



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 603 10 311 T2 2007.06.21

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 372 230 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 603 10 311.1

(96) Europäisches Aktenzeichen: 03 005 629.5

(96) Europäischer Anmeldetag: 12.03.2003

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 17.12.2003

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 13.12.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 21.06.2007

(51) Int Cl.⁸: H01S 5/14 (2006.01)
H01S 5/022 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
162752 04.06.2002 US

(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(73) Patentinhaber:
Agilent Technologies, Inc. - a Delaware Corporation -, Santa Clara, Calif., US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
Baney, Douglas M., Los Altos, CA 94022, US

(54) Bezeichnung: **Laser mit externem Resonator in einer bestimmten Gas-atmosphäre**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**ERFINDUNGSGEBIET**

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der Laser, und genauer einen Laser mit externer Laserkavität.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Im Wellenlängenmultiplex („wavelength division multiplexing“, WDM) werden Daten gleichzeitig über eine einzelne Faser auf mehreren Trägersignalen übertragen, die unterschiedliche Mittenwellenlängen haben. Die Anzahl von Trägersignalen, die auf einer einzelnen optischen Faser übertragen werden können, ist eine Funktion von der Bandbreite jedes der Trägersignale und davon, wie exakt die Mittenwellenlänge jedes der Trägersignale gesteuert werden kann. Um den wachsenden Bedarf an Bandbreite für die optische Datenübertragung zu befriedigen, hat die Anzahl optischer Kanäle pro Faser stark zugenommen, was zu schmalem Wellenlängenabstand zwischen den optischen Kanälen bei dichten Wellenlängenmultiplex-Systemen („dense wavelength division multiplexing“, DWDM) geführt hat.

[0003] Um eine Mehrzahl von Trägersignalen davon abzuhalten, sich gegenseitig zu stören, und um die Anzahl von Trägersignalen zu maximieren, die in eine Faser gemultiplext werden können, ist es notwendig, die Wellenlänge der Trägersignale, die von einem Laser in eine optische Faser ausgegeben werden, exakt zu steuern. Ein Typ von Laser, der verwendet werden kann, um Trägersignale in DWDM-Systemen zu erzeugen, ist ein Laser mit externer Laserkavität. **Fig. 1** stellt ein Beispiel eines Lasers mit externer Laserkavität **100** des Standes der Technik dar. Der Laser mit externer Laserkavität **100** umfaßt ein optisches Gainmedium **110**, eine erste Linse **130**, ein Beugungsgitter **140**, einen teilreflektierenden Spiegel **120** und eine zweite Linse **150**. Wenn er angeregt wird, erzeugt der Laser mit externer Laserkavität **100** eine optische Ausgabe **170**. In bekannten Lasern mit externer Laserkavität ist die Laserkavität zwischen dem Gainmedium **110** und dem Beugungsgitter **140** einer nicht kontrollierten Atmosphäre ausgesetzt. Solch eine nicht kontrollierte Atmosphäre kann unerwünschte wellenlängen-abhängige Absorptionscharakteristika besitzen, welche die Leistung des Lasers verringern. Zum Beispiel enthält eine Atmosphäre aus Luft Wasserdampf, der Licht in unterschiedlichem Ausmaß absorbieren kann, was zu Schwankungen der Ausgangsleistung bei Wellenlängen, die das Wasser absorbiert, führen kann. Zusätzlich ist eine Kalibrierung der Ausgabewellenlänge des Lasers, wenn man bekannte Laser mit externer Laserkavität verwendet, schwer auszuführen.

[0004] Was im Hinblick auf das Bestreben, mehr

Trägersignale in eine einzelne Faser zu multiplexen, benötigt wird, ist ein Laser mit externer Laserkavität mit einer stabilen Mittenwellenlänge und eine einfache und genaue Technik zur Kalibrierung eines Lasers mit externer Laserkavität.

[0005] US-A-5,530,714 offenbart ein Lasersystem nach dem Oberbegriff von Anspruch 1. Das darin offenbare Lasersystem umfaßt weiter ein Interferometer, das zur Stabilisierung der Wellenlänge vorgesehen ist.

[0006] In einem Artikel von Bozoki et al in Applied Physics B, Bd. 63, Seite 399–401 (1996) wird ein Experiment beschrieben, in dem eine Photoakustikzelle innerhalb der Laserkavität eines Diodenlasers mit externer Laserkavität angeordnet wird. Die Photoakustikzelle umfaßt eine wellenlängen-selektive Atmosphäre.

[0007] In einem Artikel von Sudo et al in IEEE Photonics Technology Letters, Bd. 1, Seite 281–284 wird angegeben, eine mit einer wellenlängen-selektiven Atmosphäre gefüllte separate Gazelle als eine Referenz zur Stabilisierung eines Lasers zu verwenden.

ABRISS DER ERFINDUNG

[0008] Ein Lasersystem umfaßt ein Gainmedium, um Licht in Antwort auf einen angelegten Strom zu emittieren, einen wellenlängen-selektiven Reflektor, der konfiguriert ist, eine Resonanz des vom Gainmedium emittierten Lichts herzustellen, und eine Kammer, die eine vorgegebene Atmosphäre enthält, wobei die Kammer optisch mit dem Gainmedium und dem wellenlängen-selektiven Reflektor so verbunden ist, daß das Licht, das vom Gainmedium emittiert wird, durch die Kammer läuft.

