



(10) **DE 11 2006 001 847 B4** 2011.02.17

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2006 001 847.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2006/024846**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2007/008394**
(86) PCT-Anmeldetag: **27.06.2006**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **18.01.2007**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **15.05.2008**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.02.2011**

(51) Int Cl.⁸: **H01S 5/10** (2006.01)
H01S 5/323 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
60/699,659 11.07.2005 US

(73) Patentinhaber:
Cree, Inc., Durham, N.C., US

(74) Vertreter:
**Kudlek & Grunert Patentanwälte Partnerschaft,
80331 München**

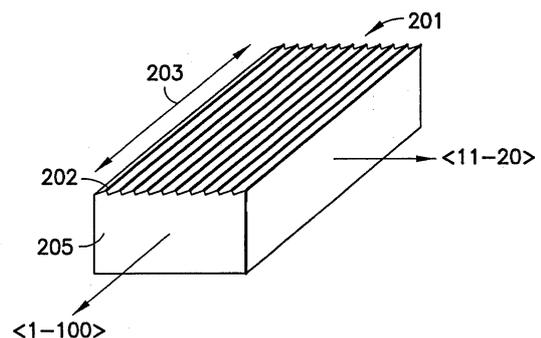
(72) Erfinder:
**Brandes, George R., Raleigh, US; Vaudo, Robert
P., Cary, US; Xu, Xueping, Stamford, US**

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

US 2005/01 04 162 A1
US 2001/00 30 329 A1
US 60 72 197 A
EP 11 82 697 A2

(54) Bezeichnung: **Ausrichtung von Laserdioden auf fehlgeschnittenen Substraten**

(57) Hauptanspruch: Halbleiter-Bauelement, das Folgendes umfasst:
ein GaN-Substrat, das eine GaN(0001)-Oberfläche aufweist, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde; und
einen Laserdioden-Resonator auf dem GaN-Substrat, der parallel zu der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist.



Beschreibung

QUERVERWEIS AUF ZUGEHÖRIGE ANMELDUNGEN

[0001] Der Gegenstand der vorliegenden Anmeldung bezieht sich auf und umfasst die Offenbarung der vorläufigen U. S. Patentanmeldung Nr. 60/699,659, angemeldet am 11. Juli 2005, im Namen von George R. Brandes, Robert P. Vaudo und Xueping Xu für „LASER DIODE ORIENTATION ON MIS-CUT SUBSTRATES“. Die Offenbarung einer solchen vorläufigen Anmeldung ist hierin hiermit unter Bezug auf ihre Gesamtheit berücksichtigt.

GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Diese Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf Halbleiter-Bauelemente und in einer bestimmten Ausführungsform auf die ausrichtbare räumliche Anordnung einer Laserdiode auf einem „Off-Axis“-Substrat eines III-V-Nitrid-Materials, wie zum Beispiel Galliumnitrid.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0003] Galliumnitrid (GaN) und verwandte Nitrid-Legierungen sind Halbleitermaterialien mit einer großen Bandlücke, die Anwendungen in der Opto-Elektronik aufweisen (z. B. bei der Herstellung von blauen, und UV-Licht emittierenden Dioden und Laserdioden) und in der Hochfrequenz-, Hochtemperatur- und Hochleistungs-Elektronik.

[0004] Elektronische Bauelemente, die auf Nitrid basieren werden üblicherweise auf Fremd(heteroepitaktischen)-Substraten, wie zum Beispiel Saphir und Siliziumkarbid Bewachsen. Infolge der resultierenden Fehlanpassung von Gitterkonstanten und thermischen Ausdehnungsunterschieden zwischen den Galliumnitrid-Bauelement-Schichten und dem Fremdsubstrat, wird typischerweise eine hohe Dichte an Störstellen in den Galliumnitrid-Bauelement-Schichten erzeugt, welche wiederum eine Güte bzw. Leistung der Bauelemente ungünstig beeinflusst.

[0005] Ein Wachsen von Galliumnitrid-Bauelement-Schichten wird typischerweise durch Metallorganische Chemische Dampfabscheidung (MOCVD) oder Metallorganische Dampfphasen-Epitaxie (MOVPE) ausgeführt, mit einer Puffer-Schicht, die zuerst auf dem Fremdsubstrat gewachsen wird, gefolgt vom Wachsen von Galliumnitrid- und zugehörigen Bauelement-Schichten einer Dicke von wenigen Mikrometern. Um Kristall-Störstellen in der Galliumnitrid-Schicht zu verringern, werden Techniken, wie zum Beispiel epitaktisches laterales überwachsenes (ELOG) Wachsen auf Saphir oder Siliziumkarbid eingesetzt.

[0006] In Anbetracht der morphologischen und strukturellen Mängel, die mit der Verwendung von heteroepitaktischen Substraten verbunden sind, würden native Galliumnitrid-Substrate für viele mikroelektronische Bauelemente auf der Basis von Galliumnitrid ideal sein. Galliumnitrid-Substrate können mit verschiedenen Verfahren vorbereitet werden.

[0007] Porowski et al., U.S. Patent US 5,637,531 beschreiben ein Wachsen von Bulk-Galliumnitrid aus metallischem Gallium unter hohem Stickstoff-Druck, aber das offenbarte Verfahren hat eine maximale Kristallgröße von nur etwa 10 nm Plättchen erreicht (S. Porowski und I. Grzegory, J. Cryst. Growth, Vol. 78, 174 (1997), M. Bockowski, J. Cryst. Growth, Vol. 246, 194 (2002)). Kristalline Galliumnitrid-Plättchen sind c-ebene Strukturen und weisen entgegengesetzte Oberflächen auf, mit einer Fläche des Plättchens, die mit Gallium und der anderen Fläche, die mit Stickstoff abgeschlossen ist. Jede der entsprechenden Oberflächen weist ausgeprägte Eigenschaften auf, und die meisten Bauelemente auf Galliumnitrid-Basis werden bevorzugt auf der mit Gallium abgeschlossenen Oberfläche, d. h. der (0001)-Oberfläche abgeschlossen. Obwohl die Größe der Kristall-Plättchen klein ist, wurde auf Proben solcher Plättchen ein homoepitaktisches Aufbringen ausgeführt. Zum Beispiel wurde eine Homoepitaxie auf kristallinen Galliumnitrid-Plättchen mit lateralen Dimensionen von weniger als 5 nm ausgeführt (F. A. Ponce, D. B. Bour, W. Götz and P. J. Wright, Appl. Phys. Lett., 68(1), 57 (1996)): „High electron mobility transistor (HEMT)“-Strukturen, basierend auf Al-GaN/GaN-Heterostrukturen, sind auf $8 \times 8 \text{ nm}^2$ Galliumnitrid-Proben durch Molekularstrahlepitaxie aufgebracht worden (E. Frayssington et al. Appl. Phys. Lett. 77, 2551 (2000)). InGaN/GaN „Multiple Quantum Well (MQW)“-Strukturen und Doppel-Heterostruktur-LEDs sind auf etwa $6 \times 8 \text{ nm}^2$ Galliumnitrid-Proben durch MOVPE abgeschlossen, worden (M. Kamp et al., MRS Internet J. Nitride Semicond. Res. 4S1, G.10.2 (1999)). Über homoepitaktisches Aufbringen mit MOVPE auf Galliumnitrid-(0001)-Plättchen, die mit Stickstoff abgeschlossen bzw. begrenzt sind, und auf Oberflächen, die leicht von der (0001)-Ebene weg geneigt sind, wurde berichtet (A. R. A. Zauner et al., J. Crystal Growth, 210, 435 (2000)).

