



(10) **DE 11 2023 000 548 T5** 2024.10.31

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/176128**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 000 548.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/001180**

(86) PCT-Anmeldetag: **17.01.2023**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **21.09.2023**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **31.10.2024**

(51) Int Cl.: **C30B 29/38** (2006.01)
C30B 29/40 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2022-039050 **14.03.2022** **JP**

(71) Anmelder:
**NGK INSULATORS, LTD., Nagoya-shi, Aichi-ken,
JP**

(74) Vertreter:
**Müller-Boré & Partner Patentanwälte PartG mbB,
80639 München, DE**

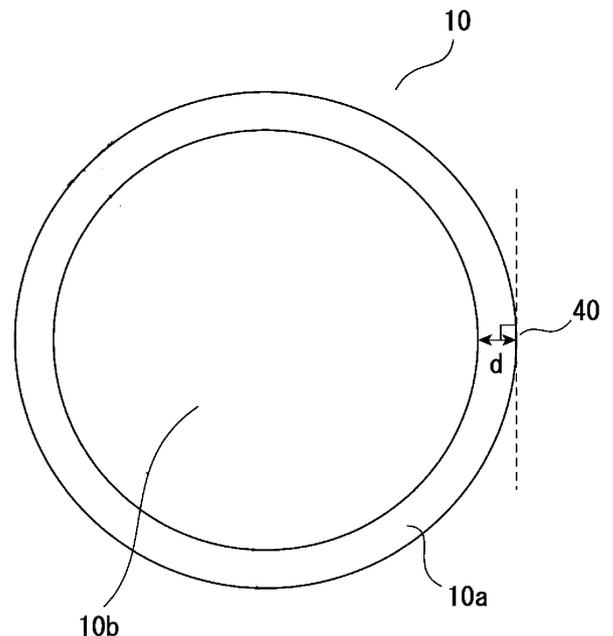
(72) Erfinder:
**Saito, Ayumi, Nagoya-shi, Aichi-ken, JP;
Sugiyama, Tomohiko, Nagoya-shi, Aichi-ken, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III und laminiertes Substrat**

(57) Zusammenfassung: Ein Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet: eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche. Wenn ein Bereich von einem äußeren Umfang einer Oberfläche der ersten Oberfläche bis zu einem um 1 mm davon entfernten Abschnitt als ein äußerer Umfangsabschnitt definiert ist und ein Abschnitt der Oberfläche der ersten Oberfläche mit Ausnahme des äußeren Umfangsabschnitts als ein innerer Umfangsabschnitt definiert ist, sind der äußere Umfangsabschnitt und der innere Umfangsabschnitt an einer dazwischen liegenden Grenze kontinuierlich, so dass sie miteinander bündig sind, und eine veränderte Schicht in dem äußeren Umfangsabschnitt beobachtet wird und die veränderte Schicht durch Kathodenlumineszenzbeobachtung in dem inneren Umfangsabschnitt nicht beobachtet werden kann.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III. Genauer gesagt betrifft die vorliegende Erfindung ein Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III, das eine Hauptoberfläche und eine Rückoberfläche in einer vorderen und hinteren Beziehung aufweist, wobei das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III daran gehindert wird, einen Kratzer in seiner Oberfläche zu verursachen.

Technischer Hintergrund

[0002] Ein Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III, wie ein Galliumnitrid (GaN)-Wafer, ein Aluminiumnitrid (AlN)-Wafer oder ein Indiumnitrid (InN)-Wafer, wurde jeweils als Substrat verschiedener Halbleitervorrichtungen verwendet (z.B. Patentliteratur 1).

[0003] Ein Halbleitersubstrat enthält eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche. Wenn die erste Oberfläche als Hauptoberfläche und die zweite Oberfläche als Rückoberfläche definiert ist, ist die Hauptoberfläche typischerweise eine polare Oberfläche eines Elements der Gruppe III und die Rückoberfläche typischerweise eine polare Stickstoffoberfläche. Auf der Hauptoberfläche kann ein Epitaxiekristall gezüchtet werden, und darauf können verschiedene Vorrichtungen hergestellt werden.

[0004] Das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III wurde als Basissubstrat einer Halbleitervorrichtung, wie einer LED oder einer LD, verwendet.

[0005] Es wird erwartet, dass Breitlücken-Halbleiter mit einem Galliumnitrid-Substrat als Leistungsvorrichtungen der nächsten Generation Anwendung finden werden, die in verschiedener Hinsicht technologische Innovationen mit sich bringen, wie eine Erhöhung der Spannungsfestigkeit, eine Verringerung der Verluste, eine Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit und eine Verkleinerung der Vorrichtungen.

[0006] Das Galliumnitrid-Substrat hat das Problem, dass seine Produktionskosten hoch sind, weil bei seiner Herstellung aufgrund seiner hohen Härte ein Fehler wie ein Kratzer oder eine Rissbildung (ein Riss, ein Bruch oder ein Span) auftreten kann, wodurch sich seine Ausbeute verringert.

[0007] Als Technologie zur Verbesserung der Ausbeute bei der Herstellung des Galliumnitrid-Substrats wurde die folgende Technologie mitgeteilt (Patentlite-

ratur 2): Eine geneigte Oberfläche mit einem Winkel von 70° bis 130° von der vorderen Oberflächenseite des Substrats wird auf der äußeren Umfangsoberfläche des Substrats gebildet, um das Auftreten eines Risses zu unterdrücken, um dadurch die Rissausbeute zu verringern.

[0008] Die in der Patentliteratur 2 beschriebene Technologie hat jedoch das Problem, dass bei der Herstellung des Galliumnitrid-Substrats ein Kostenanstieg durch die Hinzufügung eines Vorgangs, der als äußere Umfangsbearbeitung bezeichnet wird, unvermeidlich ist, da die Außenform des Substrats mit einer speziellen Außenformbearbeitungsmaschine präzise in eine besondere Form gebracht werden muss.

[0009] Darüber hinaus führt bei Galliumnitrid-Substraten nicht nur das Auftreten von Rissen, sondern auch von Kratzern in der Oberfläche zu einer Verringerung der Leistung einer darauf herzustellenden Vorrichtung. Die in der Patentliteratur 2 beschriebene Technologie ist jedoch nicht dazu gedacht, das Auftreten solcher Kratzer zu verhindern.

Zitatenliste

Patentliteratur

[PTL 1] JP 2005-263609 A

[PTL 2] JP 2011-211046 A

Kurzdarstellung der Erfindung

Technisches Problem

[0010] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III mit einer ersten Oberfläche und einer zweiten Oberfläche bereitzustellen, wobei das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III daran gehindert wird, einen Kratzer in seiner Oberfläche zu verursachen.

Lösung für das Problem

[0011] [1] Ein Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet: eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche. Wenn ein Bereich von einem äußeren Umfang einer Oberfläche der ersten Oberfläche bis zu einem Abschnitt, der davon 1 mm entfernt ist, als ein äußerer Umfangsabschnitt definiert ist, und ein Abschnitt der Oberfläche der ersten Oberfläche außer dem äußeren Umfangsabschnitt als ein innerer Umfangsabschnitt definiert ist, der äußere Umfangsabschnitt und der innere Umfangsabschnitt an einer dazwischen liegenden Grenze kontinuierlich sind, so dass sie miteinander bündig sind, und wird eine verän-

derte Schicht in dem äußeren Umfangsabschnitt beobachtet und die veränderte Schicht kann durch Kathodenlumineszenzbeobachtung in dem inneren Umfangsabschnitt nicht beobachtet werden.

[0012] [2] In dem vorstehend erwähnten Punkt [1] wird mindestens eine Art, ausgewählt aus den folgenden (A) und (B), durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung beobachtet:

(A) 10 oder mehr blinde Kratzer im äußeren Umfangsabschnitt sind vorhanden; und

(B) einen Verhältniswert der veränderten Schicht im äußeren Umfangsabschnitt beträgt 5 % oder mehr.

[0013] [3] In dem vorstehend erwähnten Punkt [1] oder [2] weist das Substrat einen Durchmesser von 45 mm oder mehr auf.

[0014] [4] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein gebondetes Substrat bereitgestellt. Das gebondete Substrat enthält: das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III eines der vorstehend erwähnten Punkte [1] bis [3]; und ein Trägersubstrat, das daran gebondet ist.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

[0015] Gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III mit der ersten Oberfläche und der zweiten Oberfläche bereitgestellt werden, wobei das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III daran gehindert wird, einen Kratzer in seiner Oberfläche zu verursachen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine typische schematische Schnittansicht eines Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 ist eine schematische Draufsicht zur Beschreibung eines äußeren Umfangsabschnitts und eines inneren Umfangsabschnitts im Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 ist eine schematische Draufsicht zur Beschreibung der Liniensegmente L1 bis L6 auf einem Bild, das durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III erhalten wurde.

Fig. 4 ist eine durch Kathodenlumineszenzbeobachtung aufgenommene Fotografie des äußeren

Umfangsabschnitts eines Galliumnitrid-Substrats, das in Vergleichsbeispiel 1 erhalten wurde.

Fig. 5 ist eine durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung aufgenommene Fotografie des äußeren Umfangsabschnitts eines in Beispiel 1 erhaltenen Galliumnitrid-Substrats.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0016] Wenn hier der Ausdruck „Gewicht“ verwendet wird, kann er durch „Masse“ ersetzt werden, die üblicherweise als SI-Einheit für ein Gewicht verwendet wird.

[0017] Ein Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist typischerweise ein freistehendes Substrat, das aus einem Kristall von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gebildet wird. In dieser Beschreibung bedeutet der Begriff „freistehendes Substrat“ ein Substrat, das zum Zeitpunkt seiner Handhabung nicht durch sein eigenes Gewicht verformt oder gebrochen wird und daher wie ein Festkörper gehandhabt werden kann. Das freistehende Substrat kann als jedes der Substrate verschiedener Halbleitervorrichtungen, wie einer lichtemittierenden Vorrichtung und einer Leistungsteuerungsvorrichtung, verwendet werden.

[0018] Das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat typischerweise die Form eines Wafers (im Wesentlichen eine runde Form). Allerdings kann das Substrat in jede andere Form wie eine rechteckige Form wie erforderlich verarbeitet werden.