[0009] In einer Ausführung schließt die Kammer das Gainmedium und den wellenlängenselektiven Reflektor ein. In einer Ausführung, die nicht eine Ausführung dieser Erfindung ist, kann die Kammer eine inerte Atmosphäre enthalten. Eine inerte Atmosphäre kann verwendet werden, um Probleme durch unerwünschte spektralere Absorption zu verringern, die charakteristisch für Laser mit externer Laserkavität sind, die in nicht kontrollierten Atmosphären arbeiten.

[0010] In einer anderen Ausführung ist die Kammer in einem optischen Weg des resonanten Lichts angeordnet. In dieser Ausführung kann die Kammer eine wellenlängenselektive Atmosphäre mit bekannten spektralen Merkmalen umfassen. Zum Beispiel kann bekannt sein, daß die Atmosphäre Licht bei einer gegebenen Wellenlänge oder Wellenlängen absorbiert. Eine solche Atmosphäre kann zur Kalibrierung des Lasersystems verwendet werden.

[0011] Andere Aspekte und Vorteile der vorliegen-

den Erfindung werden aus den folgenden detaillierten Beschreibungen zusammen mit den beigefügten Zeichnungen deutlich, indem sie durch Beispiele die Prinzipien der Erfindung erläutert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] [Fig. 1](#) stellt einen Laser mit externer Laserkavität vom Stand der Technik dar.

[0013] [Fig. 2](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems dar, das in einer Kammer eingeschlossen ist.

[0014] [Fig. 3](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems dar, in dem eine Kammer in einem optischen Weg von resonantem Licht angeordnet ist.

[0015] [Fig. 4](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems dar, das eine erste Kammer und eine zweite Kammer umfaßt, wobei die erste Kammer in einem optischen Weg des resonanten Lichts angeordnet ist und die zweite Kammer ein Gainmedium, einen wellenlängenselektiven Reflektor und die erste Kammer einschließt.

[0016] [Fig. 5](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems mit einer Kammer dar, die eine erste Linse und einen wellenlängenselektiven Reflektor umfaßt.

[0017] [Fig. 6](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems mit einer ersten Kammer und einer zweiten Kammer dar, wobei die erste Kammer eine erste Linse und einen wellenlängenselektiven Reflektor umfaßt und die zweite Kammer das Lasersystem einschließt.

[0018] [Fig. 7](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems mit einer Kammer dar, die in einem optischen Weg, der außerhalb der Laserkavität liegt, angeordnet ist.

[0019] [Fig. 8](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems mit einer ersten Kammer und einer zweiten Kammer dar, wobei die erste Kammer in einem optischen Weg angeordnet ist, der außerhalb der Laserkavität liegt und die zweite Kammer das Lasersystem einschließt.

[0020] [Fig. 9](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems mit einer Kammer dar, die einen Anteil des resonanten Lichts empfängt, das von einem ersten teilreflektierenden Spiegel ausgegeben und von einem zweiten teilreflektierenden Spiegel reflektiert wird.

[0021] [Fig. 10](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems mit einer ersten Kammer und einer zweiten Kammer dar, wobei die erste Kammer einen Anteil des resonanten Lichts empfängt, das durch einem ersten teilreflektierenden Spiegel ausgegeben und von einem zweiten teilreflektierenden Spiegel reflek-

tiert wird, und die zweite Kammer das Lasersystem einschließt.

[0022] [Fig. 11](#) ist ein Flußdiagramm einer Ausführung eines Verfahrens zum Betrieb der Lasersysteme von [Fig. 2](#)–[Fig. 10](#).

[0023] [Fig. 12](#) ist ein Flußdiagramm einer anderen Ausführung eines Verfahrens zum Betrieb der Lasersysteme von [Fig. 2](#)–[Fig. 10](#).

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0024] Es wird ein Laser mit externer Laserkavität mit vorbestimmter Atmosphäre zur besseren Stabilität und Kalibrierung offenbart. Ein Lasersystem umfaßt ein Gainmedium, um Licht in Antwort auf einen angelegten Strom zu emittieren, einen wellenlängenselektiven Reflektor, der zum Herstellen einer Resonanz des Lichts, das vom Gainmedium emittiert wird, konfiguriert ist, und eine Kammer, die eine vorbestimmte Atmosphäre enthält, wobei die Kammer mit dem Gainmedium und dem wellenlängenselektiven Reflektor so optisch verbunden ist, daß das Licht, das vom Gainmedium emittiert wird, durch die Kammer läuft.

[0025] [Fig. 2](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems 200 dar, das in einer Kammer 205 eingeschlossen ist. Das Lasersystem umfaßt ein Gainmedium 210, eine erste Linse 230, einen wellenlängenselektiven Reflektor 240, einen teilreflektierenden Spiegel 220 und eine zweite Linse 250. Das Gainmedium 210 erzeugt und emittiert Licht in Antwort auf einen angelegten Strom. In einer Ausführung durchläuft das Licht, das vom Gainmedium emittiert wird, die erste Linse 230. Die erste Linse 230 kann dazu dienen, das vom Gainmedium 210 emittierte Licht zu fokussieren. Der wellenlängenselektive Reflektor 240 reflektiert Licht, das die erste Linse 230 durchläuft, und stellt eine Resonanz des Lichts zwischen dem teilreflektierenden Spiegel 220 (erster optischer Reflektor) und dem wellenlängenselektiven Reflektor 240 (zweiter optischer Reflektor) bei einer gewählten Wellenlänge her. In der Ausführung von [Fig. 2](#) besteht der wellenlängenselektive Reflektor aus einem Beugungsgitter, das gedreht oder angepaßt werden kann, um den Laser auf unterschiedliche Wellenlängen einzustellen. Obwohl der wellenlängenselektive Reflektor als ein Beugungsgitter beschrieben wird, kann er ein wellenlängenselektiver Reflektor von irgend einer anderen Art sein. Beispiele anderer wellenlängenselektiven Reflektoren umfassen Transmissionsgitter, Gitter auf Stellgliedern von mikro-elektromechanischen Systemen („micro electro-mechanical systems“, MEMS) oder verteilte Bragg-Reflektoren in Stapel-Form. Der teilreflektierende Spiegel 220 reflektiert das Licht zum wellenlängenselektiven Reflektor 240 zurück, und eine Resonanzwellenlänge

