



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/188146**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 006 961.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/016104**
(86) PCT-Anmeldetag: **30.03.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.10.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **09.01.2025**

(51) Int Cl.: **H01S 3/08 (2023.01)**
H01S 3/082 (2006.01)
H01S 3/0941 (2006.01)
H01S 3/113 (2006.01)
H01S 3/16 (2006.01)

(71) Anmelder:
Sony Group Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**Müller Hoffmann & Partner Patentanwälte mbB,
81541 München, DE**

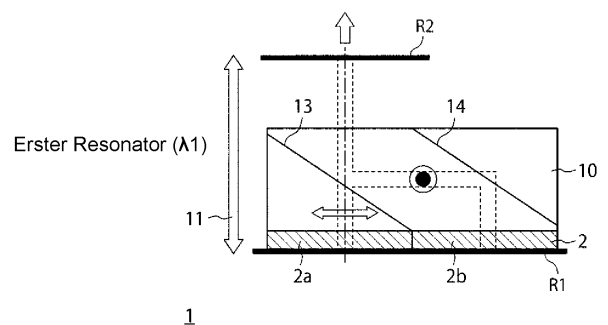
(72) Erfinder:
Yonezawa, Gen, Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **LASERELEMENT UND ELEKTRONISCHE VORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Eine Anregungslichtausgabe wird verbessert, ohne Wärme zu erzeugen und eine Betriebslebensdauer zu verringern.

Ein Laserelement umfasst: eine laminierte Halbleiterschicht, die eine erste Reflexionsschicht, die für Licht einer ersten Wellenlänge verwendet wird, und eine aktive Schicht, die eine Oberflächenlichtemission bei der ersten Wellenlänge durchführt, umfasst; eine zweite Reflexionsschicht, die näher an einer Lichtemissionsflächenseite als die laminierte Halbleiterschicht angeordnet ist und für das Licht der ersten Wellenlänge verwendet wird; und ein Polarisierungsteilungselement, das jeden der orthogonal polarisierten Strahlen, die in dem von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Licht enthalten sind, zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multipliziert.



Beschreibung

[Technisches Gebiet]

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Laserelement und eine elektronische Vorrichtung.

[Stand der Technik]

[0002] Eine Lasertechnik wird auf verschiedene Gebiete angewendet, wie etwa Mikrofertigung, medizinische Vorrichtungen oder Abstandsmessung. Es wird erwartet, dass eine Kurzpulslasertechnik insbesondere auf eine hochgenaue Bearbeitungstechnik oder eine hocheffiziente Wellenlängenumwandlungstechnik angewendet wird. Ein Güteschalter-Festkörperlaser unter diesen Techniken kann mit einer relativ einfachen Konfiguration eine hohe Spitzenleistung erhalten, die Kilowatt (kW) übersteigt, und wird daher in einem breiten Anwendungsgebiet verwendet (siehe PTL 1).

[Zitierungsliste]

[Patentliteratur]

[0003] [PTL 1] WO 2021/106757 A1

[Zusammenfassung]

[Technisches Problem]

[0004] Es wurde eine Mehrfachübergangsstruktur vorgeschlagen, die mit einer Vielzahl von aktiven Schichten innerhalb einer Anregungslichtquelle, die eine laminierte Halbleiterschicht umfasst, bereitgestellt ist. Die Anregungslichtquelle dieses Typs weist einen höheren Wärmewiderstand als der eines kantenemittierenden Lasers (Edge Emitting Laser, EEL) auf und weist eine Obergrenze (Rollover Point) einer Lichtausgabe auf. Wenn daher die Leistung der Anregungslichtquelle erhöht wird, um die Lichtausgabe zu erhöhen, steigt eine Übergangstemperatur, und eine mittlere Zeit bis zum Versagen (Mean Time to Failure, MTF) eines Elements sinkt.

[0005] PTL 1 offenbart eine Struktur, die durch Kombinieren der laminierten Halbleiterschichten mit einem Festkörperlasermedium für einen Güteschalter erhalten wird. Ein erster Resonator, der durch die laminierte Halbleiterschicht, die die Anregungslichtquelle ist, und das Festkörperlasermedium gebildet wird, und ein zweiter Resonator, der durch ein Festkörperlasermedium und einen sättigbaren Absorber gebildet wird, sind benachbart, so dass es möglich ist, das Festkörperlasermedium mit einer hohen Intensität in dem ersten Resonator anzuregen.

[0006] Es ist möglich, eine durchschnittliche Ausgabe von Güteschalterlicht durch Durchführen von

räumlichem Multiplexen unter Verwendung einer optischen Linse oder Durchführen von Multiplexen unter Verwendung von Polarisation zu erhöhen. Die Wellenform des Güteschalterlichts, das durch eine Anregungslicht emittierende Quelle oszilliert wird, umfasst jedoch Jitter, und selbst wenn die Wellenform gemultiplext wird, ist es nicht möglich, die Gesamtspitzenleistung zu verbessern. Andererseits wird selbst wenn die Lichtausgabe der Anregungslicht emittierenden Quelle erhöht wird, eine Obergrenze einer Spitzenintensität des Güteschalterlichts aufgrund einer Grenze einer Anregungslichtausgabe aus dem oben beschriebenen Grund bestimmt.

[0007] Daher stellt die vorliegende Offenbarung ein Laserelement und eine elektronische Vorrichtung bereit, die eine Anregungslichtausgabe verbessern können, ohne Wärme zu erzeugen und eine Betriebslebensdauer zu verringern.

[Lösung für das Problem]

[0008] Um das obige Problem zu lösen, stellt die vorliegende Offenbarung ein Laserelement bereit, das umfasst: eine laminierte Halbleiterschicht, die eine erste Reflexionsschicht, die für Licht einer ersten Wellenlänge verwendet wird, und eine aktive Schicht, die eine Oberflächenlichtemission bei der ersten Wellenlänge durchführt, umfasst;

eine zweite Reflexionsschicht, die näher an einer Lichtemissionsflächenseite als die laminierte Halbleiterschicht angeordnet ist und für das Licht der ersten Wellenlänge verwendet wird; und

ein Polarisationsteilungselement, das jeden der orthogonal polarisierten Strahlen, die in dem von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Licht enthalten sind, zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

[0009] Die laminierte Halbleiterschicht kann eine Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten umfassen, die den orthogonal polarisierten Strahlen zugeordnet sind, und

das Polarisationsteilungselement kann einen entsprechenden polarisierten Strahl zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht für jedes der Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten einzeln in Resonanz bringen und multiplexen.

[0010] Das Polarisationsteilungselement kann eine erste Oberfläche, die mit einer Lichtemissionsoberfläche der laminierten Halbleiterschicht in Kontakt steht, und eine zweite Oberfläche, die auf einer der ersten Oberfläche gegenüberliegenden Seite und zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht angeordnet ist, umfassen.

[0011] Die orthogonal polarisierten Strahlen können orthogonal polarisierte Strahlen unterschiedlicher Wellenlängen umfassen, und das Polarisierungsteilungselement kann jeden der orthogonal polarisierten Strahlen, die die orthogonal polarisierten Strahlen der unterschiedlichen Wellenlängen umfassen, zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringen und multiplexen.

[0012] Die orthogonal polarisierten Strahlen können einen transversal magnetischen (TM) polarisierten Strahl und einen transversal elektrischen (TE) polarisierten Strahl umfassen, und das Polarisierungsteilungselement kann jeden des TE polarisierten Strahls und des TM polarisierten Strahls zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringen und multiplexen.

[0013] Das Polarisierungsteilungselement kann den TE polarisierten Strahl mit dem TM polarisierten Strahl innerhalb des Polarisierungsteilungselements multiplexen.

[0014] Das Polarisierungsteilungselement kann einen laminierten Körper umfassen, der durch abwechselndes Laminieren einer Vielzahl von Polarisierungsteilungsfilmern und einer Vielzahl von Reflexionsfilmen mit einem Abstand voneinander erhalten wird, der laminierte Körper kann eine Querschnittsfläche aufweisen, die durch Schneiden des laminierten Körpers in einer Richtung von 45 Grad in einer Normalrichtung einer Laminierungsfläche erhalten wird, und das Polarisierungsteilungselement kann so angeordnet sein, dass die Normalrichtung der Querschnittsfläche parallel zu einer Normalrichtung der laminierten Halbleiterschicht ist.

[0015] Das Polarisierungsteilungselement kann ein doppelbrechendes Material zum Teilen des von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Lichts in die orthogonal polarisierten Strahlen umfassen.

[0016] Das Laserelement kann ein Lasermedium umfassen, das näher an der Lichtemissionsflächenseite als das Polarisierungsteilungselement angeordnet ist und bei einer zweiten Wellenlänge, die sich von der ersten Wellenlänge unterscheidet, schwingt.

[0017] Das Laserelement kann umfassen: eine dritte Reflexionsschicht, die auf einer ersten Endfläche des Lasermediums auf einer Seite des Polarisierungsteilungselements angeordnet ist und für Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird; und eine vierte Reflexionsschicht, die auf einer zweiten Endfläche des Lasermediums auf einer Seite gegenüber der ersten Endfläche angeordnet ist und für das Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird.

[0018] Die dritte Reflexionsschicht kann näher an der Lichtemissionsflächenseite als die zweite Reflexionsschicht angeordnet sein.

[0019] Die dritte Reflexionsschicht kann zwischen dem Polarisierungsteilungselement und der zweiten Reflexionsschicht angeordnet sein.

[0020] Die dritte Reflexionsschicht kann mit einer Endoberfläche des Polarisierungsteilungselements in Kontakt stehen.

[0021] Die vierte Reflexionsschicht kann mit der zweiten Reflexionsschicht in Kontakt stehen oder näher an der Lichtemissionsflächenseite als die zweite Reflexionsschicht angeordnet sein.

[0022] Das Laserelement kann einen sättigbaren Absorber umfassen, der näher an der Lichtemissionsflächenseite als das Lasermedium angeordnet ist.

[0023] Das Laserelement kann umfassen: eine dritte Reflexionsschicht, die auf einer Endfläche des Lasermediums auf einer Seite gegenüber dem Polarisierungsteilungselement angeordnet ist und für Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird; und eine vierte Reflexionsschicht, die auf der Lichtemissionsflächenseite des sättigbaren Absorbers angeordnet ist und für das Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird.

[0024] Die dritte Reflexionsschicht kann näher an der Lichtemissionsflächenseite als die zweite Reflexionsschicht angeordnet sein.

[0025] Die zweite Reflexionsschicht kann zwischen der dritten Reflexionsschicht und der vierten Reflexionsschicht angeordnet sein.

[0026] Jedes von der laminierten Halbleiterschicht, dem Polarisierungsteilungselement, dem Lasermedium und dem sättigbaren Absorber kann in eine Vielzahl von in einem vorbestimmten Abstand angeordneten Gebieten in Verbindung mit einer Vielzahl von lichtemittierenden Einheiten geteilt sein, die Puls laserlicht der zweiten Wellenlänge emittieren.

[0027] Die vorliegende Offenbarung stellt eine elektronische Vorrichtung bereit, die Folgendes umfasst:

eine Steuereinheit, die eine Steuerung durchführt, um Licht von dem Laserelement zu emittieren, und

das Laserelement umfasst:

eine laminierte Halbleiterschicht, die eine erste Reflexionsschicht, die für Licht einer ersten Wellenlänge verwendet wird, und eine aktive Schicht, die eine Oberflächenlichtemission bei der ersten Wellenlänge durchführt, umfasst,

eine zweite Reflexionsschicht, die näher an einer Lichtemissionsflächenseite als die laminierte Halbleiterschicht angeordnet ist und für das Licht der ersten Wellenlänge verwendet wird, und

ein Polarisierungsteilungselement, das jeden einer Vielzahl von polarisierten Strahlen, die in dem von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Licht enthalten sind, zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multipliziert.

[Kurze Beschreibung der Zeichnung]

[Fig. 1] Fig. 1 ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements gemäß einer ersten Ausführungsform.

[Fig. 2] Fig. 2 ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements und eine Draufsicht, gesehen von einer Lichtemissionsoberflächen-seite gemäß einem Vergleichsbeispiel.

[Fig. 3] Fig. 3 ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einem Strom einer Anregungslichtquelle und einer Lichtausgabe in dem Laserelement in Fig. 2 veranschaulicht.

[Fig. 4] Fig. 4 ist eine schematische Schnittansicht des Laserelements gemäß einer zweiten Ausführungsform.

[Fig. 5] Fig. 5 ist eine Ansicht, die schematisch ein Herstellungsverfahren für ein Polarisierungsteilungselement veranschaulicht.

[Fig. 6A] Fig. 6A ist ein Diagramm, das ein Beispiel veranschaulicht, bei dem ein TM polarisierter Strahl und ein TE polarisierter Strahl im Wesentlichen in einer Mitte in einer Dickenrichtung des Polarisierungsteilungselements gemultipliziert werden.

[Fig. 6B] Fig. 6B ist ein Diagramm, das ein Beispiel veranschaulicht, bei dem der TM polarisierte Strahl und der TE polarisierte Strahl in einem Bereich gemultipliziert werden, der von der Mitte in der Dickenrichtung des Polarisierungsteilungselements verschoben ist.

[Fig. 7] Fig. 7 ist eine schematische Schnittansicht des Laserelements gemäß einer dritten Ausführungsform.

[Fig. 8] Fig. 8 ist ein Diagramm, das ein Konstruktionsbeispiel eines Polarisierungsteilungsfilms veranschaulicht.

[Fig. 9] Fig. 9 ist eine schematische Schnittansicht des Laserelements gemäß einer vierten Ausführungsform.

[Fig. 10] Fig. 10 ist eine schematische Schnittansicht des Laserelements gemäß einer fünften Ausführungsform.

[Fig. 11] Fig. 11 ist eine schematische Schnittansicht des Laserelements gemäß einer sechsten Ausführungsform.

[Fig. 12] Fig. 12 ist eine schematische Schnittansicht des Laserelements gemäß einer siebten Ausführungsform.

[Fig. 13] Fig. 13 ist eine schematische Schnittansicht des Laserelements gemäß einer achten Ausführungsform.

[Fig. 14] Fig. 14 ist eine schematische Schnittansicht, die jeweilige Schichten des Laserelements in Fig. 13 detaillierter veranschaulicht.

[Fig. 15] Fig. 15 ist eine Draufsicht und eine Schnittansicht, die eine Vielzahl von Laserelementen veranschaulicht, die in einem Array angeordnet sind.

[Fig. 16A] Fig. 16A ist eine Schnittansicht eines Laserverstärkungselements gemäß der vorliegenden Offenbarung.

[Fig. 16B] Fig. 16B ist eine perspektivische Ansicht des Laserverstärkungselements gemäß der vorliegenden Offenbarung.

[Fig. 17] Fig. 17 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer schematischen Konfiguration eines endoskopischen Systems veranschaulicht.

[Fig. 18] Fig. 18 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Funktionskonfiguration einer Kamera und einer CCU veranschaulicht, die in Fig. 20 veranschaulicht sind.

[Fig. 19] Fig. 19 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer schematischen Konfiguration eines mikrochirurgischen Systems veranschaulicht.

[Beschreibung der Ausführungsform]

[0028] Nachfolgend werden Ausführungsformen eines Laserelements und einer elektronischen Vorrichtung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Obwohl Hauptkomponenten des Laserelements und der elektronischen Vorrichtung hauptsächlich nachfolgend beschrieben werden, können das Laserelement und die elektronische Vorrichtung Komponenten und Funktionen umfassen, die nicht veranschaulicht oder erläutert sind. Die folgende Beschreibung schließt Komponenten oder Funktionen, die nicht veranschaulicht oder beschrieben sind, nicht aus.

(Erste Ausführungsform)

[0029] Fig. 1 ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform.

rungsform. Wie in **Fig. 1** veranschaulicht, umfasst das Laserelement 1 gemäß der ersten Ausführungsform eine Anregungslichtquelle 2, die eine erste Reflexionsschicht R1 und eine aktive Schicht, eine zweite Reflexionsschicht R2 und ein Polarisierungsteilungselement 10 umfasst.

[0030] Das Laserelement 1 gemäß der ersten Ausführungsform weist eine integrierte laminierte Struktur auf, die unter Verwendung einer Halbleiterprozessstechnik hergestellt werden kann, und weist folglich eine gute Massenproduktivität sowie Stabilität einer Laserausgabe auf.

[0031] Die Anregungslichtquelle 2 ist die laminierte Halbleiterschicht. Die Anregungslichtquelle 2 wird nachstehend als die laminierte Halbleiterschicht 2 bezeichnet. Die laminierte Halbleiterschicht 2 ist eine Form eines oberflächenemittierenden Lasers (VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser). Im Unterschied zum VCSEL ist die zweite Reflexionsschicht R2, die mindestens einer von Spiegeln ist, die einen Resonator bilden, außerhalb der laminierten Halbleiterschicht 2 bereitgestellt, die ein Hauptkörper der Anregungslichtquelle 2 ist. Die zweite Reflexionsschicht R2 ist beispielsweise ein externer Resonatorspiegel. Die laminierte Halbleiterschicht 2 wird auch als ein Vertical External-Cavity Surface Emitting Laser (VECSEL) bezeichnet.

[0032] Die laminierte Halbleiterschicht 2 umfasst die erste Reflexionsschicht R1, die für Licht einer ersten Wellenlänge λ_1 verwendet wird, und die aktive Schicht, die eine Oberflächenlichtemission bei der ersten Wellenlänge λ_1 durchführt. Eine detaillierte Schichtkonfiguration der laminierten Halbleiterschicht 2 wird später beschrieben. Die zweite Reflexionsschicht R2 ist näher an einer Lichtemissionsfläche als die laminierte Halbleiterschicht 2 angeordnet. Die erste Reflexionsschicht R1 und die zweite Reflexionsschicht R2 bilden einen ersten Resonator 11, der Licht der ersten Wellenlänge λ_1 in Resonanz bringt.

[0033] Das Polarisierungsteilungselement 10 ist ein Element einer flachen Plattenform, das zwischen dem ersten Resonator 11 bereitgestellt ist und Licht von der Anregungslichtquelle 2 polarisiert und teilt. Das Polarisierungsteilungselement 10 multiplext orthogonal polarisierte Strahlen, während es eine Polarisationsrichtung eindeutig bestimmt. Das heißt, dass das Polarisierungsteilungselement 10 jeden der orthogonal polarisierten Strahlen, die in dem Licht enthalten sind, das von der laminierten Halbleiterschicht 2 emittiert wird, die die Anregungslichtquelle 2 bildet, zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 einzeln in Resonanz bringt und multiplext. Die interne Struktur des Polarisierungsteilungselements 10 spielt keine Rolle. Ein spezifisches Beispiel des Polarisierungstei-

lungselements 10 ist ein polarisierender Strahlteiler (PBS). Zum Beispiel ist die Innenseite des Polarisierungsteilungselements 10 mit einem ersten optischen Element 13, das es einem ersten polarisierten Strahl ermöglicht, einen zweiten polarisierten Strahl zu übertragen und zu reflektieren, und einem zweiten optischen Element 14, das den zweiten polarisierten Strahl derart reflektiert, dass der erste polarisierte Strahl durch das erste optische Element 13 übertragen wird und einen Resonanzbetrieb zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 durchführt, bereitgestellt, und der zweite polarisierte Strahl wird durch das zweite optische Element 14 und das erste optische Element 13 reflektiert und führt einen Resonanzbetrieb zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 durch.

[0034] Das Polarisierungsteilungselement 10 umfasst eine erste Oberfläche, die mit der Lichtemissionsoberfläche der laminierten Halbleiterschicht 2 in Kontakt steht, und eine zweite Schicht, die auf einer der ersten Oberfläche gegenüberliegenden Seite und zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht angeordnet ist.

[0035] **Fig. 2** ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements 100 und eine Draufsicht, gesehen von einer Lichtemissionsoberfläche gemäß einem Vergleichsbeispiel. Das Laserelement 100 in **Fig. 2** verwendet eine Konfiguration, bei der die Anregungslichtquelle 2, die durch die laminierte Halbleiterschicht 2 gebildet wird, ein Festkörperlasermedium 3 für einen Güteschalter und ein sättigbarer Absorber 4 in dieser Reihenfolge angeordnet sind. Eine einheitliche Materialschicht 15, die die Polarisierung nicht steuert, kann zwischen der Anregungslichtquelle 2 und dem Festkörperlasermedium 3 angeordnet sein. Diese Materialschicht 15 kann beispielsweise ein Trägersubstrat sein, das die Anregungslichtquelle 2 trägt.