[0019] Jede geeignete Größe kann als die Größe (Durchmesser) des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in dem Maße verwendet werden, in dem ein Effekt, der sich durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, nicht beeinträchtigt wird. Eine solche Größe ist beispielsweise 25 mm (etwa 1 Inch), von 45 mm bis 55 mm (etwa 2 Inch), von 95 mm bis 105 mm (etwa 4 Inch), von 145 mm bis 155 mm (etwa 6 Inch), von 195 mm bis 205 mm (etwa 8 Inch) oder von 295 mm bis 305 mm (etwa 12 Inch). Die Größe (Durchmesser) des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt vorzugsweise 45 mm oder mehr, bevorzugter 50 mm oder mehr.

[0020] Die Dicke des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung (wenn die Dicke nicht konstant ist, die Dicke einer Stelle mit der

größten Dicke) beträgt 200 µm oder mehr, vorzugsweise von 300 µm bis 1000 µm.

[0021] Typische Beispiele für ein Element eines Nitrids der Gruppe III sind Galliumnitrid (GaN), Aluminiumnitrid (AlN), Indiumnitrid (InN) und deren Mischkristalle. Diese Nitride können einzeln oder in Kombination miteinander verwendet werden.

[0022] Das Element eines Nitrids der Gruppe III ist insbesondere GaN, AlN, InN, $Ga_xAl_{1-x}N$ ($1 > x > 0$), $Ga_xIn_{1-x}N$ ($1 > x > 0$), $Al_xIn_{1-x}N$ ($1 > x > 0$) oder $Ga_xAl_yIn_zN$ ($1 > x > 0$, $1 > y > 0$, $x + y + z = 1$). Diese Nitride können mit verschiedenen Dotierungsmitteln vom n-Typ oder Dotierungsmitteln vom p-Typ dotiert sein.

[0023] Typische Beispiele für Dotierungsmittel vom p-Typ sind Zink (Zn), Mangan (Mn), Eisen (Fe), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Strontium (Sr) und Cadmium (Cd). Diese Dotierungsmittel können einzeln oder in Kombination miteinander verwendet werden.

[0024] Typische Beispiele für Dotierungsmittel vom n-Typ sind Silizium (Si), Germanium (Ge), Zinn (Sn) und Sauerstoff (O). Diese Dotierungsmittel können einzeln oder in Kombination miteinander verwendet werden.

[0025] Die Richtung der Ebene des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III kann auf eine c-Ebene, eine m-Ebene, eine a-Ebene und eine spezifische Kristallebene, die von jeder der c-Ebene, der a-Ebene und der m-Ebene gekippt ist, eingestellt werden, und insbesondere wenn die Richtung der Ebene auf die c-Ebene eingestellt ist, kann der Effekt, der durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt wird, weiter ausgedrückt werden. Beispiele für die spezifische Kristallebene, die gegenüber der c-Ebene, der a-Ebene und der m-Ebene gekippt ist, können sogenannte semipolare Ebenen sein, wie eine {11-22}-Ebene und eine {20-21}-Ebene. Darüber hinaus darf die Ebenenrichtung nicht nur eine sogenannte gerade Ebene senkrecht zur c-Ebene, a-Ebene, m-Ebene oder der spezifischen Kristallebene, die von jeder der Ebenen geneigt ist, enthalten, sondern auch einen Off-Winkel im Bereich von $\pm 5^\circ$.

[0026] Das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III, das eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche aufweist. Wenn die erste Oberfläche als Hauptoberfläche und die zweite Oberfläche als Rückoberfläche definiert ist, ist die Hauptoberfläche typischerweise eine polare Oberfläche eines Elements der Gruppe III und die Rückoberfläche typischerweise eine polare Stickstoffoberfläche bzw.

eine Stickstoff-polare Oberfläche, solange die Richtung der Ebene des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III die c-Ebene ist. Die Hauptoberfläche kann jedoch auf die polare Stickstoffoberfläche und die Rückseitenoberfläche auf die polare Oberfläche eines Elements der Gruppe III eingestellt werden. Auf der Hauptoberfläche kann ein Epitaxiekristall gezüchtet werden und darauf können verschiedene Vorrichtungen hergestellt werden. Die Rückoberfläche kann mit einem Suszeptor oder dergleichen gehalten werden, um das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu übertragen bzw. zu transferieren.

[0027] In der Beschreibung des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die erste Oberfläche als die Hauptoberfläche und die zweite Oberfläche als die Rückoberfläche beschrieben. Dementsprechend kann in dieser Beschreibung der Begriff „Hauptoberfläche“ durch „erste Oberfläche“ ersetzt werden, der Begriff „erste Oberfläche“ kann durch „Hauptoberfläche“ ersetzt werden, der Begriff „Rückoberfläche“ kann durch „zweite Oberfläche“ ersetzt werden, und der Begriff „zweite Oberfläche“ kann durch „Rückoberfläche“ ersetzt werden.

[0028] Die Hauptoberfläche kann eine Spiegeloberfläche oder eine Nicht-Spiegeloberfläche sein. Die Hauptoberfläche ist vorzugsweise eine Spiegeloberfläche.

[0029] Die Rückoberfläche kann eine Spiegeloberfläche oder eine Nicht-Spiegeloberfläche sein.

[0030] Der Begriff „Spiegeloberfläche“ bezieht sich auf eine Oberfläche, die einer Spiegelbearbeitung unterzogen wird, wobei die Oberfläche in einen Zustand gebracht wird, in dem die Rauheit und die Welligkeit der Oberfläche in einem solchen Ausmaß vermindert sind, dass das Licht nach der Spiegelbearbeitung reflektiert wird und somit die Tatsache, dass ein Gegenstand auf der der Spiegelbearbeitung unterzogenen Oberfläche reflektiert wird, visuell beobachtet werden kann. Mit anderen Worten: Der Begriff bezieht sich auf eine Oberfläche in einem Zustand, in dem die Rauheit und die Welligkeit der Oberfläche nach der Spiegelbearbeitung soweit vermindert sind, dass sie in Bezug auf die Wellenlänge des sichtbaren Lichts vernachlässigbar sind. Ein Epitaxiekristall kann auf der Oberfläche, die der Spiegelbearbeitung unterzogen wird, ausreichend gezüchtet werden.

[0031] Jedes geeignete Verfahren kann als Verfahren für die Spiegelbearbeitung verwendet werden, soweit die Wirkung der Ausführungsform der vorlie-

genden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Ein Beispiel für ein solches Verfahren ist ein Verfahren, bei dem die Spiegelbearbeitung unter Verwendung einer oder einer Kombination von zwei oder mehr der folgenden Einrichtungen durchgeführt wird: eine Poliereinrichtung, die ein Band verwendet; eine Lappeinrichtung, die Diamantschleifkörner verwendet; und eine chemisch-mechanische Poliereinrichtung (CMP), die eine Aufschlammung wie kolloidales Siliziumdioxid und ein Polierkissen aus einem Vliesstoff verwendet.

[0032] Der Begriff „Nicht-Spiegeloberfläche“ bezieht sich auf eine Oberfläche, die nicht spiegelnd bearbeitet wird, und ein typisches Beispiel dafür ist eine raue Oberfläche, die durch eine Oberflächenaufrauung erhalten wird.

[0033] Jedes geeignete Verfahren kann als Verfahren für die Oberflächenaufrauung verwendet werden, sofern die Wirkung durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Beispiele für solche Verfahren sind: Schleifen mit einem Schleifstein; Lasertexturierung; Ätzbehandlung mit verschiedenen chemischen Flüssigkeiten und Gasen; physikalische oder chemische Beschichtungsbehandlung; und Texturierung durch maschinelle Bearbeitung.

[0034] Fig. 1 ist eine typische schematische Schnittansicht des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie in Fig. 1 dargestellt, hat ein Halbleitersubstrat 100 von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung typischerweise eine Hauptoberfläche (polare Oberfläche eines Elements der Gruppe III) 10 und eine Rückoberfläche (polare Stickstoffoberfläche) 20. Das Halbleitersubstrat 100 von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Seitenoberfläche 30 aufweisen.

[0035] Ein Endabschnitt des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann jede geeignete Form annehmen, soweit die durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigte Wirkung nicht beeinträchtigt wird. Beispiele für die Form des Endabschnitts des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhalten: eine Form, bei der eine Hauptoberflächenseite und eine Rückoberflächenseite jeweils so angefast sind, dass sie eine ebene Oberfläche bilden; eine Form, bei der die Hauptoberflächenseite und die Rückoberflächenseite jeweils in einer R-Form angefast sind; eine Form, bei der nur die Hauptoberflächenseite des

Endabschnitts so angefast ist, dass sie eine ebene Oberfläche bildet; und eine Form, bei der nur die Rückoberflächenseite des Endabschnitts so angefast ist, dass sie eine ebene Oberfläche bildet.

[0036] Wenn der Endabschnitt des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angefast ist, kann der angefastete Abschnitt über den gesamten Umfang eines äußeren Umfangsabschnitts angeordnet sein oder nur in einem Teil des äußeren Umfangsabschnitts angeordnet sein.

[0037] Wenn ein Bereich von dem äußeren Umfang der Oberfläche der ersten Oberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bis zu einem 1 mm davon entfernten Abschnitt als ein äußerer Umfangsabschnitt definiert ist und der Abschnitt der Oberfläche der ersten Oberfläche mit Ausnahme des äußeren Umfangsabschnitts als ein innerer Umfangsabschnitt definiert ist, wird eine veränderte Schicht in dem äußeren Umfangsabschnitt beobachtet und keine veränderte Schicht wird in dem inneren Umfangsabschnitt durch Kathodenlumineszenzbeobachtung beobachtet.