[0008] Da die Herstellung von opto-elektronischen und elektronischen Bauelementen großflächige Substrate erfordert, sind verschiedenartige Bauelemente auf großflächigen Galliumnitrid-Substraten durch andere Techniken hergestellt worden. Bei einer solchen Technik sind Laserdioden basierend auf Galliumnitrid durch eine komplizierte Wachstumsfolge hergestellt worden (S. Nakamura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 37, L309 (1998)). Zuerst wurde eine 2 Mikrometer dicke MOVPE Galliumnitrid-Schicht auf ein Saphir-Substrat aufgebracht, gefolgt von einer Abscheidung einer

2 Mikrometer dicken Siliziumdioxid-Schicht, die in Streifen strukturiert war. Eine 20 Mikrometer dicke Galliumnitrid-Schicht wurde dann durch MOVPE aufgebracht, wobei eine FLOG-Technik verwendet wurde, um die Siliziumdioxid-Struktur abzudecken und eine glatte Galliumnitrid-Oberfläche zu erhalten. Dieser folgte eine Hydrid-Gasphasen-Epitaxie (HVPE), um eine Galliumnitrid-Schicht einer Dicke von etwa 100 Mikrometern auszubilden. Als nächstes wurde das Saphir-Substrat durch Polieren entfernt, um ein Galliumnitrid-Stück von etwa 80 Mikrometern Dicke zu erhalten. Schließlich wurde eine In-GaN-MQW-LD-Struktur durch MOVPE aufgebracht.

[0009] Ogawa et al. U.S. Patent US 6,455,877 offenbart ein Aufbringen von Licht emittierenden Bauelementen auf Galliumnitrid-Substrat, die durch HVPE-Abscheiden von Galliumnitrid auf ELOG-Galliumnitrid ausgebildet werden, das durch MOVPE auf Saphir ausgebildet wird, wobei der Saphir nach Ausbilden einer ausreichenden Dicke von Galliumnitrid Wegpoliert wurde. Ogawa et al. beschreibt eine bevorzugte Orientierung des Substrats von 0,10 bis 0,25 Grad, von der c-Ebene des Galliumnitrid-Materials weggeneigt. In einer späteren veröffentlichten U. S. Patentanmeldung US 2001/0030329 A1 Ueta et al. wird eine Präferenz für eine Orientierung des Substrats von 0,05–2 Grad weggeneigt von der c-Ebene des Galliumnitrid-Materials dargelegt. Bei diesen verschiedenartigen Bauelement-Strukturen wurde die Bauelement-Struktur durch MOVPE direkt auf die wie aufgebraute HVPE Galliumnitrid-Oberfläche aufgebracht.

[0010] U. S. Patentveröffentlichung US 2005/0104162 A1 offenbart ein GaN-Substrat, das eine GaN-(0001)-Oberfläche umfasst, die von der (0001)-Ebene im wesentlichen in Richtung auf eine Richtung abgespalten wurde, die aus der Gruppe ausgewählt wurde, die aus $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ - und $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtungen besteht, und Verfahren, die dasselbe ausführen. GaN-Substrate mit Oberflächen, die absichtlich von der c-Ebene (0001) des Gitters weggeneigt sind, d. h. Wafer mit einer benachbarten c-Ebenen-Oberfläche oder mit abgespaltenen Oberflächen, weisen Stufen-Strukturen des Oberflächen-Gitters auf. Weiter ermöglichen die absichtlich geneigten Oberflächen von GaN-Substraten ein homoepitaktisches Aufbringen, das ausgeführt werden soll, welches glatte homoepitaktische dünne Schichten hoher Qualität von GaN erzeugt.

[0011] Wie Fachleuten, die sich mit opto-elektronischen Bauelementen, wie zum Beispiel LEDs und Lasern auskennen, bekannt ist, hängt die Frequenz von elektromagnetischer Strahlung (d. h. die der Photonen), die durch ein gegebenes Halbleiter-Material erzeugt werden kann, von der Bandlücke des Materials ab. Kleinere Bandlücken erzeugen niedrigere Energie und Photonen mit einer längeren Wellenlänge,

während Materialien mit größerer Bandlücke höhere Energie erzeugen und Photonen mit einer kürzeren Wellenlänge. Zum Beispiel ist ein Halbleiter, der üblicherweise für Laser verwendet wird, Aluminium-Indium-Galliumphosphid (AlInGaP). Aufgrund der Bandlücke dieses Materials (tatsächlich ein Bereich von Bandlücken, der vom Molenbruch oder atomaren Bruchteil jedes vorhandenen Elements abhängt) kann das Licht, das AlInGaP erzeugen kann, auf den roten Abschnitt des sichtbaren Spektrums begrenzt werden, d. h. etwa 600 bis 700 Nanometer (nm). Um Photonen zu erzeugen, die Wellenlängen im blauen oder ultravioletten Abschnitt des Spektrums aufweisen, können Halbleiter-Materialien verwendet werden, die relativ große Bandlücken aufweisen. Gruppe III-Nitrid-Materialien, wie zum Beispiel Galliumnitrid (GaN), die ternären Legierungen Indium-Galliumnitrid (InGaN), Aluminium-Galliumnitrid (AlGaN) und Aluminium-Indiumnitrid (AlInN), als auch die quaternäre Legierung Aluminium-Gallium-Indiumnitrid (AlInGaN) sind attraktive Materialkandidaten für blaue und UV-Laser, und zwar aufgrund ihrer relativ hohen Bandlücke (3,36 eV bei Raumtemperatur für GaN). Entsprechend sind Laserdioden gezeigt worden, die auf Gruppe III-Nitriden basieren und die Licht in dem Bereich von 370–420 nm emittieren. Die veröffentlichten U. S. Anmeldungen US 2004/152224 A1, US 2004/0147094 A1, US 2004/0147054 A1 und US 2004/0149997 A1 beschreiben verschiedene Verfahren und Strukturen für Laser-Bauelemente, die auf Galliumnitrid basieren.

[0012] Die Inhalte aller vorangegangenen Patente, Patentanmeldungen und veröffentlichten Patentanmeldungen sind hierin unter Bezug, als ob sie hierin vollständig dargelegt wären, berücksichtigt.

[0013] US 2005/0104162 A1 offenbart ein III-V Nitrit(z. B. GaN)-Substrat umfassend eine (001) Oberfläche, die von der $\langle 001 \rangle$ Richtung geschnitten wurde, hauptsächlich hin zu einer Richtung, ausgewählt aus der Gruppe bestehend, aus $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ und $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ Richtungen, wobei die Oberfläche einen mittleren Rauigkeitswert von weniger als einem Nanometer aufweist und eine Fehlbesetzungsdichte, die geringer ist als $3 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-2}$, gemessen an einem $50 \cdot 50 \text{ }\mu\text{m}^2$ AFM Scan. Das Substrat kann gebildet werden durch aussägen eines entsprechenden Reinkristalls oder eines Wafer Rohlings durch Versatz (Offcut Lapping) oder Wachstum auf dem Substratkörper auf einem entsprechenden benachbarten heteroepitaktischen Substrat, z. B. verschnittener Saphir. Das Substrat wird günstigerweise zur homoepitaktischen Lagenabscheidung in der Herstellung von III-V Nitrit basierten mikroelektronischen und optoelektronischen Vorrichtungen verwendet.