wird erreicht. In einer Ausführung läßt der teilreflektierende Spiegel **220** das Licht zur zweiten Linse **250** durchlaufen, sobald die Resonanzenergie eine vorbestimmte Intensität erreicht hat. Licht, das den teilreflektierenden Spiegel **220** durchläuft, wird von der zweiten Linse **250** in eine gebündelte Lichtausgabe fokussiert. Mehr, oder weniger Linsen als die erste Linse **230** und die zweite Linse **250** können verwendet werden. Obwohl eine Art von Laser mit externer Laserkavität mit Bezug auf [Fig. 2](#) beschrieben wird, werden andere Arten von Lasern in Betracht gezogen.

[0026] In der Ausführung von [Fig. 2](#) schließt die Kammer **205** das Gainmedium **210**, den wellenlängen-selektiven Reflektor **240**, den teilreflektierenden Spiegel **220**, die erste Linse **230** und die zweite Linse **250** ein. Andere Anordnungen für die Kammer **205** werden jedoch in Betracht gezogen. Zum Beispiel enthält in einer Ausführung die Kammer **205** nicht die zweite Linse **250**. Die Kammer **205** kann gasdicht oder luftdicht sein.

[0027] Wie oben beschrieben enthält die Kammer **205** eine vorbestimmte Atmosphäre. Eine vorbestimmte Atmosphäre ist eine kontrollierte Atmosphäre, die bekannte chemische und/oder optische Eigenschaften aufweist. Licht, das vom Gainmedium **210** emittiert wird, durchläuft die vorbestimmte Atmosphäre, die in der Kammer enthalten ist, und bildet so eine optische Verbindung zwischen der Kammer, dem Gainmedium und dem wellenlängenselektiven Reflektor **240**. In der Ausführung von [Fig. 2](#) geschieht das Durchlaufen des Lichts durch die vorbestimmte Atmosphäre direkt nachdem das Licht das Gainmedium **210** verläßt, während des Resonanzvorgangs, und nachdem das Licht aus der Laserkavität ausgegeben wird. In anderen Ausführungen kann das Licht die vorbestimmte Atmosphäre auf anderen Wegen durchlaufen.

[0028] In einem Beispiel, das keine Ausführung der vorliegenden Erfindung ist, besteht die vorbestimmte Atmosphäre aus einer inerten Atmosphäre. Eine inerte Atmosphäre ist eine Atmosphäre frei von spektralen Merkmalen innerhalb eines interessierenden Wellenlängenbereichs. Eine inerte Atmosphäre kann aus einem Inertgas, wie etwa Stickstoff, oder irgend einem anderen Inertgas bestehen. Solch eine inerte Atmosphäre kann nützlich sein, um Fluktuationen in der Intensität und/oder der Wellenlänge des vom Lasersystem ausgegebenen Lichts zu minimieren, indem sie unkontrollierte Absorption von Licht durch die umgebende Atmosphäre verringert.

[0029] In der Erfindung besteht die vorbestimmte Atmosphäre aus einer wellenlängenselektiven Atmosphäre. Eine wellenlängen-selektive Atmosphäre ist eine Atmosphäre mit bekannten spektralen Merkmalen innerhalb eines interessierenden Wellenlän-

genbereichs. Beispiele von wellenlängen-selektiven Gasen, die für die wellenlängen-selektive Atmosphäre verwendet werden können, sind Acetylen und Wasserstoffzyanid. Acetylen weist bekannte Absorptionsmerkmale auf, die gleichmäßig über den Bereich von 1510 bis 1545 nm verteilt sind, und Wasserstoffzyanid weist bekannte Absorptionsmerkmale auf, die gleichmäßig über den Bereich von 1545 bis 1560 nm verteilt sind. Andere wellenlängen-selektive Gase werden auch in Betracht gezogen. Die spezielle Wahl des Gases hängt von der Vereinbarkeit mit den chemischen Eigenschaften der Elemente ab, aus denen der Laser besteht.

[0030] In einer Ausführung werden die bekannten spektralen Merkmale der wellenlängenselektiven Atmosphäre dazu verwendet, um einen Laser mit externer Laserkavität zu kalibrieren. Zum Beispiel können die spektralen Merkmale des resonanten Lichts beobachtet werden, und die Ausgabewellenlänge des Lasersystems kann, basierend auf den Ergebnissen der Beobachtung, kalibriert werden. Die Kalibrierung kann zum Beispiel das Messen der Ausgangsleistung als Funktion der Wellenlänge umfassen, sowie das Rotieren des wellenlängenselektiven Reflektors **240**, um die Resonanzwellenlänge in Antwort auf die Messung zu verändern. Bekannte spektrale Merkmale umfassen üblicherweise Absorptionscharakteristika, aber andere spektrale Merkmale können existieren.