[0038] Fig. 2 ist eine schematische Draufsicht zur Beschreibung des äußeren Umfangsabschnitts und des inneren Umfangsabschnitts in dem Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 2 ist eine Darstellung des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wenn man es von der Richtung seiner Hauptoberfläche (erste Oberfläche) betrachtet. Ein äußerer Umfangsabschnitt 10a ist eine Region von einem äußeren Umfangsabschnitt 40 bis zu einem Abschnitt, der davon um eine Breite „d“ (=1 mm) in Richtung der Innenseite einer Hauptoberfläche 10 über den gesamten Umfang des Substrats entfernt ist. Die Breite „d“ (=1 mm) ist ein Abstand, der von dem äußeren Umfangsabschnitt 40 ausgeht und ein Abstand in einer normalen Richtung zur Innenseite der Hauptoberfläche 10 in Bezug auf eine Tangente an den äußeren Umfangsabschnitt 40 ist. Die Breite „d“ (=1 mm) ist über die gesamte Hauptoberfläche 10 konstant. Ein innerer Umfangsabschnitt 10b ist eine Region der Hauptoberfläche 10 mit Ausnahme des äußeren Umfangsabschnitts 10a. Wenn der äußere Umfang des Substrats angefast ist, bedeutet der vorstehend erwähnte äußere Umfangsabschnitt den Endabschnitt des Substrats einschließlich des angefasten Abschnitts.

[0039] In dem Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die ver-

änderte Schicht in dem äußeren Umfangsabschnitt beobachtet und keine veränderte Schicht wird in dem inneren Umfangsabschnitt durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung beobachtet. Das heißt, das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist so konzipiert, dass die veränderte Schicht in der äußeren Umfangsabschnitt vorhanden sein kann, und keine veränderte Schicht in der inneren Umfangsabschnitt vorhanden sein darf. Wenn die geänderte Schicht in dem äußeren Umfangsabschnitt vorhanden ist, und keine veränderte Schicht in dem inneren Umfangsabschnitt vorhanden ist, wie vorstehend beschrieben, kann sich die Wirkung durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

[0040] Die Kathodenlumineszenzbeobachtung wird in der Regel mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) mit einem Kathodenlumineszenzdetektor durchgeführt.

[0041] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben sich vorgestellt, dass eine herkömmliche Ursache für das Auftreten eines Kratzers in der Oberfläche eines Galliumnitrid-Substrats wie folgt ist: die Oberfläche wird durch einen feinen Galliumnitridkristall abgetragen, der in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats aufgetreten ist oder in Unebenheiten in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats eingetreten ist. Dann haben sich die Erfinder vorgestellt, dass, wenn das Ausmaß, in dem sich die Umgebung des äußeren Umfangs des Substrats in einer konkaven Form verzieht, größer wird, der feine Galliumnitridkristall, der in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats aufgetreten ist oder die Unebenheiten in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats erreicht hat, sich leichter auf die Oberfläche des Substrats bewegt. Die Erfinder sind davon ausgegangen, dass, wenn die konkav geformte Verformung in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats unterdrückt werden kann, der feine Galliumnitridkristall sich kaum auf der Oberfläche bewegt, und als Ergebnis kann das Auftreten des Kratzers in der Oberfläche des Galliumnitrid-Substrats unterdrückt werden. In Anbetracht des Vorstehenden haben die Erfinder technische Mittel untersucht, mit denen die konkav geformte Verformung in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats unterdrückt werden kann, und als Ergebnis haben sie angenommen, dass, wenn die veränderte Schicht dazu gebracht wird, in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats vorhanden zu sein, eine Kraft, die die Umgebung in eine konvexe Form verformt, in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats durch einen Twyman-Effekt erzeugt wird, und daher das konkav geformte Verziehen in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats unterdrückt werden kann. So haben die Erfinder eine Untersuchung durchgeführt und als Ergebnis festgestellt,

dass, wenn die veränderte Schicht dazu gebracht wird, im äußeren Umfangsabschnitt des Substrats vorhanden zu sein, und keine veränderte Schicht dazu gebracht wird, im inneren Umfangsabschnitt des Substrats vorhanden zu sein, das Auftreten des Kratzers in der Oberfläche des Galliumnitrid-Substrats wirksam unterdrückt werden kann.

[0042] In der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung tritt, auch wenn die veränderte Schicht in dem äußeren Umfangsabschnitt wie vorstehend beschrieben vorhanden ist, kein Problem zum Zeitpunkt der praktischen Anwendung auf, weil der äußere Umfangsabschnitt als Region, die von dem äußeren Umfang zu dem Abschnitt um 1 mm entfernt eingestellt wird, wie vorstehend beschrieben, und in der Regel keine Vorrichtung auf einer solchen schmalen Region in dem Endabschnitt des Substrats hergestellt wird.

[0043] Das Aussehen der veränderten Schicht bei der Kathodenlumineszenzbeobachtung variiert typischerweise in Abhängigkeit von einem Faktor für ihr Auftreten. So wird beispielsweise eine durch einen Kratzer verursachte veränderte Schicht bei der Kathodenlumineszenzbeobachtung als schwarze gerade Linie beobachtet. Eine veränderte Schicht, die durch einen anderen Faktor als einen Kratzer (z.B. Hitze oder Druck) verursacht wird, wird bei der Kathodenlumineszenzbeobachtung als schwarze Region mit einer bestimmten Fläche beobachtet.

[0044] Wie vorstehend beschrieben, kann das Vorhandensein der veränderten Schicht im äußeren Umfangsabschnitt durch mindestens eine Art aufgegriffen werden, die aus den folgenden Tatsachen ausgewählt wird, wenn die Kathodenlumineszenzbeobachtung durchgeführt wird: (a) die Schicht wird als schwarze gerade Linie beobachtet (typischerweise eine veränderte Schicht, die durch einen Kratzer verursacht wird); und (b) die Schicht wird als schwarze Region mit einer bestimmten Fläche beobachtet (typischerweise eine veränderte Schicht, die durch einen anderen Faktor als den Kratzer verursacht wird (z.B. Hitze oder Druck)).

[0045] Das vorstehend erwähnte (a) wird vorzugsweise als das nachstehend angegebene (A) beobachtet, weil die Wirkung, die die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, weiter ausgedrückt werden kann: (A) 10 oder mehr blinde Kratzer sind im äußeren Umfangsabschnitt vorhanden.

[0046] Das vorstehend erwähnte (b) wird vorzugsweise als das nachstehend angegebene (B) beobachtet, weil die Wirkung, die die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, weiter ausgedrückt werden kann: (B) der Verhältniswert der veränderten Schicht im äußeren Umfangsabschnitt beträgt 5 % oder mehr.

[0047] Das heißt, in dem Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird mindestens eine Art, die aus den nachstehend angegebenen (A) und (B) ausgewählt ist, vorzugsweise durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung beobachtet, weil der durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigte Effekt weiter ausgedrückt werden kann:

(A) 10 oder mehr blinde Kratzer sind im äußeren Umfangsabschnitt vorhanden; und (B) der Verhältniswert der veränderten Schicht im äußeren Umfangsabschnitt beträgt 5 % oder mehr.

[0048] In der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das vorstehend erwähnte (A) oder (B) typischerweise wie nachstehend beschrieben bestimmt. **Fig. 3** ist eine Darstellung des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III, wenn es von seiner Hauptoberflächen (erste Oberfläche) -Richtung gesehen wird. Wenn das oberste Ende der Hauptoberfläche 10 des als Messgegenstand dienenden Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III als 0° definiert ist, werden, wie in **Fig. 3** dargestellt, 1-Millimeter-Liniensegmente L1 bis L6 von 6 äußeren Umfangspunkten aus gezogen, die alle 60° angeordnet sind, d.h. bei 0° (=360°), 60°, 120°, 180°, 240° und 300° in Richtung der Mitte des Substrats. Diese Liniensegmente L1 bis L6 werden durch Ziehen von Liniensegmenten in Richtung der Mitte des Substrats gezogen, so dass die Liniensegmente senkrecht zu den Tangenten an die jeweiligen äußeren Umfangspunkte verlaufen können. In der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Bereich vom äußeren Umfang der Oberfläche der ersten Oberfläche bis zu dem um 1 mm davon entfernten Abschnitt als äußerer Umfangsabschnitt definiert, und der Abschnitt der Oberfläche der ersten Oberfläche außer dem äußeren Umfangsabschnitt wird als innerer Umfangsabschnitt definiert. Dementsprechend ist, wie in **Fig. 3** dargestellt, der Endpunkt jedes der Liniensegmente L1 bis L6 gegenüber dem entsprechenden äußeren Umfangspunkt auf einer Grenze zwischen dem äußeren Umfangsabschnitt 10a und dem inneren Umfangsabschnitt 10b positioniert. Im Hinblick auf das vorstehend erwähnte (A) wird die Anzahl der Schnittpunkte jedes der Liniensegmente L1 bis L6 mit blinden Kratzern gezählt, und wenn der Durchschnitt der gezählten Zahlen 10 oder mehr beträgt, wird beurteilt, dass 10 oder mehr blinde Kratzer im äußeren Umfangsabschnitt vorhanden sind. In Bezug auf das vorstehend erwähnte (B) wird die Summe der Abstände einer Region mit geringer Helligkeit, durch den die jeweiligen Liniensegmente L1 bis L6 verlaufen, gemessen, und wenn der Durchschnitt des Gesamtabstands 50 µm oder mehr beträgt, wird beurteilt, dass der Verhältniswert der veränderten Schicht im äußeren Umfangsabschnitt 5 % oder mehr beträgt.

[0049] Die vorstehend erwähnte Region mit geringer Helligkeit bezieht sich auf eine Region mit einer Helligkeit von 0 % bis 10 %, wenn die maximale Helligkeit eines Bildes, das durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung des Messgegenstands erhalten wird, als 100 % definiert wird, und die Helligkeit eines Bildes, das durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung eines Kohlenstoffbandes unter denselben Bedingungen wie denen der Kathodenlumineszenzbeobachtung des Messgegenstands erhalten wird, als 0 % definiert wird. Auch eine andere Probe als das vorstehend erwähnte Kohlenstoffband kann als Referenzprobe verwendet werden, die zum Zeitpunkt der Einstellung einer Helligkeit von 0 % zu verwenden ist, solange in der Probe kein Helligkeitssignal erscheint. Die Helligkeit des flachen Abschnitts der zum Zeitpunkt der Einstellung einer Helligkeit von 0 % zu verwendenden Referenzprobe wird wie unter typischen Messbedingungen gemessen, da, wenn die Probe beispielsweise durch Biegen in einen spitzen Zustand gebracht wird, aufgrund eines unerwarteten Kanteneffekts ein Helligkeitssignal erscheint.

