

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft einen Halbleiterlaser und eine elektronische Einrichtung einschließlich desselben.

Stand der Technik

[0002] Verschiedene Technologien von Halbleiterlasern wurden offenbart.

Zitatliste

Patentliteratur

PTL 1: Veröffentlichung der japanischen ungeprüften Patentanmeldung Nr. 2009-94360

PTL 2: Veröffentlichung der japanischen ungeprüften Patentanmeldung Nr. 2013-42107

PTL 3: Veröffentlichung der japanischen ungeprüften Patentanmeldung Nr. 2004-289157

PTL 4: Veröffentlichung der japanischen ungeprüften Patentanmeldung Nr. 2007-129246

PTL 5: Veröffentlichung der japanischen ungeprüften Patentanmeldung Nr. 2016-66670

PTL 6: Veröffentlichung der japanischen ungeprüften Patentanmeldung Nr. 2001-77463

PTL 7: Veröffentlichung der japanischen ungeprüften Patentanmeldung Nr. 2009-117695

PTL 8: Veröffentlichung der japanischen ungeprüften Patentanmeldung Nr. 2006-41491

Kurzdarstellung der Erfindung

[0003] Eine hohe Ausgangsleistung von Halbleiterlasern wurde gefordert, um die Leuchtdichte zu erhöhen. Eine solche hohe Leistungsausgabe stellt ein Problem der Wärmeerzeugung dar. Die Menge der Wärmeerzeugung wird basierend auf der elektrischen Leistungsumwandlungseffizienz bestimmt. Dementsprechend sind zum Reduzieren einer solchen Menge der Wärmeerzeugung nicht nur Lichtausgabecharakteristiken wichtig, sondern auch eine Reduzierung einer Ansteuerungsspannung. Daher ist es wünschenswert, einen Halbleiterlaser, der es ermöglicht, eine Ansteuerungsspannung zu reduzieren, und eine elektronische Einrichtung einschließlich desselben bereitzustellen.

[0004] Ein erster Halbleiterlaser gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beinhaltet einen Halbleiterstapel. Der Halbleiterstapel beinhaltet eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, eine Kontaktschicht und eine zweite Man-

telschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge. Der Halbleiterstapel weist ferner eine Erhöhung, die sich in einer Richtung in der gestapelten Ebene erstreckt, in einem Teil auf, der die Kontaktschicht beinhaltet. Jede Niederkonzentrationsfremdstoffschicht weist eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger auf und eine Gesamtdicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht beträgt 250 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger. Eine Entfernung zwischen der zweiten Mantelschicht und der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht am nächsten zu der zweiten Mantelschicht beträgt 150 nm oder weniger.

[0005] Ein zweiter Halbleiterlaser gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beinhaltet einen Halbleiterstapel. Der Halbleiterstapel beinhaltet eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, die eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger aufweisen, eine Kontaktschicht und eine zweite Mantelschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge. Der Halbleiterstapel weist ferner eine Erhöhung, die sich in einer Richtung in der gestapelten Ebene erstreckt, in einem Teil auf, der die Kontaktschicht beinhaltet. Die zweite Mantelschicht befindet sich von einem Leitwellenleitergebiet entfernt, das innerhalb des Halbleiterstapels zu erzeugen ist, falls der Halbleiterlaser angesteuert wird.

[0006] Eine erste elektronische Einrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beinhaltet einen ersten Halbleiterlaser als eine Lichtquelle.

[0007] Eine zweite elektronische Einrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beinhaltet einen zweiten Halbleiterlaser als eine Lichtquelle.

[0008] Bei dem ersten Halbleiterlaser und der ersten elektronischen Einrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beinhaltet die zweite Mantelschicht das transparente leitfähige Material. Ferner weisen die eine oder die mehreren Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, die zwischen der aktiven Schicht und der Kontaktschicht bereitgestellt sind, eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger auf und die Gesamtdicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht beträgt 250 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger. Außerdem beträgt eine Entfernung zwischen der zweiten Mantelschicht und der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht am nächsten zu der zweiten Mantelschicht 150 nm oder weniger. Dies ermöglicht eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaN beinhaltet, in einer Stapelungsrichtung

durch die zweite Mantelschicht begrenzt, die das transparente leitfähige Material beinhaltet. Der erste Halbleiterlaser und die erste elektronische Einrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beinhalten ferner eine streifenförmige Erhöhung. Daher wird das Licht auch in einer Transversalrichtung begrenzt.

[0009] Bei dem zweiten Halbleiterlaser und der zweiten elektronischen Einrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beinhaltet die zweite Mantelschicht das transparente leitfähige Material. Ferner weisen die Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, die zwischen der aktiven Schicht und der Kontaktschicht bereitgestellt sind, eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger auf. Außerdem befindet sich die zweite Mantelschicht von einem Lichtwellenleitergebiet entfernt, das innerhalb des Halbleiterstapels zu erzeugen ist, falls der Halbleiterlaser angesteuert wird. Dies ermöglicht eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaIn beinhaltet, in einer Stapelungsrichtung durch die zweite Mantelschicht begrenzt, die das transparente leitfähige Material beinhaltet. Der erste Halbleiterlaser und die erste elektronische Einrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beinhalten ferner eine streifenförmige Erhöhung. Daher wird das Licht auch in einer Transversalrichtung begrenzt.

Figurenliste

[Fig. 1] Fig. 1 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Querschnittskonfiguration eines Halbleiterlasers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

[Fig. 2] Fig. 2 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Beziehung zwischen einer Lichtintensität einer Schnittstelle einer oberen Mantelschicht und einem Lichtabsorptionsverlust veranschaulicht.

[Fig. 3] Fig. 3 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Querschnittskonfiguration eines Halbleiterlasers gemäß Vergleichsbeispiel A veranschaulicht.

[Fig. 4] Fig. 4 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Querschnittskonfiguration eines Halbleiterlasers gemäß Vergleichsbeispiel B veranschaulicht.

[Fig. 5] Fig. 5 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Querschnittskonfiguration eines Halbleiterlasers gemäß Vergleichsbeispiel C veranschaulicht.

[Fig. 6] Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für I-V-Kennlinien aus dem Beispiel und den Vergleichsbeispielen A und B veranschaulicht.

[Fig. 7] Fig. 7 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für I-L-Kennlinien aus dem Beispiel und den Vergleichsbeispielen A und B veranschaulicht.

[Fig. 8] Fig. 8 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für 1-WPE-Kennlinien aus dem Beispiel und den Vergleichsbeispielen A und B veranschaulicht.

[Fig. 9] Fig. 9 ist ein Diagramm, das ein Modifikationsbeispiel der Querschnittskonfiguration des Halbleiterlasers aus Fig. 1 veranschaulicht.

[Fig. 10] Fig. 10 ist ein Diagramm, das ein Modifikationsbeispiel der Querschnittskonfiguration des Halbleiterlasers aus Fig. 1 veranschaulicht.

[Fig. 11] Fig. 11 ist ein Diagramm, das ein Modifikationsbeispiel der Querschnittskonfiguration des Halbleiterlasers aus Fig. 1 veranschaulicht.

[Fig. 12] Fig. 12 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Brechungsindexverteilung veranschaulicht, falls eine Ladungsträgersperrschicht mit einem Zusammensetzungsgradienten bereitgestellt ist.

[Fig. 13] Fig. 13 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Beziehung zwischen einer Dicke einer gradierten Schicht aus Fig. 12 und einer Lochkonzentration an einer Grenzfläche veranschaulicht.

[Fig. 14] Fig. 14 ist ein Diagramm, das ein Modifikationsbeispiel einer Querschnittskonfiguration des Halbleiterlasers aus Fig. 1 veranschaulicht.

[Fig. 15] Fig. 15 ist ein Diagramm, das ein Modifikationsbeispiel einer Querschnittskonfiguration des Halbleiterlasers aus Fig. 1 veranschaulicht.

[Fig. 16] Fig. 16 ist ein Diagramm, das ein Modifikationsbeispiel einer Querschnittskonfiguration des Halbleiterlasers aus Fig. 1 veranschaulicht.

[Fig. 17] Fig. 17 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine schematische Konfiguration eines Projektors veranschaulicht, auf den der Halbleiterlaser angewandt wird.

[Fig. 18] Fig. 18 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine schematische Konfiguration einer Anzeigevorrichtung veranschaulicht, auf die der Halbleiterlaser angewandt wird.

[Fig. 19] Fig. 19 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine perspektivische Konfiguration einer elektronischen Einrichtung veranschaulicht, auf die der Halbleiterlaser angewandt wird.

Ausführungsweisen der Erfindung

[0010] Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben. Die folgende Beschreibung ist ein spezielles Beispiel der vorliegenden Offenbarung und die vorliegende Offenba-

nung sollte nicht auf die folgenden Ausführungsformen beschränkt werden. Zudem ist die vorliegende Offenbarung nicht auf Positionen, Abmessungen, Abmessungsverhältnisse und andere Faktoren für jeweilige in den Zeichnungen veranschaulichten Elemente beschränkt. Es ist anzumerken, dass die Beschreibung in der folgenden Reihenfolge gegeben ist.

1. Erste Ausführungsform (Halbleiterlaser)
2. Modifikationsbeispiel (Halbleiterlaser)
3. Zweite Ausführungsform (Projektor)
4. Dritte Ausführungsform (Anzeigevorrichtung)
5. Vierte Ausführungsform (Elektronische Einrichtung)

<Erste Ausführungsform>

[Konfiguration]

[0011] Es wird eine Beschreibung einer Konfiguration eines Halbleiterlasers **1** gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung gegeben. **Fig. 1** veranschaulicht ein Beispiel für eine Querschnittskonfiguration des Halbleiterlasers **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Der Halbleiterlaser **1** weist eine Konfiguration auf, bei der ein Halbleiterstapel **20**, der später beschrieben wird, sandwichartig zwischen einem Paar von Resonatorendoberflächen in einer Resonatorrichtung (einer Richtung, in der sich ein Erhöhungsabschnitt **20A** erstreckt) liegt. Entsprechend ist der Halbleiterlaser **1** eine Art eines sogenannten Kantenemissionstyp-Halbleiterlasers.

[0012] Der Halbleiterlaser **1** beinhaltet den Halbleiterstapel **20** auf einem Substrat **10**. Der Halbleiterstapel **20** beinhaltet zum Beispiel eine untere Mantelschicht **21**, eine untere Leitungsschicht **22**, eine aktive Schicht **23**, eine Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** und eine Kontaktschicht **25** in dieser Reihenfolge von der Seite des Substrats **10**. Die untere Mantelschicht **21** entspricht einem speziellen Beispiel für eine „erste Mantelschicht“ der vorliegenden Offenbarung. Es ist anzumerken, dass der Halbleiterstapel **20** ferner eine beliebige Schicht (zum Beispiel Pufferschicht) außer den oben erwähnten Schichten beinhalten kann. Zudem kann in dem Halbleiterstapel **20** die untere Leitungsschicht **22** weggelassen werden.

[0013] Das Substrat **10** und der Halbleiterstapel **20** beinhalten zum Beispiel einen Gruppe-III-V-Nitrid-Halbleiter, wie etwa GaN. Hier verweist der „Gruppe-III-V-Nitrid-Halbleiter“ auf einen Halbleiter, der wenigstens eines, das aus einer Gruppe von Gruppe-3B-Elementen in der kurzen Form des Periodensystems ausgewählt ist (wenigstens ein Element von Ga, Al, In oder B), und wenigstens ein N-Element aus Gruppe-5B-Elementen in der kurzen Form des Periodensystems beinhaltet. Ein Beispiel für den Gruppe-

III-V-Nitrid-Halbleiter beinhaltet eine galliumnitridbasierte Verbindung, die Ga und N beinhaltet. Beispiele für eine galliumnitridbasierte Verbindung beinhalten GaN, AlGaInN und AlGaInN. Der Gruppe-III-V-Nitrid-Halbleiter ist nach Bedarf mit einem n-Typ-Fremdstoff eines Gruppe-IV- oder -IV-Elements, wie etwa Si, Ge, O oder Se, oder einem p-Typ-Fremdstoff eines Gruppe-II- oder -IV-Elements, wie etwa Mg, Zn oder C, dotiert. Das Substrat **10** kann AlN, Al₂O₃ (Saphir), SiC, Si oder ZrO beinhalten.

[0014] Das Substrat **10** kann ein Gruppe-III-V-Nitrid-Halbleiter-Substrat, wie etwa ein GaN-Substrat, sein. In diesem Fall kann eine Kristallfläche einer Hauptoberfläche des GaN-Substrats eine polare Fläche, eine halbpolare Fläche oder eine nichtpolare Fläche sein. Die polare Fläche wird zum Beispiel unter Verwendung von Flächenindizes durch {0,0,0,1} oder {0,0,0,-1} repräsentiert. Die halbpolare Fläche wird zum Beispiel unter Verwendung von Flächenindizes durch {2,0,-2,1}, {1,0,-1,1}, {2,0,-2,-1} oder {1,0,-1,-1} repräsentiert. Die nichtpolare Fläche wird zum Beispiel unter Verwendung von Flächenindizes durch {1,1,-2,0} oder {1,-1,0,0} repräsentiert.

[0015] Die untere Mantelschicht **21** ist über einer Hauptoberfläche des Substrats **10** gebildet und beinhaltet zum Beispiel eine Halbleiterschicht mit einer n-Typ-Leitfähigkeit (eine n-Typ-Halbleiterschicht). Die untere Mantelschicht **21** beinhaltet zum Beispiel eine GaN-Schicht, eine AlGaInN-Schicht oder eine AlGaInN-Schicht, oder wenigstens zwei dieser Schichten. In der unteren Mantelschicht **21** wird zum Beispiel Si als ein Dotierungsmittel verwendet, um eine n-Typ-Leitfähigkeit zu erhalten. Die untere Mantelschicht **21** weist eine Dicke von z. B. 500 nm bis 3000 nm auf.