[0036] Das Laserelement 100 in **Fig. 2** umfasst den ersten Resonator 11, der bei der ersten Wellenlänge λ_1 in Resonanz bringt, und einen zweiten Resonator 12, der bei der zweiten Wellenlänge λ_2 in Resonanz bringt. Der zweite Resonator 12 wird auch als ein Güteschalter-Festkörperlaserresonator bezeichnet. Das Festkörperlasermedium 3 in **Fig. 2** wird sowohl für den ersten Resonator 11 als auch für den zweiten Resonator 12 verwendet. Der erste Resonator 11 führt einen Resonanzbetrieb zwischen der Anregungslichtquelle 2 und dem Festkörperlasermedium 3 aus, und der zweite Resonator 12 führt einen Resonanzbetrieb zwischen dem Festkörperlasermedium 3 und dem sättigbaren Absorber 4 aus.

[0037] Licht der ersten Wellenlänge λ_1 , das von der Anregungslichtquelle 2 emittiert wird und durch den ersten Resonator 11 in Resonanz gebracht wird, regt

das Festkörperlasermedium 3 an. Wenn die Leistung des Anregungslichts der ersten Wellenlänge λ_1 in dem Festkörperlasermedium 3 akkumuliert wird und das Festkörperlasermedium 3 in einen ausreichend angeregten Zustand eintritt, verringert sich die Lichtabsorptionsrate des sättigbaren Absorbers 4 schnell, der zweite Resonator 12 bringt das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 zwischen der dritten Reflexionsschicht und der vierten Reflexionsschicht in Resonanz, und der sättigbare Absorber 4 emittiert einen Güteschalter-Laserimpuls. **Fig. 2** veranschaulicht ein Beispiel, bei dem die Form einer Lichtemissions-einheit 20 kreisförmig ist.

[0038] Die Anregungslichtquelle 2 in **Fig. 2** umfasst die laminierte Halbleiterschicht 2, und daher ist das Volumen der aktiven Schicht in der laminierten Halbleiterschicht 2 begrenzt. Obwohl auch eine Mehrfachübergangsstruktur vorgeschlagen wurde, die mit einer Vielzahl von aktiven Schichten in der laminierten Halbleiterschicht 2 bereitgestellt ist, weist die Anregungslichtquelle 2 in **Fig. 2** eine geringere Wärmeleitfähigkeit als ein kantenemittierender Laser auf, die aktive Schicht weist ein kleineres Volumen auf, und daher kann eine Lichtausgabe nicht erhöht werden. Das Erhöhen der Leistung der Anregungslichtquelle 2, um die Lichtausgabe zu erhöhen, erhöht eine Übergangstemperatur und verringert die Betriebslebensdauer des Laserelements 1 erheblich.

[0039] **Fig. 3** ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einem Strom der Anregungslichtquelle 2 und einer Lichtausgabe in dem Laserelement 100 in **Fig. 2** veranschaulicht. Wenn der zu der Anregungslichtquelle 2 fließende Strom einen vorbestimmten Wert erreicht, wie in **Fig. 3** veranschaulicht, erreicht die Lichtausgabe eine Obergrenze, und wenn der Strom weiter fließt, steigt die Übergangstemperatur und die Lichtausgabe sinkt.

[0040] Obwohl das von der Anregungslichtquelle 2 emittierte Licht eine Vielzahl von polarisierten Strahlen umfasst, führt der erste Resonator 11 unabhängig von den Typen der polarisierten Strahlen einen zufälligen Resonanzbetrieb aus. Nur Lichtenergie wird von dem ersten Resonator 11 zu dem zweiten Resonator 12 übertragen, ohne eine spezifische Polarisation auszuwählen.

[0041] Im Gegensatz dazu ist bei dem Laserelement 1 gemäß der in **Fig. 1** veranschaulichten ersten Ausführungsform die laminierte Halbleiterschicht 2, die die Anregungslichtquelle 2 bildet, in eine Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten in Verbindung mit orthogonal polarisierten Strahlen geteilt, die in dem von der Anregungslichtquelle 2 emittierten Licht enthalten sind. Die Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten emittiert spontanes Emissionslicht von unpolarisierten Strahlen. Das Polarisations-teilungselement 10 bringt einen entsprechenden

polarisierten Strahl zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 für jedes der Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten einzeln in Resonanz und multiplext diesen.

[0042] Folglich führt beispielsweise jeder der zwei Typen der polarisierten Strahlen einzeln einen Resonanzbetrieb zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 aus, so dass das Laserelement 1 in **Fig. 1** die von dem Polarisations-teilungselement 10 emittierte Lichtausgabe im Vergleich zu **Fig. 2** im Wesentlichen verdoppeln kann. Dass die von dem Polarisations-teilungselement 10 emittierte Lichtausgabe verbessert werden kann, bedeutet, dass selbst wenn der zu der Anregungslichtquelle 2 fließende Strom im Vergleich zu dem Laserelement 100 in **Fig. 2** verringert wird, eine hohe Lichtausgabe aufrechterhalten werden kann und der zu der Anregungslichtquelle 2 fließende Strom verringert werden kann, so dass es möglich ist, die Betriebslebensdauer des Laserelements 1 zu erhöhen.

[0043] Das Laserelement 1 in **Fig. 1** kann durch den Halbleiterprozess eine gebondete integrierte Struktur aufweisen. Folglich ist es möglich, die Massenproduktivität zu verbessern, Anregungslicht von einer Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten zu multiplexen und eine Anregungslichtausgabe zu erhöhen und die mittlere Zeit bis zum Versagen (Mean Time to Failure, MTTF) des Laserelements 1 zu verbessern.

[0044] Wie oben beschrieben, werden bei der ersten Ausführungsform die orthogonal polarisierten Strahlen, die in dem von der laminierten Halbleiterschicht 2 emittierten Licht enthalten sind, zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 in Resonanz gebracht und gemultiplext, so dass es möglich ist, die Anregungslichtausgabe zu erhöhen, ohne den zu der Anregungslichtquelle 2 fließenden Strom zu erhöhen. Die Anregungslichtquelle 2 ist zum Beispiel ein Halbleiterlaser. Das Polarisations-teilungselement 10 ist in den ersten Resonator 11 laminiert, der den Halbleiterlaser verwendet, und die in dem Polarisations-teilungselement 10 geteilten polarisierten Strahlen werden gemultiplext, so dass selbst das kleine Laserelement 1 die Anregungslichtausgabe verbessern kann. Selbst wenn der zu der Anregungslichtquelle 2 fließende Strom verringert wird, ist es ferner möglich, die hohe Anregungslichtquelle aufrechtzuerhalten, so dass es möglich ist, eine längere Betriebslebensdauer des Laserelements 1 zu erreichen.

(Zweite Ausführungsform)

[0045] **Fig. 4** ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements 1a gemäß der zweiten Ausführungsform. In dem Laserelement 1a in **Fig. 4** umfasst

sen die orthogonal polarisierten Strahlen, die in dem von der laminierten Halbleiterschicht 2 emittierten Licht enthalten sind, einen transversal magnetischen (TM) polarisierten Strahl und einen transversal elektrischen (TE) polarisierten Strahl. Das Polarisationssteilungselement 10 bringt jeden des TE polarisierten Strahls und des TM polarisierten Strahls zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 einzeln in Resonanz und multiplext diesen.

[0046] Ein Beispiel des Polarisationssteilungselements 10 wird als ein Polarisationsumwandlungselement (PS-Wandler) betrachtet. Das Polarisationsumwandlungselement kann durch das gleiche Herstellungsverfahren hergestellt werden, wie es allgemein für einen Flüssigkristallprojektor verwendet wird. Das Polarisationsumwandlungselement für den Flüssigkristallprojektor umfasst ein Öffnungsfenster, das auf einer Einfallfläche angeordnet ist, und eine Halbwellenplatte, die auf einer Emissionfläche angeordnet ist. Das Polarisationsumwandlungselement gemäß der vorliegenden Ausführungsform benötigt das Öffnungsfenster und die Halbwellenplatte nicht und umfasst stattdessen einen Polarisationssteilungsfilm 16 auf einer Multiplexingfläche.

[0047] Das Polarisationssteilungselement 10 verwendet eine Konfiguration, bei der der Polarisationssteilungsfilm 16 und ein Reflexionsfilm 17, der in einer Richtung angeordnet ist, die um 45 Grad in Bezug auf die Normalrichtung einer Lichteinfallfläche geneigt ist, abwechselnd entlang der Lichteinfallfläche angeordnet sind. Der Polarisationssteilungsfilm 16 weist die Eigenschaft auf, die es dem TM polarisierten Strahl ermöglicht, zu übertragen, und reflektiert den TE polarisierten Strahl. Der Reflexionsfilm 17 weist die Eigenschaft auf, die den TE polarisierten Strahl reflektiert. Somit sind der Polarisationssteilungsfilm 16 und der Reflexionsfilm 17 benachbart entlang der Lichteinfallfläche angeordnet, so dass der TM polarisierte Strahl zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 entlang der Normalrichtung der Endfläche des Polarisationssteilungselements 10 in Resonanz bringt. Der TE polarisierte Strahl schwingt zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2, während er durch den Reflexionsfilm 17 und den Polarisationssteilungsfilm 16 reflektiert wird. Der TE polarisierte Strahl wird durch den Reflexionsfilm 17 reflektiert und mit dem TM polarisierten Strahl gemultiplext, wenn er durch den Polarisationssteilungsfilm 16 weiter reflektiert wird. Folglich ist es möglich, die Anregungslichtausgabe, die von dem Polarisationssteilungsfilm 16 ausgegeben wird, zu erhöhen.

[0048] Selbst wenn ein Abstand zwischen dem Polarisationssteilungsfilm 16 und dem Reflexionsfilm

17 einen Abstand von einem mm oder mehr aufweist, kann das Laserelement 1a gemäß der zweiten Ausführungsform den TM polarisierten Strahl und den TE polarisierten Strahl multiplexen.

[0049] Fig. 5 ist eine Ansicht, die schematisch ein Herstellungsverfahren für das Polarisationssteilungselement 10 veranschaulicht. Ein erstes Substrat 22, das den Polarisationssteilungsfilm 16 umfasst, der auf der Endfläche einer Basismaterialschicht 21 gebildet ist, und ein zweites Substrat 24, das den Reflexionsfilm 17 umfasst, der auf der Endfläche einer Basismaterialschicht 23 gebildet ist, werden abwechselnd laminiert, um einen laminierten Körper 25 zu bilden. Materialien der Basismaterialschichten 21 und 23 spielen insbesondere keine Rolle und müssen ein Material sein, das keine Polarisationssteilungsfunktion aufweist.

[0050] Als nächstes wird der laminierte Körper 25 in einem Neigungswinkel von 45 Grad in Bezug auf die Normalrichtung einer Substratfläche geschnitten, wie durch Zwei-Punkt-Kettenlinien in Fig. 5 angegeben, um eine Vielzahl von Polarisationssteilungselementen 10 herzustellen, die eine Vielzahl der laminierten Körper 25 umfassen.

[0051] Da die Genauigkeit der Dicken des einzelnen ersten Substrats 22 und zweiten Substrats 24, die den laminierten Körper 25 bilden, höher ist, stimmen die optischen Achsen des zu multiplexenden Lichts überein. Selbst wenn eine Positionsverschiebung in einer Substratflächenrichtung zu einem Zeitpunkt des Bondens auftritt, weisen die Polarisationssteilungselemente 10 eine Robustheit auf, die keine Verschiebung der optischen Pfade der herzustellenden Polarisationssteilungselemente 10 verursacht.

[0052] Fig. 6A veranschaulicht ein Beispiel, bei dem der TM polarisierte Strahl und der TE polarisierte Strahl im Wesentlichen in einer Mitte in einer Dickenrichtung des Polarisationssteilungselements 10 gemultiplext werden, und Fig. 6B ist ein Diagramm, das ein Beispiel veranschaulicht, bei dem der TM polarisierte Strahl und der TE polarisierte Strahl in einem Bereich gemultiplext werden, der von der Mitte in der Dickenrichtung des Polarisationssteilungselements 10 verschoben ist.

[0053] In Fig. 6A und Fig. 6B sind, obwohl Multiplexpositionen des TM polarisierten Strahls und des TE polarisierten Strahls aufgrund einer Positionsverschiebung zwischen dem Polarisationssteilungsfilm 16 und dem Reflexionsfilm 17 in der Substratflächenrichtung in dem Polarisationssteilungselement 10 unterschiedlich sind, die optischen Pfade des gemultiplexten TM polarisierten Strahls und TE polarisierten Strahls nicht verschoben. Folglich ist es möglich, die Robustheit zu verbessern.

[0054] Wie oben beschrieben, ist es gemäß der zweiten Ausführungsform durch Verwenden des Polarisationssteilungselements 10, das durch abwechselndes Anordnen des Polarisationssteilungsfilms 16 und des Reflexionsfilms 17, die in der Richtung angeordnet sind, die um 45 Grad von der Normalrichtung der Substratfläche geneigt ist, entlang der Lichteinfallfläche gebildet ist, möglich, innerhalb des Polarisationssteilungselements 10 den TM polarisierten Strahl und den TE polarisierten Strahl, die in Anregungslicht umfasst sind, zu multiplexen und eine Anregungslichtausgabe zu erhöhen.

(Dritte Ausführungsform)

[0055] Fig. 7 ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements 1b gemäß der dritten Ausführungsform. Das Laserelement 1b in Fig. 7 unterscheidet sich von den Laserelementen 1 und 1a gemäß der ersten und zweiten Ausführungsform in der internen Struktur des Polarisationssteilungselements 10.

[0056] Das Polarisationssteilungselement 10 gemäß der dritten Ausführungsform umfasst den Polarisationssteilungsfilm 16 und eine Vielzahl von Reflexionsfilmen 17a und 17b. Die Vielzahl von Reflexionsfilmen 17a und 17b reflektieren die TE polarisierten Strahlen jeweils unterschiedlicher Wellenlängen. Das Polarisationssteilungselement 10 in Fig. 7 umfasst den Polarisationssteilungsfilm 16, den ersten Reflexionsfilm 17a, der den TE polarisierten Strahl der Wellenlänge λ_1 reflektiert, und den zweiten Reflexionsfilm 17b, der den TE polarisierten Strahl der Wellenlänge λ_2 reflektiert.

[0057] Fig. 8 ist ein Diagramm, das ein Konstruktionsbeispiel des Polarisationssteilungsfilms 16 veranschaulicht, und die horizontale Achse gibt eine Wellenlänge an und die vertikale Achse gibt eine Durchlässigkeit an. Durch Ändern der Reflexionseigenschaften des ersten Reflexionsfilms 17a und des zweiten Reflexionsfilms 17b ist es möglich, ein Wellenlängenband des von dem Polarisationssteilungselement 10 emittierten Anregungslichts einzustellen und eine Ausgabe des Anregungslichts weiter zu verbessern.

(Vierte Ausführungsform)

[0058] Fig. 9 ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements 1c gemäß der vierten Ausführungsform. Während die Laserelemente 1a und 1b in Fig. 4 und Fig. 7 das Polarisationssteilungselement 10 umfassen, das durch abwechselndes Anordnen des Polarisationssteilungsfilms 16 und des Reflexionsfilms 17 gebildet ist, umfasst das Laserelement 1c in Fig. 9 das Polarisationssteilungselement 10, das aus einem doppelbrechenden Material hergestellt ist. Das doppelbrechende Material ist ein Material, das

einfallendes Licht in Abhängigkeit von einem Polarisationszustand des einfallenden Lichts in orthogonal polarisierte Strahlen teilt. Das doppelbrechende Material teilt typischerweise das einfallende Licht in zwei polarisierte Strahlen. Einer der zwei polarisierten Strahlen wird als normales Licht (gewöhnliches Licht) bezeichnet, und der andere wird als anormales Licht bezeichnet.

[0059] Fig. 9 veranschaulicht ein Beispiel, bei dem der TM polarisierte Strahl das normale Licht ist, und der TE polarisierte Strahl das anormale Licht unter den zwei polarisierten Strahlen ist, die durch das doppelbrechende Material geteilt werden. Der TM polarisierte Strahl führt einen Resonanzbetrieb zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 entlang der Normalrichtung der Substratfläche aus. Der TE polarisierte Strahl läuft diagonal in dem doppelbrechenden Material, wird mit dem TM polarisierten Strahl gemultiplext und führt den Resonanzbetrieb zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 aus.

[0060] Beispiele für das doppelbrechende Material umfassen Rutil, das ein Kristall aus Titandioxid (TiO_2), ein Kristall aus Yttriumvanadat (YVO_4), ein Kristall aus Lithiumniobat (LiNbO_3), ein Kristall und dergleichen ist. Es ist zu beachten, dass eine spezifische Art des doppelbrechenden Materials keine Rolle spielt. Ein Material weist eine hohe Verarbeitbarkeit auf, so dass die Durchlässigkeit in Bezug auf die Wellenlänge des Anregungslichts, das von der Anregungslichtquelle 2 emittiert wird, hoch ist und eine Genauigkeit in einer C-Achsenrichtung erhalten wird.

[0061] Der Rutilkristall ist ein doppelbrechendes Material, das eine hohe Doppelbrechung aufweist, und ein Übertragungslichtstrahl kann in gewöhnliches Licht und anormales Licht geteilt werden. Ein Polarisationszustand des anormalen Lichts ist orthogonal zu einem Polarisationszustand des gewöhnlichen Lichts. Was die Ausrichtung der Anregungslichtquelle 2 und des Polarisationssteilungselements 10 betrifft, ist es möglich, die Ausrichtungsgenauigkeit gemäß der Kristallschneidgenauigkeit weiter zu erhöhen.

[0062] Wie oben beschrieben, wird gemäß der vierten Ausführungsform das Polarisationssteilungselement 10 unter Verwendung des doppelbrechenden Materials gebildet, sodass es möglich ist, die interne Struktur des Polarisationssteilungselements 10 zu vereinfachen und auch den Herstellungsprozess zu vereinfachen. Andererseits ist es zum Multiplexen des TM polarisierten Strahls und des TE polarisierten Strahls innerhalb des Polarisationssteilungselements 10 notwendig, die Dicke des Polarisationssteilungse-

lements 10 und des doppelbrechenden Materials zu optimieren.

(Fünfte Ausführungsform)

[0063] Fig. 10 ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements 1d gemäß der fünften Ausführungsform. Das Laserelement 1d in Fig. 10 verwendet eine Konfiguration, bei der das Festkörperlasermedium 3 für die Laserelemente 1, 1a, 1b und 1c gemäß einer der ersten bis vierten Ausführungsformen bereitgestellt wird. Das Festkörperlasermedium 3 in Fig. 10 ist näher an der Lichtemissionsflächen- seite als das Polarisationssteilungselement 10 angeordnet. Beispielsweise ist das Festkörperlasermedium 3 näher an der Lichtemissionsflächen- seite als die zweite Reflexionsschicht R2 angeordnet.

[0064] Das Festkörperlasermedium 3 schwingt bei der zweiten Wellenlänge λ_2 , die sich von der ersten Wellenlänge λ_1 unterscheidet. Das Festkörperlasermedium 3 umfasst eine dritte Reflexionsschicht R3, die auf einer ersten Endfläche angeordnet ist, und eine vierte Reflexionsschicht R4, die auf einer zweiten Endfläche auf einer Seite gegenüber der ersten Endfläche angeordnet ist. Die dritte Reflexionsschicht R3 und die vierte Reflexionsschicht R4 reflektieren Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 . Dann wird das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 zwischen der dritten Reflexionsschicht R3 und der vierten Reflexionsschicht R4 in Resonanz gebracht.

[0065] Das Festkörperlasermedium 3 enthält zum Beispiel einen Yttrium-Aluminium-Granat(YAG)-Kristall Yb:YAG, der mit Ytterbium (Yb) dotiert ist. In diesem Fall beträgt die erste Wellenlänge λ_1 des ersten Resonators 11 940 nm und die zweite Wellenlänge λ_2 des zweiten Resonators 12 beträgt 1030 nm.