[0050] In der Zwischenzeit wird die Tatsache, dass keine veränderte Schicht im inneren Umfangsabschnitt beobachtet wird, typischerweise wie nachstehend beschrieben bestimmt. Die Gesamtheit einer Region von 500 µm mal 500 µm in der Mitte des als Messgegenstand dienenden Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III wird einer Kathodenlumineszenzbeobachtung unterzogen. Wenn die Anzahl der in einem zu erhaltenden Bild beobachteten blinden Kratzer 5 oder weniger beträgt und der Flächenverhältniswert einer in dem zu erhaltenden Bild beobachteten Region mit geringer Helligkeit 1 % oder weniger beträgt, wird davon ausgegangen, dass in dem inneren Umfangsabschnitt keine veränderte Schicht beobachtet wird. Die vorstehend beschriebene Kathodenlumineszenzbeobachtung des inneren Umfangsabschnitts wird unter den gleichen Bedingungen wie die Kathodenlumineszenzbeobachtung des äußeren Umfangsabschnitts durchgeführt.

[0051] Das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann durch ein beliebiges geeignetes Verfahren in dem Maße hergestellt werden, dass die Wirkung, die durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt wird, nicht beeinträchtigt wird. Ein Verfahren zur Herstellung des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die bevorzugt ist, weil sich die durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigte Wirkung darüber hinaus zeigen kann, wird nachstehend beschrieben.

[0052] Bei dem Verfahren zur Herstellung des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird typischerweise ein Impfkristallfilm auf der Hauptoberfläche eines Basissubstrats gebildet, und eine Schicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III wird auf der polaren Oberfläche eines Elements der Gruppe III des Impfkristallfilms gebildet. Anschließend wird eine Schicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III (Impfkristallfilm + Schicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III), die als freistehendes Substrat dient, von dem Basissubstrat getrennt. Auf diese Weise erhält man ein freistehendes Substrat mit einer Hauptoberfläche und einer Rückoberfläche.

[0053] Jedes geeignete Material kann als Material für das Basissubstrat verwendet werden, soweit die Wirkung der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Beispiele für ein solches Material sind Saphir, kristallorientiertes Aluminiumoxid, Galliumoxid, $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$), GaAs und SiC.

[0054] Jedes geeignete Material kann als Material für den Impfkristallfilm verwendet werden, sofern die Wirkung der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Beispiele für ein solches Material sind $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) und $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$). Von diesen Materialien ist Galliumnitrid bevorzugt.

[0055] Als Verfahren zur Bildung des Impfkristallfilms kann jedes geeignete Herstellungsverfahren verwendet werden, soweit die Wirkung der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Ein solches Bildungsverfahren ist beispielsweise ein Dampfwachstumsverfahren und bevorzugte Beispiele dafür sind ein metallorganisches chemisches Dampfabscheidungsverfahren (MOCVD), ein Hydrid-Dampfphasenepitaxie-Verfahren (HVPE), ein gepulstes Anregungsabscheidungsverfahren (PXD), ein Molekularstrahlepitaxie-Verfahren (MBE) und ein Sublimationsverfahren. Von diesen Verfahren ist als das Verfahren zur Herstellung des Impfkristallfilms das MOCVD-Verfahren bevorzugt.

[0056] Die Bildung des Impfkristallfilms durch das MOCVD-Verfahren erfolgt vorzugsweise durch Abscheiden einer bei niedriger Temperatur gewachsenen Pufferschicht von 20 nm bis 50 nm bei 450°C bis 550°C und anschließendes Laminieren eines Films mit einer Dicke von 2 µm bis 4 µm bei 1000°C bis 1200°C.

[0057] Jede geeignete Wachstumsrichtung kann als Wachstumsrichtung der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III angenommen werden, soweit die Wirkung der Ausführungsform

der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Beispiele für eine solche Wachstumsrichtung sind: die normale Richtung der c-Ebene einer Wurtzit-Struktur; die normale Richtung der a-Ebene und der m-Ebene; und die normale Richtung einer Ebene, die gegenüber der c-Ebene, der a-Ebene und der m-Ebene geneigt ist.

[0058] Jedes geeignete Bildungsverfahren kann als Verfahren zur Bildung der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III in dem Maße verwendet werden, dass der durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigte Effekt nicht beeinträchtigt wird, solange eine durch das Verfahren zu bildende Schicht eine Kristallrichtung aufweist, die im Wesentlichen der Kristallrichtung des Impfkristallfilms folgt. Beispiele für solche Bildungsverfahren sind: Gasphasenwachstumsverfahren, wie ein MOCVD-Verfahren, ein HVPE-Verfahren, ein PXD-Verfahren, ein MBE-Verfahren und ein Sublimationsverfahren; Flüssigphasenwachstumsverfahren, wie ein Na-Flux-Verfahren, ein ammonothermisches Verfahren, ein hydrothermales Verfahren und ein Sol-Gel-Verfahren; ein Pulverwachstumsverfahren, das Festphasenwachstum von Pulver verwendet; und eine Kombination davon.

[0059] Wenn das Na-Flux-Verfahren als Verfahren zur Bildung der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III angewandt wird, wird das Na-Flux-Verfahren vorzugsweise in Übereinstimmung mit einem in JP 5244628 B2 beschriebenen Herstellungsverfahren durchgeführt, indem die Bedingungen und dergleichen entsprechend angepasst werden, so dass der durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigte Effekt weiter zum Ausdruck gebracht werden kann.

[0060] Die Bildung der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III durch das Na-Flux-Verfahren wird typischerweise vorzugsweise wie folgt durchgeführt: ein Impfkristallsubstrat (Basissubstrat+Impfkristallfilm) wird in einem Tiegel, der als Wachstumsbehälter dient, unter einer Stickstoffatmosphäre angeordnet; eine Schmelzzusammensetzung, die ein Element der Gruppe III, das Metall Na, und je nach Bedarf ein Dotierungsmittel (z.B. ein Dotierungsmittel vom n-Typ, wie Germanium (Ge), Silizium (Si) oder Sauerstoff (O), oder ein Dotierungsmittel vom p-Typ, wie Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Kalzium (Ca), Strontium (Sr), Zink (Zn) oder Cadmium (Cd)), enthält, wird weiter in den Tiegel gefüllt; der Tiegel wird verschlossen; der verschlossene Tiegel wird in einen externen Behälter gefüllt; der externe Behälter wird weiter in einen druckfesten Behälter geladen; und unter einer Stickstoffatmosphäre wird, nachdem die Temperatur und der Druck des Behälters erhöht wurden, der Behälter gedreht, während die Temperatur und der Druck beibehalten werden.

[0061] Als Nächstes kann das freistehende Substrat mit der Nitridkristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III durch Trennen der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III von dem Basissubstrat erhalten werden.

[0062] Jedes geeignete Verfahren kann als Verfahren zur Abtrennung der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III vom Basissubstrat in dem Maße angewendet werden, dass die Wirkung der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Beispiele für derartige Verfahren beinhalten: ein Verfahren, das die spontane Abtrennung der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III von dem Basissubstrat durch Verwendung einer thermischen Schrumpfungsdifferenz in einem Temperatursenkungsschritt nach dem Wachstum der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III bewirkt; ein Verfahren, das die Abtrennung der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III von dem Basissubstrat durch chemisches Ätzen enthält; ein Verfahren, das das Abtrennen der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III von dem Basissubstrat durch ein Laserabhebungsverfahren enthält, das die Anwendung von Laserlicht von der Rückoberfläche des Basissubstrats enthält; und ein Verfahren, das das Abtrennen der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III von dem Basissubstrat durch Schleifen enthält. Darüber hinaus kann das freistehende Substrat, das die Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III enthält, durch Schneiden der Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III unter Verwendung einer Drahtsäge oder dergleichen erhalten werden.

[0063] In der so durch das Na-Flux-Verfahren erhaltenen Kristallschicht aus einem Nitrid eines Elements der Gruppe III wird vorzugsweise eine Plattenoberfläche durch Schleifen mit einem Schleifstein oder dergleichen abgeflacht und die Plattenoberfläche anschließend geglättet, z.B. durch Läppen mit Diamantschleifkörnern.

[0064] Als Nächstes wird das freistehende Substrat durch Schleifen seines äußeren Umfangsabschnitts in eine kreisförmige Form mit dem gewünschten Durchmesser gebracht.

[0065] Jede geeignete Größe kann als die Größe des freistehenden Substrats in dem Maße eingesetzt werden, dass die durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigte Wirkung nicht beeinträchtigt wird. Eine solche Größe ist beispielsweise 25 mm (etwa 1 Inch), von 45 mm bis 55 mm (etwa 2 Inch), von 95 mm bis 105 mm (etwa 4 Inch), von 145 mm bis 155 mm (etwa 6 Inch), von 195 mm bis 205 mm (etwa 8 Inch) oder von 295 mm bis 305 mm (etwa 12 Inch).

[0066] Als Nächstes wird die Hauptoberfläche und/oder die Rückoberfläche durch Oberflächenbearbeitung, wie Schleifen, Läppen oder Polieren, abgetragen, so dass das Substrat auf eine gewünschte Dicke ausgedünnt und abgeflacht werden kann. So erhält man ein freistehendes Substrat.

[0067] Zum Zeitpunkt der Durchführung der Oberflächenbearbeitung, wie Schleifen, Läppen oder Polieren, wird das freistehende Substrat typischerweise mit einer Bearbeitungsplatte verbunden, z.B. durch Verwendung eines Wachses. Zu diesem Zeitpunkt wird der Druck, mit dem das freistehende Substrat an die Bearbeitungsflächenplatte gebondet wird, insbesondere ein Druck, der auf das freistehende Substrat ausgeübt wird, wenn das freistehende Substrat an die Bearbeitungsflächenplatte gebondet wird, entsprechend eingestellt.

[0068] Die Dicke des freistehenden Substrats nach dem Polieren (wenn die Dicke nicht konstant ist, die Dicke einer Stelle mit der größten Dicke) beträgt vorzugsweise 200 µm oder mehr, bevorzugter 300 µm bis 1000 µm.