[0016] Die untere Leitungsschicht **22** ist zum Beispiel über der unteren Mantelschicht **21** gebildet und beinhaltet zum Beispiel eine n-Typ-Halbleiterschicht. Die untere Leitungsschicht **22** beinhaltet zum Beispiel eine GaN-Schicht, eine AlGaInN-Schicht, eine InGaInN-Schicht oder eine AlGaInN-Schicht, oder wenigstens zwei dieser Schichten. In der unteren Leitungsschicht **22** wird zum Beispiel Si als ein Dotierungsmittel verwendet, um eine n-Typ-Leitfähigkeit zu erhalten. Die untere Leitungsschicht **22** weist eine Dicke von z. B. 10 nm oder mehr und 500 nm oder weniger auf. Es ist anzumerken, dass die untere Leitungsschicht **22** eine nichtdotierte Halbleiterschicht beinhalten kann.

[0017] Die aktive Schicht **23** ist zum Beispiel über der unteren Leitungsschicht **22** gebildet. Die aktive Schicht **23** ist zwischen der unteren Leitungsschicht **22** und der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** bereitgestellt. Die aktive Schicht **23** ist zum Beispiel durch alternierendes Stapeln von Barrierschichten und Wannenschichten ausgebildet und weist eine Mehrfachwannenstruktur auf. Es ist anzu-

merken, dass die aktive Schicht **23** eine Mehrfachwannenstruktur aufweisen kann.

[0018] Jede der Wannenschichten beinhaltet Ga und einen Gruppe-III-V-Nitrid-Halbleiter. Jede der Wannenschichten beinhaltet zum Beispiel eine n-Typ-Halbleiterschicht. In jeder der Wannenschichten wird zum Beispiel Si als ein Dotierungsmittel verwendet, um eine n-Typ-Leitfähigkeit zu erhalten. Jede der Wannenschichten weist eine Dicke von z. B. 1 nm bis 100 nm auf. Es ist anzumerken, dass jede der Wannenschichten eine nichtdotierte Halbleiterschicht beinhalten kann. Eine Wellenlänge eines durch jede der Wannenschichten erzeugten Photons beträgt zum Beispiel 430 nm bis 550 nm.

[0019] Jede der Barrierschichten beinhaltet einen Gruppe-III-V-Nitrid-Halbleiter. Jede der Barrierschichten beinhaltet zum Beispiel eine n-Typ-Halbleiterschicht. In jeder der Barrierschichten wird zum Beispiel Si als ein Dotierungsmittel verwendet, um eine n-Typ-Leitfähigkeit zu erhalten. Jede der Barrierschichten weist eine Dicke von z. B. 1 nm bis 100 nm auf. Es ist anzumerken, dass jede der Barrierschichten eine nichtdotierte Halbleiterschicht beinhalten kann. Eine Bandlücke der Barrierschicht weist einen Wert gleich oder größer als eine Bandlücke auf, die in jeder der Wannenschichten maximal wird.

[0020] Die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** ist zum Beispiel über der aktiven Schicht **23** gebildet und beinhaltet zum Beispiel eine n-Typ-Halbleiterschicht. Die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** beinhaltet zum Beispiel eine GaN-Schicht, eine AlGaIn-Schicht, eine InGaIn-Schicht oder eine AlGaInN-Schicht, oder wenigstens zwei dieser Schichten. Die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** beinhaltet einen Fremdstoff. Hier weist der Fremdstoff auf ein Element außer den Elementen (speziell ein N-Element und wenigstens ein Element von Ga, Al, In und B), die in dem Gruppe-III-V-Nitrid-Halbleiter enthalten sind. Der Fremdstoff beinhaltet zum Beispiel Mg, C, Si und/oder O. Die Konzentration des in der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** enthaltenen Fremdstoffs beträgt $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger, z. B. $5,0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Eine Dicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** bei einem Teil, der dem Erhöhungsabschnitt **20A** zugewandt ist, beträgt 250 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger und beträgt bevorzugt 500 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger. Es ist anzumerken, dass bei der vorliegenden Ausführungsform die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** nicht nur für die Unterseite des Erhöhungsabschnitts **20A** bereitgestellt ist, sondern auch für einen Basisteil des Erhöhungsabschnitts **20A**. Daher weist ein Teil, der später beschrieben wird und der sich direkt unter dem Erhöhungsabschnitt **20A** befindet, eine größere Dicke als der Basisteil des Erhöhungsabschnitts **20A** auf.

[0021] Die Konzentration des in der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** enthaltenen Fremdstoffs beträgt $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger, wodurch es ermöglicht wird, eine Verschlechterung von Lichtausgabecharakteristiken aufgrund von Lichtabsorption, die durch den Fremdstoff verursacht wird, zu reduzieren oder zu vermeiden. Außerdem beträgt die Dicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** bei dem Teil, der dem Erhöhungsabschnitt **20A** zugewandt ist, 250 nm oder mehr, wodurch es ermöglicht wird, eine Verschlechterung von Lichtausgabecharakteristiken aufgrund von Lichtabsorption durch die Kontaktschicht **25** und die obere Mantelschicht **31** zu reduzieren oder zu vermeiden. Außerdem beträgt die Dicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** bei dem Teil, der dem Erhöhungsabschnitt **20A** zugewandt ist, 1000 nm oder weniger, wodurch es ermöglicht wird, eine Verschlechterung elektrischer Charakteristiken aufgrund einer Zunahme der resistiven Komponente der Halbleiterschicht zu reduzieren oder zu vermeiden.

[0022] Es ist nicht notwendig, dass die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** eine einheitliche Fremdstoffkonzentration und ein einheitliches Zusammensetzungsverhältnis von Bestandsteilmaterialien hat. Die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** kann mehrere Schichten mit unterschiedlichen Fremdstoffkonzentrationen und unterschiedlichen Zusammensetzungsverhältnissen von Bestandsteilmaterialien beinhalten. In diesem Fall beträgt ihre Gesamtdicke 250 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger und beträgt bevorzugt 500 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger. Eine Schicht (zum Beispiel eine Ladungsträgersperrschicht oder eine Mantelschicht) kann in der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** bereitgestellt werden, wobei die Schicht von der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** verschieden ist und eine geringere Dicke als die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** aufweist.

[0023] Die Kontaktschicht **25** ist zum Beispiel über der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** gebildet und beinhaltet zum Beispiel eine Halbleiterschicht mit einer p-Typ-Leitfähigkeit (eine p-Typ-Halbleiterschicht). Die Kontaktschicht **25** beinhaltet zum Beispiel eine GaN-Schicht, eine AlGaIn-Schicht oder eine AlGaInN-Schicht, oder wenigstens zwei dieser Schichten. In der Kontaktschicht **25** wird zum Beispiel Mg als ein Dotierungsmittel verwendet, um eine p-Typ-Leitfähigkeit zu erhalten. Die Kontaktschicht **25** weist eine Dicke von z. B. 1 nm oder mehr und 150 nm oder weniger auf. In diesem Fall ist eine Entfernung zwischen der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** und der oberen Mantelschicht **31** gleich der Dicke der Kontaktschicht **25** und beträgt zum Beispiel 1 nm oder mehr und 150 nm oder weniger.

[0024] Ein oberer Teil des Halbleiterstapels **20**, insbesondere ein Teil der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** und der Kontaktschicht **25** bilden den Erhöhungsabschnitt **20A** mit einer konvexen Form. Die Kontaktschicht **25** ist über der oberen Oberfläche des Erhöhungsabschnitts **20A** gebildet. Der Erhöhungsabschnitt **20A** ist bei einem Teil, der die Kontaktschicht **25** enthält, gratförmig gebildet, wobei sich die Erhöhung in einer Richtung in der gestapelten Ebene (einer Resonatorrichtung) des Halbleiterstapels **20** erstreckt. Der Erhöhungsabschnitt **20A** liegt sandwichartig zwischen einem Paar von Resonatoroberflächen in dem Halbleiterstapel **20**. Der Erhöhungsabschnitt **20A** weist eine Länge von z. B. 50 µm bis 3000 µm auf. Der Erhöhungsabschnitt **20A** weist eine Breite (eine Länge in einer Richtung orthogonal zu dem Resonator) von z. B. 0,5 µm bis 100 µm auf. Der Erhöhungsabschnitt **20A** wird zum Beispiel durch Entfernen eines Teils von einer Oberfläche der Kontaktschicht **25** bis zu einer Mitte der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** mittels gebildet.

[0025] Eine Seitenoberfläche und der Basisteil des Erhöhungsabschnitts **20A** einer oberen Oberfläche des Halbleiterstapels **20** sind mit einer Isolationsschicht **32** bedeckt. Die Isolationsschicht **32** beinhaltet zum Beispiel SiO₂. Die Isolationsschicht **32** weist eine Dicke von z. B. 10 nm bis 500 nm auf.

[0026] Der Halbleiterlaser **1** beinhaltet ferner eine obere Mantelschicht **31**, eine Isolationsschicht **32** und eine obere Elektrodenschicht **33**, die sich über dem Halbleiterstapel **20** befinden, und eine untere Elektrodenschicht **34**, die sich auf der hinteren Oberfläche des Halbleiterstapels **20** befindet. Die obere Mantelschicht **31** entspricht einem speziellen Beispiel für eine „zweite Mantelschicht“ der vorliegenden Offenbarung.

[0027] Die obere Mantelschicht **31** ist über dem Halbleiterstapel **20** in Kontakt mit der oberen Oberfläche des Erhöhungsabschnitts **20A** gebildet. Die obere Mantelschicht **31** ist über der oberen Oberfläche der Kontaktschicht **25** gebildet. Die obere Mantelschicht **31** beinhaltet ein transparentes leitfähiges Material. Beispiele für das transparente leitfähige Material, das in der oberen Mantelschicht **31** enthalten ist, beinhalten ITO (Indiumzinnoxid) und ITiO (Indiumtitanoxid). Die obere Mantelschicht **31** weist eine Dicke von z. B. 10 nm oder mehr und 500 nm oder weniger auf. Die obere Mantelschicht **31** kann elektrisch mit der Kontaktschicht **25** gekoppelt sein und die Schichtkonfiguration der oberen Mantelschicht **31** ist nicht auf die obige Konfiguration beschränkt. Zudem kann sich die obere Mantelschicht **31** in Kontakt mit der gesamten oberen Oberfläche der Kontaktschicht **25** oder nur einem Teil von dieser befinden.

[0028] Die obere Elektrodenschicht **33** ist über der oberen Mantelschicht **31** gebildet. Die obere Elektrodenschicht **33** weist eine Konfiguration auf, bei der zum Beispiel eine Ti-Schicht, eine Pt-Schicht, eine Au-Schicht in dieser Reihenfolge von einer Seite näher zu der oberen Mantelschicht **31** gestapelt sind. Die Ti-Schicht weist eine Dicke von z. B. 2 nm bis 100 nm auf. Die Pt-Schicht weist eine Dicke von z. B. 10 nm bis 300 nm auf. Die Au-Schicht weist eine Dicke von z. B. 10 nm bis 300 nm auf. Die obere Elektrodenschicht **33** kann elektrisch mit der oberen Mantelschicht **31** gekoppelt sein und die Schichtkonfiguration der oberen Elektrodenschicht **33** ist nicht auf die obige Konfiguration beschränkt. Zudem kann sich die obere Elektrodenschicht **33** in Kontakt mit der gesamten oberen Oberfläche der oberen Mantelschicht **31** oder nur einem Teil von dieser befinden.

[0029] Die untere Elektrodenschicht **34** ist zum Beispiel in Kontakt mit der hinteren Oberfläche des Substrats **10** gebildet. Die untere Elektrodenschicht **34** weist eine Konfiguration auf, bei der zum Beispiel eine Ti-Schicht und eine Al-Schicht in dieser Reihenfolge von einer Seite näher zu dem Substrat **10** gestapelt sind. Die Ti-Schicht weist eine Dicke von z. B. 5 nm bis 50 nm auf. Die Al-Schicht weist eine Dicke von z. B. 10 nm bis 300 nm auf. Die untere Elektrodenschicht **34** kann elektrisch mit dem Substrat **10** gekoppelt sein und die Schichtkonfiguration der unteren Elektrodenschicht **34** ist nicht auf die obige Konfiguration beschränkt. Zudem kann sich die untere Elektrodenschicht **34** in Kontakt mit der gesamten hinteren Oberfläche des Substrats **10** oder nur einem Teil von dieser befinden.

[Herstellungsverfahren]

[0030] Als Nächstes wird eine Beschreibung eines Herstellungsverfahrens des Halbleiterlasers **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform gegeben.

[0031] Zuerst wird zum Beispiel das Substrat **10**, das GaN beinhaltet, vorbereitet. Als Nächstes werden die untere Mantelschicht **21** und die untere Leitungsschicht **22** epitaktisch bei zum Beispiel einer Wachstumstemperatur von 1050 °C auf einer vorderen Oberfläche des Substrats **10** unter Verwendung von zum Beispiel einem MOCVD (metallorganische chemische Gasphasenabscheidung)-Verfahren aufgewachsen. Als Nächstes wird die aktive Schicht **23** epitaktisch bei zum Beispiel einer Wachstumstemperatur von 700 °C unter Verwendung des MOCVD-Verfahrens aufgewachsen. Als Nächstes werden die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** und die Kontaktschicht **25** epitaktisch bei zum Beispiel einer Wachstumstemperatur von 1050 °C unter Verwendung des MOCVD-Verfahrens aufgewachsen.