[0066] Das Festkörperlasermedium 3 ist zum Beispiel nicht auf Yb:YAG beschränkt, und zum Beispiel kann mindestens ein Material aus Nd:YAG, Nd:YVO4, Nd:YLF, Nd:Glas, Yb:YAG, Yb:YLF, Yb:FAP, Yb:SFAP, Yb:YVO, Yb:Glas, Yb:KYW, Yb:BCBF, Yb:YCOB, Yb:GdCOB und Yb:YAB verwendet werden. Die Form ist nicht auf Kristall beschränkt und verhindert nicht die Verwendung von Keramikmaterialien.

[0067] Ferner kann das Festkörperlasermedium 3 das Festkörperlasermedium 3 mit Vier-Ebenen-System sein oder kann ein Festkörperlaser 3 mit Quasi-Drei-Ebenen-System sein. In dieser Hinsicht ist es, da jeder Kristall eine andere geeignete Anregungswellenlänge (erste Wellenlänge λ_1) aufweist, notwendig, ein Halbleitermaterial der aktiven Schicht in der Anregungslichtquelle 2 gemäß dem Material des Festkörperlasermediums 3 auszuwählen.

[0068] Wie oben beschrieben, ist in der fünften Ausführungsform das Festkörperlasermedium 3 näher an der Lichtemissionsflächen- seite als das Polarisationssteilungselement 10 angeordnet, so dass es möglich ist, die Wellenlänge des Emissionslichts umzuwandeln. Das Laserelement 1d gemäß der fünften Ausführungsform kann auch durch den Halbleiterprozess gebildet werden, sodass es möglich ist, die Massenproduktivität zu verbessern.

(Sechste Ausführungsform)

[0069] Ein Laserelement gemäß der sechsten Ausführungsform umfasst einen sättigbaren Absorber, der näher an der Lichtemissionsflächen- seite als das Festkörperlasermedium 3 bereitgestellt ist.

[0070] Fig. 11 ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements 1e gemäß der sechsten Ausführungsform. Das Laserelement 1e in Fig. 11 verwendet eine Konfiguration, bei der das Festkörperlasermedium 3 und der sättigbare Absorber 4 für die Laserelemente 1 bis 1c gemäß einer der ersten bis vierten Ausführungsformen bereitgestellt werden. Das Festkörperlasermedium 3 in Fig. 11 ist näher an der Lichtemissionsflächen- seite als das Polarisationssteilungselement 10 angeordnet, und der sättigbare Absorber 4 ist näher an der Lichtemissionsflächen- seite als das Festkörperlasermedium 3 angeordnet.

[0071] Das Festkörperlasermedium 3 und der sättigbare Absorber 4 schwingen bei der zweiten Wellenlänge λ_2 , die sich von der ersten Wellenlänge λ_1 unterscheidet. Die Endfläche des Festkörperlasermediums 3 auf einer Seite gegenüber dem Polarisationssteilungselement 10 ist mit der dritten Reflexionsschicht R3 bereitgestellt, die für das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 verwendet wird. Die Lichtemissionsflächen- seite des sättigbaren Absorbers 4 ist mit der vierten Reflexionsschicht R4 bereitgestellt, die für das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 verwendet wird. Die dritte Reflexionsschicht R3 und die vierte Reflexionsschicht R4 reflektieren das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 . Dann wird das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 zwischen der dritten Reflexionsschicht R3 und der vierten Reflexionsschicht R4 in Resonanz gebracht.

[0072] Der sättigbare Absorber 4 enthält zum Beispiel einen YAG(Cr:YAG)-Kristall, der mit Cr (Chrom) dotiert ist. Der sättigbare Absorber 4 ist ein Material, dessen Durchlässigkeit zunimmt, wenn die Intensität des einfallenden Lichts einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt. Das Anregungslicht der ersten Wellenlänge λ_1 von dem ersten Resonator 11 erhöht die Durchlässigkeit des sättigbaren Absorbers 4 und emittiert einen Laserimpuls der zweiten Wellenlänge λ_2 . Dies wird als ein Güteschalter bezeichnet. Als das Material des sättigbaren

Absorbers 4 kann auch V:YAG verwendet werden. In dieser Hinsicht können andere Arten des sättigbaren Absorbers 4 verwendet werden. Ferner wird nicht verhindert, dass ein aktives Güteschaltelement als der Güteschalter verwendet wird.

[0073] Wie oben beschrieben, sind bei der sechsten Ausführungsform das Festkörperlasermedium 3 und der sättigbare Absorber 4 der Reihe nach auf der Lichtemissionsflächenseite des Polarisierungsteilungselements 10 angeordnet, so dass es möglich ist, einen Güteschalterimpuls ohne einen Jitter unter Verwendung von Anregungslicht zu emittieren, dessen Lichtausgabe verbessert wurde, indem es durch das Polarisierungsteilungselement 10 gemultiplext wird.

(Siebte Ausführungsform)

[0074] Ein Laserelement gemäß der siebten Ausführungsform nutzt das Festkörperlasermedium 3 für den ersten Resonator 11 und den zweiten Resonator 12 gemeinsam.

[0075] Fig. 12 ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements 1f gemäß der siebten Ausführungsform. Das Laserelement 1f in Fig. 12 umfasst das Festkörperlasermedium 3, das auf der Lichtemissionsflächenseite des Polarisierungsteilungselements 10 angeordnet ist. Die erste Reflexionsschicht R1 ist auf einer Endfläche auf der Seite gegenüber der Lichtemissionsfläche der laminierten Halbleiterschicht 2, die die Anregungslichtquelle 2 ist, angeordnet.

[0076] Die dritte Reflexionsschicht R3 ist zwischen dem Polarisierungsteilungselement 10 und dem Festkörperlasermedium 3 angeordnet. Die zweite Reflexionsschicht R2 und die vierte Reflexionsschicht R4 sind auf der Lichtemissionsflächenseite des Festkörperlasermediums 3 angeordnet.

[0077] Das Laserelement 1f in Fig. 12 umfasst den ersten Resonator 11 und den zweiten Resonator 12. Der erste Resonator 11 bringt das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 in Resonanz. Der zweite Resonator 12 bringt das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 zwischen der dritten Reflexionsschicht R3 und der vierten Reflexionsschicht R4 in Resonanz. Somit wird das Festkörperlasermedium 3 zwischen dem ersten Resonator 11 und dem zweiten Resonator 12 gemeinsam genutzt.

[0078] Folglich ist es durch gemeinsames Nutzen des Festkörperlasermediums 3 zwischen dem ersten Resonator 11 und dem zweiten Resonator 12 möglich, die Resonatorlänge des Laserelements 1f zu verkürzen und Laserlicht zu emittieren, dessen Puls-

breite klein ist und dessen Laserspitzenleistung hoch ist.

(Achte Ausführungsform)

[0079] Ein Laserelement gemäß der achten Ausführungsform umfasst den sättigbaren Absorber 4, der näher an der Lichtemissionsfläche als das Festkörperlasermedium 3 in dem Laserelement 1f gemäß der siebten Ausführungsform angeordnet ist.

[0080] Fig. 13 ist eine schematische Schnittansicht eines Laserelements 1g gemäß der achten Ausführungsform. Das Laserelement 1g in Fig. 13 verwendet eine Konfiguration, bei der das Festkörperlasermedium 3 und der sättigbare Absorber 4 in dieser Reihenfolge auf der Lichtemissionsflächenseite des Polarisierungsteilungselements 10 angeordnet sind. Das Laserelement 1g in Fig. 13 umfasst die erste Reflexionsschicht R1 bis zur vierten Reflexionsschicht R4. Die erste Reflexionsschicht R1 ist auf der Endfläche auf der Seite gegenüber der Lichtemissionsfläche der laminierten Halbleiterschicht 2, die die Anregungslichtquelle 2 ist, angeordnet. Die zweite Reflexionsschicht R2 ist zwischen dem Festkörperlasermedium 3 und dem sättigbaren Absorber 4 angeordnet. Die dritte Reflexionsschicht R3 ist zwischen dem Polarisierungsteilungselement 10 und dem Laserelement 1g angeordnet. Die vierte Reflexionsschicht R4 ist auf der Lichtemissionsflächenseite des sättigbaren Absorbers 4 angeordnet.

[0081] Das Laserelement 1g in Fig. 13 umfasst den ersten Resonator 11 und den zweiten Resonator 12. Der erste Resonator 11 bringt das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 und der zweiten Reflexionsschicht R2 in Resonanz. Der zweite Resonator 12 bringt das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 zwischen der dritten Reflexionsschicht R3 und der vierten Reflexionsschicht R4 in Resonanz. Das Festkörperlasermedium 3 wird als der erste Resonator 11 und der zweite Resonator 12 gemeinsam genutzt.

[0082] Es ist möglich, die Resonatorlängen zu verkürzen, so dass das Laserelement 1g in Fig. 13 das Güteschalterimpuls-Laserlicht emittieren kann, dessen Pulsbreite klein ist, dessen Laserspitzenleistung hoch ist und das keinen Jitter unter Verwendung von Anregungslicht aufweist, dessen Lichtausgabe verbessert wurde, indem es durch das Polarisierungsteilungselement 10 gemultiplext wird.

[0083] Fig. 14 ist eine schematische Schnittansicht, die jeweilige Schichten des Laserelements 1g in Fig. 13 detaillierter veranschaulicht. Die laminierte Halbleiterschicht 2, die die Anregungslichtquelle 2 ist, umfasst zwei laminierte Halbleitergebiete. Nachfolgend werden diese zwei laminierten Halbleitergebiete als ein erstes laminiertes Halbleitergebiet 2a

und ein zweites laminiertes Halbleitergebiet 2b bezeichnet.

[0084] Der TM polarisierte Strahl führt einen Resonanzbetrieb zwischen dem ersten laminierten Halbleitergebiet 2a, dem Polarisierungsteilungselement 10 und dem Festkörperlasermaterial 3 aus. Ferner wird der TE polarisierte Strahl, der von dem zweiten laminierten Halbleitergebiet 2b emittiert und durch das Polarisierungsteilungselement 10 geteilt wird, mit dem TM polarisierten Strahl innerhalb des Polarisierungsteilungselements 10 gemultipliziert.

[0085] Die Anregungslichtquelle 2, die durch die laminierte Halbleiterschicht 2 gebildet ist, die in das erste laminierte Halbleitergebiet 2a und das zweite laminierte Halbleitergebiet 2b zu unterteilen ist, weist eine Struktur auf, bei der ein Substrat 5, eine n-Kontaktschicht 33, eine fünfte Reflexionsschicht R5, eine Mantelschicht 6, eine aktive Schicht 7, eine Mantelschicht 8, eine Voroxidationsschicht 31 und die erste Reflexionsschicht R1 der Reihe nach laminiert sind. Es ist zu beachten, dass das Laserelement 1g in **Fig. 1** eine Konfiguration eines unteren Emissionstyps verwendet, bei der das Substrat 5 Anregungslicht einer kontinuierlichen Welle (Continuous Wave, CW) emittiert, aber auch eine Konfiguration eines oberen Emissionstyps verwenden kann, bei der CW-Anregungslicht von einer Seite der ersten Reflexionsschicht R1 emittiert wird.

[0086] Das Substrat 5 ist beispielsweise ein n-GaAs-Substrat 5. Das n-GaAs-Substrat 5 absorbiert eine bestimmte Rate des Lichts der ersten Wellenlänge λ_1 , die die Anregungswellenlänge der Anregungslichtquelle 2 ist, und ist wünschenswerterweise möglichst dünn. Andererseits weist das n-GaAs-Substrat 5 wünschenswerterweise eine solche Dicke auf, dass die mechanische Festigkeit zu einem Zeitpunkt eines später zu beschreibenden Bondingprozesses aufrechterhalten werden kann.

[0087] Die aktive Schicht 7 führt eine Oberflächenemission bei der ersten Wellenlänge λ_1 durch. Die Mantelschichten 6 und 8 sind beispielsweise AlGaAs-Mantelschichten. Die erste Reflexionsschicht R1 reflektiert das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 . Die fünfte Reflexionsschicht R5 weist eine gewisse Durchlässigkeit in Bezug auf das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 auf. Verteilte Bragg-Reflektoren (DBRs), die eine elektrische Leitung ermöglichen, werden für die erste Reflexionsschicht R1 und die fünfte Reflexionsschicht R5 verwendet. Der Strom wird von außen durch die erste Reflexionsschicht R1 und die fünfte Reflexionsschicht R5 injiziert, Rekombination und Lichtemission treten in einem Quantentopf in der aktiven Schicht 7 auf, und Laseroszillation bei der ersten Wellenlänge λ_1 wird durchgeführt. Ein Teil einer Voroxidationsschicht (z. B. AlAs-Schicht) 31 auf einer Mantelschichtseite der

ersten Reflexionsschicht R1 wird als eine Nachoxidationsschicht (z. B. Al_2O_3 -Schicht) 32 oxidiert.

[0088] Die fünfte Reflexionsschicht R5 ist beispielsweise auf dem n-GaAs-Substrat 5 angeordnet. Zum Beispiel umfasst die fünfte Reflexionsschicht R5 den mehrschichtigen Reflexionsfilm 17 aus $\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1}\text{As}/\text{Al}_{z_2}\text{Ga}_{1-z_2}\text{As}$ ($0 \leq z_1 \leq z_2 \leq 1$), der mit einem n-Typ-Dotierstoff (z. B. Silizium) dotiert ist. Die fünfte Reflexionsschicht R5 wird auch als ein n-DBR bezeichnet. Genauer gesagt ist die n-Kontaktschicht 33 zwischen der fünften Reflexionsschicht R5 und dem n-GaAs-Substrat 5 angeordnet.

[0089] Die aktive Schicht 7 umfasst eine Mehrfach-Quantentopfschicht, die durch Laminiere beispielsweise einer $\text{Al}_{x_1}\text{In}_{y_1}\text{Ga}_{1-x_1-y_1}\text{As}$ -Schicht und einer $\text{Al}_{x_3}\text{In}_{y_3}\text{Ga}_{1-x_3-y_3}\text{As}$ -Schicht gebildet wird.

[0090] Die erste Reflexionsschicht R1 umfasst zum Beispiel einen mehrschichtigen Reflexionsfilm aus $\text{Al}_{z_3}\text{Ga}_{1-z_3}\text{As}/\text{Al}_{z_4}\text{Ga}_{1-z_4}\text{As}$ ($0 \leq z_3 \leq z_4 \leq 1$), der mit einem p-Typ-Dotierstoff (z. B. Kohlenstoff) dotiert ist.

[0091] Die Halbleiterschichten R5, 6, 7, 8 und R1 in der Anregungslichtquelle 2 können unter Verwendung eines Kristallwachstumsverfahrens, wie etwa des metallorganischen chemischen Gasphasenabscheidungs(MOCVD)-Verfahrens oder des Molekularstrahlepitaxie(MBE)-Verfahrens, gebildet werden. Ferner ist es möglich, das Ansteuern durch Strominjektion nach einem Prozess, wie etwa Mesaätzen zur Elementisolierung, Bildung eines Isolierfilms, Abscheidung eines Elektrodenfilms und dergleichen, nach dem Kristallwachstum durchzuführen.

[0092] Das Festkörperlasermaterial 3 wird an die Endfläche auf der Seite gegenüber der fünften Reflexionsschicht R5 des n-GaAs-Substrats 5 der Anregungslichtquelle 2 gebondet. Nachfolgend wird die Endfläche auf einer Seite der Anregungslichtquelle 2 des Festkörperlasermaterials 3 als eine erste Fläche F1 bezeichnet, und eine Endfläche auf einer Seite des sättigbaren Absorbers 4 des Festkörperlasermaterials 3 wird als eine zweite Fläche F2 bezeichnet. Ferner wird eine Laserimpulsmissionsfläche des sättigbaren Absorbers 4 als eine dritte Fläche F3 bezeichnet, und eine Endfläche auf der Seite des Festkörperlasermaterials 3 der Anregungslichtquelle 2 wird als eine vierte Fläche F4 bezeichnet. Ferner wird eine Endfläche auf der Seite des Festkörperlasermaterials 3 des sättigbaren Absorbers 4 als eine fünfte Fläche F5 bezeichnet. Obwohl sie in **Fig. 1** der Einfachheit halber getrennt und veranschaulicht ist, ist die vierte Fläche F4 der Anregungslichtquelle 2 an die erste Fläche F1 des Festkörperlasermaterials 3 gebondet, und die zweite Fläche F2 des Festkörperlasermaterials 3 ist an die fünfte Fläche F5 des sättigbaren Absorbers 4 gebondet.

[0093] Das Laserelement 1 in **Fig. 1** umfasst den ersten Resonator 11 und den zweiten Resonator 12. Der erste Resonator 11 bringt das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 in der Anregungslichtquelle 2 und der zweiten Reflexionsschicht R2 in dem Festkörperlasermedium 3 in Resonanz. Der zweite Resonator 12 bringt das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 zwischen der dritten Reflexionsschicht R3 in dem Festkörperlasermedium 3 und der vierten Reflexionsschicht R4 in dem sättigbaren Absorber 4 in Resonanz.

[0094] Der zweite Resonator 12 wird auch als der Güteschalter-Festkörperlaserresonator 12 bezeichnet. Die zweite Reflexionsschicht R2, die eine hochreflektierende Schicht ist, ist in dem Festkörperlasermedium 3 bereitgestellt, sodass der erste Resonator 11 einen stabilen Resonanzbetrieb ausführen kann. Die normale Anregungslichtquelle 2 umfasst einen Teilreflexionspiegel, der an einer Position der zweiten Reflexionsschicht R2 in **Fig. 1** angeordnet ist und das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 nach außen emittiert. Im Gegensatz dazu wird bei dem Laserelement 1 in **Fig. 1** die zweite Reflexionsschicht R2 als die hochreflektierende Schicht verwendet, um die zweite Reflexionsschicht R2 zu verwenden, um Leistung des Anregungslichts der ersten Wellenlänge λ_1 in dem ersten Resonator 11 einzufangen.

[0095] Wie oben beschrieben, sind innerhalb des ersten Resonators 11, der die Anregungslichtquelle 2 und das Festkörperlasermedium 3 umfasst, drei Reflexionsschichten (die erste Reflexionsschicht R1, die fünfte Reflexionsschicht R5 und die zweite Reflexionsschicht R2) bereitgestellt. Somit weist der erste Resonator 11 eine gekoppelte Hohlraumstruktur auf.

[0096] Durch das Einfangen der Leistung des Anregungslichts der ersten Wellenlänge λ_1 in dem ersten Resonator 11 wird das Festkörperlasermedium 3 angeregt. Folglich tritt Güteschalter-Laserimpulsoszillation in dem zweiten Resonator 12 auf. Der zweite Resonator 12 bringt das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 zwischen der dritten Reflexionsschicht R3 in dem Festkörperlasermedium 3 und der vierten Reflexionsschicht R4 in dem sättigbaren Absorber 4 in Resonanz. Während die dritte Reflexionsschicht R3 eine hochreflektierende Schicht ist, ist die vierte Reflexionsschicht R4 eine teilreflektierende Schicht. Obwohl die vierte Reflexionsschicht R4 auf der Endfläche des sättigbaren Absorbers 4 in **Fig. 1** bereitgestellt ist, kann die vierte Reflexionsschicht R4 näher an einer optischen Achsenrückseite als der sättigbare Absorber 4 angeordnet sein. Die optische Achsenrückseite ist eine Emissionsrichtung von Licht auf der optischen Achse. Das heißt, die vierte Reflexionsschicht R4 muss nicht notwendigerweise innerhalb oder auf der Vorderfläche des sättigbaren

Absorbers 4 bereitgestellt sein. Die vierte Reflexionsschicht R4 ist ein Ausgangskopplungsspiegel in dem zweiten Resonator 12.

[0097] Obwohl **Fig. 1** die getrennte Anregungslichtquelle 2, das Festkörperlasermedium 3 und den sättigbaren Absorber 4 veranschaulicht, sind diese Anregungslichtquelle 2, das Festkörperlasermedium 3 und der sättigbare Absorber 4 eine laminierte Struktur, die durch Bonden unter Verwendung des Bondprozesses integriert wurde. Als ein Beispiel für den Bondprozess können oberflächenaktiviertes Bonden, Atomdiffusionsbonden, Plasmaaktivierungsbonden und dergleichen verwendet werden. Alternativ können andere Bonding-(Anhaftungs-) Prozesse verwendet werden.