[0069] Die äußere Umfangskante des freistehenden Substrats wird nach Bedarf durch Schleifen angefast.

[0070] Bei dem Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das Anfasen durch ein beliebiges geeignetes Anfasungsverfahren in dem Maße durchgeführt werden, dass die durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzielte Wirkung nicht beeinträchtigt wird. Beispiele für derartige Anfasungsverfahren sind: Schleifen mit einem Diamantschleifstein; Polieren mit einem Band und chemisch-mechanisches Polieren (CMP) unter Verwendung einer Aufschlämmung wie kolloidales Siliziumdioxid und eines Polierkissens aus einem Vliesstoff.

[0071] Wenn nach der Bearbeitung eine veränderte Schicht auf der Oberfläche der Hauptoberfläche und der Rückoberfläche verbleibt, wird die veränderte Schicht im Allgemeinen entfernt. Ein Verfahren zur Entfernung der veränderten Schicht ist beispielsweise ein Verfahren, das die Entfernung der veränderten Schicht durch reaktives Ionenätzen (RIE) oder eine chemische Flüssigkeit enthält, oder ein Verfahren, das das Ausglühen des Substrats enthält. Insbesondere ist die Hauptoberfläche im Allgemeinen vorzugsweise eine Oberfläche, von der eine veränderte Schicht, die nach ihrer Oberflächenbearbeitung, wie der Spiegelbearbeitung, gebildet werden kann, im Wesentlichen entfernt ist, und bei der die Oberflächenrauheit in einer mikroskopischen Region unter dem Gesichtspunkt der Erzielung der folgenden Halbleitervorrichtungen gering ist: die Vorrich-

tungen, die durch epitaktisches Aufwachsen von Vorrichtungsschichten hergestellt werden, weisen zufriedenstellende Eigenschaften auf, und die Abweichungen der Vorrichtungseigenschaften zwischen den Vorrichtungen sind gering. In der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird jedoch eine veränderte Schicht, die im äußeren Umfangsabschnitt der Hauptoberfläche nach der Oberflächenbearbeitung, wie der Spiegelbearbeitung, gebildet werden kann, vorzugsweise beibehalten, da, wenn die veränderte Schicht im äußeren Umfangsabschnitt der Hauptoberfläche vorhanden ist, ein Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III bereitgestellt werden kann, bei dem das Auftreten eines Kratzers in seiner Oberfläche unterdrückt wird.

[0072] Jedes geeignete Verfahren kann als Verfahren verwendet werden, das bewirkt, dass die veränderte Schicht in dem äußeren Umfangsabschnitt der Hauptoberfläche verbleibt, soweit die Wirkung der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Eine bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens, das bewirkt, dass die veränderte Schicht in dem äußeren Umfangsabschnitt der Hauptoberfläche verbleibt, ist beispielsweise wie folgt, da der durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigte Effekt sich weiterhin zeigen kann: RIE wird durchgeführt, während die Bedingungen so eingestellt werden, dass die veränderte Schicht im äußeren Umfangsabschnitt der Hauptoberfläche verbleiben kann. Gemäß dem RIE kann eine veränderte Schicht, die durch einen Kratzer, Hitze oder Druck zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Probe gebildet wurde, entfernt werden, weil ein Plasma erzeugt werden kann, um ein Ion oder ein Radikal zu veranlassen, mit der Probe zu kollidieren, um dadurch ihre Oberfläche um einen Betrag von einigen Mikrometern zu abzutragen. Das Ausmaß der Abtragung durch das RIE kann durch Anpassung der Bedingungen für das RIE verändert werden. Darüber hinaus kann das RIE nur an einer Oberfläche zurzeit durchgeführt werden. Dementsprechend wird das RIE auf dem Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III zweimal durchgeführt, da das RIE typischerweise sowohl auf der Hauptoberfläche als auch auf der Rückoberfläche durchgeführt wird. Dementsprechend können die Bedingungen für das RIE auf der Hauptoberfläche und die Bedingungen für das RIE auf der Rückoberfläche separat eingestellt werden und folglich können die Menge der Hauptoberfläche, die durch das RIE abzutragen ist, und die Menge der Rückoberfläche, die durch das RIE abzutragen ist, voneinander verschieden gemacht werden. Dabei ist die Dicke (Tiefe) der veränderten Schicht in der Nähe des äußeren Umfangs des Substrats tendenziell tiefer als in der Nähe der Mitte des Substrats. In Anbetracht des Vorstehenden wird das RIE auf der Hauptoberfläche und der Rückoberfläche wie folgt durchge-

führt: Im Hinblick auf das RIE auf der Hauptoberfläche werden die Bedingungen für das RIE so festgelegt, dass die veränderte Schicht in ihrem äußeren Umfangsabschnitt nicht vollständig abgetragen werden kann; und im Hinblick auf das RIE auf der Rückoberfläche werden die Bedingungen dafür so festgelegt, dass die veränderte Schicht auf ihrer gesamten Oberfläche einschließlich ihres äußeren Umfangsabschnitts abgetragen werden kann. So kann ein Zustand hergestellt werden, in dem die veränderte Schicht im äußeren Umfangsabschnitt der Hauptoberfläche vorhanden ist und keine veränderte Schicht im inneren Umfangsabschnitt der Hauptoberfläche vorhanden ist.

[0073] Das Erscheinungsbild der veränderten Schicht bei der Kathodenlumineszenzbeobachtung hängt in der Regel von der Art des Schleifsteins ab, der zum Zeitpunkt der Oberflächenbearbeitung, wie Schleifen, Läppen oder Polieren, verwendet wird. Bei einem freistehenden Substrat werden unmittelbar nach der Oberflächenbearbeitung im Allgemeinen eine durch einen Kratzer verursachte veränderte Schicht und eine durch Hitze oder Druck verursachte veränderte Schicht vermischt. Dementsprechend variiert zum Beispiel, wenn RIE unter solchen Bedingungen durchgeführt wird, dass die veränderte Schicht nur im inneren Umfangsabschnitt des Substrats entfernt werden kann und die veränderte Schicht im äußeren Umfangsabschnitt davon nicht vollständig abgetragen wird, welche der veränderten Schicht, die durch einen Kratzer oder die veränderte Schicht, die durch Hitze oder Druck verursacht wird, leichter nach der Durchführung des RIE verbleibt, abhängig von der Tiefe eines Blindkratzers. Im Allgemeinen wird der Blindkratzer flacher, wenn die Oberflächenbearbeitung mit Schleifkörnern durchgeführt wird, die ein höheres Dispergiervermögen, eine geringere Aggregation und einen geringeren Teilchendurchmesser aufweisen, und daher wird die durch Hitze oder Druck verursachte veränderte Schicht tiefer als die andere veränderte Schicht. Wenn das RIE-Verfahren unter solchen Bedingungen durchgeführt wird, dass die veränderte Schicht nur im inneren Umfangsabschnitt entfernt werden kann und die veränderte Schicht im äußeren Umfangsabschnitt nicht vollständig abgetragen wird, verbleibt die durch Hitze oder Druck verursachte veränderte Schicht nach dem RIE-Verfahren und als Ergebnis wird die veränderte Schicht als eine Region mit geringer Helligkeit beobachtet. Wenn die Oberflächenbearbeitung mit Schleifkörnern durchgeführt wird, die ein geringeres Dispergiervermögen aufweisen, leichter aggregieren und einen größeren Teilchendurchmesser haben, wird der blinde Kratzer indes tiefer und die durch Hitze oder Druck veränderte Schicht wird flacher als die andere veränderte Schicht. Wenn das RIE unter solchen Bedingungen durchgeführt wird, dass die veränderte Schicht nur im inneren Umfangsabschnitt entfernt werden kann

und die veränderte Schicht im äußeren Umfangsabschnitt nicht vollständig abgetragen wird, verbleibt der blinde Kratzer nach dem RIE, und infolgedessen wird die veränderte Schicht als blinder Kratzer beobachtet.

[0074] Ein Kristall kann auf der Hauptoberfläche (polare Oberfläche eines Elements der Gruppe III) des zu erhaltenden Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III epitaktisch gezüchtet bzw. aufgewachsen werden, und die Bildung einer Funktionsschicht kann eine funktionelle Vorrichtung ergeben.

[0075] Der Epitaxiekristall, der auf dem zu erhaltenden Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gezüchtet werden soll, kann zum Beispiel Galliumnitrid, Aluminiumnitrid, Indiumnitrid oder ein Mischkristall davon sein. Spezielle Beispiele für solchen Epitaxiekristall sind GaN , AlN , InN , $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ ($1 > x > 0$), $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ ($1 > x > 0$), $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ ($1 > x > 0$) und $\text{Ga}_x\text{Al}_y\text{In}_z\text{N}$ ($1 > x > 0$, $1 > y > 0$, $x + y + z = 1$). Darüber hinaus sind Beispiele für die Funktionsschicht, die auf dem zu erhaltenden Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III anzuordnen ist, eine Gleichrichterschicht, eine Schaltschicht und eine Leistungshalbleiterschicht zusätzlich zu einer Licht emittierenden Schicht. Darüber hinaus können die Dicke und die Dickenverteilung des freistehenden Substrats verringert werden, indem die polare Stickstoffoberfläche nach der Anordnung der Funktionsschicht auf der polaren Oberfläche des zu erhaltenden Elements der Gruppe III des Halbleitersubstrats einer Bearbeitung, wie Schleifen oder Polieren, unterzogen wird.

[0076] Ein gebondetes Substrat gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann erhalten werden, indem das zu erhaltende Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III und ein Trägersubstrat miteinander verbunden werden. Das heißt, das gebondete Substrat gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird durch Bonding des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und des Trägersubstrats miteinander hergestellt.

[0077] Das gebondete Substrat gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann weiterhin jede geeignete Schicht in dem Maße enthalten, dass die durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigte Wirkung nicht beeinträchtigt wird. Die Arten, Funktionen, Anzahl, Kombination, Anordnung und dergleichen solcher Schichten können in geeigneter Weise in Übereinstimmung mit den Zwecken bestimmt werden.

[0078] Als Dicke des Trägersubstrats kann jede geeignete Dicke gewählt werden, soweit die Wirkung

der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Die Dicke des Trägersubstrats liegt beispielsweise von $100 \mu\text{m}$ bis $1000 \mu\text{m}$.