[0032] Es ist anzumerken, dass während der Ausführung einer MOCVD zum Beispiel Trimethylgallium

$((\text{CH}_3)_3\text{Ga})$ als ein Quellengas für Gallium verwendet wird, zum Beispiel Trimethylaluminium $((\text{CH}_3)_3\text{Al})$ als ein Quellengas für Aluminium verwendet wird und zum Beispiel Trimethylindium $((\text{CH}_3)_3\text{In})$ als ein Quellengas für Indium verwendet wird. Zudem wird Ammoniak (NH_3) als ein Quellengas für Stickstoff verwendet. Ferner wird zum Beispiel Monosilan (SiH_4) als ein Quellengas für Silicium verwendet und wird zum Beispiel Bis(cyclopentadienyl)magnesium ($(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$) als ein Quellengas für Magnesium verwendet.

[0033] Als Nächstes wird ein Fotolackbeschichtungsfilm mit einer Öffnung in einem Gebiet, in dem die obere Mantelschicht **31** zu bilden ist, über dem Halbleiterstapel **20** gebildet und wird die obere Mantelschicht **31** unter Verwendung von zum Beispiel einem Vakuumabscheidungsverfahren oder einem Sputterverfahren gebildet. Anschließend werden wenigstens ein Teil der unteren Mantelschicht **31**, ein Teil der Kontaktschicht **25** und ein Teil der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** durch Ätzen unter Verwendung von zum Beispiel einem RIE-Verfahren entfernt. Dementsprechend wird das Erhöhungsgebiet **20A** gebildet und wird die obere Mantelschicht **31** über dem Erhöhungsabschnitt **20A** gebildet.

[0034] Als Nächstes wird die Isolationsschicht **32** unter Verwendung von zum Beispiel einem Vakuumabscheidungsverfahren oder Sputterverfahren über der Oberfläche des Halbleiterstapels **20** gebildet, die durch das Ätzen freigelegt wird. Die obere Elektrodenschicht **33** wird über den Oberflächen der oberen Mantelschicht **31** und der Isolationsschicht **32** unter Verwendung von zum Beispiel einem Lift-Off-Verfahren gebildet. Anschließend wird die untere Elektrodenschicht **34** auf der hinteren Oberfläche des Substrats **10** unter Verwendung von zum Beispiel einem Lift-Off-Verfahren gebildet. Als Nächstes wird das Substrat **10** in eine Stangenform geschnitten und wird ein Beschichtungsfilm zum Steuern der Reflektivität über einem freigelegten Endoberflächenteil gebildet. Zudem wird das Substrat **10**, das in die Stangenform geschnitten ist, weiter in eine Chipform geschnitten. Dementsprechend wird der Halbleiterlaser **1** hergestellt.

[Betrieb]

[0035] Bei dem Halbleiterlaser **1** mit einer solchen Konfiguration ermöglicht das Anlegen einer vorbestimmten Spannung zwischen der oberen Elektrodenschicht **33** und der unteren Elektrodenschicht **34** eine Injektion eines Stroms in die aktive Schicht **23** durch den Erhöhungsabschnitt **20A**. Dies bewirkt eine Lichtemission aufgrund von Rekombination von Elektronen mit Löchern. Das Licht wird durch ein Paar von Resonatorendoberflächen reflektiert und wird durch die untere Mantelschicht **21** und die obere Mantelschicht **31** begrenzt, wodurch eine Laseroszil-

lation mit einer vorbestimmten Oszillationswellenlänge verursacht wird. Zu dieser Zeit wird ein Lichtwellenleitergebiet **20B**, durch das das oszillierende Licht wellengeleitet wird, in dem Halbleiterstapel **20** gebildet. Das Laserlicht mit der vorbestimmten Oszillationswellenlänge wird dann von einer der Resonatorendoberflächen nach außen abgegeben. Das Lichtwellenleitergebiet **20B** wird direkt unter dem Erhöhungsabschnitt **20A** mit der aktiven Schicht **23** als ein Zentrum gebildet. Die Grenze des Lichtwellenleitergebiets **20B** (ein Teil, der durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 1** angegeben ist) ist ein Gebiet mit einer Lichtintensität, wobei ein Verhältnis von dieser zu der maximalen Lichtintensität in dem Lichtwellenleitergebiet **20B** 0,007 beträgt.

[0036] Die Grenze des Lichtwellenleitergebiets **20B** wird unter Verwendung der obigen Definition bestimmt, weil ein Verhältnis der Lichtintensität an einer Grenzfläche der oberen Mantelschicht **31** und eines Lichtabsorptionsverlusts eine wie in **Fig. 2** veranschaulichte Beziehung aufweist. **Fig. 2** zeigt, dass, falls das Verhältnis der Lichtintensität an der Grenzfläche der oberen Mantelschicht **31** größer als 0,007 wird, der Lichtabsorptionsverlust rasch zunimmt, was dementsprechend zu einer Verschlechterung von Lasercharakteristiken führt. Das heißt, falls sich die obere Mantelschicht **31** in Kontakt mit dem Lichtwellenleitergebiet **20B** befindet, ist die Lichtabsorption signifikant groß, was dementsprechend zu einer Verschlechterung von Lasercharakteristiken führt. Im Gegensatz dazu ist, falls die obere Mantelschicht **31** von dem Lichtwellenleitergebiet **20B** entfernt ist, die Lichtabsorption klein, was dementsprechend zu einer Reduzierung der Verschlechterung von Lasercharakteristiken führt.

[Effekte]

[0037] Als Nächstes wird eine Beschreibung von Effekten in dem Halbleiterlaser **1** im Vergleich zu Vergleichsbeispielen gegeben.

[0038] Um eine elektrische Leistungsumwandlungseffizienz des Halbleiterlasers zu verbessern, ist es notwendig, einen Ansteuerungsstromwert und einen Ansteuerungsspannungswert zu reduzieren. Insbesondere ist die Herausforderung für einen nitridbasierten Halbleiterlaser, wie die Ansteuerungsspannung zu reduzieren ist. **Fig. 3** veranschaulicht ein Beispiel für eine Querschnittskonfiguration eines üblichen nitridbasierten Halbleiterlasers **100** (eines Halbleiterlasers **100** gemäß Vergleichsbeispiel A). Der Halbleiterlaser **100** beinhaltet typischerweise eine AlGaIn-Schicht als eine Mantelschicht, um eine Brechungsindexstufe zu erhalten, die zur Lichtbegrenzung in einer Stapelungsrichtung notwendig ist. Es ist anzumerken, dass die Halbleiterschicht **100** mit einem Halbleiterstapel **120** auf dem Substrat **10** versehen ist und ferner mit einer oberen Leitungsschicht

121 und einer oberen Mantelschicht **122** anstelle der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** versehen ist. Außerdem ist der Halbleiterlaser **100** mit einer oberen Elektrodenschicht **131** einschließlich ITO über einem Erhöhungsabschnitt **120A** anstelle der oberen Mantelschicht **31** versehen.

[0039] Eine AlGaIn-Mantelschicht muss einen geringeren Brechungsindex aufweisen und einen Ladungsträgertransport durchführen. Dementsprechend ist eine AlGaIn-Mantelschicht (die untere Mantelschicht **21**) mit einer n-Typ-Leitfähigkeit auf einer Seite der aktiven Schicht **23** gebildet und ist eine AlGaIn-Mantelschicht (die obere Mantelschicht **122**) mit einer p-Typ-Leitfähigkeit auf der anderen Seite der aktiven Schicht **23** gebildet. Zu dieser Zeit wird in vielen Fällen die obere Mantelschicht **122** mit Mg als ein Akzeptor dotiert, um eine p-Typ-Leitfähigkeit zu erhalten. Jedoch weist Mg in AlGaIn eine große Aktivierungsenergie zur Ionisierung auf und es ist schwierig, eine hohe Konzentration an Lochladungsträgern zu erzeugen. Dies erhöht den Widerstand der oberen Mantelschicht **122**, so dass die Ansteuerungsspannung des Halbleiterlasers **100** erhöht wird, was dementsprechend zu einer Verschlechterung einer elektrischen Leistungsumwandlungseffizienz des Halbleiterlasers **100** führt.

[0040] Fig. 4 veranschaulicht schematisch eine Querschnittskonfiguration eines Halbleiterlasers **200** gemäß Vergleichsbeispiel B. Der Halbleiterlaser **200** ist mit keiner oberen Mantelschicht **122** und keinem Erhöhungsabschnitt **120A** versehen und die Kontaktschicht **123** befindet sich in Kontakt mit der oberen Leitungsschicht **121**. Zudem ist der Halbleiterlaser **200** mit einer oberen Mantelschicht **132** einschließlich ITO anstelle der oberen Elektrodenschicht **131** versehen. Außerdem ist eine Isolationsschicht **124** um die obere Mantelschicht **132** herum bereitgestellt.

[0041] Der Brechungsindex von ITO für eine Wellenlänge von z. B. 450 nm beträgt etwa 2,0, was im Vergleich zu 2,5, was der Brechungsindex der oberen Leitungsschicht **121** ist, klein genug ist. Daher dient die obere Mantelschicht **132** als eine Mantelschicht, die eine Brechungsindexstufe zum Begrenzen von Licht in der Stapelungsrichtung erhält. Der Halbleiterlaser **200** muss keine AlGaIn-Mantelschicht mit hohem Widerstand verwenden, die eine p-Typ-Leitfähigkeit aufweist, wodurch ein Vorteil des Reduzierens einer Ansteuerungsspannung erhalten wird.

[0042] Des Weiteren wird bei dem Halbleiterlaser **100** der Erhöhungsabschnitt **120A** gebildet und wird die Isolationsschicht **32** um den Randabschnitt **120A** herum gebildet. Die Isolationsschicht **32** beinhaltet z. B. SiO₂ und weist für eine Wellenlänge von z. B. 450 nm einen Brechungsindex von 1,46 auf, der im Vergleich zu jenem eines Nitridhalbleiters klein genug ist. Dies ermöglicht es, eine Brechungsindexstufe zu er-

halten, die zum Erreichen einer Lichtbegrenzung in der Breitenrichtung des Erhöhungsabschnitts **120A** notwendig ist.

[0043] Im Gegensatz dazu ist bei dem Halbleiterlaser **200** die obere Mantelschicht **132** über der Kontaktschicht **123** gebildet und ist die Isolationsschicht **124** in einem Gebiet gebildet, in dem keine obere Mantelschicht **132** gebildet ist. Der Brechungsindex der Isolationsschicht **124** für eine Wellenlänge von z. B. 450 nm beträgt 1,46, was im Vergleich zu 2,0, was der Brechungsindex der oberen Mantelschicht **132** für die gleiche Wellenlänge ist, groß genug ist. Daher ist es, selbst wenn kein Erhöhungsabschnitt gebildet wird, möglich, eine Lichtbegrenzung in einer Richtung in der gestapelten Ebene zu erreichen, wodurch ein stabiler Laserbetrieb, eine Kostenreduzierung und bessere Ausbeute ermöglicht werden.

[0044] Nun weist die obere Mantelschicht **132** eine endliche Lichtabsorption mit Bezug auf Licht mit einer Wellenlänge von z. B. 430 nm bis 550 nm auf. Daher ist bei dem Halbleiterlaser **200** die Intensität von Licht, das in die obere Mantelschicht **132** leckt, in einer in dem Resonator ausgebildeten optischen Transversalmode groß (siehe ein Lichtwellenleitergebiet **220B** in Fig. 4). Infolgedessen weist der Halbleiterlaser **200** beim Erhalten des Verlusts, der durch die Lichtabsorption durch die obere Mantelschicht **132** verursacht wird, Schwierigkeiten auf, seine Charakteristiken ausreichend zu verbessern. Außerdem begrenzt die Konfiguration des Halbleiterstapels **220** Licht in der Richtung in der gestapelten Ebene nicht ausreichend, was zu einem instabilen Betrieb des Halbleiterlasers **200** führen kann.

[0045] Fig. 5 veranschaulicht schematisch eine Querschnittskonfiguration eines Halbleiterlasers **300** gemäß Vergleichsbeispiel C. Der Halbleiterlaser **300** ist mit einer oberen Leitungsschicht **321**, die eine größere Dicke aufweist, anstelle der oberen Leitungsschicht **121**, die eine kleinere Dicke aufweist, versehen. Eine solche Konfiguration ermöglicht eine Reduzierung der Intensität von Licht, das in die obere Mantelschicht **132** leckt, in einer optischen Transversalmode, die in dem Resonator ausgebildet wird (siehe ein Lichtwellenleitergebiet **320B** aus Fig. 5). Da sich die obere Mantelschicht **132** weit von der aktiven Schicht **23** entfernt befindet, wird jedoch Licht ausreichend in der Richtung in der gestapelten Ebene begrenzt, was zu einem instabilen Laserbetrieb führen kann.

[0046] Im Gegensatz dazu beinhaltet die obere Mantelschicht **31** bei der vorliegenden Ausführungsform ein transparentes leitfähiges Material. Ferner weist die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24**, die zwischen der aktiven Schicht **23** und der Kontaktschicht **25** bereitgestellt ist, eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger auf und weist

eine Gesamtdicke von 250 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger auf. Zudem beträgt die Entfernung zwischen der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** und der oberen Mantelschicht **31** 150 nm oder weniger. Dies ermöglicht eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaIn beinhaltet, in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt, die das transparente leitfähige Material beinhaltet. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird ferner der Erhöhungsabschnitt **20A** mit einer Streifenform gebildet. Daher wird das Licht auch in der Transversalrichtung begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

[0047] Außerdem beinhaltet die obere Mantelschicht **31** bei der vorliegenden Ausführungsform ein transparentes leitfähiges Material. Ferner weist die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24**, die zwischen der aktiven Schicht **23** und der Kontaktschicht **25** bereitgestellt ist, eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger auf. Ferner befindet sich die obere Mantelschicht **31** von dem Lichtwellenleitergebiet **20B** entfernt, das innerhalb des Halbleiterstapels **20** zu erzeugen ist, falls der Halbleiterlaser **1** angesteuert wird. Das heißt, das Verhältnis der Lichtintensität an der Grenze der oberen Mantelschicht **31** näher zu der aktiven Schicht **23** zu der maximalen Lichtintensität beträgt weniger als 0,007.