[0014] US 2001/0030329 A1 offenbart ein GaN-Substrat mit einer Kristallorientierung, die aus der $\langle 0001 \rangle$ Richtung um einen Winkel verkippt ist,

der gleich oder größer ungefähr 0,05 Grad ist und der gleich oder kleiner etwa 2 Grad ist. Die US 2001/0030329 A1 offenbart weiter eine Halbleiter-multilagenstruktur, die auf dem GaN-Substrat gebildet ist, wobei die Halbleitermultilagenstruktur umfasst: eine Akzeptordotierungsschicht, die eine Nitridhalbleiterschicht beinhaltet, die mit einem Akzeptor dotiert ist und eine aktive Schicht, die einen Licht-emittierenden Bereich umfasst.

[0015] US 6072197 A offenbart die Bildung verschiedener licht-emittierender Halbleitervorrichtungen. Dort wird weiter anerkannt, dass im Stand der Technik Wachstum auf den c-Flächen bekannt ist und es wird die Bildung von diesen Strukturen unter Spannung offenbart, um Bandentartung aufzuheben, sodass ein geringerer Schwellenstrom für das Funktionieren des Lasers möglich wird. Als Teil der Herstellung der Struktur offenbart die US 6072197 zwei andere Wachstumsflächen, nämlich die in $\{1100\}$ -Fläche und die $\{1120\}$ -Fläche und gibt weiter an, dass sofern die $\{1100\}$ -Fläche als die Wachstumsfläche verwendet wird, die $\{0001\}$ - oder die $\{1120\}$ -Fläche als die abgespaltenen Oberflächen verwendet werden können. Alternativ können, sofern die $\{1120\}$ -Fläche als die Wachstumsfläche verwendet wird, die $\{0001\}$ -Ebene oder die $\{1100\}$ -Fläche als die abgespaltene Oberfläche verwendet werden.

[0016] EP 1 182697 A2 offenbart die Verwendung eines Saphirsubstrats als Wachstumsfläche, die parallel zu einer Ebene ist, die durch Rotieren einer (0110)-Ebene um eine ihrer c-Achsen um 8 bis 20 Grad, erhalten wird. Außerdem sind Kristallwachstumsverfahren, Halbleitervorrichtungen und eine elektronische Komponente ebenfalls offenbart.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0017] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf Halbleiter-Bauelemente und in einer bestimmten Ausführungsform auf die ausrichtbare räumliche Anordnung einer Laserdiode auf einem „Off-Axis“- oder abgespaltenen Substrat.

[0018] In einer Ausführungsform bezieht sich die Erfindung auf ein Halbleiter-Bauelement, das Folgendes umfasst: ein GaN-Substrat, das eine GaN(0001)-Oberfläche aufweist, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1120 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde; und einen Laserdioden-Resonator auf dem GaN-Substrat, der parallel zu der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist.

[0019] In einer weiteren Ausführungsform bezieht sich die Erfindung auf ein GaN-Substrat, das eine GaN(0001)-Oberfläche aufweist, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1120 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde; und das weiter eine Substratfläche aufweist, die die Spaltebene

senkrecht zu der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung definiert.

[0020] In noch einer weiteren Ausführungsform bezieht sich die Erfindung auf eine Laserdiode, die ein GaN-Substrat umfasst, das eine GaN(0001)-Oberfläche umfasst, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1120 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde; und einen Laserdioden-Resonator auf dem GaN-Substrat, der parallel zu der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist.

[0021] Eine noch weitere Ausführungsform der Erfindung bezieht sich auf eine mikroelektronische Halbleiter-Struktur, die ein GaN-Substrat umfasst, das eine GaN(0001)-Oberfläche umfasst, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1120 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde; und eine Spiegelfläche, die auf einer Spaltebene senkrecht zu der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist.

[0022] In einer anderen Ausführungsform bezieht sich die Erfindung auf Halbleiter-Bauelement, das Folgendes umfasst: ein GaN-Substrat, das eine GaN(0001)-Oberfläche beinhaltet, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1100 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde; einen Laserdioden-Resonator auf dem GaN-Substrat, der parallel zu der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist; und eine Spiegelfläche, die auf einer Spaltebene senkrecht zu der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist.

[0023] Eine noch weitere Ausführungsform der Erfindung bezieht sich auf ein Halbleiter-Bauelement, das Folgendes umfasst: ein III-V Nitrid-Substrat, das eine (Al, Ga, In)N(0001)-Oberfläche beinhaltet, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1120 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde; und einen Laserdioden-Resonator auf dem III-V Nitrid-Substrat, der parallel zu der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist.

[0024] Eine andere Ausführungsform der Erfindung bezieht sich auf eine Laserdiode, die ein Halbleiter-Bauelement umfasst, das Epitaxieschichten umfasst, die durch Hybrid-Gasphasen-Epitaxie auf das Substrat aufgebracht wurden.

[0025] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung bezieht sich auf eine Laserdiode, die ein Halbleiter-Bauelement wie hierin oben beschrieben umfasst, das durch ein Herstellungsverfahren hergestellt wurde, das Verfahrensschritte umfasst, die aus der Gruppe bestehend aus Strukturierung, Ätzen, Abscheidung und Facetten-Abspaltung ausgewählt sind.

[0026] In einer noch anderen Ausführungsform bezieht sich die Erfindung auf ein mikroelektronisches Bauelement, das auf einem III-V Nitrid-Substrat ausgerichtet ist, wobei das III-V Nitrid-Substrat eine III-V

Nitrid(0001)-Oberfläche umfasst, die von der <0001>-Richtung im wesentlichen in Richtung auf die <1120>-Richtung abgespalten wurde.

[0027] Eine andere Ausführungsform der Erfindung bezieht sich auf ein mikroelektronisches Bauelement, das auf einem III-V Nitrid-Substrat ausgerichtet ist, wobei das III-V Nitrid-Substrat eine III-V Nitrid(0001)-Oberfläche umfasst, die von der <0001>-Richtung im wesentlichen in Richtung auf die <1100>-Richtung abgespalten wurde.

[0028] Andere Ausführungsformen, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Offenlegung und den beigefügten Ansprüchen noch vollständiger deutlich.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0029] [Fig. 1](#) ist eine Serie von Mikrographen einer GaN-Epitaxieschicht, die auf einen Wafer eingebracht wurde, in welchem sich die kristallografische Ausrichtung gleichmäßig als eine Funktion des Abstands vom Mittelpunkt des Wafers ändert, wobei der Mittelpunkt des Wafers [0001] ist (Mikrograph (a)), wobei sich Mikrographen (b), (c) und (d) in Abständen von 4 mm, 6 mm und 10 mm vom Mittelpunkt entlang der <1010>-Richtung befinden; in den Mikrographen (e), (f), (g) und (h) ist der Mittelpunkt des Wafers +1 mm in Mikrograph (e) gezeigt, und wobei sich Mikrographen (f), (g) und (h) in Abständen von 5 mm, 7 mm und 10 mm von dem Mittelpunkt entlang der <1120>-Richtung befinden.