[0079] Als Trägersubstrat kann jedes geeignete Substrat verwendet werden, soweit die Wirkung der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht beeinträchtigt wird. Das Trägersubstrat kann einen monokristallinen Körper oder einen polykristallinen Körper enthalten.

[0080] In dem gebondeten Substrat gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind beispielsweise die Verbindungsoberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III und die Verbindungsoberfläche des Trägersubstrats direkt miteinander verbunden. Insbesondere wird das gebondete Substrat gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beispielsweise wie folgt erhalten: die Verbindungsoberfläche des Trägersubstrats und die Verbindungsoberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III werden einander zugewandt; und die Verbindungsoberfläche des Trägersubstrats und die Verbindungsoberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III werden einer Oberflächenaktivierung unterzogen und dann miteinander verbunden. Danach kann ein gewünschter Epitaxiefilm auf der Filmbildungsoberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gebildet werden.

[0081] In dem gebondeten Substrat gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise eine Verbindungsschicht zwischen dem Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III und dem Trägersubstrat angeordnet sein. Insbesondere wird das gebondete Substrat gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beispielsweise wie folgt erhalten: die Verbindungsoberfläche der Verbindungsschicht auf der Hauptoberfläche des Trägersubstrats und die Verbindungsoberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III werden veranlasst, einander gegenüberzuliegen; und die Verbindungsoberfläche der Verbindungsschicht und die Verbindungsoberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III werden einer Oberflächenaktivierung unterzogen und dann miteinander verbunden. Danach kann ein gewünschter Epitaxiefilm auf der Filmbildungsoberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gebildet werden. Das Folgende kann durchgeführt werden: Die Verbindungsschicht wird auf der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III angeordnet und die Verbindungsoberfläche der Verbindungsschicht wird direkt mit der Verbindungsoberfläche des Trägersubstrats verbunden. Alternativ kann Fol-

gendes durchgeführt werden: eine erste Verbindungsschicht wird auf der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III angeordnet, eine zweite Verbindungsschicht wird auf der Hauptoberfläche des Trägersubstrats angeordnet, und die Verbindungsoberfläche der ersten Verbindungsschicht wird direkt mit der Verbindungsoberfläche der zweiten Verbindungsschicht verbunden.

[0082] Wenn das gebondete Substrat gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Ausführungsform ist, bei der die Verbindungsschicht zwischen dem Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III und dem Trägersubstrat angeordnet ist, ist die Verbindungsschicht vorzugsweise mindestens eine Art, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus: Tantalpentoxid; Aluminiumoxid; Aluminiumnitrid; Siliziumcarbid; Sialon und $\text{Si O}_{(1-x)\text{x}}$ ($0,008 \leq x \leq 0,408$). Auf diese Weise kann die Bindungsfestigkeit zwischen dem Trägersubstrat und dem Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III weiter verbessert werden.

[0083] Sialon ist eine Keramik, die durch Sintern eines Gemisches aus Siliziumnitrid und Aluminiumoxid gewonnen wird und die folgende Zusammensetzung aufweist.



[0084] Das heißt, Sialon hat eine solche Zusammensetzung, dass Aluminiumoxid mit Siliziumnitrid vermischt ist, und „z“ steht für das Mischungsverhältnis von Aluminiumoxid. „z“ ist bevorzugter 0,5 oder mehr. „z“ ist bevorzugter 4,0 oder weniger.

Beispiele

[0085] Die vorliegende Erfindung wird nachstehend anhand von Beispielen näher beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist jedoch keineswegs auf Beispiele beschränkt. Die Test- und Bewertungsverfahren in den Beispielen und dergleichen sind wie nachstehend beschrieben. Der Begriff „Teil(e)“ in der folgenden Beschreibung bedeutet „Teil(e) auf das Gewicht“, sofern nicht anders angegeben, und der Begriff „%“ in der folgenden Beschreibung bedeutet „Gew.-%“, sofern nicht anders angegeben.

<Bedingungen für die Kathodenlumineszenzbeobachtung>

[0086] Für die Kathodenlumineszenzbeobachtung wurde ein Rasterelektronenmikroskop (SEM) mit einem Kathodenlumineszenzdetektor verwendet. Konkret wurde die Beobachtung mit einem Rasterelektronenmikroskop S-3400N (hergestellt von Hitachi High-Technologies Corporation) mit Mini Cathode Luminescence System (hergestellt von Gatan, Inc.)

bei einer Beschleunigungsspannung von 15 kV, einem Sondenstrom von „95“, einem Arbeitsabstand (W.D.) von 15 mm und einer Vergrößerung von 100 durchgeführt, wobei der Kathodenlumineszenzdetektor zwischen einer Probe und einer Objektivlinse eingesetzt war. Wenn die Probe verschmutzt ist, besteht die Gefahr, dass die Verschmutzung in einem bei der Kathodenlumineszenzbeobachtung erhaltenen Bild schwarz erscheint und daher als Region mit geringer Helligkeit betrachtet wird. Dementsprechend wurde eine saubere, schmutzfreie Probe als Probe verwendet.

<Beobachtung der Region mit geringer Helligkeit durch Kathodenlumineszenzbeobachtung>

[0087] Wenn die Region mit maximaler Helligkeit eines Bildes, das durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung eines Messgegenstands erhalten wurde, als 100 % definiert wurde und die Helligkeit eines Bildes, das durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung eines Kohlenstoffbandes unter denselben Bedingungen wie bei der Kathodenlumineszenzbeobachtung des Messgegenstands erhalten wurde, als 0 % definiert wurde, wurde eine Region mit einer Helligkeit von 0 % bis 10 % als die Region mit geringer Helligkeit definiert.

<Beobachtung des Vorhandenseins einer veränderten Schicht im äußeren Umfangsabschnitt durch Kathodenlumineszenzbeobachtung>

[0088] Das Vorhandensein einer veränderten Schicht in einem äußeren Umfangsabschnitt wurde mit dem folgenden Verfahren festgestellt. Wie in **Fig. 3** dargestellt, wurden, wenn das oberste Ende der Hauptoberfläche 10 eines Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III, das als Messgegenstand diente, als 0° definiert wurde, 1-Millimeter-Liniensegmente L1 bis L6 von 6 äußeren Umfangspunkten aus gezeichnet, die alle 60° angeordnet waren, d.h. bei 0° (=360°), 60°, 120°, 180°, 240° und 300° in Richtung der Mitte des Substrats. Diese Liniensegmente L1 bis L6 wurden in Richtung der Mitte des Substrats gezogen, indem Liniensegmente so gezeichnet wurden, dass die Liniensegmente senkrecht zu den Tangenten an die jeweiligen äußeren Umfangspunkte verlaufen. Ein Bereich vom äußeren Umfang der Oberfläche einer ersten Oberfläche bis zu einem 1 mm davon entfernten Abschnitt wird als äußerer Umfangsabschnitt definiert, und der Abschnitt der Oberfläche der ersten Oberfläche mit Ausnahme des äußeren Umfangsabschnitts wird als innerer Umfangsabschnitt definiert. Dementsprechend ist, wie in **Fig. 3** dargestellt, der Endpunkt jedes der Liniensegmente L1 bis L6 gegenüber dem entsprechenden äußeren Umfangspunkt auf einer Grenze zwischen dem äußeren Umfangsabschnitt 10a und dem inneren Umfangsabschnitt 10b positioniert. Die Anzahl der Schnittpunkte jedes der Linien-

segmente L1 bis L6 mit blinden Kratzern wurde gezählt, und wenn der Durchschnitt der gezählten Zahlen 10 oder mehr betrug, wurde entschieden, dass 10 oder mehr blinde Kratzer im äußeren Umfangsabschnitt vorhanden waren. Die Summe der Abstände einer Region mit geringer Helligkeit, durch die die jeweiligen Liniensegmente L1 bis L6 verliefen, wurde gemessen, und wenn der Durchschnitt des Gesamtabstands 50 µm oder mehr betrug, wurde festgestellt, dass der Verhältniswert der veränderten Schicht im äußeren Umfangsabschnitt 5 % oder mehr betrug.

<Beobachtung des Fehlens einer veränderten Schicht im inneren Umfangsabschnitt durch Kathodenlumineszenzbeobachtung>

[0089] Das Fehlen einer veränderten Schicht im inneren Umfangsabschnitt wurde mit dem folgenden Verfahren festgestellt. Eine Region von 500 µm mal 500 µm in der Mitte des Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III, das als Messgegenstand dient, wurde einer Kathodenlumineszenzbeobachtung unter denselben Bedingungen wie bei der Kathodenlumineszenzbeobachtung des äußeren Umfangsabschnitts unterzogen. Wenn die Anzahl der in einem zu erhaltenden Bild beobachteten blinden Kratzer 5 oder weniger betrug und der Flächenverhältniswert einer in dem zu erhaltenden Bild beobachteten Region mit geringer Helligkeit 1 % oder weniger betrug, wurde festgestellt, dass keine veränderte Schicht in dem inneren Umfangsabschnitt beobachtet wurde.

<Verfahren zum Zählen von Kratzern in der Hauptoberfläche eines hergestellten Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III>

[0090] Das hergestellte Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III wurde als Probe verwendet, und die Anzahl der Kratzer in seiner Hauptoberfläche wurde mit einem optischen Oberflächenanalysator Candela CS20V gemessen. Während die Probe gedreht wurde, wurde Laserlicht eines linearen Standardpolarisationsmodus mit einer Wellenlänge von 405 nm darauf angewendet und die Unebenheiten auf der Oberfläche der Probe, die aus dem reflektierten Licht mit einem positionsempfindlichen Photodetektor erkannt wurden, wurden als Bild ausgegeben. Kratzer, die 2 mm oder mehr innerhalb der Kante des hergestellten Halbleitersubstrats von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III vorhanden waren, wurden anhand des entstandenen Bildes gezählt.

[Vergleichsbeispiel 1]

[0091] Ein Galliumnitridkristall wurde auf einem als Basissubstrat dienenden Saphirsubstrat gezüchtet.