[0048] Dies ermöglicht eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaIn beinhaltet, in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt, das das transparente leitfähige Material beinhaltet. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird ferner der Erhöhungsabschnitt **20A** mit einer Streifenform gebildet. Daher wird das Licht auch in der Transversalrichtung begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

[0049] **Fig. 6** veranschaulicht ein Beispiel für I-V-Kennlinien des Halbleiterlasers **100** gemäß dem Vergleichsbeispiel A, des Halbleiterlasers **200** gemäß dem Vergleichsbeispiel B und des Halbleiterlasers **1** gemäß dem Beispiel. Die Ergebnisse in **Fig. 6** wurden durch einen Halbleitersimulator erhalten. Bei dem Halbleitersimulator wurde in dem Beispiel die Fremdstoffkonzentration der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** auf $2,0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ eingestellt und wurde die Dicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** auf 500 nm eingestellt. Bei dem Halbleitersimulator wurde in den Vergleichsbeispielen A und B die Fremdstoffkonzentration der oberen Leitungsschicht **121** auf $2,0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ eingestellt und wurde die Dicke der oberen Leitungsschicht **121** auf

200 nm eingestellt. **Fig. 6** gibt an, dass die Ansteuerungsspannung in dem Beispiel niedriger als jene in den Vergleichsbeispielen A und B ist.

[0050] **Fig. 7** veranschaulicht ein Beispiel für I-L-Kennlinien des Halbleiterlasers **100** gemäß dem Vergleichsbeispiel A, des Halbleiterlasers **200** gemäß dem Vergleichsbeispiel B und des Halbleiterlasers **1** gemäß dem Beispiel. **Fig. 7** gibt an, dass das Beispiel eine größere Lichtausgabe als die Vergleichsbeispiele A und B bereitstellt.

[0051] **Fig. 8** veranschaulicht ein Beispiel für L-WPE (elektrische Leistungsumwandlungseffizienz)-Kennlinien des Halbleiterlasers **100** gemäß dem Vergleichsbeispiel A, des Halbleiterlasers **200** gemäß dem Vergleichsbeispiel B und des Halbleiterlasers **1** gemäß dem Beispiel. **Fig. 8** gibt an, dass die elektrische Leistungsumwandlungseffizienz in dem Beispiel höher als jene in den Vergleichsbeispielen A und B ist.

[0052] Zudem beinhaltet der Halbleiterstapel **20** (die untere Mantelschicht **21**, die aktive Schicht **23**, die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** und die Kontaktschicht **25**) bei der vorliegenden Ausführungsform einen Nitridhalbleiter und die obere Mantelschicht **31**, die über dem Halbleiterstapel **20** gebildet ist, beinhaltet ITO oder ITiO. Dies ermöglicht, dass die obere Mantelschicht **31** Licht in der Stapelungsrichtung selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht einschließlich mit Mg dotiertem AlGaIn begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung im Vergleich zu einem Fall zu reduzieren, in dem eine dicke Mantelschicht einschließlich mit Mg dotiertem AlGaIn bereitgestellt ist.

<Modifikationsbeispiele>

[0053] Als Nächstes wird eine Beschreibung von Modifikationsbeispielen des Halbleiterlasers **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform gegeben. **Fig. 9** bis **Fig. 14** veranschaulichen Modifikationsbeispiele einer Querschnittskonfiguration des Halbleiterlasers **1**.

[Modifikationsbeispiel A]

[0054] Bei der vorliegenden Ausführungsform kann die Kontaktschicht **25** eine große Dicke aufweisen, wie z. B. in **Fig. 9** veranschaulicht ist. In diesem Fall kann der Erhöhungsabschnitt **20A** durch Ätzen eines Teils der Kontaktschicht **25** gebildet werden. Außerdem kann in der Kontaktschicht **25** der Teil, der sich direkt unterhalb des Erhöhungsabschnitts **20A** befindet, eine größere Dicke als der Basisteil des Erhöhungsabschnitts **20A** aufweisen. Selbst eine solche Konfiguration ermöglicht eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke

Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaIn beinhaltet, in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt, die das transparente leitfähige Material beinhaltet. Ferner wird das Licht durch den Erhöhungsabschnitt **20A** auch in der Transversalrichtung begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

[Modifikationsbeispiel B]

[0055] Bei der obigen Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen von dieser, wie z. B. in **Fig. 10** veranschaulicht, kann in dem Halbleiterlaser **1** eine Ladungsträgersperrschicht **26**, die eine von der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** verschiedene Schicht ist, für die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** bereitgestellt werden. In diesem Fall ist die Ladungsträgersperrschicht **26** zwischen der aktiven Schicht **23** und der Kontaktschicht **25** bereitgestellt. In diesem Fall kann in der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** der Teil, der sich direkt unterhalb des Erhöhungsabschnitts **20A** befindet, eine größere Dicke als der Basisteil des Erhöhungsabschnitts **20A** aufweisen. Die Ladungsträgersperrschicht **26** ermöglicht eine wesentliche Verhinderung davon, dass ein Ladungsträger, der von der näher an dem Substrat **10** gelegenen Seite injiziert wird, über die aktive Schicht **23** hinweg in den Erhöhungsabschnitt **20A** eintritt. Das Bereitstellen der Ladungsträgersperrschicht **26** ermöglicht die Verbesserung der Ladungsträgernutzungseffizienz, wodurch es ermöglicht wird, die elektrische Leistungsumwandlungseffizienz des Halbleiterlasers **1** zu verbessern.

[0056] Die Ladungsträgersperrschicht **26** beinhaltet zum Beispiel eine p-Typ-Halbleiterschicht. Die Ladungsträgersperrschicht **26** beinhaltet zum Beispiel eine GaN-Schicht, eine AlGaIn-Schicht, eine InGaIn-Schicht oder eine AlGaInN-Schicht, oder wenigstens zwei dieser Schichten. In der Ladungsträgersperrschicht **26** wird zum Beispiel Mg als ein Dotierungsmittel verwendet, um eine p-Typ-Leitfähigkeit zu erhalten. Die Ladungsträgersperrschicht **26** weist eine Dicke von z. B. 3 nm bis 50 nm auf.

[0057] Bei dem vorliegenden Modifikationsbeispiel wird die Ladungsträgersperrschicht **26**, die eine von der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** verschiedene Schicht ist, für die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** bereitgestellt. Selbst eine solche Konfiguration ermöglicht eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaIn beinhaltet, in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt, die das transparente leitfähige Material beinhaltet. Ferner wird das Licht durch den Erhöhungsabschnitt **20A** auch in der Transversalrichtung begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

[Modifikationsbeispiel C]

[0058] Bei dem obigen Modifikationsbeispiel B, wie in z. B. **Fig. 11** veranschaulicht, kann der Erhöhungsabschnitt **20A** durch Ätzen eines Teils der Kontaktschicht **25**, eines Teils der Ladungsträgersperrschicht **26** und eines Teils der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** gebildet werden. In diesem Fall kann in der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24**, die sich zwischen der Ladungsträgersperrschicht **26** und der aktiven Schicht **23** befindet, der Teil, der sich direkt unterhalb des Erhöhungsabschnitts **20A** befindet, eine größere Dicke als der Basisteil des Erhöhungsabschnitts **20A** aufweisen. Eine solche Konfiguration ermöglicht, dass der Erhöhungsabschnitt **20A** Licht stärker in der Transversalrichtung begrenzt, wodurch bessere Lichtausgabecharakteristiken erhalten werden. Außerdem wird eine Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material reduziert und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaIn beinhaltet, in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt, die das transparente leitfähige Material beinhaltet. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

[Modifikationsbeispiel D]

[0059] Bei dem obigen Modifikationsbeispiel C kann die Zusammensetzung der Ladungsträgersperrschicht **25** gradiert sein, so dass die Bandlückenenergie der Ladungsträgersperrschicht **26** zu der Kontaktschicht **25** hin zunimmt. In diesem Fall, wie in z. B. **Fig. 12** veranschaulicht, weist die Ladungsträgersperrschicht **26** eine gradierte Schicht **26A** auf, in der die Zusammensetzung der Ladungsträgersperrschicht **25** derart gradiert ist, dass die Bandlückenenergie zu der Kontaktschicht **25** hin abnimmt. Falls zum Beispiel AlGaIn mit 10 % Al als die Ladungsträgersperrschicht **26** verwendet wird und die Kontaktschicht **25** einschließlich GaN auf diese gestapelt ist, ermöglicht der Zusammensetzungsgradient (die gradierte Schicht **26A**) der Ladungsträgersperrschicht **26** eine Steuerung des Elektronenflusses. Außerdem ermöglicht der Zusammensetzungsgradient (die gradierte Schicht **26A**) der Ladungsträgersperrschicht **25** auch eine Reduzierung der Konzentration von Löchern, die an der Grenzfläche zwischen der Ladungsträgersperrschicht **26** und der Kontaktschicht **25** akkumuliert werden. Zum Beispiel gibt das in **Fig. 13** veranschaulichte Simulationsergebnis an, dass eine Bereitstellung der gradierten Schicht **26A** eine Reduzierung der Lochkonzentration an der Grenzfläche zwischen der Ladungsträgersperrschicht **26** und der Kontaktschicht **25** ermöglicht. Zudem gibt es auch an, dass eine Zunahme der Dicke der gradierten Schicht **26A** eine größere Reduzierung der Lochkonzentration an der Grenzfläche zwischen der Ladungsträgersperrschicht **26** und der Kontaktschicht **25** ermöglicht.

[0060] Bei dem obigen Modifikationsbeispiel C kann der Erhöhungsabschnitt **20A** durch Ätzen der Ladungsträgersperrschicht **26** gebildet werden. Zu dieser Zeit verschwinden die Löcher, die an der Grenzfläche zwischen der Ladungsträgersperrschicht **26** und der Kontaktschicht **25** akkumuliert wurden, aufgrund von nichtstrahlender Rekombination, die an der Grenzfläche des Erhöhungsabschnitts **20A** stattfindet. Es wird ermöglicht, dass sich die an der Grenzfläche zwischen der Ladungsträgersperrschicht **26** und der Kontaktschicht **25** akkumulierten Löcher einfach als ein zweidimensionales Elektronengas in dem Erhöhungsabschnitt **20A** bewegen. Daher ist die Anzahl an Löchern die aufgrund von nichtstrahlender Rekombination verschwinden umso höher, je höher die Konzentration der Löcher ist, die an der Grenzfläche zwischen der Ladungsträgersperrschicht **26** und der Kontaktschicht **25** akkumuliert werden.

[0061] Jedoch kann bei diesem Modifikationsbeispiel die Zusammensetzung der Ladungsträgersperrschicht **26** gradiert sein, so dass die Bandlückenenergie der Ladungsträgersperrschicht **26** zu der Kontaktschicht **25** hin zunimmt. Dies reduziert die Konzentration der Löcher, die an der Grenzfläche zwischen der Ladungsträgersperrschicht **26** und der Kontaktschicht **25** gebildet werden. Wie zu sehen ist, ermöglicht das Gradieren der Zusammensetzung der Ladungsträgersperrschicht **26** bei diesem Modifikationsbeispiel nur eine Steuerung des Elektronenflusses, sondern auch eine Reduzierung der nichtstrahlenden Rekombination, die an der Oberfläche des Erhöhungsgebiets **20A** stattfindet. Dies ermöglicht es, eine Lichtemissionseffizienz erheblich zu erhöhen.

[Modifikationsbeispiel E]

[0062] Bei dem obigen Modifikationsbeispiel B, wie in z. B. **Fig. 14** veranschaulicht, kann die Ladungsträgersperrschicht **26** zwischen der aktiven Schicht **23** und der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** bereitgestellt sein. Selbst eine solche Konfiguration ermöglicht eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaIn beinhaltet, in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt, die das transparente leitfähige Material beinhaltet. Ferner wird das Licht durch den Erhöhungsabschnitt **20A** auch in der Transversalrichtung begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

[Modifikationsbeispiel F]

[0063] Bei dem obigen Modifikationsbeispiel A, wie in z. B. **Fig. 15** veranschaulicht, kann die Ladungsträgersperrschicht **26** zwischen der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** und der Kontaktschicht **25** bereitgestellt sein. In diesem Fall kann die Kontakt-

schicht **25** eine große Dicke aufweisen, kann der Erhöhungsabschnitt **20A** durch Ätzen eines Teils der Kontaktschicht **25** gebildet sein und kann die Ladungsträgersperrschicht **26** in Kontakt mit der Kontaktschicht **25** gebildet sein. Selbst eine solche Konfiguration ermöglicht eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaIn beinhaltet, in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt, die das transparente leitfähige Material beinhaltet. Ferner wird das Licht durch den Erhöhungsabschnitt **20A** auch in der Transversalrichtung begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

[Modifikationsbeispiel G]

[0064] Bei der obigen Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen A bis F, wie in z. B. **Fig. 16** veranschaulicht, kann der Halbleiterlaser **1** eine obere Mantelschicht **27** zwischen der Kontaktschicht **25** und der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** beinhalten. Die obere Mantelschicht **27** ist z. B. eine mit Mg dotierte AlGaIn-Schicht und weist eine geringere Dicke als die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht **24** bei einem Teil auf, der dem Erhöhungsabschnitt **20A** zugewandt ist. Die Gesamtdicke der Kontaktschicht **25** und der oberen Mantelschicht **31** beträgt zum Beispiel 150 nm oder weniger. Selbst eine solche Konfiguration ermöglicht eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird Licht selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht, die mit Mg dotiertes AlGaIn beinhaltet, in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt, die das transparente leitfähige Material beinhaltet. Ferner wird das Licht durch den Erhöhungsabschnitt **20A** auch in der Transversalrichtung begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

[Modifikationsbeispiel H]

[0065] Bei der obigen Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen A bis G kann der Halbleiterstapel **20** einen Gruppe-III-V-Nitrid-Halbleiter einschließlich As, B, Sb oder P oder wenigstens zwei Schichten dieser Schichten beinhalten. Selbst in einem solchen Fall wird Licht in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt und wird in der Transversalrichtung durch den Erhöhungsabschnitt **20A** begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

[Modifikationsbeispiel I]

[0066] Bei der obigen Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen A bis H kann eine Metallschicht oder Harzschicht anstelle der Isolationsschicht **32** bereitgestellt werden. Alternativ dazu kann bei der obi-

gen Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen A bis G die Isolationsschicht **32** weggelassen werden und außerdem innerhalb des Halbleiterstapels **20** ein Teil um den Erhöhungsabschnitt **20A** und den Basisteil des Erhöhungsabschnitts **20A** herum (das heißt ein Teil in Kontakt mit der Isolationsschicht **32**) gegenüber der Atmosphäre ausgesetzt werden. Selbst in einem solchen Fall wird Licht in der Stapelungsrichtung durch die obere Mantelschicht **31** begrenzt und wird in der Transversalrichtung durch den Erhöhungsabschnitt **20A** begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren.