[0030] [Fig. 2A–Fig. 2D](#) veranschaulichen Ausrichtungen von Laserdioden auf benachbarten GaN-Substraten entsprechend verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung.

[0031] [Fig. 3A–Fig. 3D](#) veranschaulichen Ausrichtungen von Laserdioden auf benachbarten GaN-Substraten entsprechend zusätzlicher Ausführungsformen der Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0032] Obwohl sich die folgende Diskussion hierin hauptsächlich auf GaN als eine veranschaulichende III-V-Nitrid-Art für eine Anwendung der vorliegenden Erfindung richtet, wird man verstehen, dass die Erfindung auf III-V-Nitrid-Verbindungen breit anwendbar ist, einschließlich binärer Verbindungen und Legierungen.

[0033] Wie hierin verwendet, bezeichnet der Ausdruck „III-V-Nitrid“ ein Halbleiter-Material, einschließlich Stickstoff, und mindestens eines aus dem Folgenden: Al, In und Ga. Derartiges III-V-Material kann symbolisch als (Al, In, Ga)N bezeichnet werden. Der

Ausdruck „(Al, In, Ga)N“ umfasst alle Permutationen von Nitriden, einschließlich einem oder mehreren aus den Folgenden: Al, In und Ga und schließt somit als alternative Materialien AlN, InN, GaN, AlInN, AlGaIn, InGaIn und AlInGaIn ein, wobei die stöchiometrischen Koeffizienten von Al, In und Ga in Verbindungen, die zwei oder alle drei solcher Metalle enthalten, irgendeinen geeigneten Wert zwischen 0 und 1 aufweisen, mit der Bedingung, dass die Summe aller derartigen Koeffizienten 1 beträgt. Insofern können Störstellen, wie zum Beispiel Wasserstoff oder Kohlenstoff, Dotierungsmaterialien, oder spannungsverändernde Materialien, wie zum Beispiel Bor, ebenfalls in das (AlIn, Ga)N-Material eingebaut werden, aber die Summe aller stöchiometrischen Koeffizienten beträgt 1, mit einer Variation von $\pm 0,1\%$. Beispiele für derartige Verbindungen umfassen $Al_xGa_{1-x}N$, wobei $0 \leq x \leq 1$, und $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$, wobei $0 \leq x \leq 1$ und $0 \leq y \leq 1$. Somit können, obwohl sich die folgende Diskussion auf GaN als ein veranschaulichendes Material richtet, andere III-V-Nitrid-Materialien ähnlich in den Substraten und Bauelementen der Erfindung eingesetzt werden.

[0034] Als Referenz wird die c-Ebene des GaN-Kristalls als (0001)-Ebene bezeichnet und die Richtung der c-Ebene ist die [0001]-Richtung der c-Achse. Wenn Bezug auf die (0001)-Ebene genommen wird, ist die mit Gallium abgeschlossene c-Ebene gemeint, wohingegen sich die (0001)-Ebene auf die mit Stickstoff abgeschlossene c-Ebene bezieht. Die Richtung einer Oberfläche oder Ebene wird als die Richtung senkrecht zu der Oberfläche definiert. Wenn die Richtung einer Oberfläche eines benachbarten Wafers die Ebene ist die durch die <0001>- und <1120>-Richtungen definiert ist, wird die Oberfläche als eine (0001)-Oberfläche bezeichnet, die in Richtung der <1120>-Richtung abgespalten wurde. Wegen der Symmetrie des GaN-Kristalls ist die <1010>-Richtung ein allgemeiner Ausdruck für eine Gruppe von Richtungen, die [1010], [1010], [1100], [1100], [0110] und [0110] umfasst. Die <1120>-Richtung ist ein allgemeiner Ausdruck für eine Gruppe von Richtungen, die [1120], [1120], [1210], [1210], [2110] und [2110] umfasst. Wie hierin verwendet, meint der Ausdruck „im wesentlichen in Richtung“ in Bezug auf eine bestimmte Richtung, d. h. die <1010>-Richtung oder die <1120>-Richtung, in Richtung auf solch eine Richtung ± 15 Grad. Es sollte berücksichtigt werden, dass sich ein solcher Bezug auf einen azimutalen Toleranzwinkel bezieht, im Gegensatz zu einem Bezug hierin auf einen polaren (Abspaltungs-)Winkel. Vorzugsweise beträgt die azimutale Variation in Richtung der bestimmten Richtung ± 5 Grad, und am liebsten beträgt solch eine Variation ± 2 Grad.

[0035] Die vorliegende Erfindung gibt die Entdeckung wieder, dass GaN-Substrate mit Oberflächen, die von der (0001)-Ebene im wesentlichen in Rich-

tung auf eine Richtung abgespalten werden, die aus einer Gruppe ausgewählt wird, die $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ - und $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtungen umfasst, Oberflächenstufen des Gitters auf dem Substrat aufgrund der Neigung der Gitterstruktur des Substrats aufweisen. Epitaktische dünne Schichten, die auf diese abgespaltenen Oberflächen aufgebracht werden, weisen eine glattere Morphologie auf als Substrat-Oberflächen, die nicht weg von der (0001)-Ebene geneigt sind.

[0036] In einer exemplarischen Ausführungsform bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Laserdiode, die auf einem GaN-Substrat ausgerichtet ist, wobei das GaN-Substrat eine GaN-(0001)-Oberfläche aufweist, die aus der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im wesentlichen in Richtung auf die $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde. Der Abspaltungswinkel kann von 0,2 bis 10 Grad reichen, wobei Gitterstufen der Oberfläche parallel zu der $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ -Richtung bereitgestellt werden. Der Laserdioden-Resonator kann so auf der abgespaltenen Substrat-Oberfläche ausgebildet sein, dass die Richtung des Laserdioden-Resonators entlang der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist, parallel zu den Oberflächen-Stufen des Gitters des Substrats. Die bevorzugte Spaltebene liegt dann senkrecht zu der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung, was zu einer gespaltenen Spiegelfläche des Lasers führt, die senkrecht zu der Oberfläche der Gitterstufen der Oberfläche des Substrats liegt. In weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist die Substratfläche so positioniert, um die $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtung der Spaltebene zu definieren.

[0037] In einer anderen exemplarischen Ausführungsform bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Laserdiode, die auf einem GaN-Substrat ausgerichtet ist, wobei das GaN-Substrat eine GaN-(0001)-Oberfläche aufweist, die aus der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde. Der Abspaltungswinkel kann von 0,2 bis 10 Grad reichen, wobei Gitterstufen der Oberfläche parallel zu der $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtung bereitgestellt werden – noch üblicher in der $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtung. Der Laserdioden-Resonator kann so auf der abgespaltenen Oberfläche des Substrats ausgebildet sein, dass der Laserdioden-Resonator entlang der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung senkrecht zu den Oberflächen-Stufen des Gitters des Substrats ausgerichtet ist. Die bevorzugte Spaltebene liegt senkrecht zu der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung, was zu einer gespaltenen Laser-Spiegelfläche führt, die den c-Achsen-Vektor enthält. In weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist die Substratfläche so positioniert, um die $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung der Spaltebene zu definieren.