[0031] [Fig. 3](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems **300** dar, in dem eine Kammer **305** so in einem optischen Weg zwischen dem Gainmedium **210** und dem wellenlängenselektiven Reflektor **240** angeordnet ist, daß das Licht, das vom Gainmedium emittiert wird, die Kammer durchläuft. Wie in [Fig. 3](#) dargestellt ist, kann die Kammer **305** in einem optischen Weg zwischen der ersten Linse **230** und dem wellenlängen-selektiven Reflektor **240** angeordnet sein. Die Kammer **305** enthält, analog der Kammer **205**, eine bestimmte Atmosphäre, wie sie oben mit Bezug auf [Fig. 2](#) beschrieben ist. Ähnlich enthalten die Kammern **505**, **705** und **905**, die unten beschrieben sind, solche vorvorbestimmten Atmosphären. Es wird in Betracht gezogen, daß sich die Kammern **205**, **305**, **505**, **705** und **905** in ihrer Anordnung bezüglich anderer Elemente des Systems ändern können. Es wird auch in Betracht gezogen, daß die Kammern **205**, **305**, **505**, **705** und **905** untereinander ähnliche, oder unterschiedliche, Funktionen ausüben können.

[0032] Das Lasersystem **300**, das in [Fig. 3](#) dargestellt ist, kann auch einen optischen Abgriff **315**, eine optische Leistungsanzeige **325**, eine Gain-Steuerung **335** und ein Kalibrierungssystem **345** umfassen. In einer Ausführung greift der optische Abgriff **315** einen Anteil des Lichts vom Ausgabestrahl **260** ab. Der optische Abgriff **315** ist mit der optischen Leistungsanzeige **325** optisch verbunden. Die optische Leis-

tungsanzeige **325** beobachtet, basierend auf dem Licht, das es vom optischen Abgriff **315** empfängt, die Leistung des Lichts, das vom Lasersystem **300** ausgegeben wird. Die Gain-Steuerung **335** ist mit der optischen Leistungsanzeige **325** und dem Gainmedium **210** verbunden. In einer Ausführung steuert die Gain-Steuerung **335** in Antwort auf die Beobachtungsergebnisse, die sie von der optischen Leistungsanzeige **325** empfängt, den Strom, der an das Gainmedium **210** angelegt wird. Dies kann implementiert werden, um Senken in der optischen Leistungsausgabe, die von Absorption in der vorbestimmten Atmosphäre erzeugt werden, zu minimieren. Zusätzlich, oder alternativ, ist das Kalibrierungssystem **345** mit der optischen Leistungsanzeige **325** verbunden.

[0033] Das Kalibrierungssystem **345** verwendet die Beobachtungsergebnisse, die es von der optischen Leistungsanzeige **325** empfängt, um die Ausgabewellenlänge des Lasersystems zu kalibrieren. In einer Ausführung wird das Kalibrierungssystem **345** zusammen mit einer vorbestimmten Atmosphäre, die bekannte spektrale Merkmale innerhalb eines interessierenden Wellenlängenbereichs aufweist, so verwendet, daß eine Senke im Leistungspegel, der vom Laser ausgegeben wird, als Licht interpretiert wird, das mit einer bekannten Wellenlänge emittiert wird. Unter Verwendung dieser Information kann die Ausgabewellenlänge des Lasers kalibriert werden. Die optische Leistungsanzeige **325**, die Gain-Steuerung **335** und das Kalibrierungssystem **345** können von jedem der Systeme verwendet werden, die mit Bezug auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 4–Fig. 10](#) beschrieben werden.

[0034] [Fig. 4](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems **400** dar, das eine erste Kammer **305** und eine zweite Kammer **205** umfaßt. Die erste Kammer **305** ist in einem optischen Weg des resonanten Lichts angeordnet, und die zweite Kammer **205** schließt das Gainmedium **210**, den wellenlängen-selektiven Reflektor **240** und die erste Kammer **305** ein. Das Einschließen des Gainmediums **210**, des wellenlängen-selektiven Reflektors **240** und der ersten Kammer **305** kann auch als Einschließen des Lasersystems bezeichnet werden. Die erste Kammer **305** kann eine andere Art von vorbestimmter Atmosphäre enthalten als die zweite Kammer **205**. Die erste Kammer **305** kann zum Beispiel eine wellenlängen-selektive Atmosphäre enthalten, während die zweite Kammer **205** eine inerte Atmosphäre enthalten kann. Das Vorangegangene ist lediglich ein Beispiel. Andere Kombinationen vorbestimmter Atmosphären werden auch in Betracht gezogen.

[0035] [Fig. 5](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems **500** dar, das eine Kammer **505** umfaßt, die die erste Linse **230** und den wellenlängen-selektiven Reflektor **240** enthält. Die Kammer umfaßt eine vorbe-

stimmte Atmosphäre, die als inerte oder wellenlängen-selektive Atmosphäre festgesetzt werden kann.

[0036] [Fig. 6](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems **600** dar, das eine erste Kammer **505** und eine zweite Kammer **205** umfaßt. Die erste Kammer **505** enthält die erste Linse **230** und den wellenlängen-selektiven Reflektor **240**, und die zweite Kammer **205** schließt das Lasersystem **600** ein. Die zweite Kammer **205** kann weniger als alle Elemente des Lasersystems **600** enthalten. Die zweite Kammer **205** kann zum Beispiel nur das Gainmedium **210** und die erste Kammer **505** enthalten. Wie in der oben mit Bezug auf [Fig. 4](#) beschriebenen Beziehung zwischen der Kammer **205** und der Kammer **305** können die zweite Kammer **205** und die erste Kammer **505** unterschiedliche Arten von vorbestimmten Atmosphären enthalten.