<Zweite Ausführungsform>

[0067] Es wird als Nächstes eine Beschreibung eines Projektors **2** gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung gegeben. **Fig. 17** veranschaulicht ein Beispiel für eine schematische Konfiguration des Projektors **2**. Der Projektor **2** ist eine Vorrichtung, die ein Bild basierend auf einem extern eingegebenen Bildsignal Din auf z. B. eine Leinwand projiziert. Der Projektor **2** beinhaltet einen Videosignalverarbeitungsschaltkreis **41**, einen Laseransteuerungsschaltkreis **42**, eine Lichtquelleneinheit **43**, eine Scannereinheit **44** und einen Scanneransteuerungsschaltkreis **45**.

[0068] Der Videosignalverarbeitungsschaltkreis **41** erzeugt ein Projektionsbildsignal für jede Farbe basierend auf dem Bildsignal Din. Der Laseransteuerungsschaltkreis **42** steuert den Scheitelwert eines Strompulses, der an Lichtquellen **43R**, **43G** und **43B** anzulegen ist, die später beschrieben werden, basierend auf dem Projektionsbildsignal für jede Farbe.

[0069] Die Lichtquelleneinheit **43** beinhaltet mehrere Lichtquellen, zum Beispiel drei Lichtquellen **43R**, **43G** und **43B**. Die drei Lichtquellen **43R**, **43G** und **43B** werden als Laserlichtquellen verwendet, die jeweilige Strahlen von Laserlicht mit roten (R), grünen (G) und blauen (B) Wellenlängen ausgeben. Wenigstens eine der Lichtquellen **43B** oder **43G** beinhaltet den Halbleiterlaser **1** gemäß der obigen Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen davon. Die jeweiligen Strahlen von Laserlicht, die von den drei Lichtquellen **43R**, **43G** und **43B** ausgegeben werden, werden zum Beispiel durch eine Kollimatorlinse zu im Wesentlichen parallelen Lichtstrahlen gemacht. Danach wird das resultierende Licht durch z. B. Strahlteiler **43 sR**, **43 sG** und **43 sB** in einen einzigen Strahl aus Laserlicht umgewandelt. Der Strahlteiler **43sR** reflektiert zum Beispiel rotes Licht. Der Strahlteiler **43 sG** reflektiert zum Beispiel grünes Licht und ermöglicht, dass rotes Licht durch diesen transmittiert wird. Der Strahlteiler **43sB** reflektiert zum Beispiel blaues Licht und ermöglicht, dass rotes Licht und grünes Licht durch diesen transmittiert werden.

[0070] Das Laserlicht, das durch die Strahlteiler **43 sR**, **43sG** und **43sB** transmittiert wurde und durch diese reflektiert wurde, tritt in die Scannereinheit **44** ein. Die Scannereinheit **44** beinhaltet zum Beispiel einen Zweiachsenscanner. Der Strahlungswinkel des eingetretenen Lichts wird durch den Zweiachsenscanner in horizontaler und vertikaler Richtung moduliert und anschließend wird das resultierende Laserlicht auf eine Leinwand projiziert. Es ist anzumerken, dass die Scannereinheit **44** eine Konfiguration aufweisen kann, bei der zwei Einachsenscanner verwendet werden, um das Scannen in der horizontalen Richtung und der vertikalen Richtung durchzuführen.

[0071] Die Scannereinheit **44** beinhaltet üblicherweise einen Sensor, der einen Strahlungswinkel z. B. des Zweiachsenscanners detektiert. Der Sensor gibt ein Winkelsignal für sowohl die horizontale als auch vertikale Richtung aus. Diese Winkelsignale werden in den Scanneransteuerungsschaltkreis **45** eingegeben. Der Scanneransteuerungsschaltkreis **45** steuert die Scannereinheit **44** basierend auf einem Horizontalwinkelsignal und einem Vertikalwinkelsignal, die zum Beispiel von der Scannereinheit **44** eingegeben werden, an, um einen gewünschten Strahlungswinkel zu erhalten.

[0072] Bei der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet die Lichtquelle **43B** den Halbleiterlaser **1** gemäß der obigen Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen davon. Dies ermöglicht es, eine hohe Emissionsintensität mit geringem Leistungsverbrauch zu erhalten.

<Dritte Ausführungsform>

[0073] Es wird als Nächstes eine Beschreibung einer Anzeigevorrichtung **3** gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung gegeben. **Fig. 18** veranschaulicht ein Beispiel für eine schematische Konfiguration der Anzeigevorrichtung **3**. Die Anzeigevorrichtung **3** beinhaltet z. B. eine Pixelarrayeinheit **40**, eine Steuerung **50** und eine Ansteuerung **60**. Eine Pixelarrayeinheit **40** beinhaltet mehrere Anzeigepixel **40A**, die in einer Matrix angeordnet sind. Die Steuerung **50** und die Ansteuerung **60** steuern jedes der Anzeigepixel **40A** basierend auf dem extern eingegebenen Bildsignal Din und einem extern eingegebenen Synchronisationssignal Tin an.

[0074] Die Steuerung **50** und die Ansteuerung **60** steuern jedes Anzeigepixel **40A** durch eine Aktivmatrixansteuerung an, um zu ermöglichen, dass die Pixelarrayeinheit **40** ein Bild basierend auf dem extern eingegebenen Bildsignal Din und dem extern eingegebenen Synchronisationssignal Tin anzeigt. Die Pixelarrayeinheit **40** beinhaltet mehrere Scanleitungen, die sich in einer Zeilenrichtung erstrecken, mehrere Signalleitungen, die sich in einer Spaltenrichtung erstrecken, und mehrere Anzeigepixel **40A**, die jeweils

Stück für Stück durch Schnittpunkte der Scanleitungen und der Signalleitungen bereitgestellt sind.

[0075] Die Scanleitungen werden zur Auswahl jedes Anzeigepixels **40A** verwendet und versorgen jedes Anzeigepixel **40A** mit einem Auswahl puls, der jedes Anzeigepixel **40A** auf einer vorbestimmten Einheitsbasis (zum Beispiel Pixelzeilenbasis) auswählt. Die Signalleitungen werden verwendet, um jedes Anzeigepixel **40A** mit einer Signal spannung zu versorgen, die dem Bildsignal Din entspricht, und jedes Anzeigepixel **40A** mit einem Datenpuls einschließlich der Signalspannung zu versorgen.

[0076] Jedes der Anzeigepixel **40A** beinhaltet mehrere Subpixel, die jeweils einen Halbleiterlaser beinhalten. In jedem der Anzeigepixel **40A** aus den mehreren Subpixeln ist der Halbleiterlaser, der blaues Licht emittiert, und/oder der Halbleiterlaser, der grünes Licht emittiert, der Halbleiterlaser **1** gemäß der obigen Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen von dieser.

[0077] Die Ansteuerung **60** beinhaltet zum Beispiel einen Horizontalselektor **61** und einen Schreibscanner **62**. Der Horizontalselektor **61** liegt an jede der Signalleitungen zum Beispiel eine Analogsignalspannung an, die von einem Bildsignalverarbeitungsschaltkreis **51** gemäß (in Synchronisation mit) einer Eingabe eines Steuersignals von der Steuerung **50** eingegeben wird. Der Schreibscanner **62** scannt die mehreren Anzeigepixel **40A** auf einer vorbestimmten Einheitsbasis. Insbesondere gibt der Schreibscanner **62** sequentiell einen Auswahlpuls an jede der Scanleitungen in einer Einzelbildperiode aus. Der Schreibscanner **62** wählt zum Beispiel die mehreren Scanleitungen in einer vorbestimmten Sequenz gemäß (in Synchronisation mit) einer Eingabe eines Steuersignals von der Steuerung **50** aus, um ein Schreiben der Signalspannung in einer gewünschten Reihenfolge auszuführen.

[0078] Die Steuerung **50** beinhaltet zum Beispiel den Bildsignalverarbeitungsschaltkreis **51**, einen Timingerzeugungsschaltkreis **52** und einen Leistungsversorgungsschaltkreis **53**. Der Bildsignalverarbeitungsschaltkreis **51** führt zum Beispiel eine vorbestimmte Korrektur an dem Digitalbildsignal Din durch, das extern eingegeben wurde, und erzeugt eine Signalspannung basierend auf einem so erhaltenen Bildsignal. Der Bildsignalverarbeitungsschaltkreis **51** gibt zum Beispiel die erzeugte Signalspannung an den horizontalen Selektor **61** aus. Der Timingerzeugungsschaltkreis **52** führt eine Steuerung zum Bewirken durch, dass jeder Schaltkreis in der Ansteuerung **60** in zusammenarbeitet. Der Timingerzeugungsschaltkreis **52** gibt zum Beispiel ein Steuersignal an jeden der Schaltkreise in der Ansteuerung **60** gemäß (in Synchronisation mit) dem extern eingegebenen Synchronisationssignal Tin aus.

Der Leistungsversorgungsschaltkreis **53** erzeugt und liefert verschiedene feste Spannungen, die für verschiedene Schaltkreise, wie etwa den Horizontalselektor **61**, den Schreibscanner **62**, den Bildsignalverarbeitungsschaltkreis **51**, den Timingerzeugungsschaltkreis **52** und den Leistungsversorgungsschaltkreis **53**, notwendig sind.

[0079] Bei der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet jedes der Anzeigepixel **40A** den Halbleiterlaser **1** gemäß der obigen Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen davon. Dies ermöglicht es, eine hohe Emissionsintensität mit geringem Leistungsverbrauch zu erhalten.

<Vierte Ausführungsform>

[0080] Es wird als Nächstes eine Beschreibung einer elektronischen Einrichtung **4** gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung gegeben. **Fig. 19** veranschaulicht ein Beispiel für eine perspektivische Konfiguration der elektronischen Einrichtung **4**. Die elektronische Einrichtung **4** ist zum Beispiel ein mobiles Endgerät mit einer Anzeigefläche auf einer Hauptoberfläche eines plattenförmigen Gehäuses. Die elektronische Einrichtung **4** beinhaltet zum Beispiel die Anzeigevorrichtung **3** gemäß der dritten Ausführungsform bei einer Position der Anzeigefläche. Die Pixelarrayeinheit **40** der Anzeigevorrichtung **3** ist auf der Anzeigefläche der elektronischen Einrichtung **4** angeordnet.

[0081] Bei der vorliegenden Ausführungsform beinhaltet jedes der Anzeigepixel **40A** den Halbleiterlaser **1** gemäß der Ausführungsform und den Modifikationsbeispielen davon. Dies ermöglicht es, eine hohe Emissionsintensität mit geringem Leistungsverbrauch zu erhalten.

[0082] Es ist anzumerken, dass die Anzeigevorrichtung **3** gemäß der obigen dritten Ausführungsform auf eine Anzeigevorrichtung beliebiger elektronischer Einrichtungen in jedem Gebiet anwendbar ist, das extern eingegebene Bildsignale oder intern erzeugte Bildsignale als Bilder oder Filme anzeigt. Beispiele für die elektronischen Einrichtungen beinhalten einen Fernseher, eine digitale Kamera, einen Notebook-PC, eine mobile Endgeräteeinrichtung, wie etwa ein Mobiltelefon, und eine Videokamera.

[0083] Wie zu sehen ist, ist die vorliegende Offenbarung unter Bezugnahme auf die mehreren Ausführungsformen beschrieben. Jedoch ist die vorliegende Offenbarung nicht auf die jeweiligen Ausführungsformen usw. beschränkt und es sind verschiedene Modifikationen möglich. Es wird angemerkt, dass die in der Beschreibung beschriebenen Effekte lediglich Beispiele sind. Die Effekte der vorliegenden Offenbarung sind nicht auf die in dieser Beschreibung beschriebenen Effekte beschränkt. Die vorliegende Of-

fenbarung kann einen anderen Effekt als die in der Beschreibung beschriebenen Effekte aufweisen.

[0084] Zudem kann die vorliegende Offenbarung zum Beispiel die folgende Konfiguration aufweisen.