[0098] Um das Festkörperlasermedium 3 stabil an die Anregungslichtquelle 2 zu bonden, ist es notwendig, die Vorderfläche des n-GaAs-Substrats 5 in der Anregungslichtquelle 2 flach zu machen. Daher sind, wie oben beschrieben, Elektroden E1 und E2 zum Injizieren des Stroms in die erste Reflexionsschicht R1 und die fünfte Reflexionsschicht R5 wünschenswerterweise so angeordnet, dass zumindest die Vorderfläche des n-GaAs-Substrats 5 nicht freiliegt. In dem Beispiel in **Fig. 1** sind die Elektroden E1 und E2 auf der Endfläche auf einer Seite der ersten Reflexionsschicht R1 der Anregungslichtquelle 2 angeordnet. Die Elektrode E1 ist eine p-Elektrode und leitet mit der ersten Reflexionsschicht R1. Die Elektrode E2 ist eine n-Elektrode und wird durch Füllen eines leitfähigen Materials 35 in eine Innenwand eines Grabens gebildet, der die n-Kontaktschicht 33 von der ersten Reflexionsschicht R1 mit einem dazwischen angeordneten Isolierfilm 34 erreicht. Durch Anordnen der Elektroden E1 und E2 auf derselben Endfläche der Anregungslichtquelle 2 wie in **Fig. 1** ist es möglich, diese Endfläche auf ein nicht dargestelltes Trägersubstrat zu löten und zu montieren. Selbst wenn eine Vielzahl von Laserelementen 1 in einem Array angeordnet ist, ist es möglich, eine Form zu erreichen, die diese Endfläche auf dem Trägersubstrat ermöglicht, indem die Elektroden E1 und E2 auf derselben Endfläche angeordnet werden. Es ist zu beachten, dass die Formen und Anordnungspositionen der Elektroden E1 und E2, die in **Fig. 1** dargestellt sind, lediglich ein Beispiel sind.

[0099] Wie oben beschrieben, weist das Laserelement 1 in **Fig. 1** die laminierte Struktur auf, sodass es einfach ist, die laminierte Struktur herzustellen und dann die laminierte Struktur in eine Vielzahl von Chips zu zerteilen und zu vereinzeln oder ein Laserarray zu bilden, das durch Anordnen der Vielzahl von Laserelementen 1 in dem Array auf einem Substrat erhalten wird.

[0100] Wenn das Laserelement 1 der laminierten Struktur durch den Bondingprozess hergestellt wird,

muss die arithmetische mittlere Rauheit R_a jeder vorderen Oberflächenschicht 1 nm oder weniger betragen und beträgt wünschenswerterweise 0,5 nm oder weniger. Chemisch-mechanisches Polieren (CMP) wird verwendet, um diese vorderen Oberflächenschichten mit der arithmetischen mittleren Rauheit bereitzustellen. Ferner kann ein dielektrischer mehrschichtiger Film zwischen den jeweiligen Schichten angeordnet sein und die jeweiligen Schichten können mit den dazwischen angeordneten dielektrischen mehrschichtigen Filmen gebondet werden, um Lichtverlust an der Grenzfläche zwischen den jeweiligen Schichten zu vermeiden. Beispielsweise beträgt ein Brechungsindex n der GaAs-Substratoberfläche 5, die ein Basissubstrat der Anregungslichtquelle 2 in Bezug auf eine Wellenlänge von 940 nm ist, 3,5 und ist ein hoher Brechungsindex im Vergleich zu YAG ($n:1,8$) und allgemeinen dielektrischen mehrschichtigen Filmmaterialien. Daher ist es, wenn das Festkörperlasermedium 3 und der sättigbare Absorber 4 an die Anregungslichtquelle 2 gebondet sind, notwendig, einen Lichtverlust aufgrund einer Nichtübereinstimmung des Brechungsindex zu verhindern. Genauer gesagt ist ein Antireflexionsfilm (ein AR-Beschichtungsfilm oder ein Antireflexionsbeschichtungsfilm), der das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 des ersten Resonators 11 nicht reflektiert, wünschenswerterweise zwischen der Anregungslichtquelle 2 und dem Festkörperlasermedium 3 angeordnet. Ferner ist der Antireflexionsfilm (der AR-Beschichtungsfilm oder der Antireflexionsbeschichtungsfilm) auch wünschenswerterweise zwischen dem Festkörperlasermedium 3 und dem sättigbaren Absorber 4 angeordnet.

[0101] Polieren ist in Abhängigkeit von Bondingmaterialien schwierig und beispielsweise kann ein Material wie SiO_2 , das für die erste Wellenlänge λ_1 und die zweite Wellenlänge λ_2 transparent ist, als eine Unterschicht zum Bonden gebildet werden und diese SiO_2 -Schicht kann auf eine arithmetische mittlere Rauheit $R_a =$ ungefähr 1 nm (wünschenswerterweise 0,5 nm oder weniger) poliert und als eine Grenzfläche zum Bonden verwendet werden. Hier können andere Materialien als SiO_2 als die Unterschicht verwendet werden und sind nicht auf die Materialien beschränkt. Es ist zu beachten, dass ein Antireflexionsfilm zwischen SiO_2 , das das Material der Unterschicht ist, und der Basismaterialschicht bereitgestellt sein kann.

[0102] Der dielektrische mehrschichtige Film umfasst einen Kurzwellenpassfilter (SWPF), einen Langwellenpassfilter (LWPF), einen Bandpassfilter (BPF), einen Antireflexions(AR: Antireflexion)-Schutzfilm und dergleichen und ist eine Beschichtungsschicht, die durch abwechselndes Laminieren einer Materialschicht mit hohem Brechungsindex und einer Materialschicht mit niedrigem Brechungsindex gebildet wird. Verschiedene Arten von dielekt-

rischen mehrschichtigen Filmen sind wünschenswerterweise nach Bedarf angeordnet. Als ein Verfahren zum Bilden der dielektrischen mehrschichtigen Filme kann das physikalische Gasphasenabscheidungs (PVD)-Verfahren verwendet werden, insbesondere können Filmbildungsverfahren, wie etwa Vakuumabscheidung, ionenunterstützte Abscheidung und Spritzen, verwendet werden. Welches Filmbildungsverfahren angewendet werden soll, spielt keine Rolle. Ferner können die Eigenschaften des dielektrischen mehrschichtigen Films auch beliebig ausgewählt werden. Zum Beispiel kann die dritte Reflexionsschicht R3 der Kurzwellenpassfilter sein und kann die zweite Reflexionsschicht R2 der Langwellenpassfilter sein. Ferner ist es durch Anwenden des Langwellenpassfilters auf die zweite Reflexionsschicht R2 möglich, ein Eindringen der ersten Wellenlänge λ_1 in den sättigbaren Absorber 4 zu verhindern und einen fehlerhaften Betrieb des Güteschalters zu verhindern. Es ist zu beachten, dass Kurzwellenpass bedeutet, dass das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 durchgelassen wird und das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 reflektiert wird. Ferner bedeutet Langwellenpass, dass das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 reflektiert wird und das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 durchgelassen wird.

[0103] Ferner kann ein Beugungsgitter innerhalb des zweiten Resonators 12 bereitgestellt sein, um einen Polarisationszustand eines Laserimpulses, der emittiert werden soll, von einer zufälligen Polarisation in eine lineare Polarisation umzuwandeln. Zum Beispiel kann ein Material wie SiO_2 als ein Film gebildet und als eine Grenzfläche zum Bonden an der photonischen Kristallstruktur oder einem feinen Rillbereich des Beugungsgitters poliert werden.

[0104] In dem Laserelement 1g in Fig. 14 wird der Strom über die Elektrode der Anregungslichtquelle 2 in die aktive Schicht 7 injiziert, um eine Laseroszillation der ersten Wellenlänge λ_1 in dem ersten Resonator 11 zu bewirken und das Festkörperlasermedium 3 anzuregen. Da der sättigbare Absorber 4 an das Festkörperlasermedium 3 gebondet ist, wird spontanes Emissionslicht von dem Festkörperlasermedium 3 durch den sättigbaren Absorber 4 in einem Anfangsstadium des Auftretens der Laseroszillation der ersten Wellenlänge λ_1 absorbiert, wobei keine optische Rückkopplung von der vierten Reflexionsschicht R4 auf einer Emissionsflächenseite des sättigbaren Absorbers 4 und auch keine Güteschalter-Laseroszillation auftritt.

[0105] Wenn dann die Leistung des Anregungslichts der ersten Wellenlänge λ_1 in dem Festkörperlasermedium 3 akkumuliert wird und das Festkörperlasermedium 3 in einen ausreichend angeregten Zustand eintritt, nimmt eine Ausgabe des spontanen Emissionslichts zu, und wenn die Ausgabe einen

bestimmten Schwellenwert übersteigt, verringert sich die Lichtabsorptionsrate des sättigbaren Absorbers 4 schnell, und das spontane Emissionslicht, das durch das Festkörperlasermedium 3 erzeugt wird, kann durch den sättigbaren Absorber 4 übertragen werden. Folglich wird das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 von dem ersten Resonator 11 von dem Festkörperlasermedium 3 emittiert, und der zweite Resonator 12 bringt das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 zwischen der zweiten Reflexionsschicht R2 und der vierten Reflexionsschicht R4 in Resonanz. Folglich tritt eine Güteschalter-Laseroszillation auf, und ein Güteschalter-Laserimpuls wird über die vierte Reflexionsschicht R4 in Richtung eines Raums (ein Raum auf der rechten Seite in **Fig. 1**) emittiert.

[0106] Wie oben beschrieben, wird in dem Laserelement 1g gemäß der achten Ausführungsform der TM polarisierte Strahl mit dem TE polarisierten Strahl gemultiplext, um eine Lichtausgabe innerhalb des Polarisationssteilungselements 10 zu erhalten, so dass es möglich ist, die Lichtausgabe, die von dem Polarisationssteilungselement 10 emittiert wird, zu erhöhen. Der erste Resonator 11 bringt das Licht des ersten Resonators λ_1 zwischen der ersten Reflexionsschicht R1, die auf der Endfläche auf der Seite gegenüber den Lichtemissionsflächen des ersten laminierten Halbleitergebiets 2a und des zweiten laminierten Halbleitergebiets 2b angeordnet ist, und der zweiten Reflexionsschicht R2 zwischen dem Festkörperlasermedium 3 und dem sättigbaren Absorber 4 in Resonanz. Ferner bringt der zweite Resonator 12 das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 zwischen der dritten Reflexionsschicht R3 zwischen dem Polarisationssteilungselement 10 und dem Festkörperlasermedium 3 und der vierten Reflexionsschicht R4 auf der Lichtemissionsflächenseite des sättigbaren Absorbers 4 in Resonanz. Durch gemeinsames Nutzen des Festkörperlasermediums 3 zwischen dem ersten Resonator 11 und dem zweiten Resonator 12 ist es möglich, Güteschalterimpuls-Laserlicht zu emittieren, dessen Pulsbreite klein ist, dessen Laserspitzenleistung hoch ist und das keinen Jitter aufweist.

(Neunte Ausführungsform)

[0107] Die Laserelemente 1 bis 1g gemäß der ersten bis achten Ausführungsform können in einem Array angeordnet sein. **Fig. 15** ist eine Draufsicht und eine Schnittansicht, die eine Vielzahl von Laserelementen 1h veranschaulicht, die in einem Array angeordnet sind.

[0108] Wie in **Fig. 15** veranschaulicht, ist die laminierte Halbleiterschicht 2, die die Anregungslichtquelle 2 bildet, in eine Vielzahl der laminierten Halbleitergebiete 2a und 2b geteilt. Eines der zwei benachbarten laminierten Halbleitergebiete 2a und 2b wird verwendet, um den TM polarisierten Strahl

zu emittieren, und das andere wird verwendet, um den TE polarisierten Strahl mit dem TM polarisierten Strahl zu multiplexen. Während also Anregungslicht von einer Mesa A von zwei Lichtemissionseinheiten emittiert wird, die den zwei benachbarten laminierten Halbleitergebieten 2a und 2b entsprechen, wird kaum Anregungslicht von der anderen Mesa B emittiert. Daher kann die Lichtemissionseinheit, die das Anregungslicht emittiert, größer gemacht werden.

[0109] Wie oben beschrieben, sind gemäß der neunten Ausführungsform die Vielzahl von Laserelementen 1h, deren Lichtausgaben durch Bereitstellen des Polarisationssteilungselements 10 erhöht wurden, in der zweidimensionalen Richtung angeordnet, so dass es möglich ist, die Laserelemente 1h zu implementieren, die eine hohe Lichtausgabe erreichen können und eine längere Betriebslebensdauer aufweisen.

(Zehnte Ausführungsform)

[0110] Es ist auch möglich, ein Laserverstärkungselement unter Verwendung der Struktur des oben beschriebenen Laserelements 1d oder 1f in **Fig. 10** oder **Fig. 12** herzustellen.

[0111] **Fig. 16A** ist eine Schnittansicht eines Laserverstärkungselements 50 gemäß der vorliegenden Offenbarung und **Fig. 16B** ist eine perspektivische Ansicht des Laserverstärkungselements 50 gemäß der vorliegenden Offenbarung. Ferner ist **Fig. 16C** eine Draufsicht, die schematisch einen optischen Pfad von Laserlicht in dem Laserverstärkungselement 50 veranschaulicht.

[0112] Das Laserverstärkungselement 50 in **Fig. 16A** bis **Fig. 16C** umfasst eine Anregungslichtquelle 53, die auf einem Trägersubstrat 51 mit einem dazwischen angeordneten Submount-Substrat 52 angeordnet ist, ein Polarisationssteilungselement 60, das auf der Anregungslichtquelle 53 angeordnet ist, und ein Festkörperlasermedium 54, das auf dem Polarisationssteilungselement 60 angeordnet ist und nicht mit dem sättigbaren Absorber 4 bereitgestellt ist. Das Festkörperlasermedium 54 ist zum Beispiel Yb:YAG. Wie später beschrieben, bilden die Anregungslichtquelle 53 und das Festkörperlasermedium 54 einen ersten Resonator 55, und das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 wird in einer oberen/unteren Richtung (Laminierungsrichtung) in **Fig. 16A** in Resonanz gebracht. Genauer gesagt bringt der erste Resonator 55 das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 (p-DBR72) in der Anregungslichtquelle 53 und der zweiten Reflexionsschicht R2 in dem Festkörperlasermedium 54 in Resonanz. Obwohl das Festkörperlasermedium 3 in dem Laserelement 1 in **Fig. 1** die dritte Reflexionsschicht R3 auf der Endfläche gegenüber der Anregungslichtquelle 2 umfasst und die vierte

Reflexionsschicht R4 auf der Endfläche gegenüber dem sättigbaren Absorber 4 umfasst, benötigt das Festkörperlasermedium 54 in **Fig. 16A** nicht die Reflexionsschicht auf der Endfläche gegenüber der Anregungslichtquelle 53 und umfasst die zweite Reflexionsschicht R2 auf der Endfläche auf der Seite gegenüber der Reflexionsschicht.

[0113] Ferner umfasst das Laserverstärkungselement 50 in **Fig. 16A** bis **Fig. 16C** das erste Reflexionselement 56 und das zweite Reflexionselement 57, die entlang einer gegenüberliegenden ersten Seitenfläche 54S1 und zweiten Seitenfläche 54S2 des Festkörperlasermediums 54 angeordnet sind, und das Festkörperlasermedium 54, das als ein Verstärkungsmedium 83 dient, das bewirkt, dass sich das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 eine Vielzahl von Malen zwischen dem ersten Reflexionselement 56 und dem zweiten Reflexionselement 57 hin- und herbewegt.

[0114] Das erste Reflexionselement 56 und das zweite Reflexionselement 57 können flache Reflexionsspiegel umfassen oder können Reflexionsspiegel mit konvexen Formen aufweisen, um die Lichtintensität in einem Verstärkungsprozess zu erhöhen und Schäden an den Materialien zu vermeiden.

[0115] Obwohl das erste Reflexionselement 56 und das zweite Reflexionselement 57 in einem Abstand von der ersten Seitenfläche 54S1 und der zweiten Seitenfläche 54S2 des Festkörperlasermediums 54 in **Fig. 16A** angeordnet sind, können mehrschichtige Filme gebildet werden, die durch Laminieren von mindestens einem von einem Halbleitermaterial, einem Metallmaterial und einem dielektrischen Material auf die erste Seitenfläche 54S1 und die zweite Seitenfläche 54S2 gebildet werden, und diese mehrschichtigen Filme können als die Reflexionsspiegel verwendet werden.

[0116] Ferner umfasst das Laserverstärkungselement 50 in **Fig. 16A** bis **Fig. 16C** eine Lichteingabeeinheit IN, die entlang der ersten Seitenfläche 54S1 bereitgestellt ist, und eine Lichtausgabeeinheit OUT, die entlang der zweiten Seitenfläche 54S2 bereitgestellt ist. Die Lichteingabeeinheit IN gibt schwaches Licht (Keimlicht) der zweiten Wellenlänge λ_2 in die erste Seitenfläche 54S1 ein. Das Licht der zweiten Wellenlänge λ_2 bewegt sich eine Vielzahl von Malen in dem Verstärkungsmedium 83 hin und her und wird von der Lichtausgabeeinheit OUT emittiert.

[0117] Ferner umfasst das Laserverstärkungselement 50 gemäß der vorliegenden Ausführungsform das Polarisierungsteilungselement 60 ähnlich dem Polarisierungsteilungselement 10 gemäß der ersten bis neunten Ausführungsform. Durch Bereitstellen des Polarisierungsteilungselements 60 ist es möglich,

die von dem Polarisierungsteilungselement 10 emittierte Lichtausgabe zu erhöhen.

[0118] Ferner kann das Laserverstärkungselement 50 in **Fig. 16A** bis **Fig. 16C** ein Kühlelement 62 umfassen. Das Kühlelement 62 ist in dem Laserverstärkungselement 50 angeordnet. Das Kühlelement 62 ist an die Seitenflächen der Anregungslichtquelle 53, des Polarisierungsteilungselements 60 und des Festkörperlasermediums 54 gebondet und leitet Wärme ab, die durch mindestens eines von der Anregungslichtquelle 53, dem Polarisierungsteilungselement 60 und dem Festkörperlasermedium 54 erzeugt wird. Das Kühlelement 62 ist zum Beispiel ein Metallmaterial, wie etwa Cu, das eine höhere Wärmeleitfähigkeit aufweist. Das Kühlelement 62 kann an ein nicht dargestelltes Gehäuse gebondet sein und leitet Wärme von dem Kühlelement 62 an das Gehäuse ab.

[0119] Das Trägersubstrat 51 des Laserverstärkungselements 50 in **Fig. 16A** bis **Fig. 16C** ist zum Beispiel ein Cu-Substrat, und das Submount-Substrat 52 ist darauf angeordnet. Das Submount-Substrat 52 ist zum Beispiel eine laminierte Struktur aus einer SiC-Schicht 64 und einer AuSn-Schicht 65, und p-Elektroden 73 und n-Elektroden 74 der Anregungslichtquelle 53 sind elektrisch voneinander isoliert und an die AuSn-Schicht 65 gebondet.

[0120] Die Anregungslichtquelle 53 ist die laminierte Halbleiterschicht 2, die durch Laminieren einer n-Kontaktschicht 67, eines n-DBR 68, einer Mantelschicht 69, einer aktiven Schicht 70, einer Mantelschicht 71 und eines p-DBR 72 der Reihe nach auf ein n-GaAs-Substrat 66 gebildet ist. Die p-Elektroden 73 und die n-Elektroden 74 sind abwechselnd auf dem p-DBR 72 angeordnet. Die p-Elektroden 73 leiten mit dem p-DBR 72, und die n-Elektroden 74 leiten mit dem n-DBR 68 über eine Durchkontaktierung 75.