[0037] [Fig. 7](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems **700** dar, das eine Kammer **705** umfaßt, die in einem optischen Weg zwischen dem teilreflektierenden Spiegel **220** und der zweiten Linse **250** angeordnet ist. Das heißt, daß die Kammer in einem optischen Weg angeordnet ist, der außerhalb der Laserkavität liegt. Das Anordnen der Kammer **705** in einem optischen Weg, der außerhalb der Laserkavität liegt, kann die Beeinträchtigung der optischen Ausgabe verglichen mit Kammern, die innerhalb der Laserkavität angeordnet sind, verringern. Die Kammer **705** enthält eine vorbestimmte Atmosphäre.

[0038] [Fig. 8](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems **800** dar, das eine erste Kammer **705** und eine zweite Kammer **205** umfaßt. Die erste Kammer **705** ist in einem optischen Weg zwischen dem teilreflektierenden Spiegel **220** und der zweiten Linse **250** angeordnet, und die zweite Kammer **205** schließt das Lasersystem **800** ein. Es wird in Betracht gezogen, daß die zweite Kammer **205** jede Kombination von Elementen des Lasersystems **800** enthalten kann. Die zweite Kammer **205** kann eine andere vorbestimmte Atmosphäre enthalten als die Kammer **705**.

[0039] [Fig. 9](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems **900** dar, das eine Kammer **905** umfaßt, die einen Anteil des resonanten Lichts empfängt, das vom ersten teilreflektierenden Spiegel **220** ausgegeben wird und von einem zweiten teilreflektierenden Spiegel **915** reflektiert wird. Wie in [Fig. 9](#) dargestellt ist, ist die Kammer **905** außerhalb des normalen Wegs des resonanten Lichts angeordnet. Andere Anordnungen zum Bereitstellen eines Anteils des resonanten Lichts an die Kammer werden in Betracht gezogen.

[0040] Das Lasersystem **900** kann auch einen optischen Abgriff **920** und eine optische Leistungsanzeige **925** umfassen. Der optische Abgriff **920** greift einen Anteil des Lichts ab, das von der Kammer **905** emittiert wird. Der optische Abgriff **920** ist optisch mit

der optischen Leistungsanzeige **925** verbunden. Die optische Leistungsanzeige **925** empfängt diesen Anteil des Lichts vom optischen Abgriff **920** und beobachtet spektrale Merkmale des resonanten Lichts, indem sie die Leistungsausgabe beobachtet. Wie oben mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschrieben wurde, kann das Lasersystem **900** auch eine Gain-Steuerung und ein Kalibrierungssystem umfassen, um den Strom, der an das Gainmedium angelegt wird, zu steuern und die Ausgabewellenlänge des Lasersystems zu kalibrieren.

[0041] [Fig. 10](#) stellt eine Ausführung eines Lasersystems **1000** dar, das eine erste Kammer **905** und eine zweite Kammer **205** umfaßt. Die erste Kammer **905** empfängt einen Anteil des resonanten Lichts, das durch den ersten teilreflektierenden Spiegel **220** ausgegeben und vom zweiten teilreflektierenden Spiegel **915** reflektiert wird, und die zweite Kammer **205** schließt das Lasersystem **1000** ein. In der Ausführung von [Fig. 10](#) ist die Kammer **905** außerhalb der Kammer **205** angeordnet. Die erste Kammer **905** und die zweite Kammer **205** können unterschiedliche vorbestimmte Atmosphären enthalten.

[0042] [Fig. 11](#) ist ein Flußdiagramm einer Ausführung eines Verfahrens zum Betrieb der Lasersysteme der [Fig. 2](#) bis [Fig. 10](#). Bei Block **1110** wird Licht emittiert. Bei Block **1120** wird eine Resonanz des Lichts hergestellt. Bei Block **1130** durchläuft das Licht eine vorbestimmte Atmosphäre. In einer Ausführung wird das Licht von einem Gainmedium emittiert. In einer anderen Ausführung wird eine Resonanz des Lichts in einer Kavität, die außerhalb des Gainmediums liegt, hergestellt. In einer alternativen Ausführung wird eine Anteil des resonanten Lichts in eine Kammer reflektiert, die eine vorbestimmte Atmosphäre enthält.

[0043] [Fig. 12](#) ist ein Flußdiagramm einer anderen Ausführung eines Verfahrens zum Betrieb der Lasersysteme der [Fig. 2](#) bis [Fig. 10](#). Bei Block **1210** wird Licht emittiert. Bei Block **1220** wird eine Resonanz des Lichts hergestellt. Bei Block **1230** durchläuft das Licht eine vorbestimmte Atmosphäre. Bei Block **1240** wird eine Atmosphäre mit bekannten spektralen Merkmalen innerhalb eines interessierenden Wellenlängenbereichs als die vorbestimmte Atmosphäre bereitgestellt. Bei Block **1250** werden spektrale Merkmale des resonanten Lichts beobachtet. Bei Block **1260** werden die beobachteten spektralen Merkmale des resonanten Lichts mit den bekannten spektralen Merkmalen der vorbestimmten Atmosphäre verglichen. Bei Block **1270** wird, basierend auf den Ergebnissen dieses Vergleichs, eine Ausgabewellenlänge des Lasersystems kalibriert. In einer alternativen Ausführung wird eine Atmosphäre ohne spektrale Merkmale innerhalb eines interessierenden Wellenlängenbereichs als die vorbestimmte Atmosphäre bereitgestellt, um Probleme in Verbindung mit uner-

wünschter spektraler Absorption zu verringern.

[0044] Obwohl spezielle Ausführungen der Erfindung beschrieben und erläutert wurden, ist die Erfindung nicht auf die speziellen Formen und Anordnungen der so beschriebenen und erläuterten Teile beschränkt. Die Erfindung ist nur durch die Ansprüche beschränkt.