(1) Ein Halbleiterlaser, der Folgendes beinhaltet:

einen Halbleiterstapel, der eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, eine Kontaktschicht und eine zweite Mantelschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge beinhaltet, wobei der Halbleiterstapel in einem Teil einschließlich der Kontaktschicht einen Erhöhungsteil aufweist, der sich in der Richtung der gestapelten Ebene erstreckt,

wobei die eine oder die mehreren Niederkonzentrationsfremdstoffschichten eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger aufweisen, wobei eine Gesamtdicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht 250 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger beträgt,

wobei eine Entfernung zwischen der zweiten Mantelschicht und der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht am nächsten zu der zweiten Mantelschicht 150 nm oder weniger beträgt.

(2) Der Halbleiterlaser gemäß (1), wobei die erste Mantelschicht, die aktive Schicht, die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht und die Kontaktschicht jeweils ein nitridbasiertes Halbleitermaterial beinhalten.

(3) Der Halbleiterlaser gemäß (1) oder (2), wobei das transparente leitfähige Material ITO oder ITiO ist.

(4) Der Halbleiterlaser gemäß einem von (1) bis (3), wobei der in der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht enthaltene Fremdstoff wenigstens einer von Magnesium, Kupfer, Silicium oder Sauerstoff ist.

(5) Der Halbleiterlaser gemäß einem von (1) bis (4), der ferner eine Ladungsträgersperrschicht beinhaltet, die zwischen der aktiven Schicht und der Kontaktschicht bereitgestellt ist, wobei in der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht ein Teil, der sich direkt unterhalb der Erhöhung befindet, eine größere Dicke als ein Basisteil der Erhöhung aufweist.

(6) Der Halbleiterlaser gemäß (5), wobei die Ladungsträgersperrschicht eine gradierte Schicht aufweist, in der eine Zusammensetzung gradiert ist, um zu ermöglichen, dass eine Bandlückenenergie der Ladungsträgersperrschicht zu der Kontaktschicht hin abnimmt.

(7) Ein Halbleiterlaser, der Folgendes beinhaltet:

einen Halbleiterstapel, der eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, die eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger aufweisen, eine Kontaktschicht und eine zweite Mantelschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge beinhaltet, wobei der Halbleiterstapel in einem Teil einschließlich der Kontaktschicht einen Erhöhungsteil aufweist, der sich in der Richtung der gestapelten Ebene erstreckt,

wobei sich die zweite Mantelschicht von einem Lichtwellenleitergebiet entfernt befindet, das innerhalb des Halbleiterstapels zu erzeugen ist, falls der Halbleiterlaser angesteuert wird,

wobei ein Verhältnis einer Lichtintensität an einer Grenze der zweiten Mantelschicht näher zu der aktiven Schicht zu einer maximalen Lichtintensität weniger als 0,007 beträgt.

(8) Eine elektronische Einrichtung, die Folgendes aufweist:

einen Halbleiterlaser, der als eine Lichtquelle dient,

wobei der Halbleiterlaser einen Halbleiterstapel beinhaltet, der eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, eine Kontaktschicht und eine zweite Mantelschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge beinhaltet, wobei der Halbleiterstapel in einem Teil einschließlich der Kontaktschicht einen Erhöhungsteil aufweist, der sich in der Richtung der gestapelten Ebene erstreckt,

wobei die eine oder die mehreren Niederkonzentrationsfremdstoffschichten eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger aufweisen, wobei eine Gesamtdicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht 250 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger beträgt,

wobei eine Entfernung zwischen der zweiten Mantelschicht und der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht am nächsten zu der zweiten Mantelschicht 150 nm oder weniger beträgt.

(9) Eine elektronische Einrichtung, die Folgendes aufweist:

einen Halbleiterlaser, der als eine Lichtquelle dient,

wobei der Halbleiterlaser einen Halbleiterstapel beinhaltet, der eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, die eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger aufweisen, eine Kontaktschicht und eine zweite Mantelschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge

ge beinhaltet, wobei der Halbleiterstapel in einem Teil einschließlich der Kontaktschicht einen Erhöhungsteil aufweist, der sich in der Richtung der gestapelten Ebene erstreckt,

wobei sich die zweite Mantelschicht von einem Lichtwellenleitergebiet entfernt befindet, das innerhalb des Halbleiterstapels zu erzeugen ist, falls der Halbleiterlaser angesteuert wird,

wobei ein Verhältnis einer Lichtintensität an einer Grenze der zweiten Mantelschicht näher zu der aktiven Schicht zu einer maximalen Lichtintensität weniger als 0,007 beträgt.

[0085] Der erste Halbleiterlaser, der zweite Halbleiterlaser, die erste elektronische Einrichtung und die zweite elektronische Einrichtung gemäß den obigen Ausführungsformen ermöglichen eine Reduzierung der Lichtabsorption durch das transparente leitfähige Material und ferner wird, selbst ohne z. B. eine dicke Mantelschicht einschließlich mit Mg dotierten AlGa_N, Licht durch die zweite Mantelschicht einschließlich des transparenten leitfähigen Materials in der Stapelungsrichtung begrenzt und wird ferner in der Transversalrichtung durch die streifenförmige Erhöhung begrenzt. Dies ermöglicht es, die Ansteuerungsspannung zu reduzieren. Es ist anzumerken, dass Effekte der vorliegenden Offenbarung nicht notwendigerweise auf die oben beschriebenen Effekte beschränkt sind und beliebige der Effekte, die in dieser Beschreibung beschrieben sind, beinhalten können.

[0086] Diese Anmeldung beansprucht den Nutzen der japanischen Prioritätspatentanmeldung mit der Nr. JP2018-008955, eingereicht beim japanischen Patentamt am 23. Januar 2018, deren gesamter Inhalt hiermit durch Bezugnahme aufgenommen wird.

[0087] Es versteht sich für einen Fachmann, dass verschiedene Modifikationen, Kombinationen, Teilkombinationen und Änderungen in Abhängigkeit von Gestaltungsanforderungen und anderen Faktoren auftreten können, insofern diese im Schutzzumfang der angehängten Ansprüche oder deren Äquivalente liegen.

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 200994360 [0002]
- JP 201342107 [0002]
- JP 2007129246 [0002]
- JP 201666670 [0002]
- JP 200177463 [0002]
- JP 200641491 [0002]
- JP 2018008955 [0086]

Patentansprüche

1. Halbleiterlaser, der Folgendes umfasst:
 einen Halbleiterstapel, der eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, eine Kontaktschicht und eine zweite Mantelschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge beinhaltet, wobei der Halbleiterstapel in einem Teil einschließlich der Kontaktschicht einen Erhöhungsteil aufweist, der sich in der Richtung der gestapelten Ebene erstreckt,
 wobei die eine oder die mehreren Niederkonzentrationsfremdstoffschichten eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger aufweisen, wobei eine Gesamtdicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht 250 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger beträgt,
 wobei eine Entfernung zwischen der zweiten Mantelschicht und der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht am nächsten zu der zweiten Mantelschicht 150 nm oder weniger beträgt.

2. Halbleiterlaser nach Anspruch 1, wobei die erste Mantelschicht, die aktive Schicht, die Niederkonzentrationsfremdstoffschicht und die Kontaktschicht jeweils einen Nitridhalbleiter beinhalten.

3. Halbleiterlaser nach Anspruch 2, wobei das transparente leitfähige Material ITO (Indiumzinnoxid) oder ITiO (Indiumtitanoxid) ist.

4. Halbleiterlaser nach Anspruch 1, wobei der in der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht enthaltene Fremdstoff wenigstens einer von Magnesium, Kupfer, Silicium oder Sauerstoff ist.

5. Halbleiterlaser nach Anspruch 1, der ferner eine Ladungsträgersperrschicht umfasst, die zwischen der aktiven Schicht und der Kontaktschicht bereitgestellt ist, wobei in der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht ein Teil, der sich direkt unterhalb der Erhöhung befindet, eine größere Dicke als ein Basisteil der Erhöhung aufweist.

6. Halbleiterlaser nach Anspruch 5, wobei die Ladungsträgersperrschicht eine gradierte Schicht aufweist, in der eine Zusammensetzung gradiert ist, um zu ermöglichen, dass eine Bandlückenenergie der Ladungsträgersperrschicht zu der Kontaktschicht hin abnimmt.

7. Halbleiterlaser, der Folgendes umfasst:
 einen Halbleiterstapel, der eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, die eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger aufweisen, eine Kontaktschicht und eine zweite Mantelschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge beinhaltet, wobei der

Halbleiterstapel in einem Teil einschließlich der Kontaktschicht einen Erhöhungsteil aufweist, der sich in der Richtung der gestapelten Ebene erstreckt, wobei sich die zweite Mantelschicht von einem Lichtwellenleitergebiet entfernt befindet, das innerhalb des Halbleiterstapels zu erzeugen ist, falls der Halbleiterlaser angesteuert wird, wobei ein Verhältnis einer Lichtintensität an einer Grenze der zweiten Mantelschicht näher zu der aktiven Schicht zu einer maximalen Lichtintensität weniger als 0,007 beträgt.

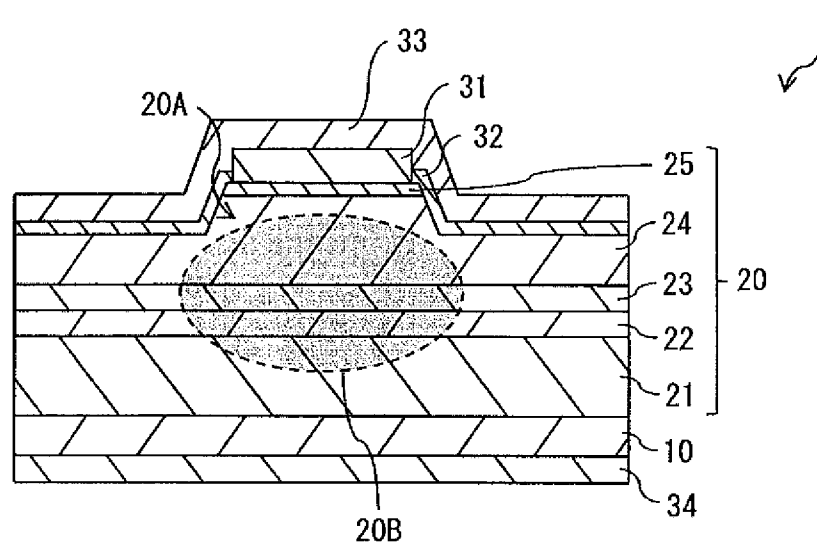
8. Elektronische Einrichtung, die Folgendes aufweist:
 einen Halbleiterlaser, der als eine Lichtquelle dient, wobei der Halbleiterlaser einen Halbleiterstapel beinhaltet, der eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, eine Kontaktschicht und eine zweite Mantelschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge beinhaltet, wobei der Halbleiterstapel in einem Teil einschließlich der Kontaktschicht einen Erhöhungsteil aufweist, der sich in der Richtung der gestapelten Ebene erstreckt,
 wobei die eine oder die mehreren Niederkonzentrationsfremdstoffschichten eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger aufweisen, wobei eine Gesamtdicke der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht 250 nm oder mehr und 1000 nm oder weniger beträgt,
 wobei eine Entfernung zwischen der ersten Mantelschicht und der Niederkonzentrationsfremdstoffschicht am nächsten zu der ersten Mantelschicht 150 nm oder weniger beträgt.

9. Elektronische Einrichtung, die Folgendes aufweist:
 einen Halbleiterlaser, der als eine Lichtquelle dient, wobei der Halbleiterlaser einen Halbleiterstapel beinhaltet, der eine erste Mantelschicht, eine aktive Schicht, eine oder mehrere Niederkonzentrationsfremdstoffschichten, die eine Fremdstoffkonzentration von $5,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ oder weniger aufweisen, eine Kontaktschicht und eine zweite Mantelschicht, die ein transparentes leitfähiges Material beinhaltet, in dieser Reihenfolge beinhaltet, wobei der Halbleiterstapel in einem Teil einschließlich der Kontaktschicht einen Erhöhungsteil aufweist, der sich in der Richtung der gestapelten Ebene erstreckt,
 wobei sich die zweite Mantelschicht von einem Lichtwellenleitergebiet entfernt befindet, das innerhalb des Halbleiterstapels zu erzeugen ist, falls der Halbleiterlaser angesteuert wird, wobei ein Verhältnis einer Lichtintensität an einer Grenze der zweiten Mantelschicht näher zu der aktiven Schicht zu einer maximalen Lichtintensität weniger als 0,007 beträgt.

