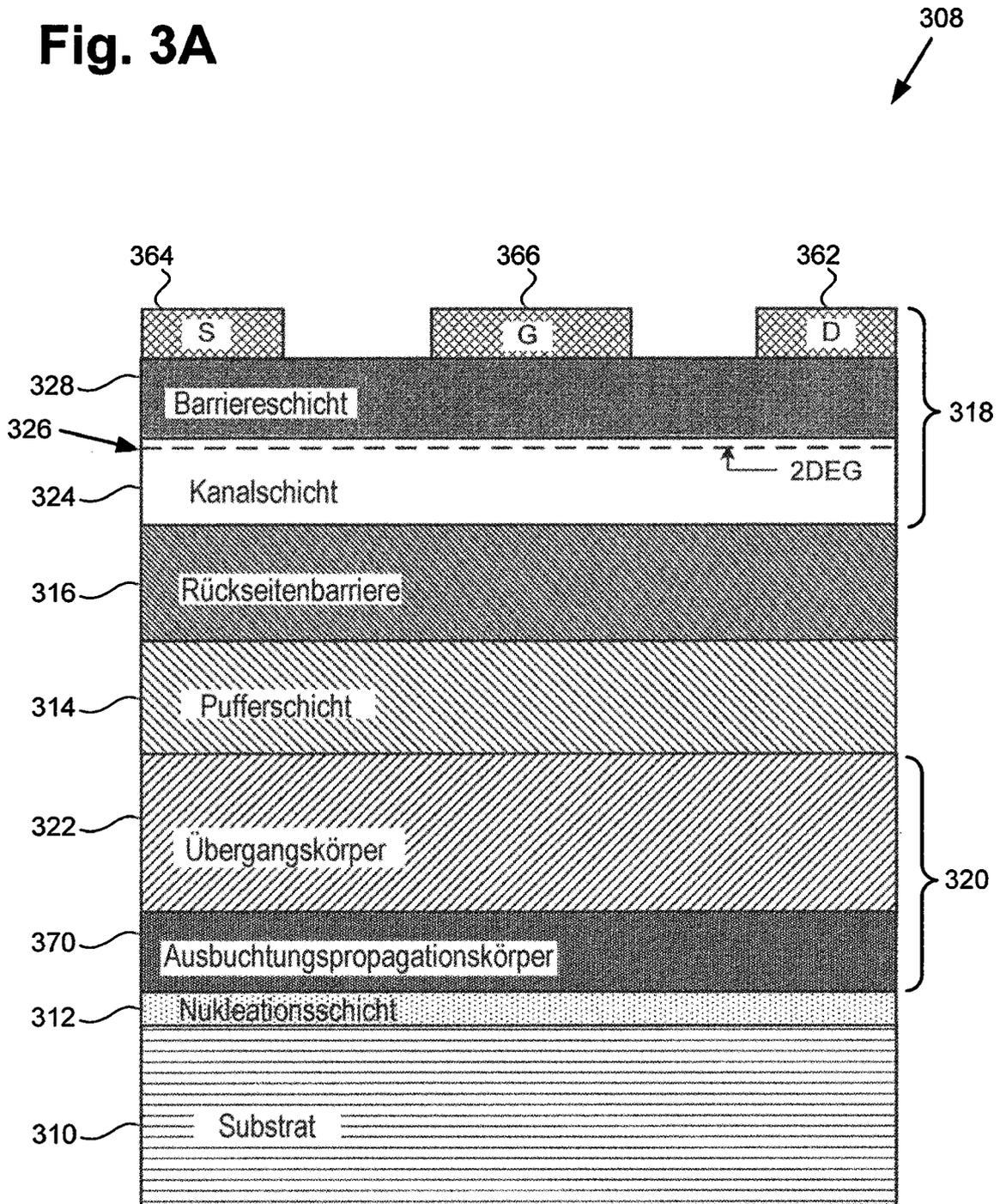


Fig. 3B