Patentansprüche

1. Lasersystem, das folgendes umfaßt:
ein Gainmedium (**210**), welches Licht in Antwort auf einen anliegenden Strom emittiert;
einen wellenlängen-selektiven Reflektor (**240**), der zum Herstellen einer Resonanz des von dem Gainmedium emittierten Lichtes konfiguriert ist; und
eine Kammer (**205; 305; 505; 705; 905**), welche eine bestimmte Atmosphäre enthält, wobei die Kammer optisch mit dem Gainmedium und dem wellenlängen-selektiven Reflektor so gekoppelt ist, daß resonantes Licht durch die Kammer läuft, **dadurch gekennzeichnet**, daß die bestimmte Atmosphäre innerhalb der Kammer (**205; 305; 505; 705; 905**) bekannte spektrale Merkmale innerhalb eines interessierenden Wellenlängenbereiches aufweist, und daß das Lasersystem Mittel zum Beobachten (**1250**) des mindestens einen spektralen Merkmals des resonanten Lichtes;
Vergleichen (**1260**) des mindestens einen spektralen Merkmals des resonanten Lichtes mit dem bekannten spektralen Merkmal oder den bekannten spektralen Merkmalen der bestimmten Atmosphäre; und
Kalibrieren (**1270**) einer Ausgabewellenlänge des Lasers basierend auf dem Ergebnis des Vergleichs hat.

2. Lasersystem nach Anspruch 1, bei dem die Kammer (**205**) das Gainmedium (**210**) und den wellenlängen-selektiven Reflektor (**240**) einschließt.

3. Lasersystem nach Anspruch 1, bei dem die Kammer (**205; 305; 505; 705; 905**) in einem optischen Weg des resonanten Lichtes angeordnet ist.

4. Lasersystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die bestimmte Atmosphäre, die in der Kammer (**205; 305; 505; 705; 905**) enthalten ist, aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Acetylen und Wasserstoffzyanid enthält.

5. Lasersystem nach Anspruch 3, welches ferner eine zweite Kammer (**205**) umfaßt, um das Gainmedium, den wellenlängen-selektiven Reflektor und die Kammer einzuschließen.

6. Verfahren zum Betreiben eines Lasers mit externer Laserkavität, welches folgendes umfaßt:
Emittieren (**1110**) von Licht;
Herstellen (**1120**) einer Resonanz des Lichtes; und
Schicken (**1130**) des resonanten Lichtes durch eine

bestimmte Atmosphäre mit bekannten spektralen Merkmalen innerhalb eines interessierenden Wellenlängenbereichs;

Beobachten (**1250**) mindestens eines spektralen Merkmals des resonanten Lichtes;

Vergleichen (**1260**) des mindestens einen spektralen Merkmals des resonanten Lichtes mit dem bekannten spektralen Merkmal oder den bekannten spektralen Merkmalen der bestimmten Atmosphäre; und

Kalibrieren (**1270**) einer Ausgabewellenlänge des Lasers basierend auf Ergebnissen des Vergleichs.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

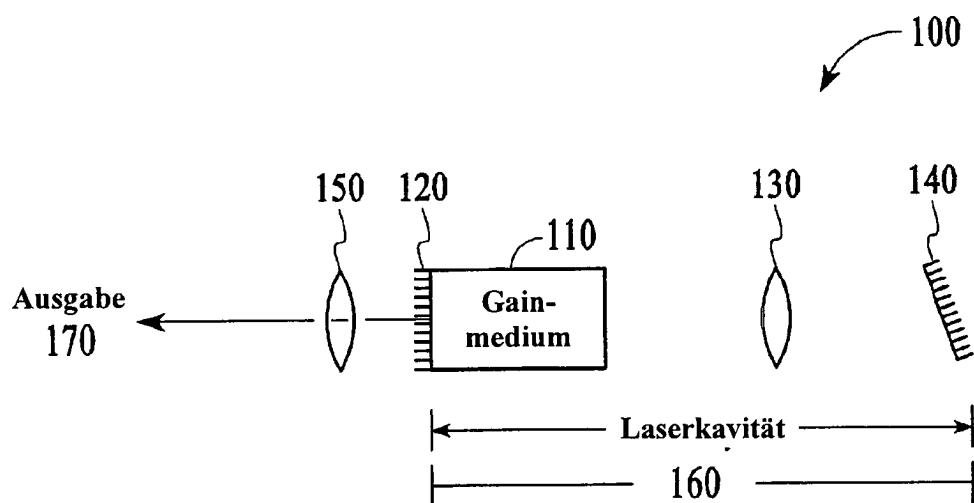


FIG. 1
(STAND DER TECHNIK)