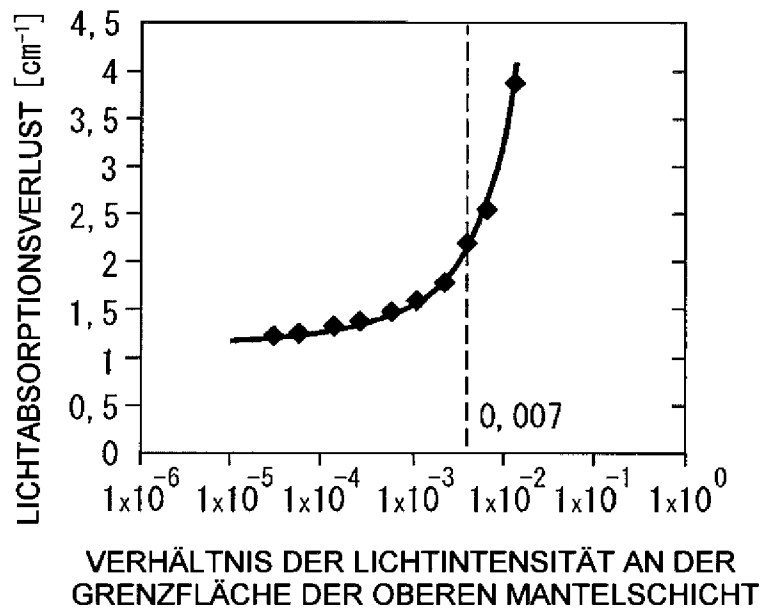
Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

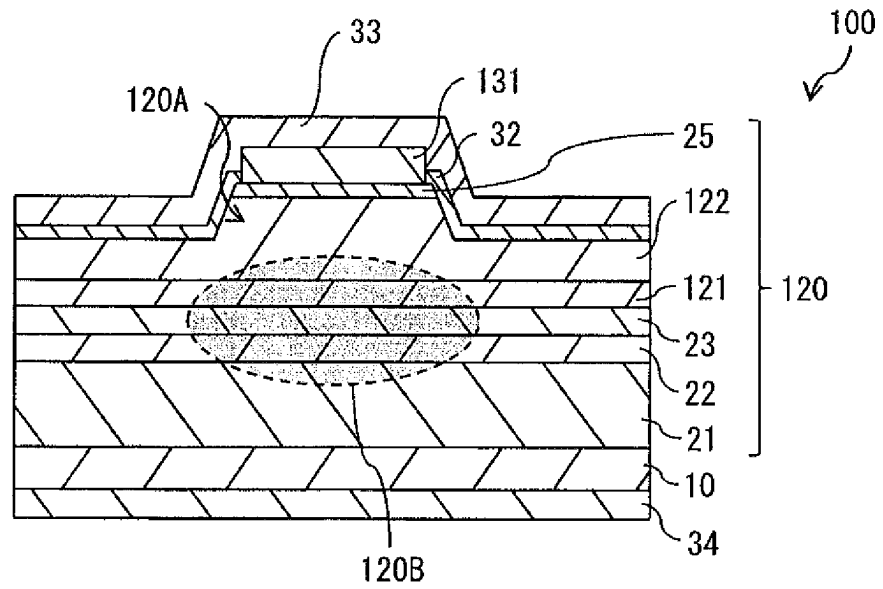
[FIG. 1]



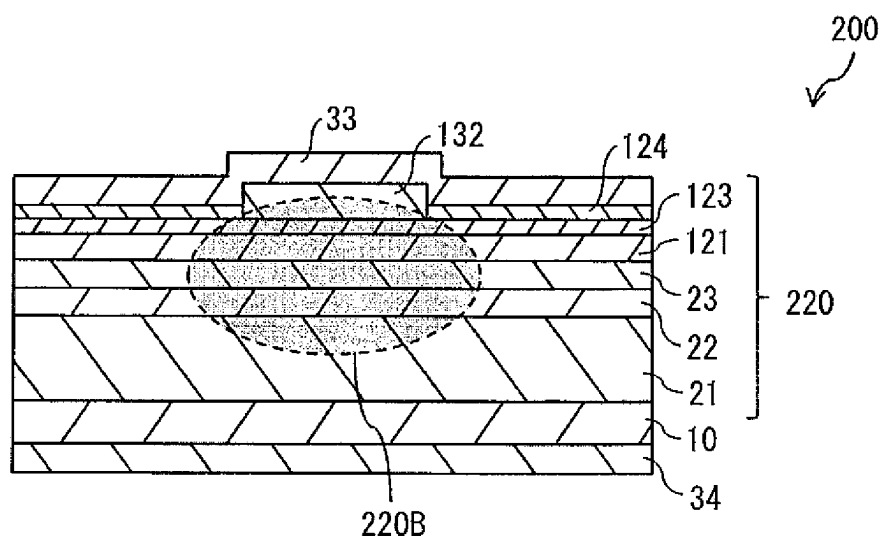
[FIG. 2]



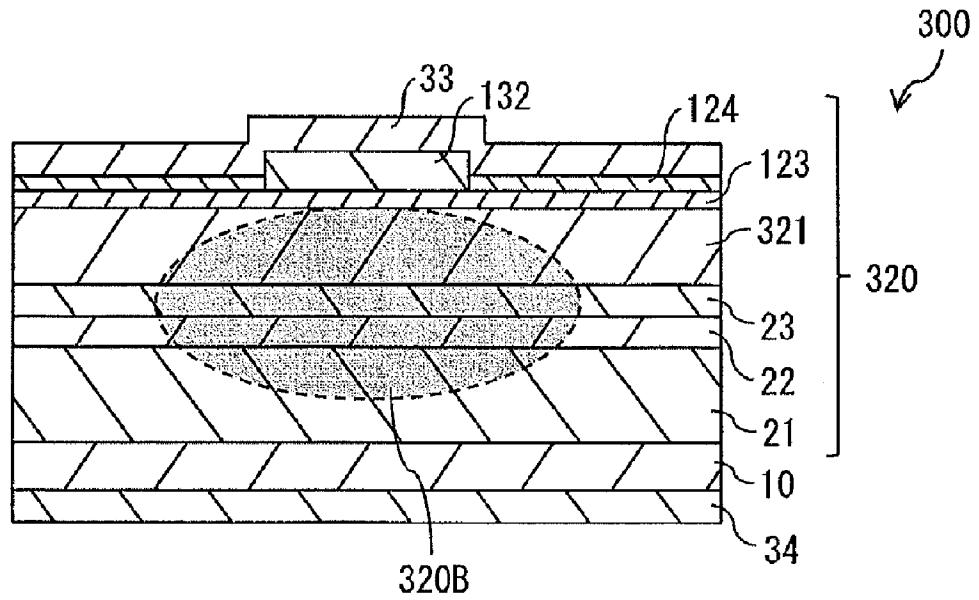
[FIG. 3]



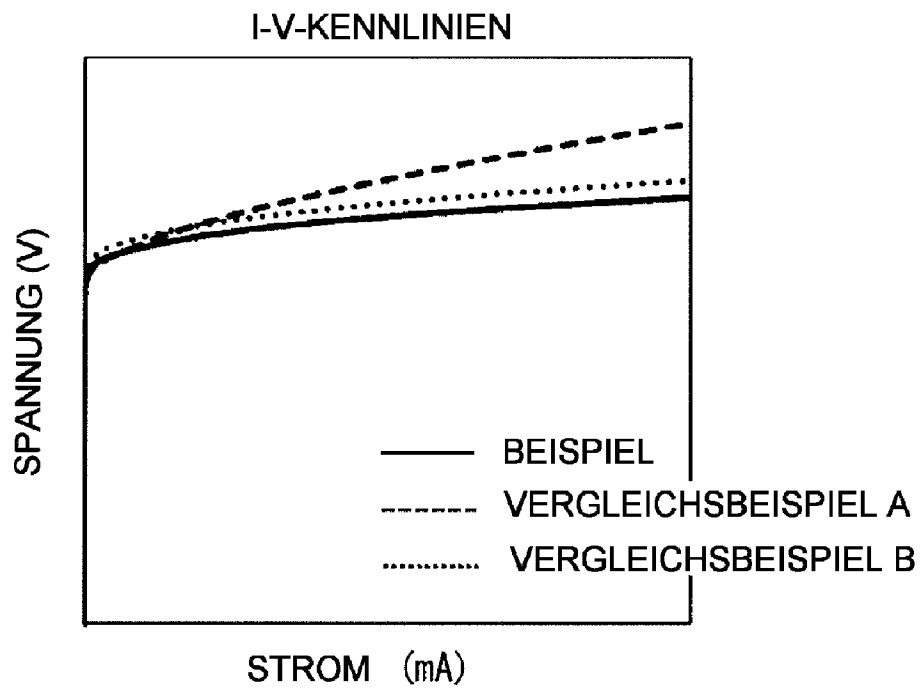
[FIG. 4]



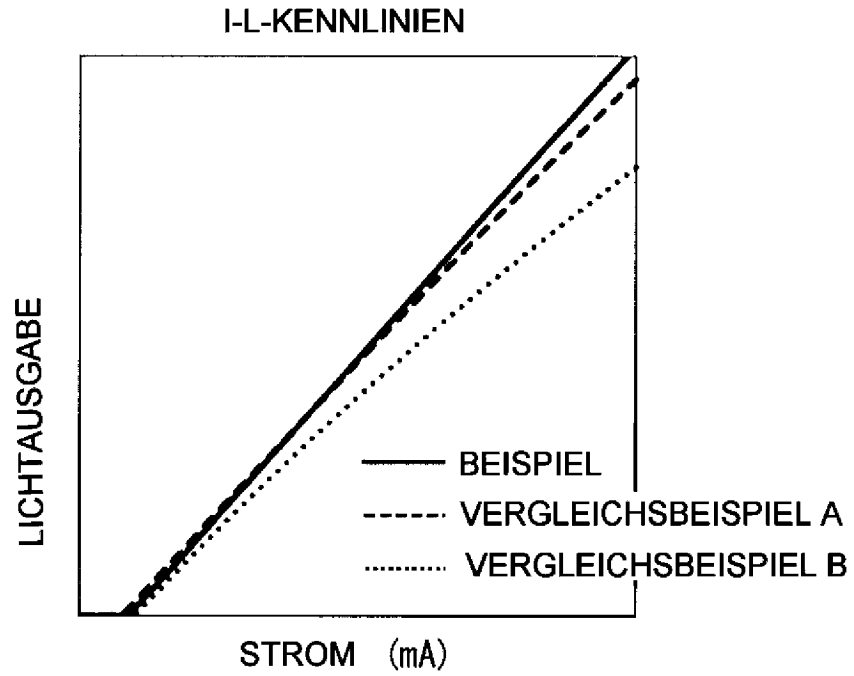
[FIG. 5]



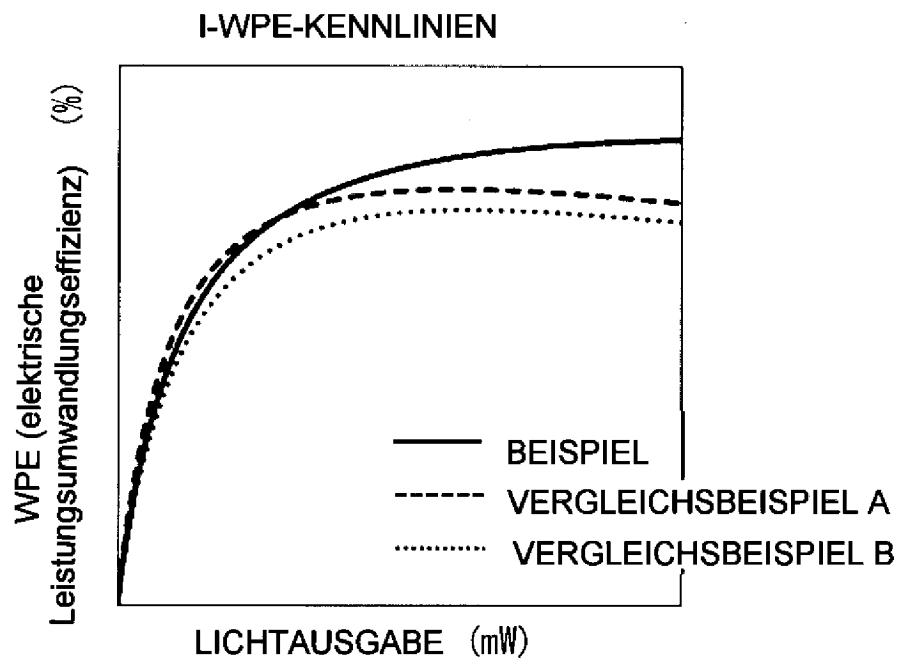
[FIG. 6]



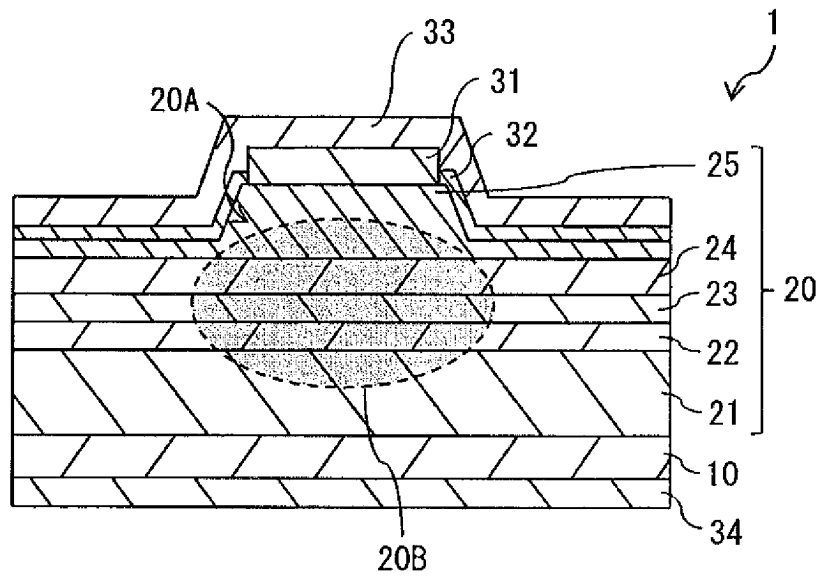
[FIG. 7]



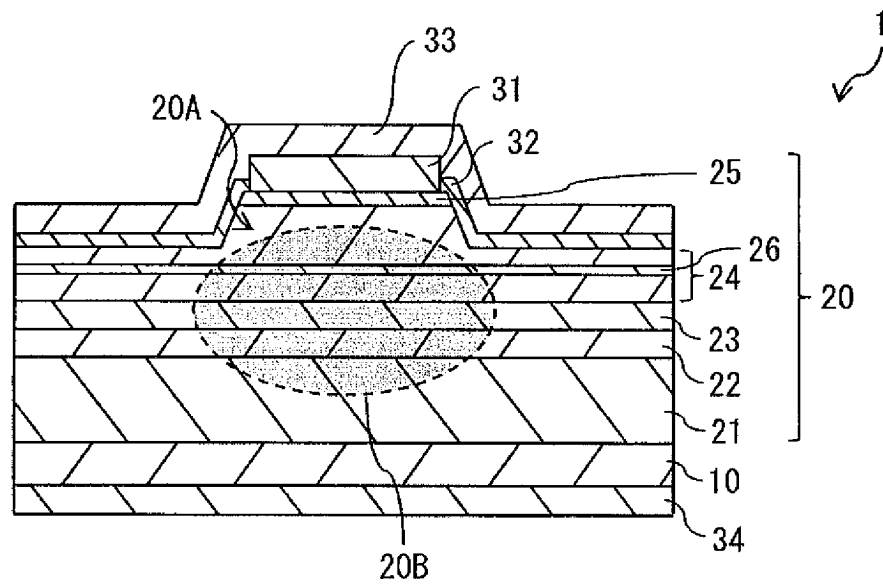
[FIG. 8]