Nach dem Wachstum wurden das Basissubstrat und der GaN-Kristall mit Laserlicht voneinander getrennt. Der abgetrennte Galliumnitridkristall wurde geschliffen und poliert, und dann wurde eine betroffene Schicht durch reaktives Ionenätzen (RIE) entfernt. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Bedingungen so eingestellt, dass veränderte Schichten sowohl auf der Hauptoberfläche als auch auf der Rückoberfläche des Kristalls ausreichend entfernt werden konnten. Nach dem RIE wurden ein Waschvorgang und eine Inspektion durchgeführt. So entstand ein Galliumnitrid-Substrat mit einem Durchmesser von 50,8 mm als Endprodukt.

[0092] Die Anzahl der blinden Kratzer in einem Bereich (äußerer Umfangsabschnitt) von der Kante der Hauptoberfläche des Galliumnitrid-Substrats, das als Endprodukt dient, bis zu einem 1 mm davon entfernten Abschnitt betrug weniger als 10.

[0093] Gezählt wurden die Kratzer in einer Region, die sich von der Kante der Hauptoberfläche des so hergestellten Galliumnitrid-Substrats bis zu einem 2 mm davon entfernten Abschnitt erstreckt. Die Zählung der Kratzer wurde an 25 Galliumnitrid-Substraten durchgeführt. Der Durchschnitt der Kratzer in den Hauptoberflächen der Substrate betrug somit 28.

[0094] Ein durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung aufgenommenes Foto des äußeren Umfangsabschnitts ist in **Fig. 4** dargestellt.

[Beispiel 1]

[0095] Ein Galliumnitridkristall wurde auf einem als Basissubstrat dienenden Saphirsubstrat gezüchtet. Nach dem Wachstum wurden das Basissubstrat und der Galliumnitridkristall mit Laserlicht voneinander getrennt. Der abgetrennte Galliumnitridkristall wurde geschliffen und poliert, und dann wurde eine betroffene Schicht durch reaktives Ionenätzen (RIE) entfernt. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Bedingungen so eingestellt, dass eine große Menge einer veränderten Schicht in der Nähe des äußeren Umfangs der Hauptoberfläche des Kristalls verblieb. Auf der Rückoberfläche davon wurden die Bedingungen so eingestellt, dass eine veränderte Schicht auf der gesamten Oberfläche ausreichend entfernt werden konnte. Nach dem RIE wurden das Waschen und eine Inspektion durchgeführt. Auf diese Weise wurde ein Galliumnitrid-Substrat mit einem Durchmesser von 50,8 mm als Endprodukt erhalten.

[0096] Zehn oder mehr blinde Kratzer waren in einem Bereich (äußerer Umfangsabschnitt) von der Kante der Hauptoberfläche des Galliumnitrid-Substrats, das als Endprodukt dient, bis zu einem 1 mm davon entfernten Abschnitt vorhanden. Darüber hinaus wurde im inneren Umfangsabschnitt der Hauptoberfläche des Galliumnitrid-Substrats, das

als Endprodukt dient, keine veränderte Schicht festgestellt.

[0097] Gezählt wurden die Kratzer in einer Region, die sich von der Kante der Hauptoberfläche des so hergestellten Galliumnitrid-Substrats bis zu einem 2 mm davon entfernten Abschnitt erstreckt. Die Zählung der Kratzer wurde an 25 Galliumnitrid-Substraten durchgeführt. Der Durchschnitt der Kratzer in den Hauptoberflächen der Substrate betrug somit 9.

[0098] Ein durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung aufgenommenes Foto des äußeren Umfangsabschnitts ist in **Fig. 5** dargestellt.

[Vergleichsbeispiel 2]

[0099] Ein Galliumnitridkristall wurde auf einem als Basissubstrat dienenden Saphirsubstrat gezüchtet. Nach dem Wachstum wurden das Basissubstrat und der Galliumnitridkristall mit Laserlicht voneinander getrennt. Der abgetrennte Galliumnitridkristall wurde geschliffen und poliert, und dann wurde eine veränderte Schicht durch reaktives Ionenätzen (RIE) entfernt. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Bedingungen so eingestellt, dass die veränderten Schichten sowohl auf der Hauptoberfläche als auch auf der Rückoberfläche des Kristalls ausreichend entfernt werden konnten. Nach dem RIE wurden eine Wäsche und eine Inspektion durchgeführt. So entstand ein Galliumnitrid-Substrat mit einem Durchmesser von 50,8 mm als Endprodukt.

[0100] Der Verhältniswert der veränderten Schicht in einem Bereich (äußerer Umfangsabschnitt) von der Kante der Hauptoberfläche des als Endprodukt dienenden Galliumnitrid-Substrats zu einem 1 mm davon entfernten Abschnitt betrug weniger als 5 %.

[0101] Gezählt wurden die Kratzer in einer Region, die sich von der Kante der Hauptoberfläche des so hergestellten Galliumnitrid-Substrats bis zu einem 2 mm davon entfernten Abschnitt erstreckt. Die Zählung der Kratzer wurde an 25 Galliumnitrid-Substraten durchgeführt. Der Durchschnitt der Kratzer in den Hauptoberflächen der Substrate betrug somit 26.

[Beispiel 2]

[0102] Ein Galliumnitridkristall wurde auf einem als Basissubstrat dienenden Saphirsubstrat gezüchtet. Nach dem Wachstum wurden das Basissubstrat und der Galliumnitridkristall mit Laserlicht voneinander getrennt. Der abgetrennte Galliumnitridkristall wurde geschliffen und poliert, und dann wurde eine veränderte Schicht durch reaktives Ionenätzen (RIE) entfernt. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Bedingungen so eingestellt, dass eine große Menge einer veränderten Schicht in der Nähe des äußeren Umfangs der Hauptfläche des Kristalls verblieb. Auf der Rück-

oberfläche des Kristalls wurden die Bedingungen so eingestellt, dass eine veränderte Schicht auf der Gesamtheit ausreichend entfernt werden konnte. Nach dem RIE wurden das Waschen und eine Inspektion durchgeführt. Auf diese Weise wurde ein Galliumnitrid-Substrat mit einem Durchmesser von 50,8 mm als Endprodukt erhalten.

[0103] Der Verhältniswert der veränderten Schicht in einem Bereich (äußerer Umfangsabschnitt) von der Kante der Hauptoberfläche des als Endprodukt dienenden Galliumnitrid-Substrats zu einem 1 mm davon entfernten Abschnitt betrug 5 % oder mehr. Darüber hinaus wurde im inneren Umfangsabschnitt der Hauptoberfläche des als Fertigprodukt dienenden Galliumnitrid-Substrats keine veränderte Schicht beobachtet.

[0104] Gezählt wurden die Kratzer in einer Region, die sich von der Kante der Hauptoberfläche des so hergestellten Galliumnitrid-Substrats bis zu einem 2 mm davon entfernten Abschnitt erstreckt. Die Zählung der Kratzer wurde an 25 Galliumnitrid-Substraten durchgeführt. Der Durchschnitt der Kratzer in den Hauptoberflächen der Substrate betrug somit 9.

Industrielle Anwendbarkeit

[0105] Das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann als beliebiges Substrat verschiedener Halbleitervorrichtungen verwendet werden.

Bezugszeichenliste

100	Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III
10	Hauptoberfläche
10a	äußerer Umfangsabschnitt
10b	innerer Umfangsabschnitt
20	Rückoberfläche
30	Seitenfläche
40	äußerer Umfangsendabschnitt

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2005263609 A [0009]
- JP 2011211046 A [0009]
- JP 5244628 B2 [0059]

Patentansprüche

1. Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III, umfassend:
eine erste Oberfläche; und
eine zweite Oberfläche,
wobei, wenn ein Bereich von einem äußeren Umfang einer Oberfläche der ersten Oberfläche bis zu einem um 1 mm davon entfernten Abschnitt als ein äußerer Umfangsabschnitt definiert ist und ein Abschnitt der Oberfläche der ersten Oberfläche mit Ausnahme des äußeren Umfangsabschnitts als ein innerer Umfangsabschnitt definiert ist, eine veränderte Schicht in dem äußeren Umfangsabschnitt beobachtet wird und die veränderte Schicht durch Kathodenlumineszenzbeobachtung in dem inneren Umfangsabschnitt nicht beobachtet werden kann.
2. Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III nach Anspruch 1, wobei mindestens eine Art, ausgewählt aus den folgenden (A) und (B), durch die Kathodenlumineszenzbeobachtung beobachtet wird:
(A) 10 oder mehr blinde Kratzer im äußeren Umfangsabschnitt vorhanden sind; und
(B) einen Verhältniswert der veränderten Schicht im äußeren Umfangsabschnitt 5 % oder mehr beträgt.
3. Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Substrat einen Durchmesser von 45 mm oder mehr aufweist.
4. Gebondetes Substrat, umfassend:
das Halbleitersubstrat von einem Nitrid eines Elements der Gruppe III nach Anspruch 1 oder 2; und
ein daran gebondetes Trägersubstrat.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