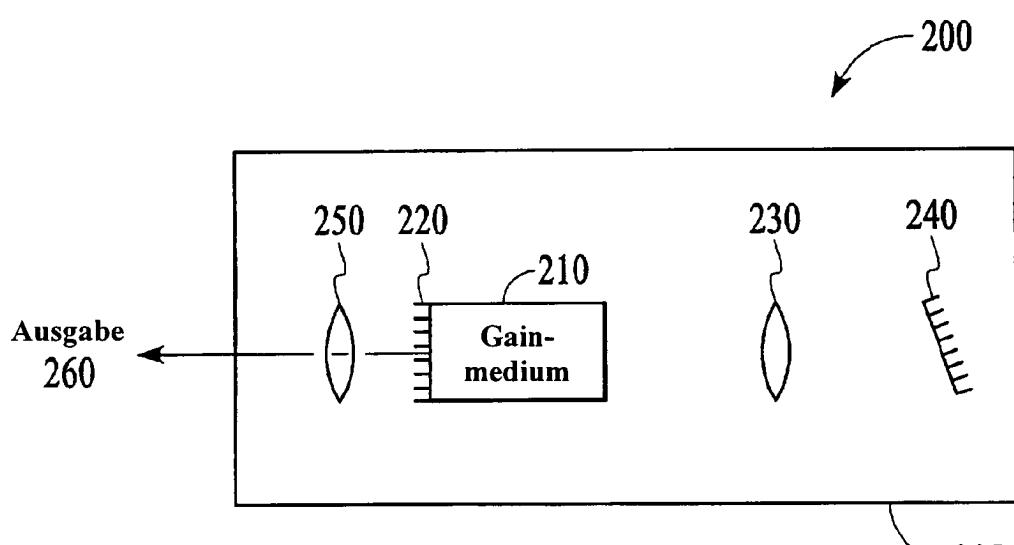


FIG. 2

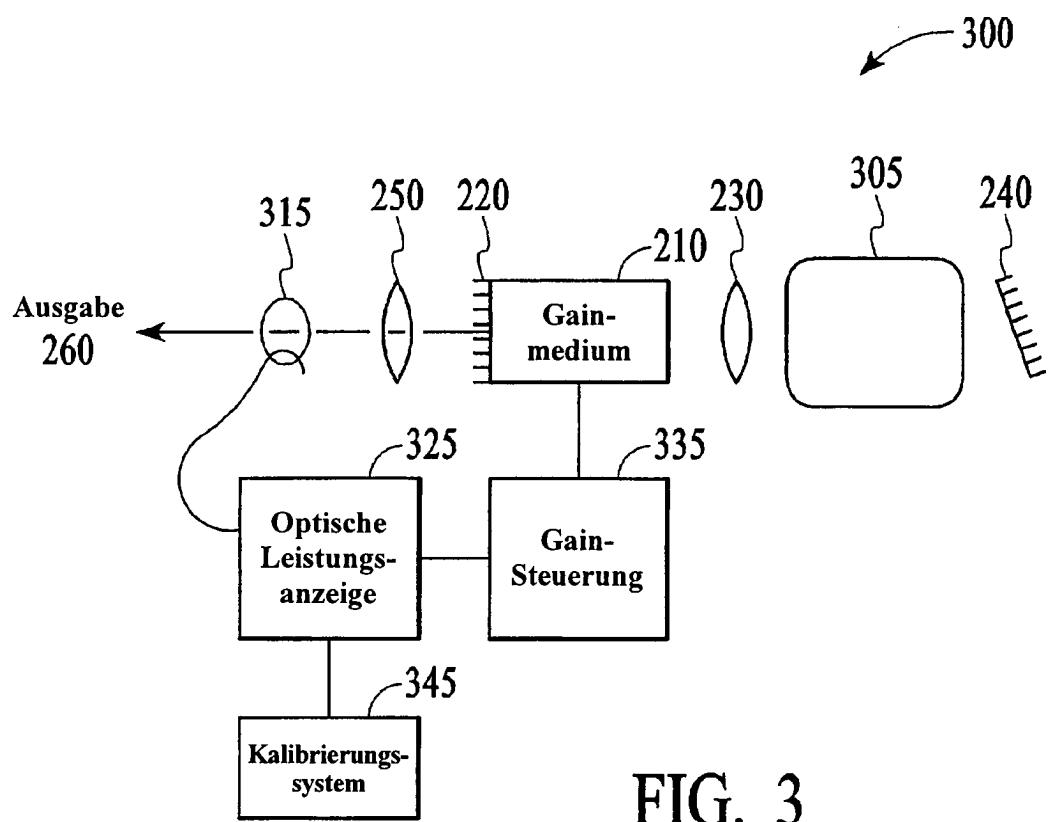


FIG. 3

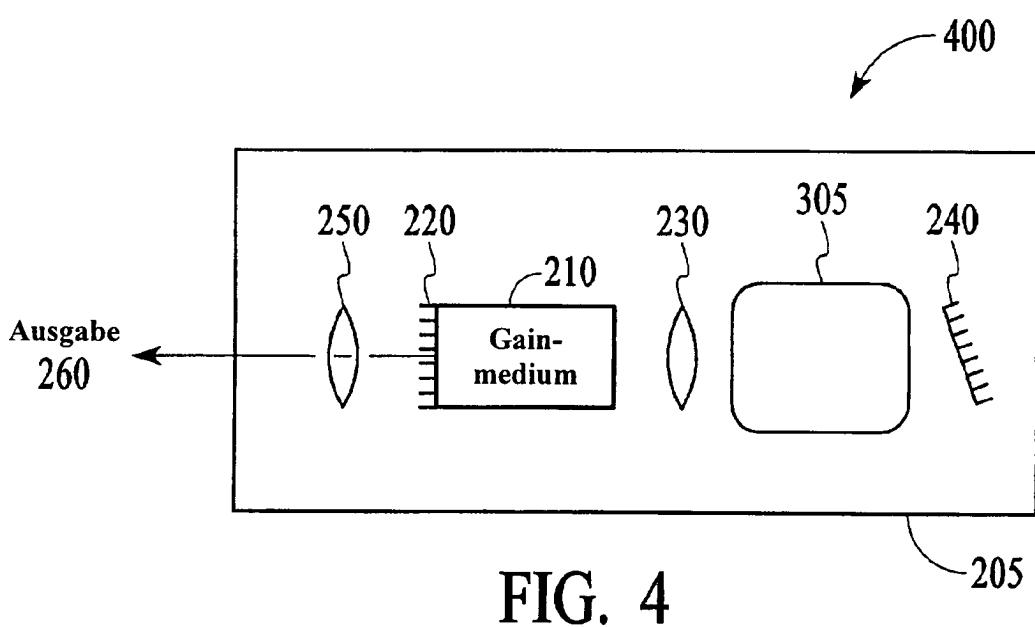


FIG. 4