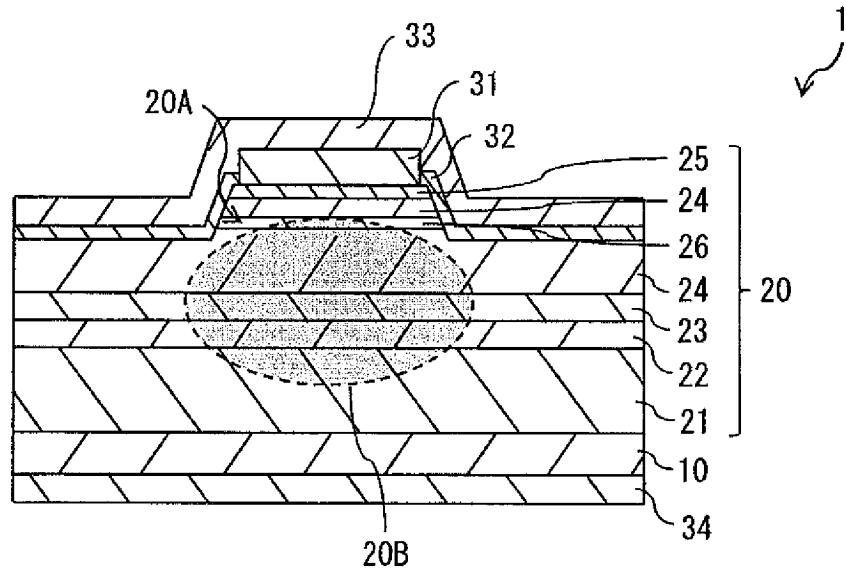
[FIG. 9]



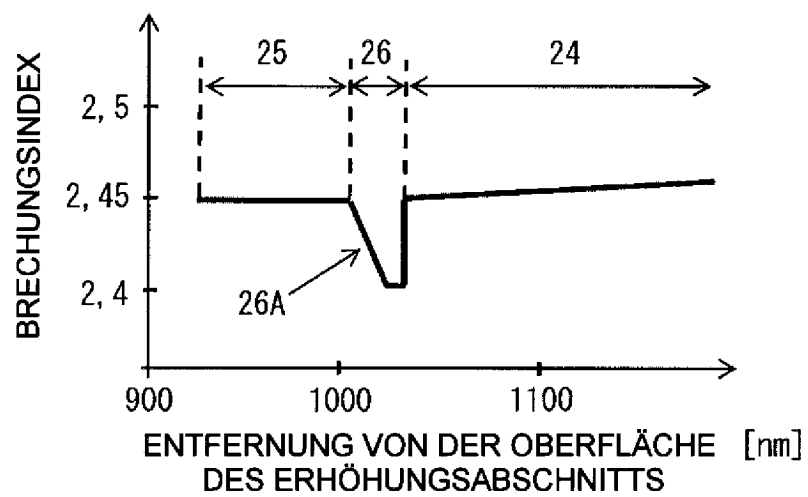
[FIG. 10]



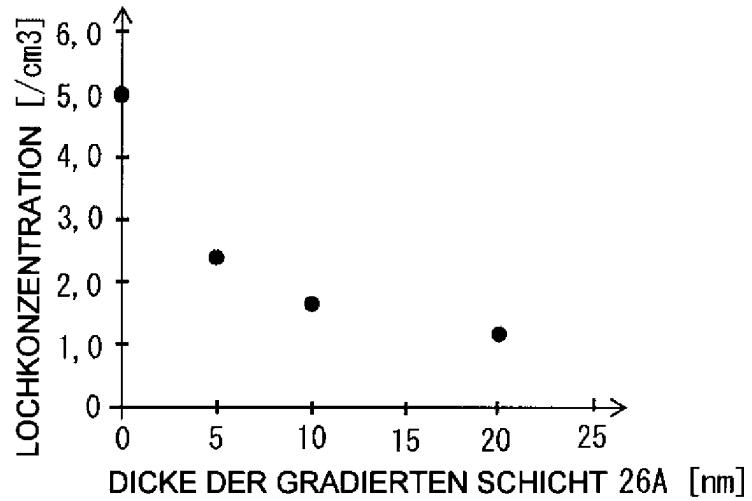
[FIG. 11]



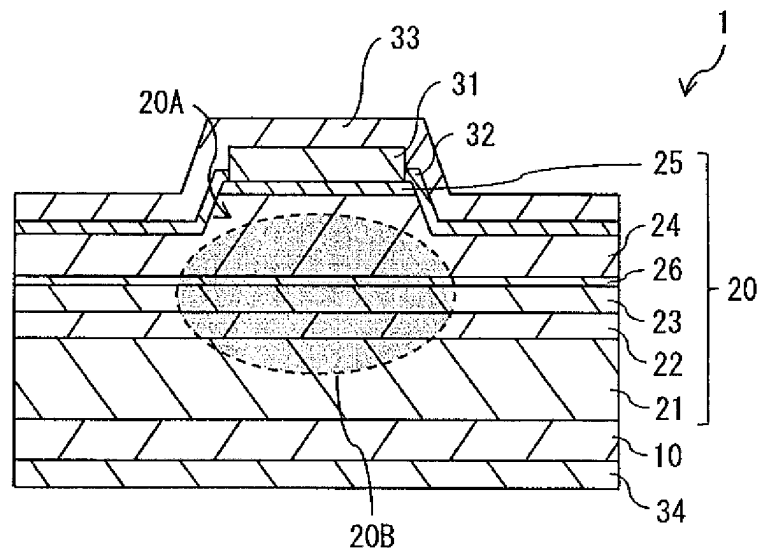
[FIG. 12]



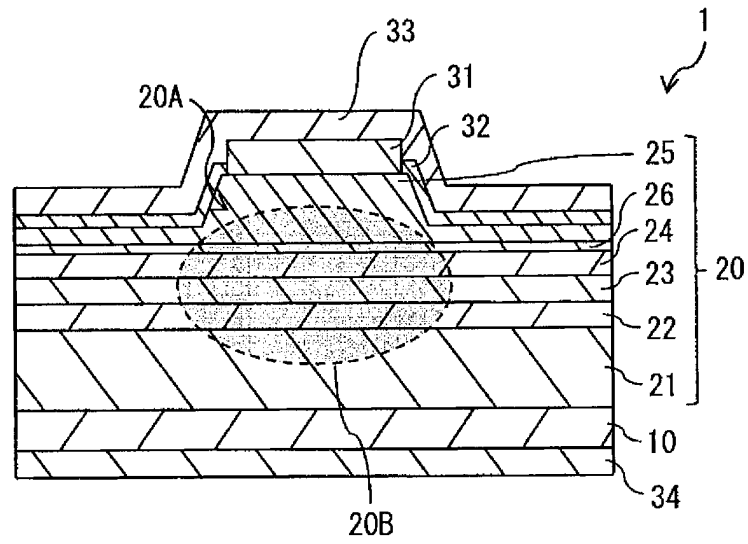
[FIG. 13]



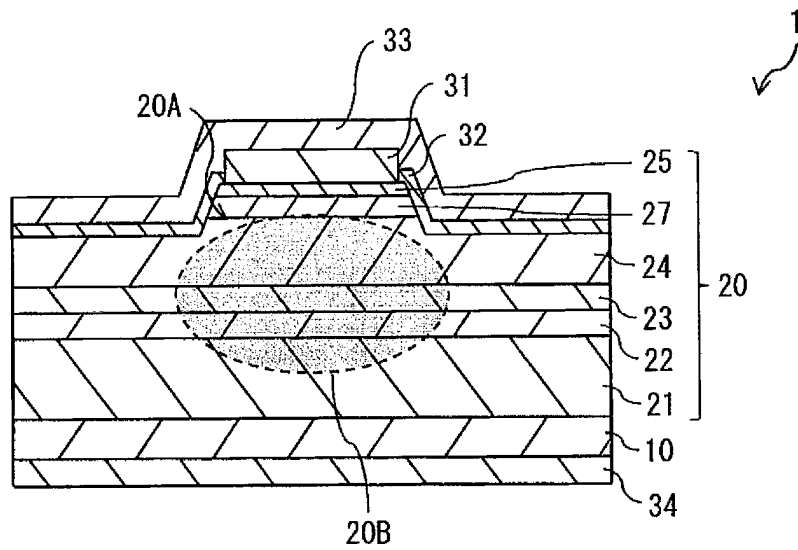
[FIG. 14]



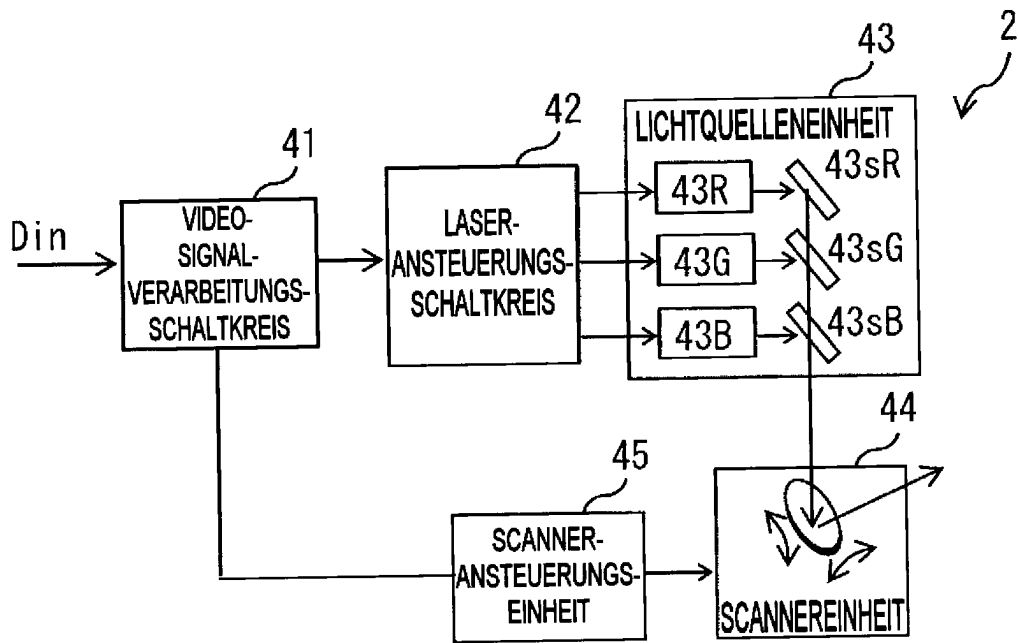
[FIG. 15]



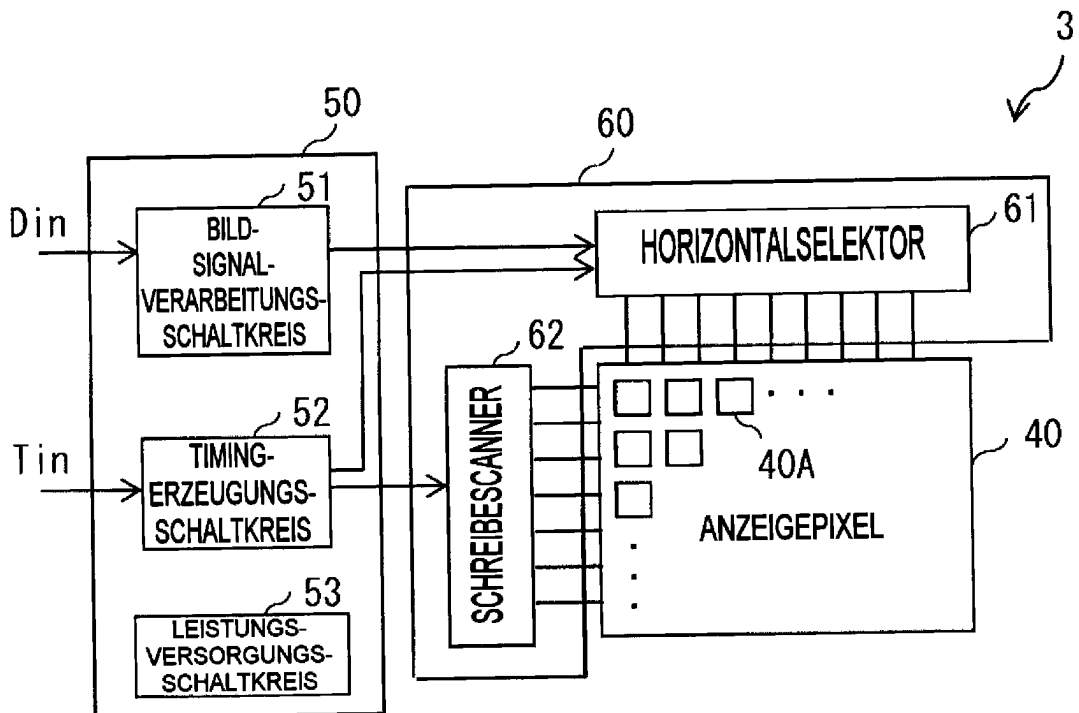
[FIG. 16]



[FIG. 17]



[FIG. 18]



[FIG. 19]