[0038] Die Erfindung weist eine breite Anwendbarkeit für ein reiches Angebot an mikroelektronischen Bauelement-Baugruppen und -Strukturen auf. Eine bevorzugte Bauelement-Anwendung sind Laserdioden

und Laserdioden-Strukturen der vorliegenden Erfindung mit einer potenziellen Nützlichkeit in Durchfluss-Cytometrie, Drucken, Spektroskopie und medizinischen Systemanwendungen.

[0039] [Fig. 1](#) zeigt differenzielle Interferenz-Kontrast(DIC)-Mikroskopaufnahmen von Epitaxie-Schichten, die auf GaN-Oberflächen aufgebracht wurden, d. h. Oberflächen mit unterschiedlich fehlgeschnittenen Richtungen und fehlgeschnittenen Winkeln.

[0040] GaN-Substrate wurden durch Hydrid-Gasphasen-Epitaxie vorbereitet. Um den Effekt der Ausrichtung der Oberfläche auf Homo-Epitaxie zu untersuchen wurde ein GaN-Wafer von 30 mm Durchmesser mit einer hohen Gitterkrümmung und einer Wölbung des Wafers hergestellt. Mechanisches Läppen und Polieren beseitigte die physikalische Wölbung des Wafers, aber die Krümmung des Gitters blieb, was in einer Oberfläche mit variierenden Graden an Abspaltung in Bezug auf die c-Ebene resultiert.

[0041] [Fig. 1](#) zeigt eine Serie von Mikrographen einer epitaktischen GaN-Schicht, die auf dem resultierenden Wafer aufgebracht wurde, in welcher sich die kristallografische Ausrichtung als eine Funktion des Abstands vom Mittelpunkt des Wafers gleichmäßig ändert, wobei der Mittelpunkt des Wafers [0001] ist (Mikrograph (a)), wobei sich Mikrographen (b), (c) und (d) in Abständen von 4 mm, 6 mm und 10 mm vom Mittelpunkt entlang der $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ -Richtung befinden; in den Mikrographen (e), (f), (g) und (h) ist der Mittelpunkt des Wafers +1 mm in Mikrograph (e) gezeigt, und wobei sich Mikrographen (f), (g) und (h) in Abständen von 5 mm, 7 mm und 10 mm vom dem Mittelpunkt entlang der $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtung befinden.

[0042] Homoepitaktisches Aufbringen wurde in einem Aixtron 200/4 MOVPE-System ausgeführt, wobei Trimethylgallium, Ammoniak-Präkursoren und ein Wasserstoff-Trägergas verwendet wurden. Die Wachstums-Temperatur betrug 1170°C, wie mit einem Thermolement überwacht wurde, das hinter dem Suszeptor platziert war, und der Gasdruck betrug 100 mbar. Die Wachstumsrate betrug 2 µm pro Stunde und das V:III-Verhältnis betrug 6000:1, wobei eine 3 µm homoepitaktische dünne GaN-Schicht auf der Gallium-Oberfläche des angrenzenden Substrats hergestellt wurde.

[0043] [Fig. 1](#) zeigt somit Oberflächen-Aufnahmen des Mittelpunktes des Substrats, und Oberflächen, die um 0,4°, 0,6° und 1,0° in Richtung auf die $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ -Richtung fehlgeschnitten sind, und Oberflächen, die um 0,1°, 0,5°, 0,7° und 1,0° in Richtung auf die $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtung fehlgeschnitten sind. In dem (nominell c-Ebene) Mittelpunkt des Wafers weist die Oberfläche eine sechsfache Struktur kleiner Hügel auf, wie in Mikrograph (a) gezeigt. Weg vom Mittelpunkt wird eine Seite des kleinen Hügels graduell

lang gezogen, wie in Mikrograph (e) gezeigt, und die Oberfläche wird glatter. Die Entwicklung der Morphologie entlang der $\langle 1010 \rangle$ -Richtung und entlang der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung war leicht unterschiedlich, aber in einem Abstand von 10 nm vom Mittelpunkt war die beobachtete Oberflächen-Morphologie unter dem DIC-Mikroskop grau bzw. nichts sagend.

[0044] Die Oberflächenmorphologie der dünnen Epitaxieschicht in [Fig. 1](#) wird in jeder Richtung zunehmend glatter, während sich der Abspaltungs- oder Neigungswinkel 1 Grad nähert. Glatte dünne Oberflächen-Epitaxie-Schichten sind wünschenswerte Oberflächen für verschiedenartige Halbleiter-Bauelemente, wie zum Beispiel Laserdioden. Daher können Substrate absichtlich entlang der $\langle 1010 \rangle$ -Richtung und entlang der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung zur Verwendung in solchen Bauelement-Anwendungen abgespalten werden.

[0045] Verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, in welchen GaN-Substrate in Richtung der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung abgespalten wurden sind in den [Fig. 2A–Fig. 2D](#) schematisch veranschaulicht. [Fig. 2A](#) stellt eine Draufsicht von oben der Oberfläche eines abgespaltenen Substrats **201** in Richtung der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung dar. Die veranschaulichenden Oberflächen-Stufen des Gitters **202** sind senkrecht zu der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung gezeigt, und zwar als ein Ergebnis der Gitter-Struktur, die in Richtung der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung geneigt ist. Eine Richtung des Laserdioden-Resonators **203**, die als die Längsrichtung des Laser-Resonators definiert ist, kann entlang der $\langle 1010 \rangle$ -Richtung parallel zu den Oberflächen-Stufen des Gitters **202** des Substrats ausgerichtet sein. [Fig. 2B](#) stellt eine Querschnitts-Ansicht des Substrats dar, das in Richtung der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung **201** abgespalten wurde, wobei die Ansicht entlang der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung ist. Der Neigungswinkel **204** von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung entlang der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung kann in einem Bereich von 0,2 bis 10 Grad liegen und bestimmt die Ausrichtung der Oberflächen-Stufen des Gitters **202**.

[0046] Für Laserdioden-Anwendungen kann es wünschenswert sein, eine gespaltene Oberfläche zu haben, die senkrecht zum Resonator der Laserdiode ist, um eine verbesserte Leistungs-Güte zu erzielen. Nun Bezug nehmend auf [Fig. 2C](#) ist die Richtung eines Laserdioden-Resonators parallel zu den Oberflächen-Stufen des Gitters **202** entlang der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung gezeigt. Für eine gespaltene Spiegelfläche **205**, die senkrecht zu der Richtung eines Laserdioden-Resonators **203** ist, ist die bevorzugte Spaltebene senkrecht zu der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung und den Oberflächen-Stufen des Gitters **202**.

[0047] [Fig. 2D](#) stellt eine Seitenansicht des abgespaltenen Substrats in der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung **201** dar, die weiter einen Laserdioden-Resonator **207** um-

fasst, der in der Richtung eines Laserdioden-Resonators **203** der $\langle 1100 \rangle$ -Kristall-Richtung ausgerichtet ist. Die gespaltene Spiegelfläche **205** ist dann senkrecht zu dem Laserdioden-Resonator **207**.