[0121] Das Laserverstärkungselement 50 gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst den ersten Resonator 55 ähnlich wie in **Fig. 1**. Der erste Resonator 55 bringt das Licht der ersten Wellenlänge λ_1 zwischen der ersten Reflexionsschicht R1 in der Anregungslichtquelle 53 und der zweiten Reflexionsschicht R2 in dem Festkörperlasermedium 54 in Resonanz. Die erste Reflexionsschicht R1 ist der p-DBR 72, und die zweite Reflexionsschicht R2 ist zum Beispiel auf der oberen Fläche eines Wärmeabführelements 61 angeordnet. Das Wärmeabführelement 61 kann weggelassen werden. Der Resonanzbetrieb des Lichts der ersten Wellenlänge λ_1 , der durch den ersten Resonator 55 ausgeführt wird, regt das Festkörperlasermedium 54 an. **Fig. 16A** veranschaulicht schematisch den Resonanzbetrieb des ersten Resonators 55 als eine dünne Linie. Verstärktes Licht (Keimlicht) der zweiten Wellenlänge λ_2 wird veranlasst, auf das Festkörperlasermedium 54 in dem

angeregten Zustand in einer linken Richtung von dem rechten Ende in **Fig. 16A** einzufallen. Somit tritt stimulierte Emission des verstärkten Lichts auf, und das verstärkte Licht wird Laserverstärkung ausgesetzt.

[0122] Wenn ferner Yb:YAG als das Verstärkungsmedium 83 verwendet wird und Laserlicht, dessen Wellenlänge 1030 nm beträgt, als Keimlicht verwendet wird, besteht ein Problem, dass das Laserlicht in einem Gebiet absorbiert wird, das nicht in dem Verstärkungsmedium 83 angeregt wird, und nicht ausreichend verstärkt werden kann. Wenn also Yb:YAG als das Verstärkungsmedium 83 verwendet wird, kann Keimlicht, das selbst in einem nicht angeregten Zustand keine Lichtabsorption verursacht und dessen Wellenlänge 1050 nm beträgt, verwendet werden. In diesem Fall kann Lichtabsorption selbst in dem nicht angeregten Zustand nicht auftreten, und daher ist die Wellenlänge des Keimlichts nicht auf 1050 nm beschränkt.

[0123] Wie oben beschrieben, ist es durch Bereitstellen des Festkörperlasermediums 54 innerhalb des ersten Resonators 55 möglich, eine optische Konfiguration wesentlich zu vereinfachen und eine Miniaturisierung zu erreichen.

[0124] Ferner ist die Größe des Festkörperlasermediums 54 in dem Laserverstärkungselement 50 gemäß der vorliegenden Offenbarung nicht durch eine Absorptionslänge des Anregungslichts beschränkt, so dass es möglich ist, die Fläche des Festkörperlasermediums 54 unabhängig von der Absorptionslänge des Anregungslichts zu vergrößern. Durch Vergrößern der Fläche des Festkörperlasermediums 54 ist es möglich, einen Verstärkungsfaktor des Laserverstärkungselements 50 weiter zu verbessern.

[0125] Ferner kann die Anregungslichtquelle 53, die durch die laminierte Halbleiterschicht 2 und das Festkörperlasermedium 54 gebildet wird, integral gebondet werden, und das Laserverstärkungselement 50 gemäß der vorliegenden Offenbarung kann durch einen Allzweckhalbleiterprozess hergestellt werden, so dass es einfach ist, eine Miniaturisierung zu erreichen, und es ist auch möglich, Herstellungskosten zu verringern.

<<Anwendungsbeispiel>

[0126] Die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung ist weitreichend auf medizinische Bildgebungssysteme (nachfolgend auch als elektronische Vorrichtungen bezeichnet), Abstandsmesssysteme, wie etwa LiDAR-Vorrichtungen (LiDAR = Light Detection And Ranging), Lichtquellen für Laserbearbeitungsvorrichtungen und dergleichen anwendbar. Die medizinischen Bildgebungssysteme sind medizi-

nische Systeme, die eine Bildgebungstechnik verwenden, und sind zum Beispiel ein endoskopisches System und ein mikroskopisches System.

[Endoskopisches System]

[0127] Ein Beispiel des endoskopischen Systems wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 17** und **Fig. 18** beschrieben. **Fig. 17** ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer schematischen Konfiguration eines endoskopischen Systems 5000 veranschaulicht, auf das die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung anwendbar ist. **Fig. 18** ist ein Diagramm, das ein Beispiel von Konfigurationen eines Endoskops 5001 und einer Kamerasteuereinheit (CCU) 5039 veranschaulicht. **Fig. 17** veranschaulicht einen Zustand, in dem ein Chirurg (Arzt) 5067, der an einem chirurgischen Eingriff beteiligt ist, einen chirurgischen Eingriff an einem Patienten 5071 auf einem Patientenbett 5069 unter Verwendung des endoskopischen Systems 5000 ausführt. Wie in **Fig. 17** veranschaulicht, umfasst das endoskopische System 5000 das Endoskop 5001, das die medizinische Bildgebungsvorrichtung ist, die CCU 5039, eine Lichtquellenvorrichtung 5043, eine Aufzeichnungsvorrichtung 5053, eine Ausgabevorrichtung 5055 und eine Stützvorrichtung 5027, die das Endoskop 5001 stützt.

[0128] Bei einem endoskopischen chirurgischen Eingriff wird ein Einführungshilfswerkzeug, das als ein Trokar 5025 bezeichnet wird, an dem Patienten 5071 punktiert. Ferner werden ein Endoskop 5003 und ein chirurgisches Instrument 5021, das mit dem Endoskop 5001 verbunden ist, über den Trokar 5025 in den Körper des Patienten 5071 eingeführt. Beispiele für das chirurgische Instrument 5021 sind eine Energiebehandlungsvorrichtung, wie etwa ein elektrisches Skalpell und eine Zange.

[0129] Ein Operationsbild, das ein medizinisches Bild ist, das das Innere des Körpers des Patienten 5071 zeigt, der durch das Endoskop 5001 abgebildet wird, wird auf einer Anzeigevorrichtung 5041 angezeigt. Der Chirurg 5067 behandelt ein Operationsziel unter Verwendung des chirurgischen Werkzeugs 5021, während er das Operationsbild betrachtet, das auf der Anzeigevorrichtung 5041 angezeigt wird. Es ist zu beachten, dass das medizinische Bild nicht auf das Operationsbild beschränkt ist und auch ein Diagnosebild sein kann, das während der Diagnose abgebildet wird.

(Endoskop)

[0130] Das Endoskop 5001 ist eine Bildgebungseinheit, die das Innere des Körpers des Patienten 5071 abbildet, und ist eine Kamera 5005, die zum Beispiel ein optisches Kondensorsystem 50051, das einfallendes Licht kondensiert, ein optisches Zoomsystem 50052, das eine Brennweite der Bildgebungseinheit

ändert und optisches Zoomen ermöglicht, ein optisches Fokussystem 50053, das die Brennweite der Bildgebungseinheit ändert und eine Fokuseinstellung ermöglicht, und ein Lichtempfangselement 50054, wie in **Fig. 18** veranschaulicht, umfasst. Das Endoskop 5001 erzeugt ein Pixelsignal durch Kondensieren des Lichts auf dem Lichtempfangselement 50054 über das verbundene Endoskop 5003 und gibt das Pixelsignal über ein Übertragungssystem an die CCU 5039 aus. Es ist zu beachten, dass das Endoskop 5003 ein Einführungsteil ist, das eine Objektivlinse an dem distalen Ende umfasst und Licht von der verbundenen Lichtquellenvorrichtung 5043 zu dem Inneren des Körpers des Patienten 5071 leitet. Das Endoskop 5003 ist zum Beispiel ein starres Endoskop in einem Fall eines starren Spiegels und ein flexibles Endoskop in einem Fall eines flexiblen Spiegels. Das Endoskop 5003 kann ein Endoskop mit Vorwärtssicht oder ein Endoskop mit schräger Vorwärtssicht sein. Ferner kann das Pixelsignal ein Signal sein, das auf einem Signal basiert, das von einem Pixel ausgegeben wird, und ist zum Beispiel ein RAW-Signal oder ein Bildsignal. Ferner kann ein Speicher auf dem Übertragungssystem montiert sein, der das Endoskop 5001 und die CCU 5039 verbindet, und der Speicher kann konfiguriert sein, Parameter in Bezug auf das Endoskop 5001 und die CCU 5039 zu speichern. Der Speicher kann zum Beispiel an einem Verbindungsbereich oder an einem Kabel des Übertragungssystems angeordnet sein. Zum Beispiel speichert der Speicher des Übertragungssystems Parameter zu einer Zeit des Versands des Endoskops 5001 oder Parameter, die sich zu einer Zeit der Leistungsverteilung ändern, und ein Betrieb des Endoskops kann basierend auf den Parametern, die aus dem Speicher gelesen werden, geändert werden. Ferner kann ein Satz des Endoskops und des Übertragungssystems als ein Endoskop bezeichnet werden. Das Lichtempfangselement 50054 ist ein Sensor, der empfangenes Licht in ein Pixelsignal umwandelt, und ist zum Beispiel ein Bildgebungselement vom Komplementär-Metalloxid-Halbleiter(CMOS)-Typ. Das Lichtempfangselement 50054 ist vorzugsweise ein Bildgebungselement, das ein Bayer-Layout umfasst und Farbfotografie durchführen kann. Ferner ist das Lichtempfangselement 50054 vorzugsweise ein Bildgebungselement, das die Anzahl von Pixeln, die mit einer Auflösung von 4K (der Anzahl von horizontalen Pixeln: 3840 × der Anzahl von vertikalen Pixeln: 2160), 8K (der Anzahl von horizontalen Pixeln: 7680 × der Anzahl von vertikalen Pixeln: 4320) oder quadratischen 4K (der Anzahl von horizontalen Pixeln: 3840 oder mehr × der Anzahl von vertikalen Pixeln: 3840 oder mehr) übereinstimmen, umfasst. Das Lichtempfangselement 50054 kann ein Sensorchip sein oder kann eine Vielzahl von Sensorchips sein. Zum Beispiel kann ein Prisma bereitgestellt sein, das einfallendes Licht pro vorbestimmtem Wellenlängenband teilt, und ein anderes Lichtempfangs-

element kann konfiguriert sein, jedes Wellenlängenband abzubilden. Ferner kann eine Vielzahl von Lichtempfangselementen für stereoskopische Sicht bereitgestellt sein. Ferner kann das Lichtempfangselement 50054 ein Sensor sein, der eine arithmetische Verarbeitungsschaltung zur Bildverarbeitung in einer Chipstruktur umfasst, und kann ein Laufzeitsensor (ToF-Sensor) sein. Es ist zu beachten, dass das Übertragungssystem zum Beispiel ein Glasfaserkabel oder eine drahtlose Übertragung ist. Eine drahtlose Übertragung muss nur die Übertragung eines Pixelsignals ermöglichen, das durch das Endoskop 5001 erzeugt wird, und zum Beispiel können das Endoskop 5001 und die CCU 5039 drahtlos verbunden sein, oder das Endoskop 5001 und die CCU 5039 können über eine Basisstation in einem Operationssaal verbunden sein. In diesem Fall kann das Endoskop 5001 gleichzeitig nicht nur das Pixelsignal, sondern auch Informationen (z. B. eine Verarbeitungspriorität des Pixelsignals, ein Synchronisationssignal oder dergleichen) in Bezug auf das Pixelsignal übertragen. Es ist zu beachten, dass eine Konfiguration verwendet werden kann, bei der das Endoskop mit dem Endoskop und der Kamera integriert ist und das Lichtempfangselement an einem distalen Endteil des Endoskops bereitgestellt ist.

[Kamerasteuereinheit (CCU)]

[0131] Die CCU 5039 ist eine Steuervorrichtung, die das verbundene Endoskop 5001 oder die Lichtquellenvorrichtung 5043 integral steuert, und ist zum Beispiel eine Informationsverarbeitungsvorrichtung, die ein FPGA 50391, eine CPU 50392, einen RAM 50393, einen ROM 50394, eine GPU 50395 und ein I/F 50396 umfasst, wie in **Fig. 18** veranschaulicht. Ferner kann die CCU 5039 die verbundene Anzeigevorrichtung 5041, die Aufzeichnungsvorrichtung 5053 und die Ausgabevorrichtung 5055 integral steuern. Zum Beispiel steuert die CCU 5039 einen Bestrahlungszeitpunkt, eine Bestrahlungsintensität und einen Bestrahlungslichtquellentyp der Lichtquellenvorrichtung 5043. Ferner führt die CCU 5039 eine Bildverarbeitung wie etwa eine Entwicklungsverarbeitung (z. B. eine Demosaicing-Verarbeitung) oder eine Korrekturverarbeitung an einem Pixelsignal aus, das von dem Endoskop 5001 ausgegeben wird, und gibt das verarbeitete Pixelsignal (z. B. Bild) an eine externe Vorrichtung wie etwa die Anzeigevorrichtung 5041 aus. Ferner überträgt die CCU 5039 ein Steuersignal an das Endoskop 5001 und steuert das Ansteuern des Endoskops 5001. Das Steuersignal ist zum Beispiel eine Information in Bezug auf Bildgebungsbedingungen wie etwa eine Vergrößerung und eine Brennweite der Bildgebungseinheit. Es ist zu beachten, dass die CCU 5039 eine Bildabwärtskonvertierungsfunktion aufweist und konfiguriert sein kann, gleichzeitig ein hochauflösendes (z. B. 4K-) Bild an die Anzeigevorrichtung 5041 und ein niedrig-

auflösendes (z. B. HD-) Bild an die Aufzeichnungsvorrichtung 5053 ausgeben zu können.

[0132] Ferner kann die CCU 5039 mit einer externen Vorrichtung (z. B. einer Aufzeichnungsvorrichtung, einer Anzeigevorrichtung, einer Ausgabevorrichtung oder einer Stützevorrichtung) über einen IP-Wandler verbunden sein, der ein Signal in ein vorbestimmtes Kommunikationsprotokoll (z. B. Internetprotokoll (IP)) umwandelt. Die Verbindung des IP-Wandlers und der externen Vorrichtung kann durch ein drahtgebundenes Netzwerk konfiguriert sein, oder ein Teil oder die Gesamtheit eines Netzwerks kann als ein drahtloses Netzwerk konstruiert sein. Zum Beispiel weist der IP-Wandler auf einer CCU 5039-Seite eine drahtlose Kommunikationsfunktion auf und kann ein empfangenes Video an einen IP-Schalter oder einen ausgangsseitigen IP-Wandler über ein drahtloses Kommunikationsnetzwerk wie etwa das Mobilkommunikationssystem der fünften Generation (5G) oder das Mobilkommunikationssystem der sechsten Generation (6G) übertragen.

[Lichtquellenvorrichtung]

[0133] Die Lichtquellenvorrichtung 5043 ist eine Vorrichtung, die Licht eines vorbestimmten Wellenlängenbands abstrahlen kann, und umfasst zum Beispiel eine Vielzahl von Lichtquellen und ein optisches Lichtquellensystem, das Licht der Vielzahl von Lichtquellen leitet. Die Lichtquelle ist zum Beispiel eine Xenonlampe, eine LED-Lichtquelle oder eine LD-Lichtquelle. Die Lichtquellenvorrichtung 5043 umfasst LED-Lichtquellen, die jeweils zum Beispiel den drei Primärfarben R, G und B zugeordnet sind, und emittiert weißes Licht durch Steuern einer Ausgabeintensität oder eines Ausgabezeitpunkts jeder Lichtquelle. Ferner kann die Lichtquellenvorrichtung 5043 eine Lichtquelle umfassen, die spezielles Licht abstrahlen kann, das für eine spezielle Lichtbeobachtung verwendet wird, zusätzlich zu einer Lichtquelle, die normales Licht abstrahlt, das für eine normale Lichtbeobachtung verwendet wird. Das spezielle Licht ist Licht eines vorbestimmten Wellenlängenbands, das sich von dem normalen Licht unterscheidet, das Licht für eine normale Lichtbeobachtung ist, und ist zum Beispiel Nahinfrarotlicht (Licht, dessen Wellenlänge 760 nm oder mehr beträgt), Infrarotlicht, blaues Licht und ultraviolettes Licht. Das normale Licht ist zum Beispiel weißes Licht oder grünes Licht. Bei einer schmalbandigen Lichtbeobachtung, die eine Art von spezieller Lichtbeobachtung ist, ist es möglich, vorbestimmte Gewebe wie Blutgefäße einer Schleimhautoberflächenschicht mit einem hohen Kontrast unter Verwendung einer Wellenlängenabhängigkeit der Absorption von Licht in Körpergeweben durch abwechselndes Abstrahlen von blauem Licht und grünem Licht abzubilden. Ferner kann der Chirurg bei einer Fluoreszenzbeobachtung, die eine Art von

spezieller Lichtbeobachtung ist, durch Abstrahlen von Anregungslicht zum Anregen eines Arzneimittels, das in die Körpergewebe injiziert wird, Empfangen von Fluoreszenz, die von dem Arzneimittel emittiert wird, das die Körpergewebe oder ein Ziel ist, und Erhalten eines Fluoreszenzbilds die Körpergewebe oder dergleichen leicht visuell überprüfen, die für den Chirurgen mit normalem Licht nur schwer visuell überprüfbar sind. Zum Beispiel ist es bei einer Fluoreszenzbeobachtung mit Infrarotlicht möglich, die Struktur oder einen betroffenen Teil der Körpergewebe durch Abstrahlen von Infrarotlicht, das ein Anregungswellenlängenband aufweist, auf ein Arzneimittel wie etwa Indocyaningrün (ICG), das in die Körpergewebe injiziert wird, und Empfangen der Fluoreszenz des Arzneimittels leicht visuell überprüfen zu können. Ferner kann bei einer Fluoreszenzbeobachtung ein Arzneimittel (z. B. 5-ALA), das durch spezielles Licht in einem blauen Wellenlängenband angeregt wird und Fluoreszenz eines roten Wellenlängenbands emittiert, verwendet werden. Es ist zu beachten, dass eine Art von Bestrahlungslicht auf die Lichtquellenvorrichtung 5043 unter Steuerung der CCU 5039 eingestellt wird. Die CCU 5039 kann einen Modus aufweisen, in dem eine normale Lichtbeobachtung und eine spezielle Lichtbeobachtung abwechselnd durch Steuern der Lichtquellenvorrichtung 5043 und des Endoskops 5001 durchgeführt werden. Zu dieser Zeit werden Informationen basierend auf einem Pixelsignal, das durch eine spezielle Lichtbeobachtung erhalten wird, vorzugsweise einem Pixelsignal überlagert, das durch eine normale Lichtbeobachtung erhalten wird. Ferner kann eine spezielle Lichtbeobachtung eine Infrarotlichtbeobachtung zum Abstrahlen von Infrarotlicht und Beobachten der Tiefe jenseits einer Organvorderfläche oder eine multispektrale Beobachtung, die hyperspektrale Spektroskopie verwendet, sein. Ferner kann eine photodynamische Therapie in Kombination verwendet werden.

[Aufzeichnungsvorrichtung]

[0134] Die Aufzeichnungsvorrichtung 5053 ist eine Vorrichtung, die ein Pixelsignal (z. B. Bild) aufzeichnet, das von der CCU 5039 erfasst wird, und ist zum Beispiel ein Recorder. Die Aufzeichnungsvorrichtung 5053 zeichnet das von der CCU 5039 erfasste Bild auf einer HDD, einer SDD oder einer optischen Platte auf. Die Aufzeichnungsvorrichtung 5053 kann mit einem Netzwerk in einem Krankenhaus verbunden sein und von einer Vorrichtung außerhalb eines Operationssaals zugänglich gemacht werden. Ferner kann die Aufzeichnungsvorrichtung 5053 eine Bildabwärtskonvertierungsfunktion oder -aufwärtskonvertierungsfunktion aufweisen.

[Anzeigevorrichtung]

[0135] Die Anzeigevorrichtung 5041 ist zum Beispiel eine Vorrichtung, die Bilder anzeigen kann, und ist zum Beispiel ein Anzeigemonitor. Die Anzeigevorrichtung 5041 zeigt ein Anzeigebild basierend auf dem Pixelsignal an, das von der CCU 5039 erfasst wird. Es ist zu beachten, dass die Anzeigevorrichtung 5041 eine Kamera und ein Mikrofon umfasst, um als eine Eingabevorrichtung zu funktionieren, die Sichtlinienerkennung, Spracherkennung und Anweisungseingabe unter Verwendung einer Geste ermöglicht.