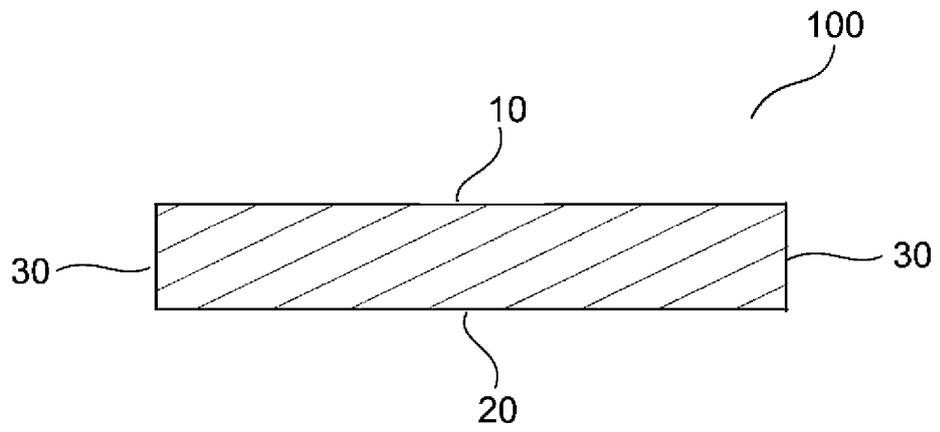


FIG. 2

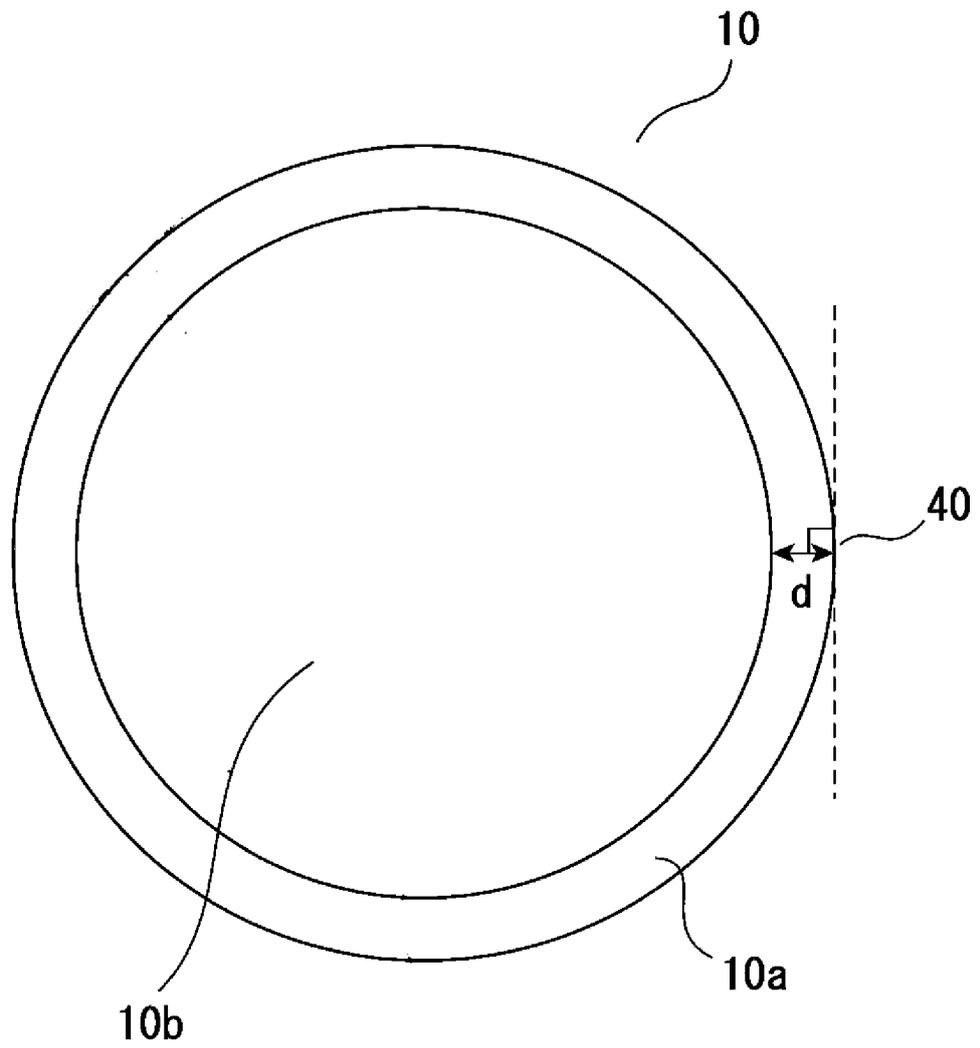


FIG. 3

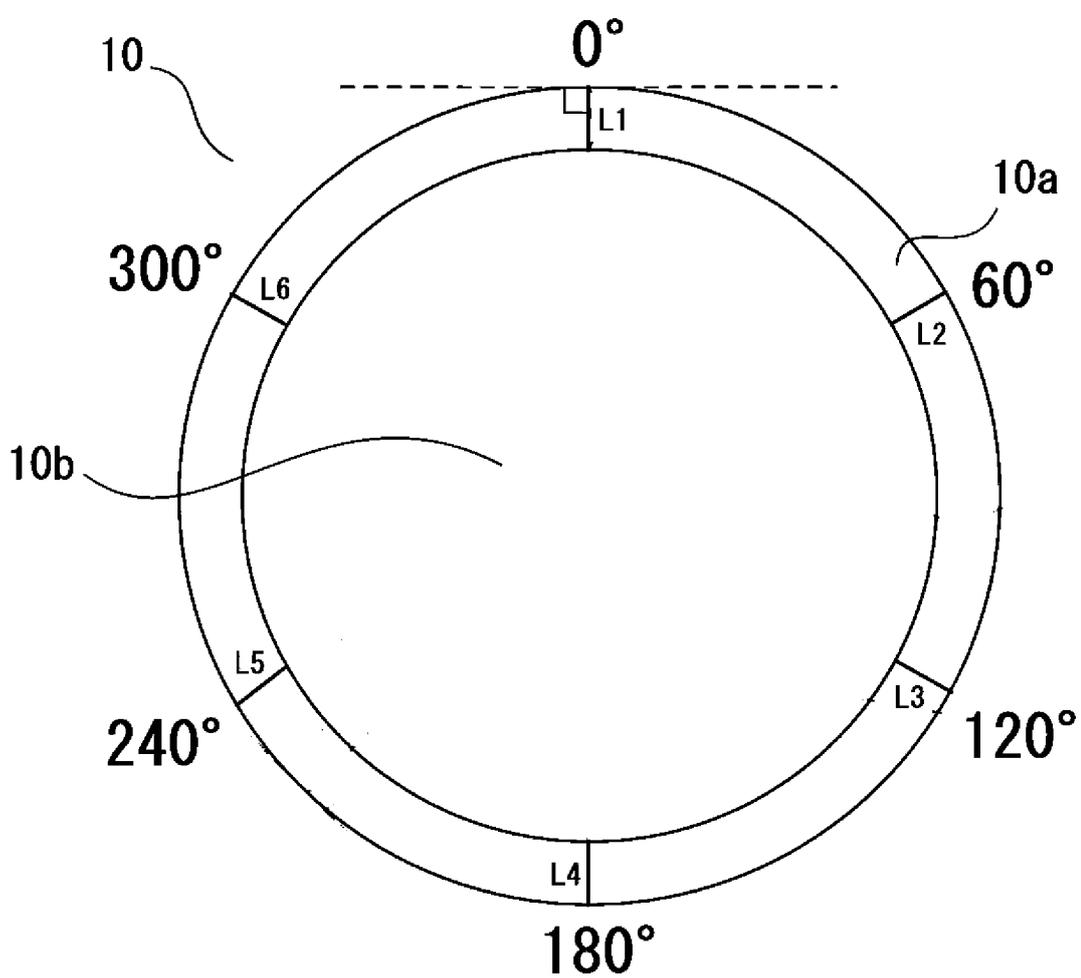


FIG. 4

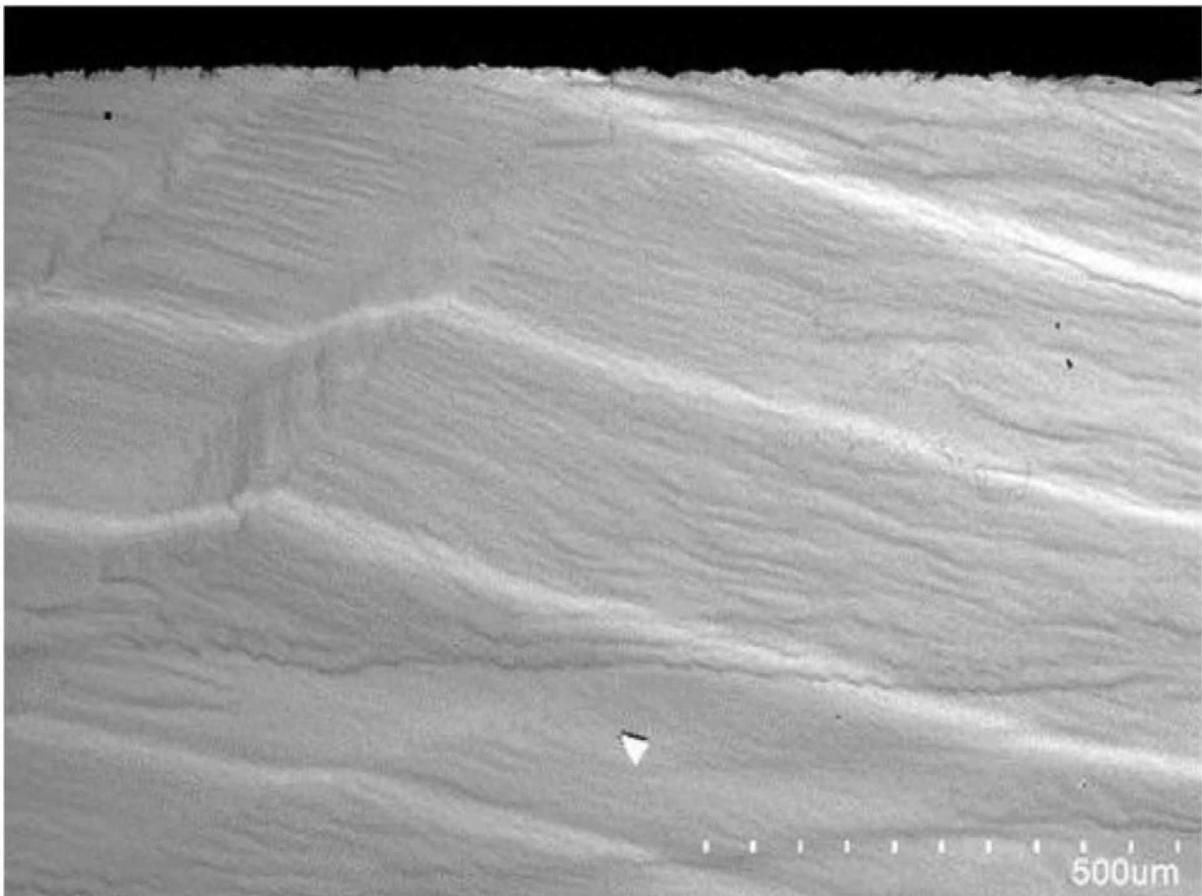


FIG. 5