[0048] Zusätzliche Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, wobei GaN-Substrate entlang der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung abgespalten sind, sind schematisch in [Fig. 3A–Fig. 3D](#) veranschaulicht. [Fig. 3A](#) stellt eine Draufsicht der Oberfläche eines abgespaltenen Substrats **301** entlang der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung dar. Oberflächen-Stufen des Gitters **302** sind senkrecht zu der Abspaltungsrichtung $\langle 1100 \rangle$, als ein Ergebnis der Gitter-Struktur gezeigt, die in Richtung der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung geneigt ist. Eine Richtung eines Laserdioden-Resonators **303** kann entlang der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung senkrecht zu den Oberflächen-Stufen des Gitters **302** des Substrats ausgerichtet sein. [Fig. 3B](#) stellt eine Querschnitts-Ansicht des abgespaltenen Substrats in der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung **301** dar, wobei die Ansicht entlang der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung ist.

[0049] Der Neigungswinkel **304** von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung entlang der $\langle 1100 \rangle$ -Richtung kann in einem Bereich von 0,2 bis 10 Grad liegen und bestimmt die Ausrichtung der Oberflächen-Stufen des Gitters **302**.

[0050] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 3C](#) ist die Richtung des Laserdioden-Resonators **303** entlang der $\langle 1100 \rangle$ senkrecht zu den Oberflächen-Stufen des Gitters **302** gezeigt. Für eine gespaltene Spiegelfläche **305**, die senkrecht zu der Richtung des Laserdioden-Resonators **303** gewünscht ist, ist die bevorzugte Spaltebene senkrecht zu der $\langle 1100 \rangle$ und parallel zu den Oberflächen-Stufen des Gitters **302**. Zurückverweisend auf [Fig. 3B](#) ist eine bevorzugte Spaltebene **307** senkrecht zu der Richtung des Laserdioden-Resonators **303** und ist an den Oberflächen-Stufen des Gitters **302** ausgerichtet und im Vergleich zu der Richtung des Laserdioden-Resonators **303** gewinkelt oder geneigt.

[0051] [Fig. 3D](#) stellt eine Seitenansicht des entlang der $\langle 1100 \rangle$ abgespaltenen Substrats **301** dar, das weiter eine bevorzugte Spaltebene **307** umfasst, die in der Richtung des Laserdioden-Resonators **303** der $\langle 1100 \rangle$ -Kristall-Richtung ausgerichtet ist.

[0052] Wie in den vorhergehenden Figuren gezeigt, ist es wünschenswert, einen Laserdioden-Resonator so auszurichten, dass eine Spaltebene des Substrats seine Spiegelflächen bestimmt. Es ist ebenfalls wünschenswert, die Substratfläche als die gewünschte Spaltebene zu definieren. Für eine klar abgegrenzte Laser-Spiegelfläche ist daher die Toleranz der Substratfläche, oder der schrägen Ausrichtung als wünschenswert innerhalb von 5 Grad liegend bekannt, wünschenswerter innerhalb von 1 Grad, noch wünschenswerter innerhalb von 0,1 Grad und am wün-

schenswertesten innerhalb von 0,01 Grad. Angesichts der Erwünschtheit einer klar ausgerichteten Spalt- und Wafer-Fläche, ist es wünschenswert, geeignete Abspaltungstechniken zu verwenden, um die Wafer-Fläche auszubilden bzw. zu definieren.

[0053] Obwohl beide Ausrichtungen funktionierende Laserdioden ergeben, ermöglicht die erste Ausführungsform, die durch [Fig. 2A–Fig. 2D](#) veranschaulicht ist, sowohl eine problemlose Epitaxie aufgrund der benachbarten Wafer-Oberfläche, als auch der Spiegelflächen, die senkrecht zu dem Laserdioden-Resonator sind. Eine derartige Konfiguration ist in verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung erwünscht, da eine senkrechte Spiegelfläche zum Erreichen einer verbesserten Leistungs-Güte (Effizienz und P_{aus}) nützlich ist

[0054] In verschiedenen Ausführungsformen können die dünnen Epitaxie-Schichten, die auf das abgespaltene Substrat aufgebracht werden, mit geeigneten Dotierungsmaterialien eines Typs behandelt werden, der üblicherweise zur Dotierung von GaN und anderen dünnen III-V-Nitrid-Schichten eingesetzt wird. Bei einer Ausführungsform wird eine Silizium Dotierung von GaN durch Zusatz von Silan während des homoepitaktischen Wachstumsprozesses beeinflusst, um eine dünne Schicht auf der benachbarten Oberfläche herzustellen, die glatt und grau bzw. nichts sagend ist.

Bezugszeichenliste

201	abgespaltenes Substrat in Richtung der <1120>-Richtung
201	„Off-Axis“-Substrate
201	GaN-Substrat
202	Oberflächen-Stufen des Gitters
203	die Richtung des Laserdioden-Resonators
204	Neigungswinkel
205	gespaltene Spiegelfläche
207	Laserdioden-Resonator
301	abgespaltenes Substrat entlang der <1100>-Richtung
302	Oberflächen-Stufen des Gitters
303	Richtung des Laserdioden-Resonators
304	Neigungswinkel
305	gespaltene Spiegelfläche
307	bevorzugte Spaltebene

Patentansprüche

1. Halbleiter-Bauelement, das Folgendes umfasst:
ein GaN-Substrat, das eine GaN(0001)-Oberfläche aufweist, die von der <0001>-Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die <1120>-Richtung abgespalten wurde; und
einen Laserdioden-Resonator auf dem GaN-Substrat, der parallel zu der <1100>-Richtung ausgerichtet

ist.

2. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, das weiter eine Spiegelfläche umfasst, die auf einer Spaltebene senkrecht zu der <1100>-Richtung ausgerichtet ist.

3. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, das weiter einen Abspaltungs-Oberflächenwinkel von der (0001)-Richtung umfasst, der in einem Bereich von etwa 0,2 bis etwa 10 Grad liegt.

4. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, bei welchem die Oberfläche, die von der <0001>-Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die <1120>-Richtung abgespalten wurde, eine Neigungsrichtung aufweist, die innerhalb von ± 15 Grad von der <1120> Richtung liegt.

5. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, bei welchem die Oberfläche, die von der <0001>-Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die <1120>-Richtung abgespalten wurde, eine Neigungsrichtung aufweist, die innerhalb von ± 5 Grad von der <1120>-Richtung liegt.

6. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, bei welchem die Spiegelfläche senkrecht zu dem Laserdioden-Resonator ist.

7. GaN-Substrat **(201)**, das eine GaN(0001)-Oberfläche umfasst, die von der <0001>-Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die <1120>-Richtung abgespalten wurde und weiter eine Substratfläche umfasst, die die Spaltebene senkrecht zu der <1100>-Richtung definiert.

8. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, das eine Nitrid-Laserdiode aus der III-V-Gruppe umfasst.

9. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, das eine GaN-Laserdiode umfasst.

10. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, das obere Kontakte umfasst.

11. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, das ein vertikales Bauelement umfasst.

12. Laserdiode, die ein GaN-Substrat umfasst, das eine GaN(0001)-Oberfläche umfasst, die von der <0001>-Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die <1120>-Richtung abgespalten wurde; und einen Laserdioden-Resonator auf dem GaN-Substrat, der parallel zu der <1100>-Richtung ausgerichtet ist.

13. Mikroelektronische Bauelement-Struktur, die ein GaN-Substrat **(201)** umfasst, das eine GaN(0001)-Oberfläche umfasst, die von der <0001>-Richtung im Wesentlichen in Richtung auf

die $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde; und eine Spiegelfläche, die auf einer Spaltebene senkrecht zu der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist.