[Ausgabevorrichtung]

[0136] Die Ausgabevorrichtung 5055 ist eine Vorrichtung, die Informationen ausgibt, die von der CCU 5039 erfasst werden, und ist zum Beispiel ein Drucker. Die Ausgabevorrichtung 5055 druckt auf Papier ein Druckbild basierend auf dem Pixelsignal, das von der CCU 5039 erfasst wird.

[Stützvorrichtung]

[0137] Die Stützvorrichtung 5027 ist ein Gelenkarm, der ein Basisteil 5029, das eine Armsteuervorrichtung 5045 umfasst, ein Armteil 5031, das sich von dem Basisteil 5029 erstreckt, und ein Halteteil 5032, das an dem distalen Ende des Armteils 5031 angebracht ist, umfasst. Die Armsteuervorrichtung 5045 umfasst einen Prozessor, wie etwa eine CPU, und steuert das Ansteuern des Armteils 5031 durch Betreiben gemäß einem vorbestimmten Programm. Die Stützvorrichtung 5027 steuert Parameter, wie etwa die Länge jeder Verbindung 5035, die das Armteil 5031 bildet, und einen Drehwinkel und ein Drehmoment jedes Gelenks 5033 unter Verwendung der Armsteuervorrichtung 5045, um zum Beispiel eine Position und eine Haltung des Endoskops 5001, das durch das Halteteil 5032 gehalten wird, zu steuern. Folglich ist es möglich, das Endoskop 5001 in eine gewünschte Position oder Haltung zu ändern, das Endoskop 5003 in den Patienten 5071 einzuführen und ein Beobachtungsgebiet in dem Körper zu ändern. Die Stützvorrichtung 5027 fungiert als ein Endoskopstützarm, der das Endoskop 5001 während eines chirurgischen Betriebs stützt. Folglich kann die Stützvorrichtung 5027 eine Rolle eines Endoskops spielen, der ein Assistent ist, der das Endoskop 5001 hält. Ferner kann die Stützvorrichtung 5027 eine Vorrichtung sein, die eine später zu beschreibende Mikroskopvorrichtung 5301 stützt, und kann auch als ein medizinischer Stützarm bezeichnet werden. Es ist zu beachten, dass die Steuerung der Stützvorrichtung 5027 ein autonomes Steuerschema sein kann, das die Armsteuervorrichtung 5045 verwendet, oder ein Steuerschema sein kann, das durch die Armsteuervorrichtung 5045 basierend auf einer Nutzereingabe gesteuert wird.

Zum Beispiel kann das Steuerschema ein Master-/Slave-Schema sein, das die Stützvorrichtung 5027, die eine Slave-Vorrichtung (Replikvorrichtung) ist, beispielsweise ein Patientenwagen ist, basierend auf einer Bewegung einer Master-Vorrichtung (Primärvorrichtung) steuert, die eine Chirurgiekonsole an der Hand des Nutzers ist. Ferner kann die Steuerung der Stützvorrichtung 5027 in der Lage sein, von außerhalb des Operationssaals ferngesteuert zu werden.

[0138] Ein Beispiel des endoskopischen Systems 5000, auf das die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung anwendbar ist, wurde oben beschrieben. Zum Beispiel kann die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung auf das mikroskopische System angewendet werden.

(Mikroskopisches System)

[0139] Fig. 19 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer schematischen Konfiguration eines mikrochirurgischen Systems veranschaulicht, auf das die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung anwendbar ist. Es ist zu beachten, dass in der folgenden Beschreibung die gleichen Komponenten wie die des endoskopischen Systems 5000 mit den gleichen Bezugsziffern bezeichnet werden und auf deren detaillierte Beschreibung verzichtet wird.

[0140] Fig. 19 veranschaulicht schematisch einen Zustand, in dem der Chirurg 5067 einen chirurgischen Eingriff an dem Patienten 5071 auf dem Patientenbett 5069 unter Verwendung des mikrochirurgischen Systems 5300 ausführt. Es ist zu beachten, dass in Fig. 19 zur Vereinfachung eine Veranschaulichung eines Rollwagens 5037 der Konfiguration des mikrochirurgischen Systems 5300 weggelassen wird und die Mikroskopvorrichtung 5301 anstelle des Endoskops 5001 vereinfacht und veranschaulicht wird. In dieser Hinsicht kann die Mikroskopvorrichtung 5301 in der Beschreibung eine Mikroskopeinheit 5303 angeben, die an dem distalen Ende der Verbindung 5035 bereitgestellt ist, oder kann die gesamte Konfiguration einschließlich der Mikroskopeinheit 5303 und der Stützvorrichtung 5027 angeben.

[0141] Wie in Fig. 19 veranschaulicht, wird unter Verwendung des mikrochirurgischen Systems 5300 während eines chirurgischen Eingriffs ein Bild eines zu operierenden Teils, der durch die Mikroskopvorrichtung 5301 abgebildet wird, als ein vergrößertes Bild auf der Anzeigevorrichtung 5041 angezeigt, die in dem Operationssaal installiert ist. Die Anzeigevorrichtung 5041 ist dem Chirurgen 5067 zugewandt installiert. Der Chirurg 5067 führt verschiedene Operationen aus, wie etwa eine Resektion eines betroffenen Teils an dem zu operierenden Teil, während er einen Zustand des zu operierenden Teils durch ein

Video beobachtet, das auf der Anzeigevorrichtung 5041 gezeigt wird. Das mikrochirurgische System wird beispielsweise für Augenchirurgie und Gehirnochirurgie verwendet.

[0142] Das Beispiel des endoskopischen Systems 5000 und des mikrochirurgischen Systems 5300, auf das die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung anwendbar ist, wurde oben beschrieben. Es ist zu beachten, dass Systeme, auf die die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung anwendbar ist, nicht auf ein solches Beispiel beschränkt sind. Beispielsweise kann die Stützvorrichtung 5027 auch eine andere Beobachtungsvorrichtung oder ein anderes chirurgisches Werkzeug anstelle des Endoskops 5001 oder der Mikroskopeinheit 5303 an dem distalen Ende stützen. Die andere Beobachtungsvorrichtung kann beispielsweise eine Zange, eine Pinzette, ein Pneumoperitoneum-Rohr für Pneumoperitoneum oder ein Energiebehandlungsinstrument zum Einschneiden von Geweben und Abdichten eines Blutgefäßes durch Kauterisierung sein. Die Beobachtungsvorrichtung und die chirurgischen Instrumente werden durch die Stützvorrichtung gestützt, sodass die Positionen mit einer höheren Stabilität fixiert werden können und die Arbeitslast des medizinischen Personals leichter sein kann als bei einer manuellen Stützung durch das medizinische Personal. Die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung kann auf eine solche Stützvorrichtung angewendet werden, die andere Konfigurationen als eine Mikroskopeinheit stützt.

[0143] Die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung kann auf geeignete Weise auf das chirurgische Werkzeug 5021 in der oben beschriebenen Konfiguration angewendet werden. Insbesondere ist es durch Bestrahlen eines betroffenen Teils eines Patienten mit einem Laserimpuls eines Kurzpulses von dem Laserelement 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform möglich, den betroffenen Teil sicherer und zuverlässiger zu behandeln.

[0144] Die vorliegende Technik kann auch die folgenden Konfigurationen annehmen.

(1) Ein Laserelement umfasst:

eine laminierte Halbleiterschicht, die eine erste Reflexionsschicht, die für Licht einer ersten Wellenlänge verwendet wird, und eine aktive Schicht, die eine Oberflächenlichtemission bei der ersten Wellenlänge durchführt, umfasst;

eine zweite Reflexionsschicht, die näher an einer Lichtemissionsflächenseite als die laminierte Halbleiterschicht angeordnet ist und für das Licht der ersten Wellenlänge verwendet wird; und

ein Polarisierungsteilungselement, das jeden der orthogonal polarisierten Strahlen, die in dem

von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Licht enthalten sind, zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

(2) Bei dem in (1) beschriebenen Laserelement umfasst die laminierte Halbleiterschicht eine Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten, die den orthogonal polarisierten Strahlen zugeordnet sind, und das Polarisierungsteilungselement einen entsprechenden polarisierten Strahl zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht für jedes der Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

(3) Bei dem in (1) oder (2) beschriebenen Laserelement umfasst das Polarisierungsteilungselement eine erste Oberfläche, die mit einer Lichtemissionsoberfläche der laminierten Halbleiterschicht in Kontakt steht, und eine zweite Oberfläche, die auf einer der ersten Oberfläche gegenüberliegenden Seite und zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht angeordnet ist.

(4) Bei dem in einem von (1) bis (3) beschriebenen Laserelement umfassen die orthogonal polarisierten Strahlen orthogonal polarisierte Strahlen unterschiedlicher Wellenlängen, wobei das Polarisierungsteilungselement jeden der orthogonal polarisierten Strahlen, die die orthogonal polarisierten Strahlen der unterschiedlichen Wellenlängen umfassen, zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

(5) Bei dem in (4) beschriebenen Laserelement umfassen die orthogonal polarisierten Strahlen einen transversal magnetischen (TM) polarisierten Strahl und einen transversal elektrischen (TE) polarisierten Strahl, wobei das Polarisierungsteilungselement jeden des TE polarisierten Strahls und des TM polarisierten Strahls zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

(6) Bei dem in (5) beschriebenen Laserelement multiplext das Polarisierungsteilungselement den TE polarisierten Strahl mit dem TM polarisierten Strahl innerhalb des Polarisierungsteilungselements.

(7) Bei dem in einem von (1) bis (6) beschriebenen Laserelement umfasst das Polarisierungsteilungselement einen laminierten Körper, der durch abwechselndes Laminiieren einer Vielzahl von Polarisierungsteilungsfilmern und einer Vielzahl von Reflexionsfilmen mit einem Abstand voneinander erhalten wird, weist der laminierte Körper eine Querschnittsflä-

che auf, die durch Schneiden des laminierten Körpers in einer Richtung von 45 Grad in einer Normalrichtung einer Laminierungsfläche erhalten wird, und ist das Polarisierungsteilungselement so angeordnet, dass die Normalrichtung der Querschnittsfläche parallel zu einer Normalrichtung der laminierten Halbleiterschicht ist.

(8) Bei dem in einem von (1) bis (6) beschriebenen Laserelement umfasst das Polarisierungsteilungselement ein doppelbrechendes Material zum Teilen des von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Lichts in die orthogonal polarisierten Strahlen.

(9) Das in einem von (1) bis (8) beschriebene Laserelement umfasst ferner ein Lasermedium, das näher an der Lichtemissionsflächenseite als das Polarisierungsteilungselement angeordnet ist und bei einer zweiten Wellenlänge, die sich von der ersten Wellenlänge unterscheidet, schwingt.

(10) Das in (9) beschriebene Laserelement umfasst:

eine dritte Reflexionsschicht, die auf einer ersten Endfläche des Lasermediums auf einer Seite des Polarisierungsteilungselements angeordnet ist und für Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird; und

eine vierte Reflexionsschicht, die auf einer zweiten Endfläche des Lasermediums auf einer Seite gegenüber der ersten Endfläche angeordnet ist und für das Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird.

(11) Bei dem in (10) beschriebenen Laserelement ist die dritte Reflexionsschicht näher an der Lichtemissionsflächenseite als die zweite Reflexionsschicht angeordnet.

(12) Bei dem in (10) beschriebenen Laserelement ist die dritte Reflexionsschicht zwischen dem Polarisierungsteilungselement und der zweiten Reflexionsschicht angeordnet.

(13) Bei dem in (12) beschriebenen Laserelement steht die dritte Reflexionsschicht mit einer Endoberfläche des Polarisierungsteilungselements in Kontakt.

(14) Bei dem in einem von (10) bis (13) beschriebenen Laserelement steht die vierte Reflexionsschicht mit der zweiten Reflexionsschicht in Kontakt oder näher an der Lichtemissionsflächenseite als die zweite Reflexionsschicht angeordnet.

(15) Das in (9) beschriebene Laserelement umfasst ferner einen sättigbaren Absorber, der näher an der Lichtemissionsflächenseite als das Lasermedium angeordnet ist.

(16) Das in (15) beschriebene Laserelement umfasst ferner:

eine dritte Reflexionsschicht, die auf einer Endfläche des Lasermediums auf einer Seite gegenüber dem Polarisierungsteilungselement angeordnet ist und für Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird; und

eine vierte Reflexionsschicht, die auf der Lichtemissionsflächenseite des sättigbaren Absorbers angeordnet ist und für das Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird.

(17) Bei dem in (16) beschriebenen Laserelement ist die dritte Reflexionsschicht näher an der Lichtemissionsflächenseite als die zweite Reflexionsschicht angeordnet.

(18) Bei dem in (16) beschriebenen Laserelement ist die zweite Reflexionsschicht zwischen der dritten Reflexionsschicht und der vierten Reflexionsschicht angeordnet.

(19) Bei dem in einem von (15) bis (18) beschriebenen Laserelement ist jedes von der laminierten Halbleiterschicht, dem Polarisierungsteilungselement, dem Lasermedium und dem sättigbaren Absorber in eine Vielzahl von in einem vorbestimmten Abstand angeordneten Gebieten in Verbindung mit einer Vielzahl von lichtemittierenden Einheiten geteilt, die Pulslicht der zweiten Wellenlänge emittieren.

(20) Eine Bildgebungsvorrichtung umfasst:

ein Laserelement; und

eine Steuereinheit, die eine Steuerung durchführt, um Licht von dem Laserelement zu emittieren, und

das Laserelement umfasst:

eine laminierte Halbleiterschicht, die eine erste Reflexionsschicht, die für Licht einer ersten Wellenlänge verwendet wird, und eine aktive Schicht, die eine Oberflächenlichtemission bei der ersten Wellenlänge durchführt, umfasst,

eine zweite Reflexionsschicht, die näher an einer Lichtemissionsflächenseite als die laminierte Halbleiterschicht angeordnet ist und für das Licht der ersten Wellenlänge verwendet wird, und

ein Polarisierungsteilungselement, das jeden einer Vielzahl von polarisierten Strahlen, die in dem von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Licht enthalten sind, zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

[0145] Aspekte der vorliegenden Offenbarung sind nicht auf die oben erwähnten einzelnen Ausführ-

rungsformen beschränkt und umfassen verschiedene Modifikationen, die der Fachmann erreichen kann, und Wirkungen der vorliegenden Offenbarung sind auch nicht auf die oben beschriebenen Details beschränkt. Mit anderen Worten können verschiedene Hinzufügungen, Modifikationen und Teillösungen vorgenommen werden, ohne von dem Konzeptgedanken und dem Kern der vorliegenden Offenbarung abzuweichen, die aus den in den Ansprüchen definierten Details und den Äquivalenten davon abgeleitet werden können.	23	Basismaterialschicht
	24	Zweites Substrat
	25	Laminierter Körper
	31	Voroxidationsschicht
	32	Nachoxidationsschicht (z. B. Al ₂ O ₃ -Schicht)
	33	Kontaktschicht
	34	Isolierfilm
[Bezugszeichenliste]	35	Leitfähiges Material
1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1g, 1h	50	Laserelement
2	51	Anregungslichtquelle (laminierte Halbleiterschicht)
	52	Submount-Substrat
2a	53	Anregungslichtquelle
	54	Festkörperlasermedium
2b	55	Erster Resonator
3	56	Erstes Reflexionselement
4	57	Zweites Reflexionselement
5		n-GaAs-Substrat
6	60	Polarisationsteilungselement
7		Aktive Schicht
8	61	Wärmeabführelement
10	62	Kühlelement
	64	SiC-Schicht
11	65	AuSn-Schicht
12	66	n-GaAs-Substrat
13	67	Kontaktschicht
14	69	Mantelschicht
	70	aktive Schicht
15	71	Mantelschicht
16	73	p-Elektrode
	74	n-Elektrode
17	75	Via
17a	83	Verstärkungsmedium
17b		Verstärkungsmedium
	100	Laserelement
20		Lichtemissionseinheit
21		Basismaterialschicht
22		Erstes Substrat

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

- WO 2021/106757 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Laserelement, aufweisend:

eine laminierte Halbleiterschicht, die eine erste Reflexionsschicht, die für Licht einer ersten Wellenlänge verwendet wird, und eine aktive Schicht, die eine Oberflächenlichtemission bei der ersten Wellenlänge durchführt, umfasst;
eine zweite Reflexionsschicht, die näher an einer Lichtemissionsoberfläche als die laminierte Halbleiterschicht angeordnet ist und für das Licht der ersten Wellenlänge verwendet wird; und
ein Polarisierungsteilungselement, das jeden der orthogonal polarisierten Strahlen, die in dem von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Licht enthalten sind, zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

2. Laserelement nach Anspruch 1, wobei die laminierte Halbleiterschicht eine Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten umfasst, die dem orthogonal polarisierten Strahl zugeordnet sind, und das Polarisierungsteilungselement einen entsprechenden polarisierten Strahl zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht für jedes der Vielzahl von laminierten Halbleitergebieten einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

3. Laserelement nach Anspruch 1, wobei das Polarisierungsteilungselement eine erste Oberfläche, die mit einer Lichtemissionsoberfläche der laminierten Halbleiterschicht in Kontakt steht, und eine zweite Oberfläche, die auf einer der ersten Oberfläche gegenüberliegenden Seite und zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht angeordnet ist, umfasst.

4. Laserelement nach Anspruch 1, wobei die orthogonal polarisierten Strahlen orthogonal polarisierte Strahlen unterschiedlicher Wellenlängen umfassen, und das Polarisierungsteilungselement jeden der orthogonal polarisierten Strahlen, die die orthogonal polarisierten Strahlen der unterschiedlichen Wellenlängen umfassen, zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

5. Laserelement nach Anspruch 4, wobei die orthogonal polarisierten Strahlen einen transversal magnetischen (TM) polarisierten Strahl und einen transversal elektrischen (TE) polarisierten Strahl umfassen, und das Polarisierungsteilungselement jeden des TE polarisierten Strahls und des TM polarisierten Strahls zwischen der ersten Reflexionsschicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

6. Laserelement nach Anspruch 5, wobei das Polarisierungsteilungselement den TE polarisierten Strahl mit dem TM polarisierten Strahl innerhalb des Polarisierungsteilungselements multiplext.

7. Laserelement nach Anspruch 1, wobei das Polarisierungsteilungselement einen laminierten Körper umfasst, der durch abwechselndes Laminieren einer Vielzahl von Polarisierungsteilungsfilmern und einer Vielzahl von Reflexionsfilmen mit einem Abstand voneinander erhalten wird, der laminierte Körper eine Querschnittsfläche aufweist, die durch Schneiden des laminierten Körpers in einer Richtung von 45 Grad in einer Normalrichtung einer Laminierungsfläche erhalten wird, und das Polarisierungsteilungselement so angeordnet ist, dass die Normalrichtung der Querschnittsfläche parallel zu einer Normalrichtung der laminierten Halbleiterschicht ist.

8. Laserelement nach Anspruch 1, wobei das Polarisierungsteilungselement ein doppelbrechendes Material zum Teilen des von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Lichts in die orthogonal polarisierten Strahlen umfasst.

9. Laserelement nach Anspruch 1, ferner aufweisend ein Lasermedium, das näher an der Lichtemissionsfläche als das Polarisierungsteilungselement angeordnet ist und bei einer zweiten Wellenlänge, die sich von der ersten Wellenlänge unterscheidet, schwingt.

10. Laserelement nach Anspruch 9, ferner aufweisend:
eine dritte Reflexionsschicht, die auf einer ersten Endfläche des Lasermediums auf einer Seite des Polarisierungsteilungselements angeordnet ist und für Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird; und
eine vierte Reflexionsschicht, die auf einer zweiten Endfläche des Lasermediums auf einer Seite gegenüber der ersten Endfläche angeordnet ist und für das Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird.

11. Laserelement nach Anspruch 10, wobei die dritte Reflexionsschicht näher an der Lichtemissionsoberfläche als die zweite Reflexionsschicht angeordnet ist.