14. Bauelement-Struktur nach Anspruch 13, bei welchem das Substrat eine Substratfläche aufweist, die eine Flächentoleranz von weniger als 5 Grad der azimutalen Ausrichtung aufweist.

15. Bauelement-Struktur nach Anspruch 13, bei welchem das Substrat eine Substratfläche aufweist, die eine Flächentoleranz von weniger als 1 Grad der azimutalen Ausrichtung aufweist.

16. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, das eine dotierte Epitaxieschicht auf dem Laserdioden-Resonator umfasst.

17. Halbleiter-Bauelement, das Folgendes umfasst:
ein GaN-Substrat (**201**), das eine GaN(0001)-Oberfläche beinhaltet, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde;
einen Laserdioden-Resonator auf dem GaN-Substrat, der parallel zu der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist; und
eine Spiegelfläche, die auf einer Spaltebene senkrecht zu der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist.

18. Bauelement nach Anspruch 17, das weiter eine Substratfläche umfasst, die die Spaltfläche entlang der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung definiert.

19. Bauelement nach Anspruch 17, bei welchem die Spiegelfläche eine geeignete Ausrichtung zu dem Laserdioden-Resonator aufweist.

20. Halbleiter-Bauelement, das Folgendes umfasst:
ein III-V Nitrid-Substrat (**201**), das eine (Al, Ga, In)N(0001)-Oberfläche beinhaltet, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1120 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde; und
einen Laserdioden-Resonator (**207**) auf dem III-V Nitrid-Substrat, der parallel zu der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung ausgerichtet ist.

21. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, bei welchem die abgespaltene Oberfläche durch ein Verfahren ausgebildet wurde, das mindestens einen Schneide- oder einen Polier-Schritt beinhaltet.

22. Laserdiode, die ein Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1 umfasst, das Epitaxieschichten umfasst, die durch Hydrid-Gasphasen-Epitaxie auf das Substrat aufgebracht wurden.

23. Laserdiode, die ein Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1 umfasst, das durch ein Herstell-

ungsverfahren hergestellt wurde, das Verfahrensschritte umfasst, die aus der Gruppe bestehend aus Strukturierung, Ätzen, Abscheidung und Facetten-Abspaltung ausgewählt sind.

24. Mikroelektronisches Bauelement, das auf einem III-V Nitrid-Substrat (**201**) ausgerichtet ist, wobei das III-V Nitrid-Substrat (**201**) eine III-V Nitrid(0001)-Oberfläche umfasst, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1120 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde mit einem Resonator, der so auf der abgespaltenen Oberfläche ausgebildet ist, so dass die Resonator-Richtung entlang der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung parallel zu Oberflächen-Gitter-Stufen des Substrats ausgerichtet ist.

25. Mikroelektronisches Bauelement nach Anspruch 24, bei welchem die Abspaltungs-Oberfläche durch einen Abspaltungs-Winkel in einem Bereich von 0,2 bis 10 Grad gekennzeichnet ist, das Oberflächen-Gitter-Stufen parallel zu der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung bereitstellt.

26. Mikroelektronisches Bauelement nach Anspruch 24, das eine Spaltfläche umfasst, die senkrecht zu der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung ist, die eine gespaltene Fläche ergibt, die senkrecht zu den Oberflächen-Gitter-Stufen des Substrats ist.

27. Mikroelektronisches Bauelement nach Anspruch 26, das eine Substratfläche umfasst, die so angeordnet ist, um die $\langle 1120 \rangle$ -Richtung der Spaltebene zu definieren.

28. Mikroelektronisches Bauelement, das auf einem III-V Nitrid-Substrat (**301**) ausgerichtet ist, wobei das III-V Nitrid-Substrat (**301**) eine III-V Nitrid(0001)-Oberfläche umfasst, die von der $\langle 0001 \rangle$ -Richtung im Wesentlichen in Richtung auf die $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung abgespalten wurde mit einem Resonator, der auf der abgespaltenen Substrat-Oberfläche so ausgebildet ist, dass eine Richtung des Resonators (**303**) entlang der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung senkrecht zu den Gitter-Oberflächen-Stufen ausgerichtet ist.

29. Mikroelektronisches Bauelement nach Anspruch 28, bei welchem die Abspaltungs-Oberfläche durch einen Abspaltungs-Oberflächenwinkel in einem Bereich von 0,2 bis 10 Grad gekennzeichnet ist, die Oberflächen-Gitter-Stufen parallel zu der $\langle 1120 \rangle$ -Richtung bereitstellt.

30. Mikroelektronisches Bauelement nach Anspruch 28, das eine Spaltfläche umfasst, die senkrecht zu der $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung ist, was eine abgespaltene Fläche ergibt, die den c-Achsen-Vektor enthält.

31. Mikroelektronisches Bauelement nach Anspruch 30, das eine Substratfläche umfasst, die so

angeordnet ist, um die $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ -Richtung der Spaltebene zu definieren.

32. Halbleiter-Bauelement, das Folgendes umfasst:

ein III-V Nitrid-Substrat, das eine abgespaltene (Al, Ga, In)N-Oberfläche mit einer Vielzahl von parallelen Stufen aufweist, wobei jede Stufe eine erste Stufenfläche und eine zweite Stufenfläche aufweist, die sich entlang eines Scheitelpunktes treffen, wobei jede erste Stufenfläche und jede zweite Stufenfläche senkrecht zu der Spaltebene liegen; und einen Laserdioden-Resonator, der parallel zu jeder ersten Stufenfläche und zweiten Stufenfläche angeordnet ist.

33. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 32, bei welchem die abgespaltene Oberfläche durch ein Verfahren ausgebildet wurde, das mindestens einen Schneide- oder einen Polier-Schritt umfasst.

34. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 32, das Epitaxieschichten umfasst, die auf dem Substrat aufgebracht wurden.

35. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 34, bei welchem die Epitaxieschichten durch Hydrid-Gasphasen-Epitaxie auf das Substrat aufgebracht wurden.

36. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 32, bei welchem die Abspaltungs-Oberfläche einen Abspaltungswinkel aufweist, der in einem Bereich von 0,2 bis 10 Grad liegt.

37. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 32, das weitere Flächen umfasst, wobei der Halbleiter-Resonator im Wesentlichen senkrecht zu den Flächen liegt.

38. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 32, das weitere eine Substratfläche umfasst, die im Wesentlichen parallel zu der Spaltebene angeordnet ist.

39. Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 32, wobei das Substrat entlang der Spaltebene abgespalten wird.