12. Laserelement nach Anspruch 10, wobei die dritte Reflexionsschicht zwischen dem Polarisierungsteilungselement und der zweiten Reflexionsschicht angeordnet ist.

13. Laserelement nach Anspruch 12, wobei die dritte Reflexionsschicht mit einer Endoberfläche des Polarisierungsteilungselements in Kontakt steht.

14. Laserelement nach Anspruch 10, wobei die vierte Reflexionsschicht mit der zweiten Reflexionsschicht in Kontakt steht oder näher an der Lichtemissionsoberflächenseite als die zweite Reflexionsschicht angeordnet ist.

schicht und der zweiten Reflexionsschicht einzeln in Resonanz bringt und multiplext.

Es folgen 21 Seiten Zeichnungen

15. Laserelement nach Anspruch 9, ferner aufweisend einen sättigbaren Absorber, der näher an der Lichtemissionsflächenseite als das Lasermedium angeordnet ist.

16. Laserelement nach Anspruch 15, ferner aufweisend:

eine dritte Reflexionsschicht, die auf einer Endfläche des Lasermediums auf einer Seite gegenüber dem Polarisierungsteilungselement angeordnet ist und für Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird; und eine vierte Reflexionsschicht, die auf der Lichtemissionsflächenseite des sättigbaren Absorbers angeordnet ist und für das Licht der zweiten Wellenlänge verwendet wird.

17. Laserelement nach Anspruch 16, wobei die dritte Reflexionsschicht näher an der Lichtemissionsflächenseite als die zweite Reflexionsschicht angeordnet ist.

18. Laserelement nach Anspruch 16, wobei die zweite Reflexionsschicht zwischen der dritten Reflexionsschicht und der vierten Reflexionsschicht angeordnet ist.

19. Laserelement nach Anspruch 15, wobei jedes von der laminierten Halbleiterschicht, dem Polarisierungsteilungselement, dem Lasermedium und dem sättigbaren Absorber in eine Vielzahl von in einem vorbestimmten Abstand angeordneten Gebieten in Verbindung mit einer Vielzahl von lichtemittierenden Einheiten geteilt ist, die Puls laserlicht der zweiten Wellenlänge emittieren.

20. Elektronische Vorrichtung, aufweisend:
ein Laserelement; und
eine Steuereinheit, die eine Steuerung durchführt, um Licht von dem Laserelement zu emittieren, wobei
das Laserelement umfasst:
eine laminierte Halbleiterschicht, die eine erste Reflexionsschicht, die für Licht einer ersten Wellenlänge verwendet wird, und eine aktive Schicht, die eine Oberflächenlichtemission bei der ersten Wellenlänge durchführt, umfasst,
eine zweite Reflexionsschicht, die näher an einer Lichtemissionsflächenseite als die laminierte Halbleiterschicht angeordnet ist und für das Licht der ersten Wellenlänge verwendet wird, und
ein Polarisierungsteilungselement, das jeden der orthogonal polarisierten Strahlen, die in dem von der laminierten Halbleiterschicht emittierten Licht enthalten sind, zwischen der ersten Reflexions-

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

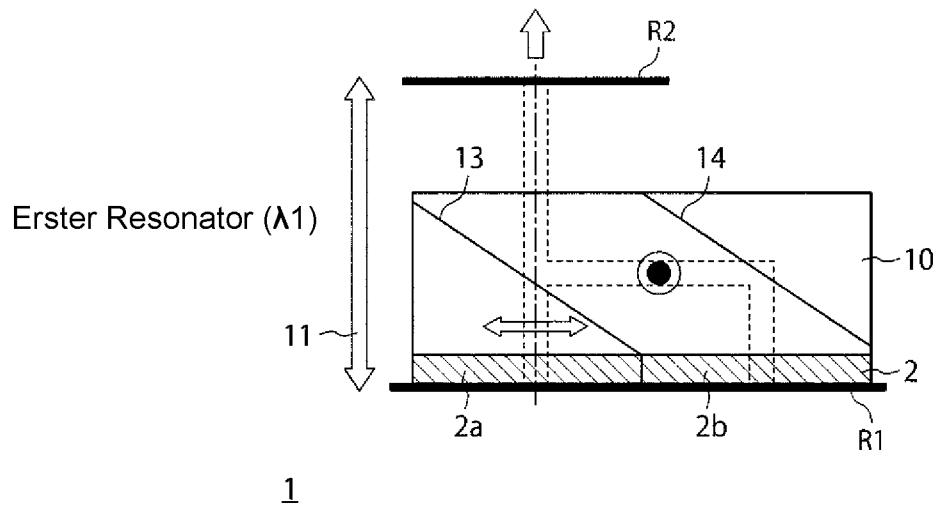


Fig. 2

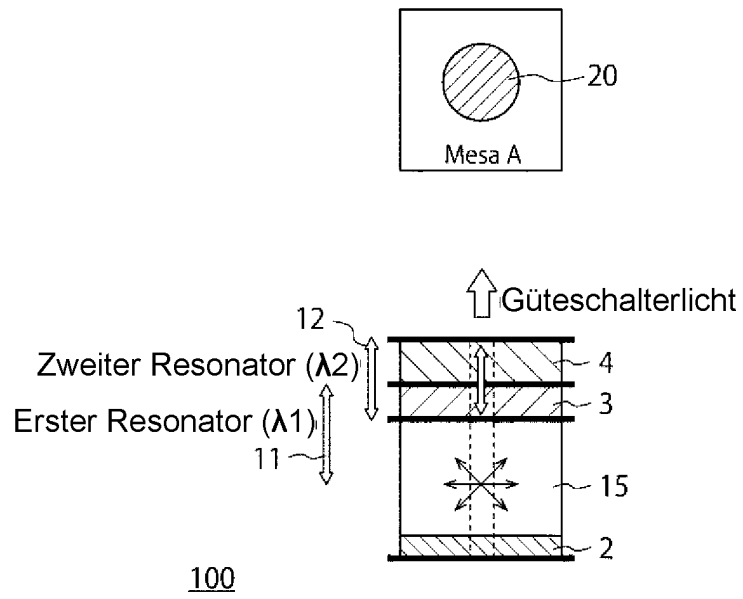


Fig. 3

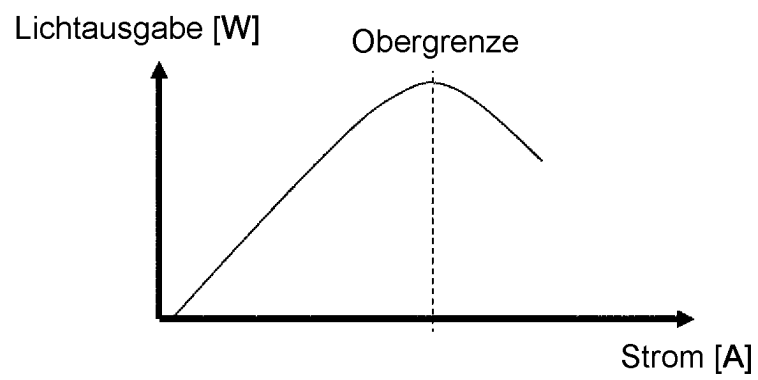
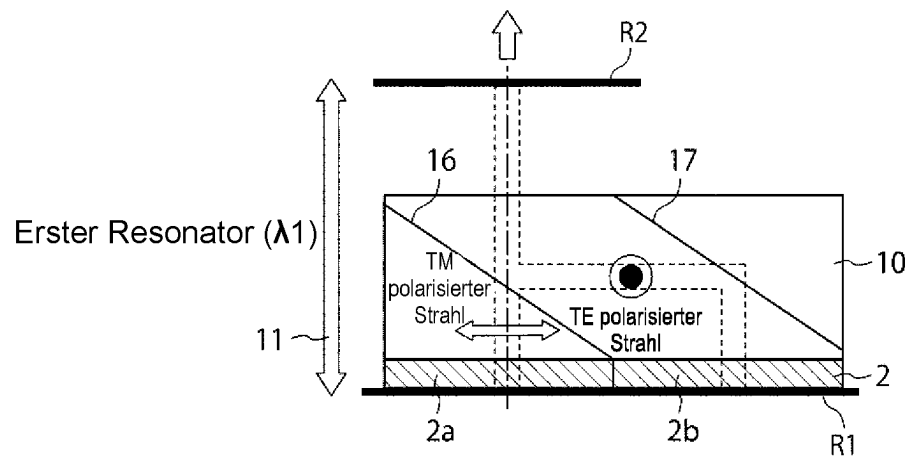


Fig. 4



1a

Fig. 5

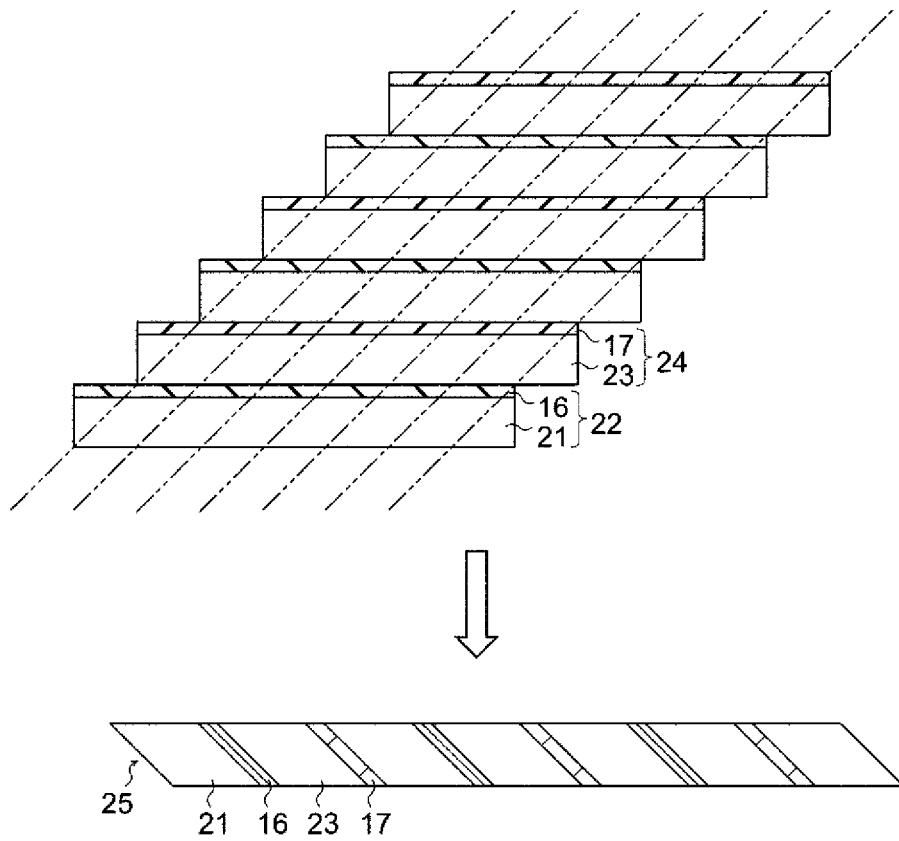


Fig. 6A

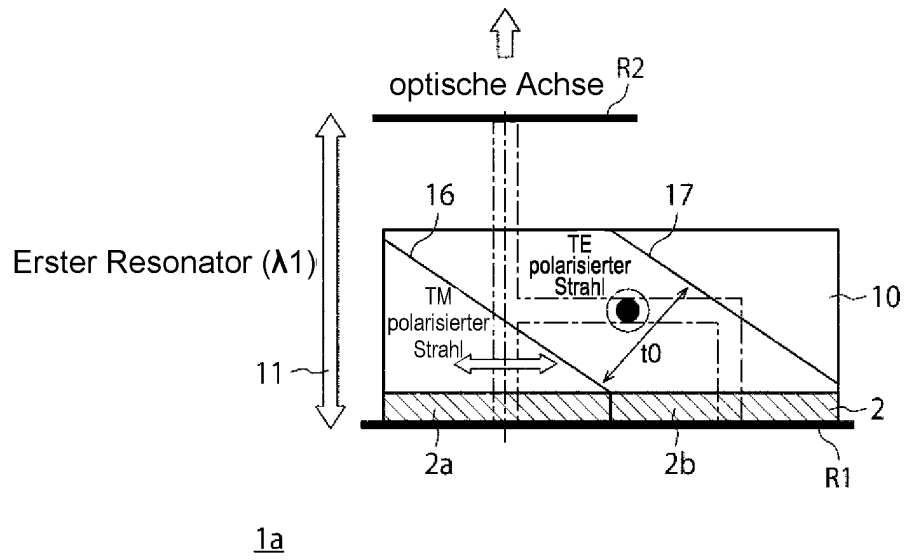


Fig. 6B

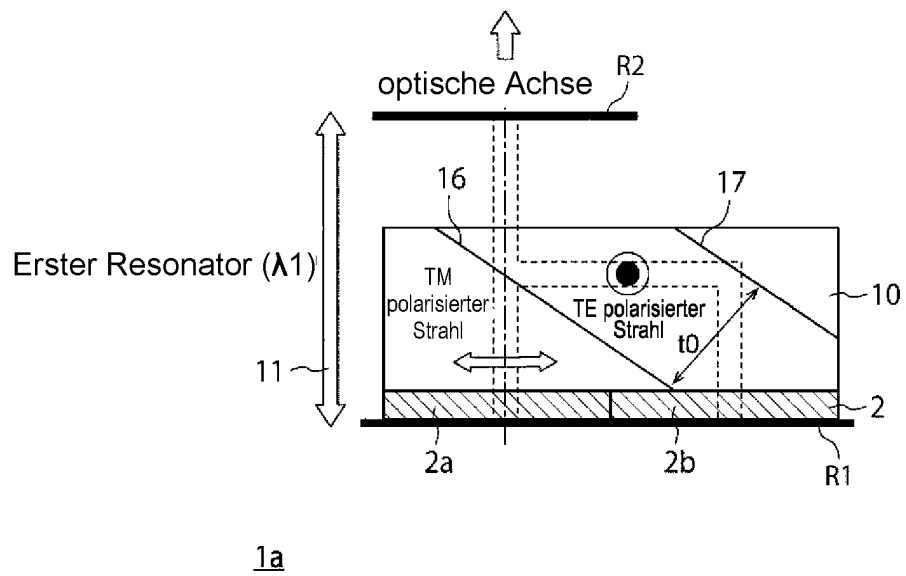


Fig. 7

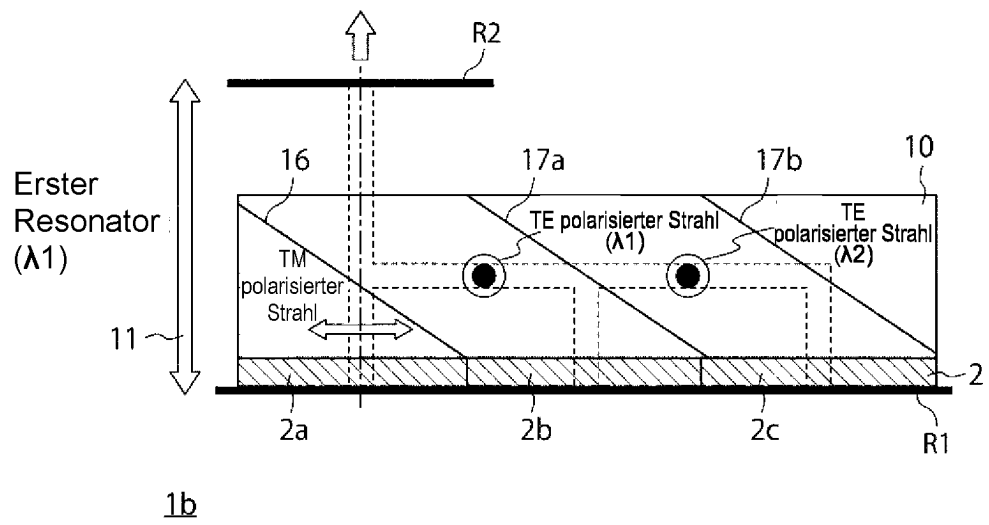


Fig. 8

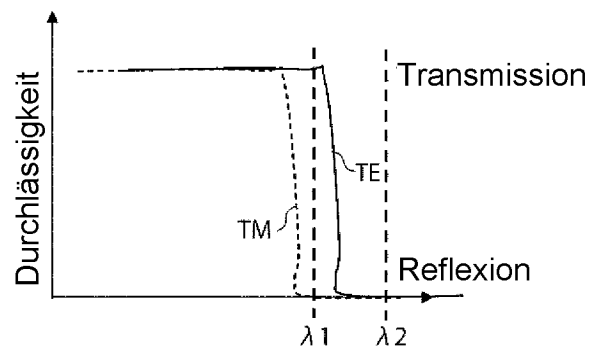


Fig. 9

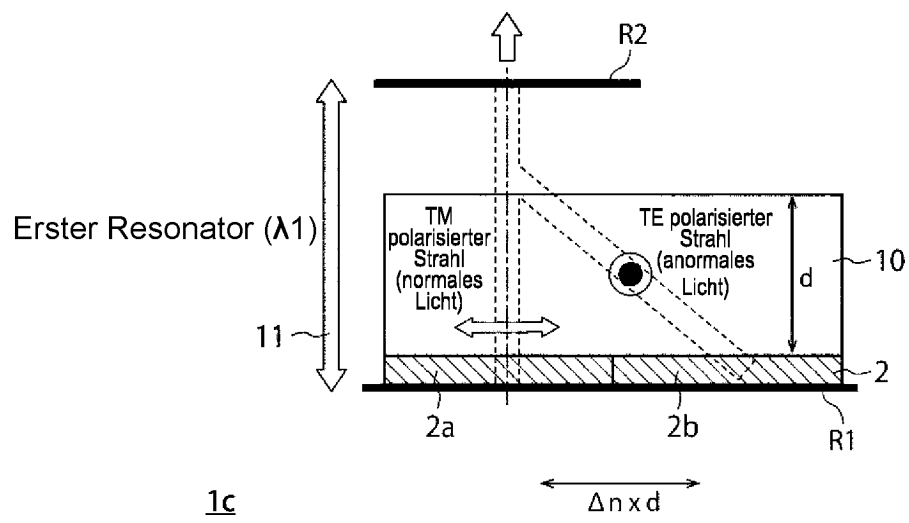
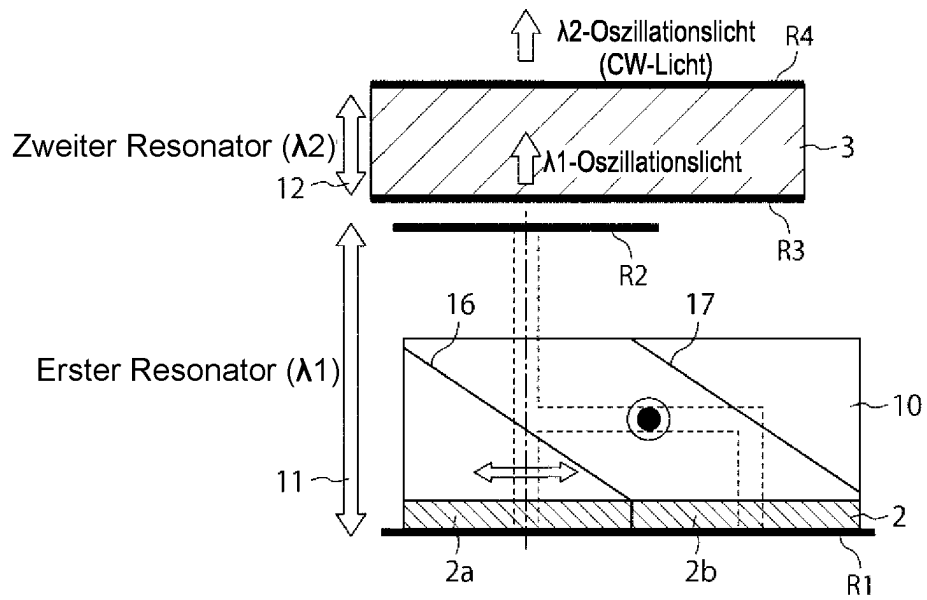
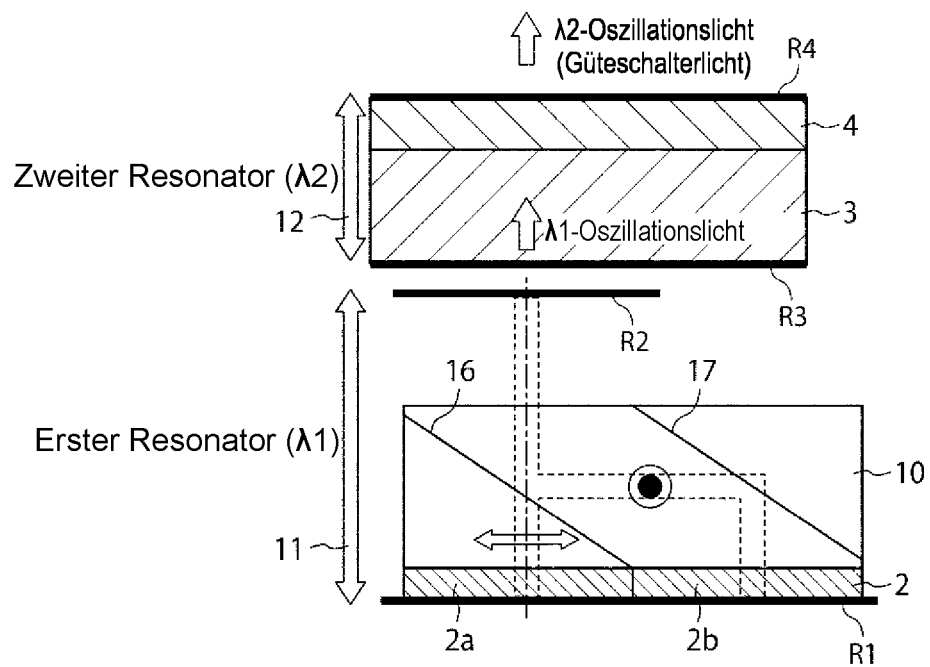


Fig. 10



1d

Fig. 11



1e

Fig. 12

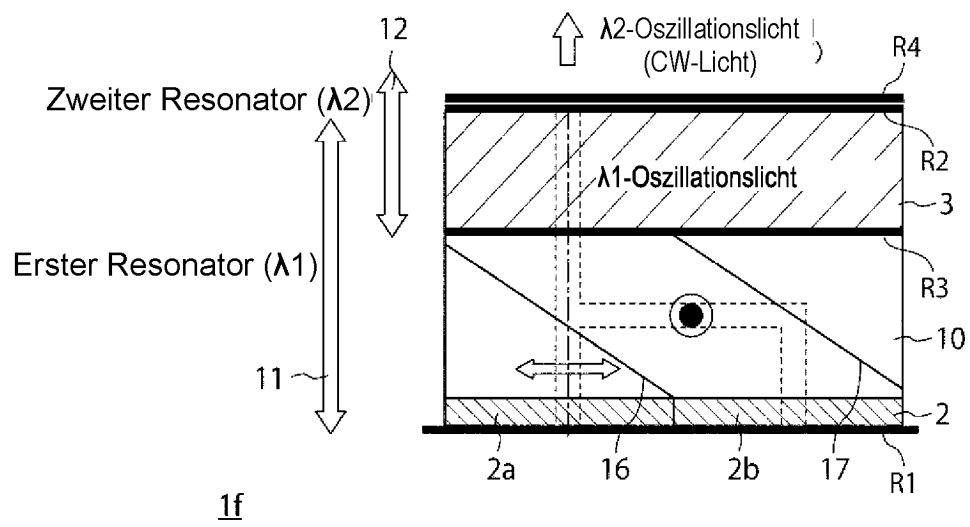


Fig. 13

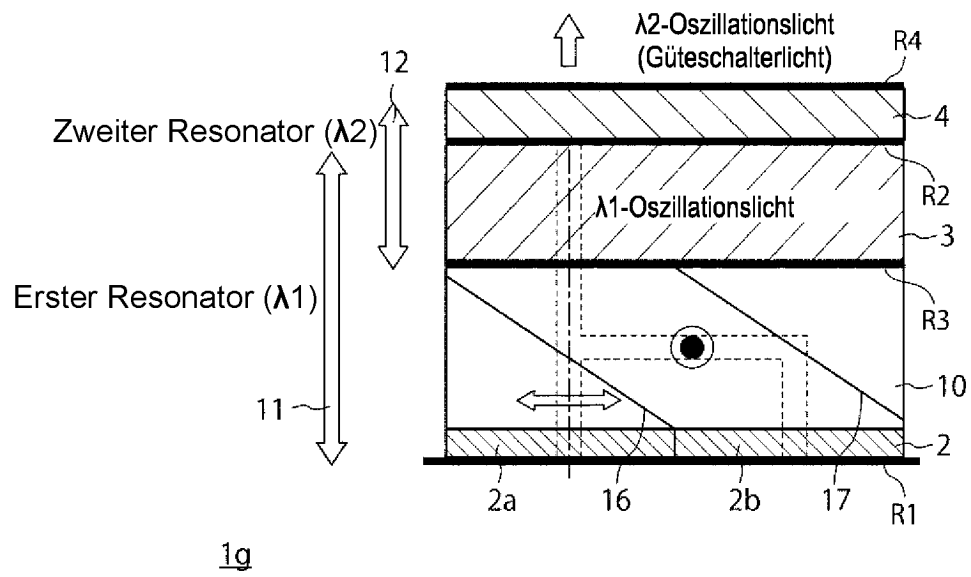


Fig. 14

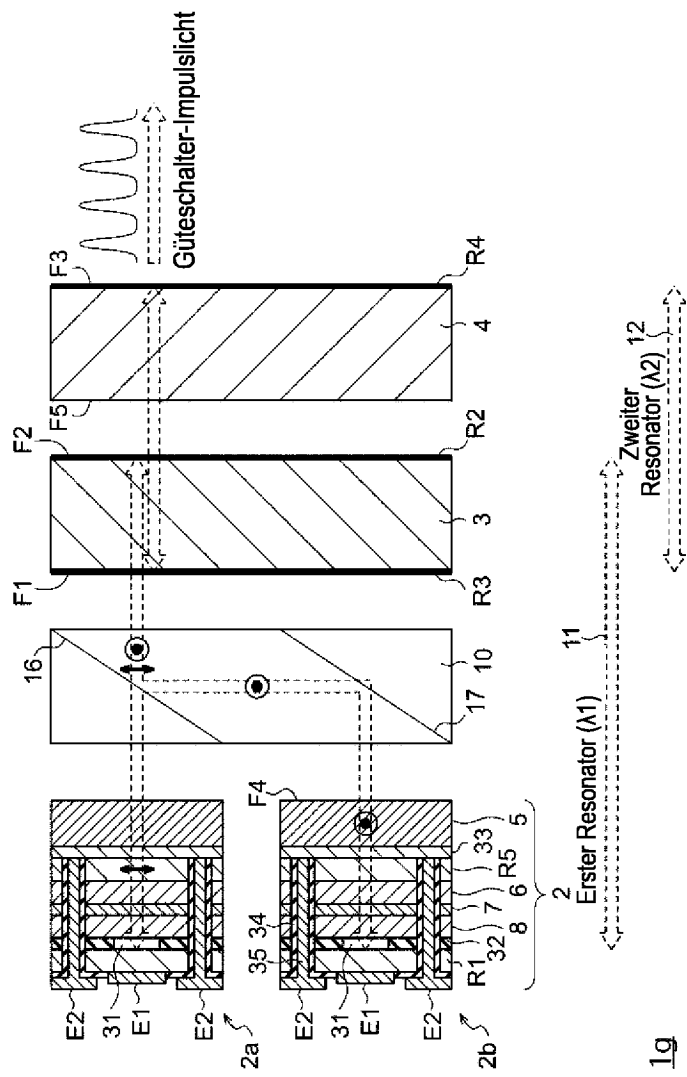


Fig. 15

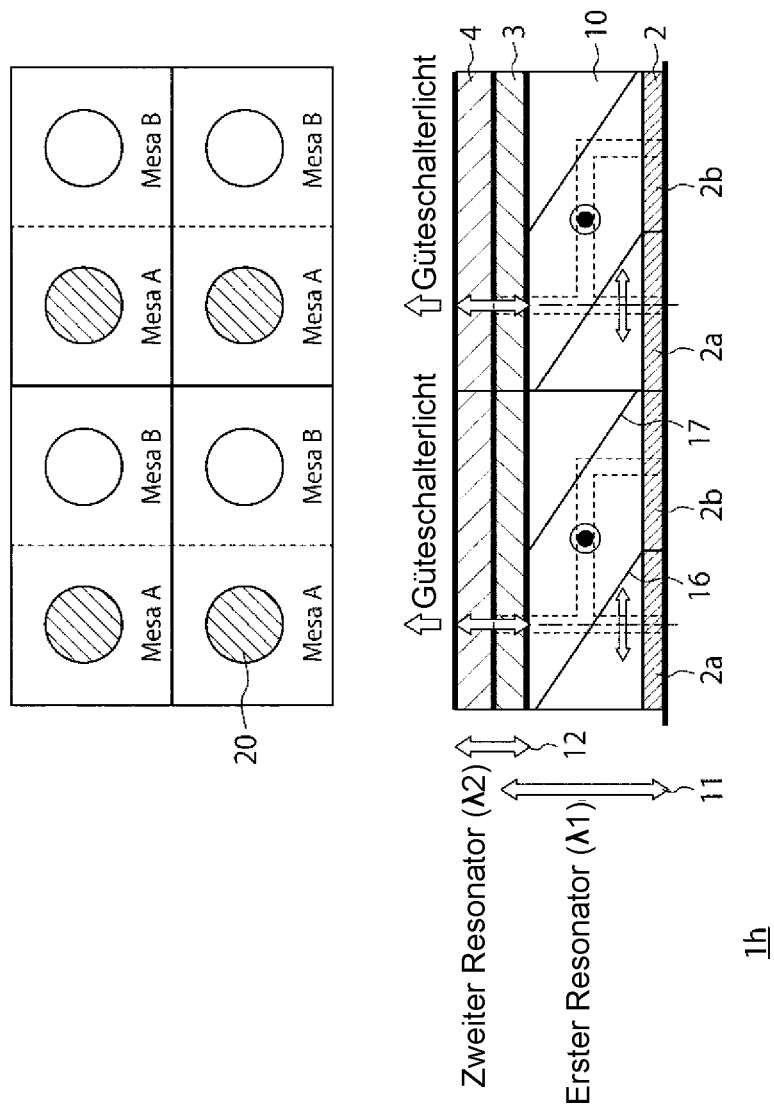


Fig. 16A

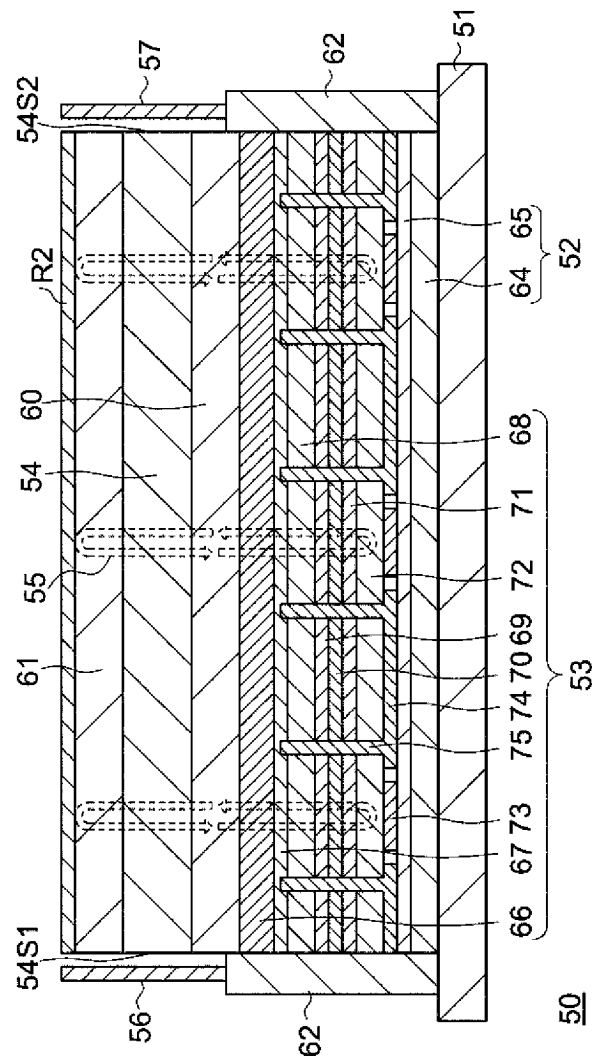


Fig. 16B

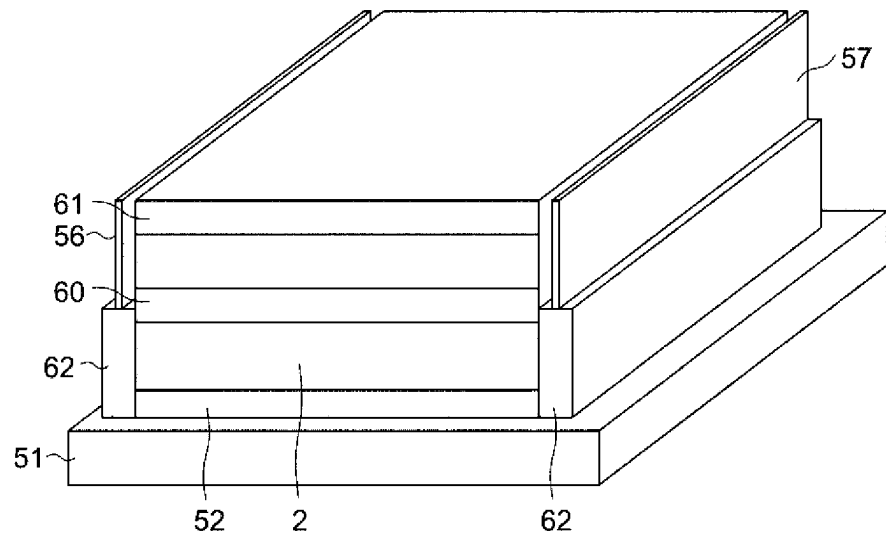


Fig. 16C

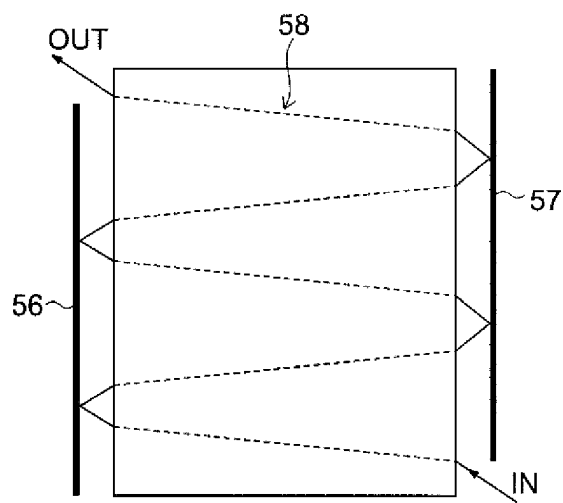


Fig. 17

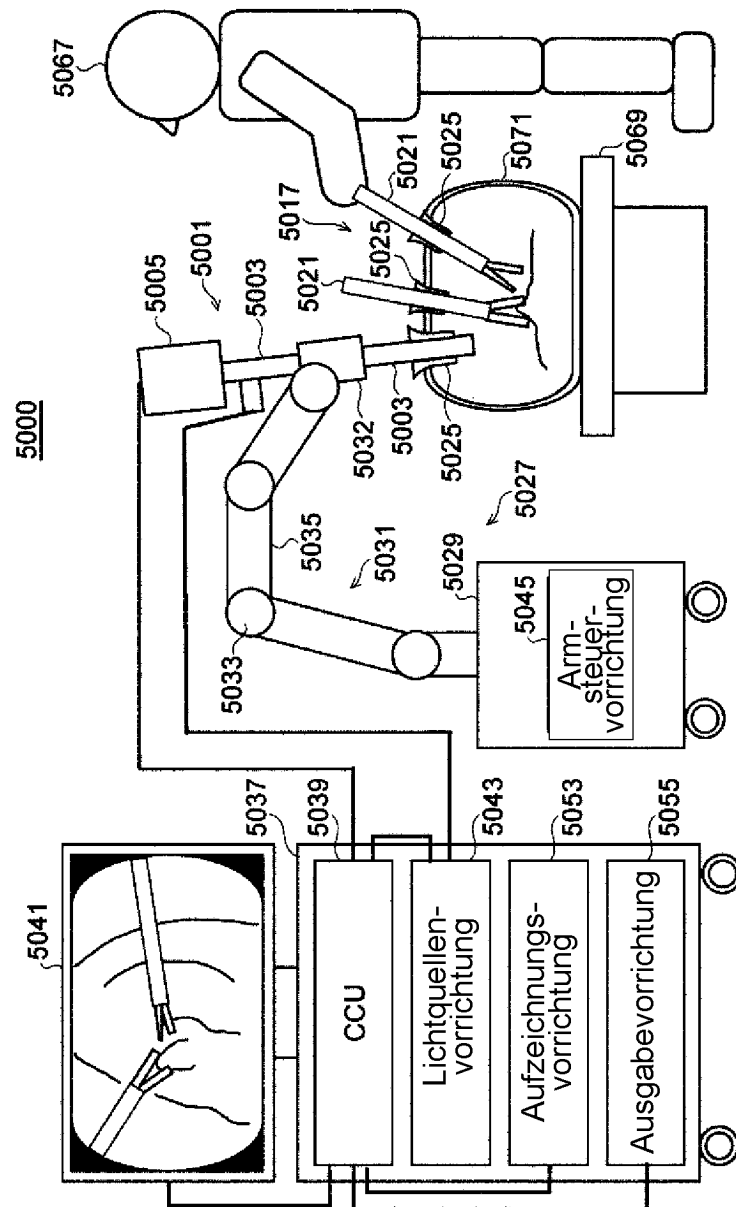


Fig. 18

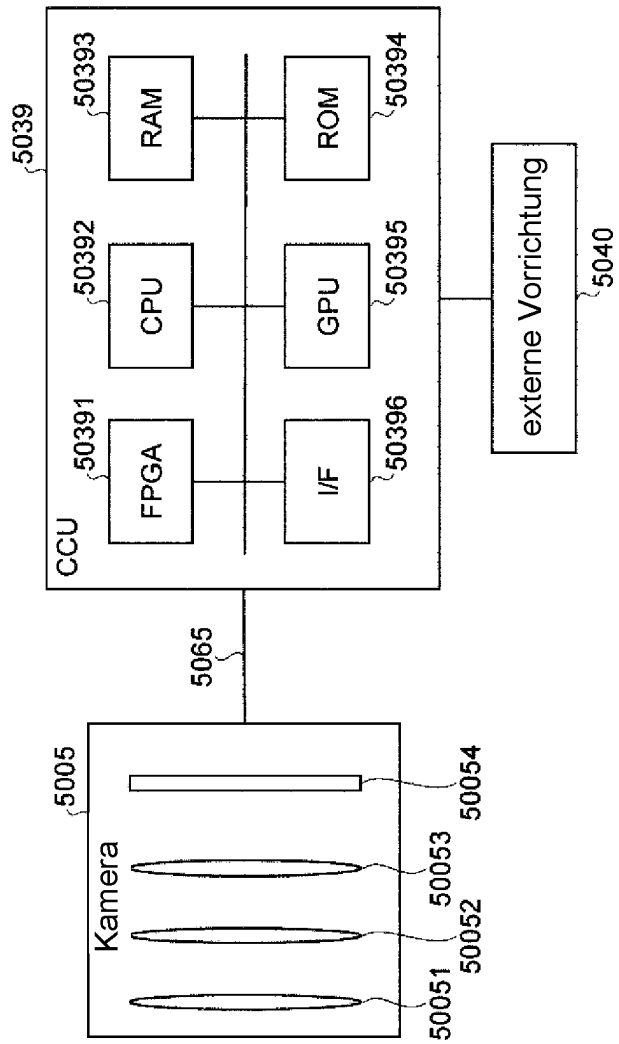


Fig. 19