40. Laserdiode, die ein Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 32 umfasst, hergestellt nach einem Verfahren, das mindestens eine der folgenden Schritte umfasst: Strukturierung, Ätzen, Abscheidung und Spiegelflächen-Abspaltung.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

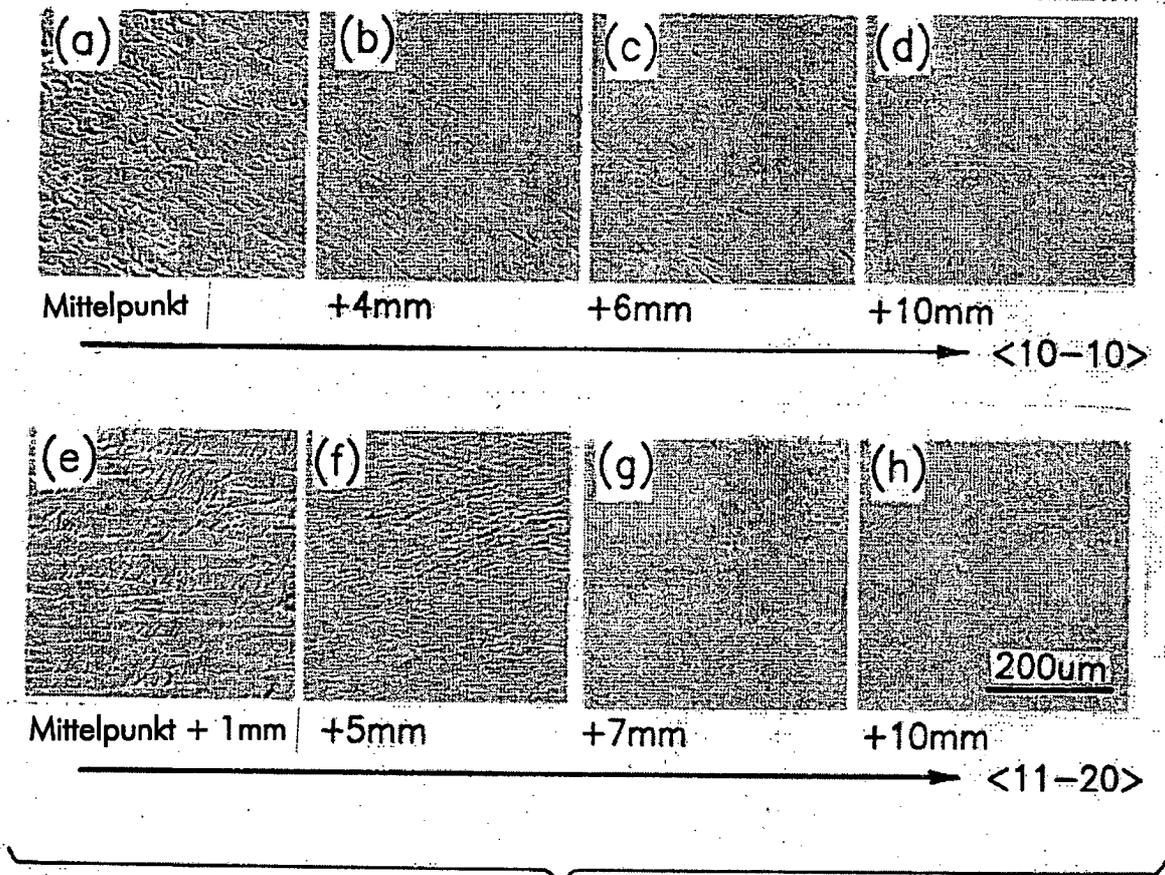


FIG. 1

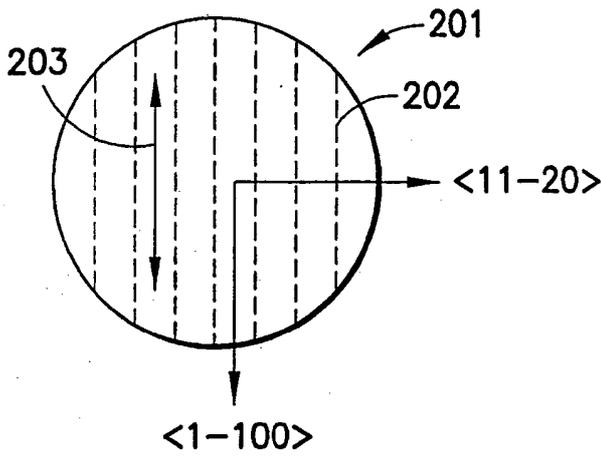


FIG. 2A

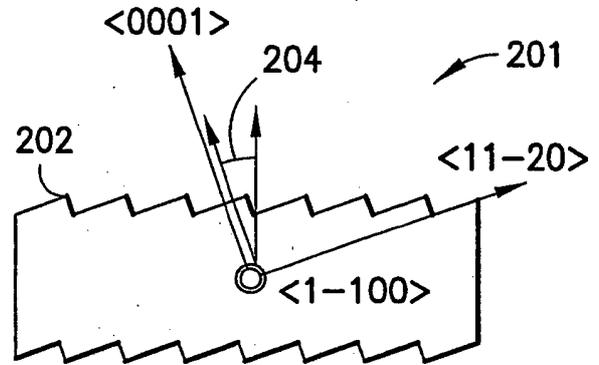


FIG. 2B

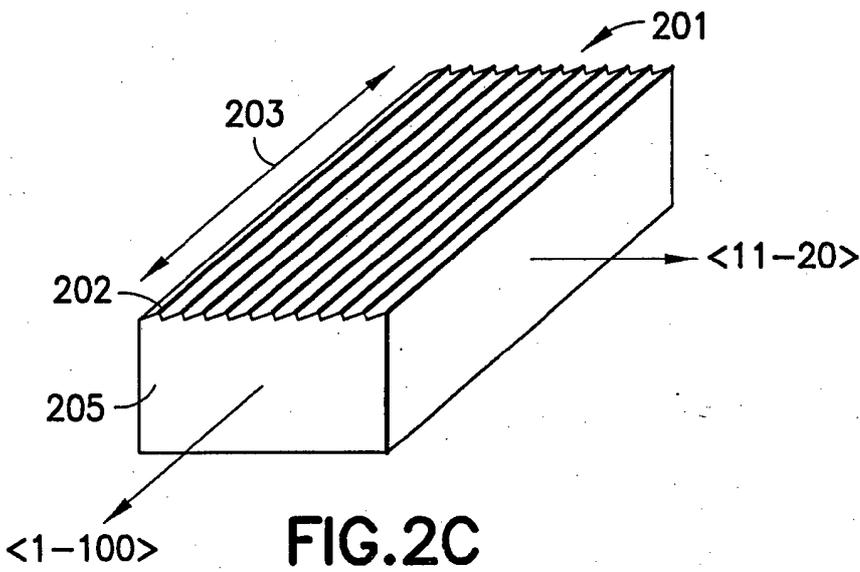


FIG. 2C

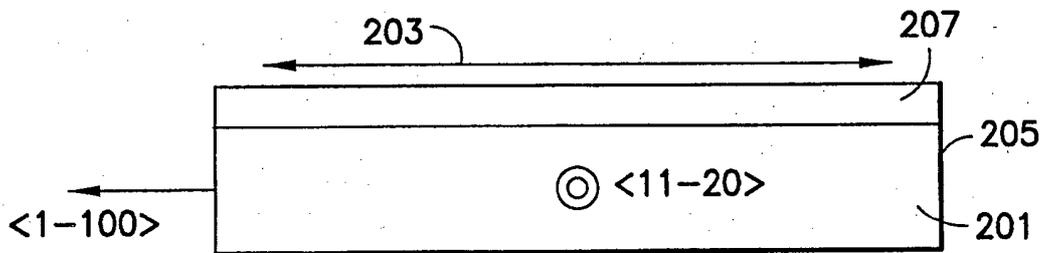


FIG. 2D