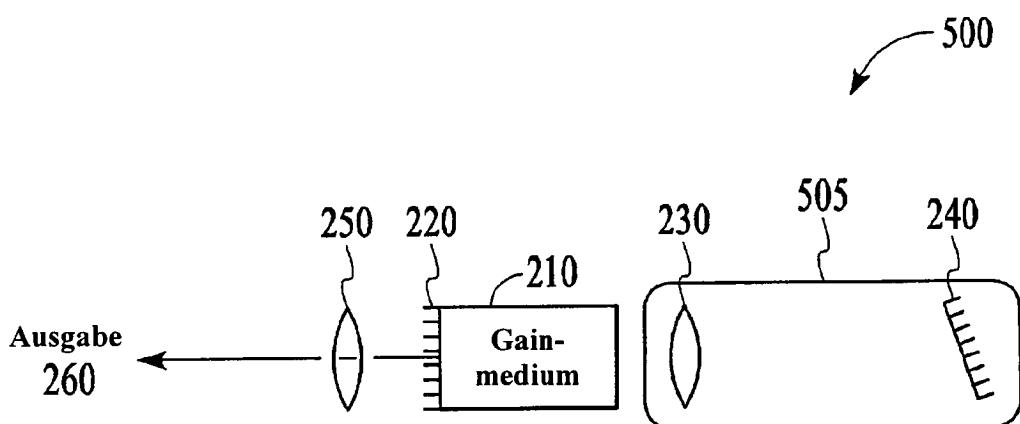


FIG. 5

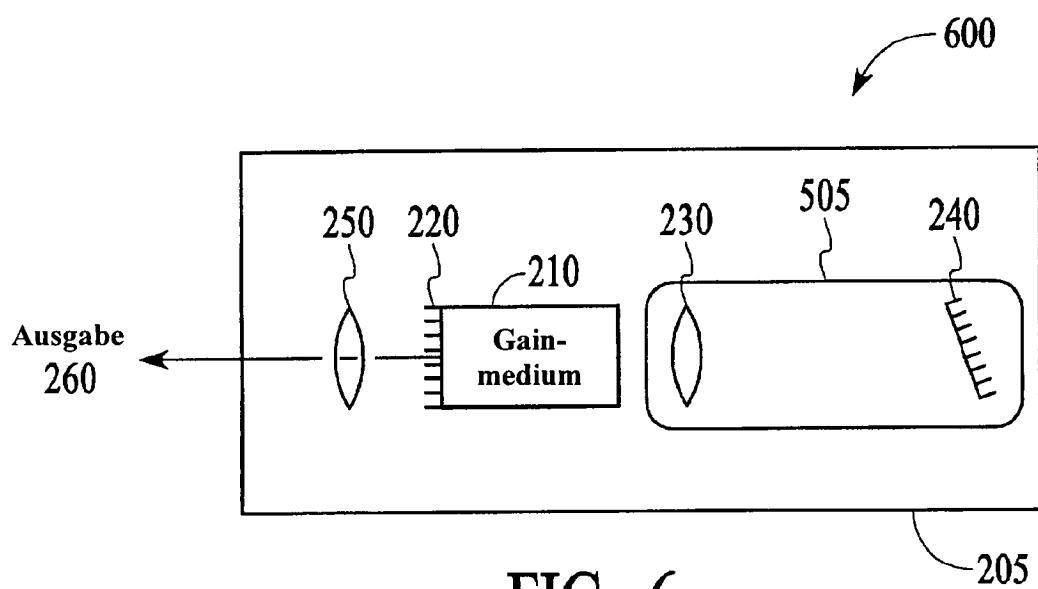


FIG. 6

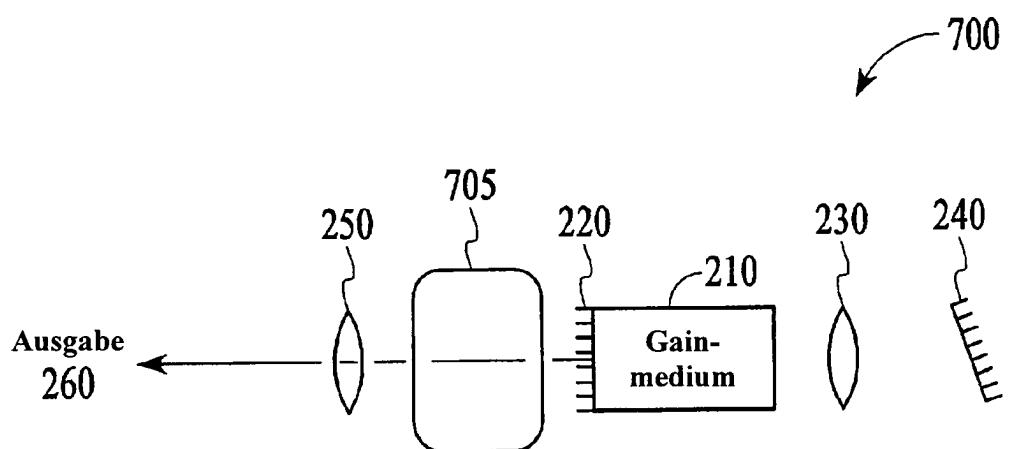


FIG. 7

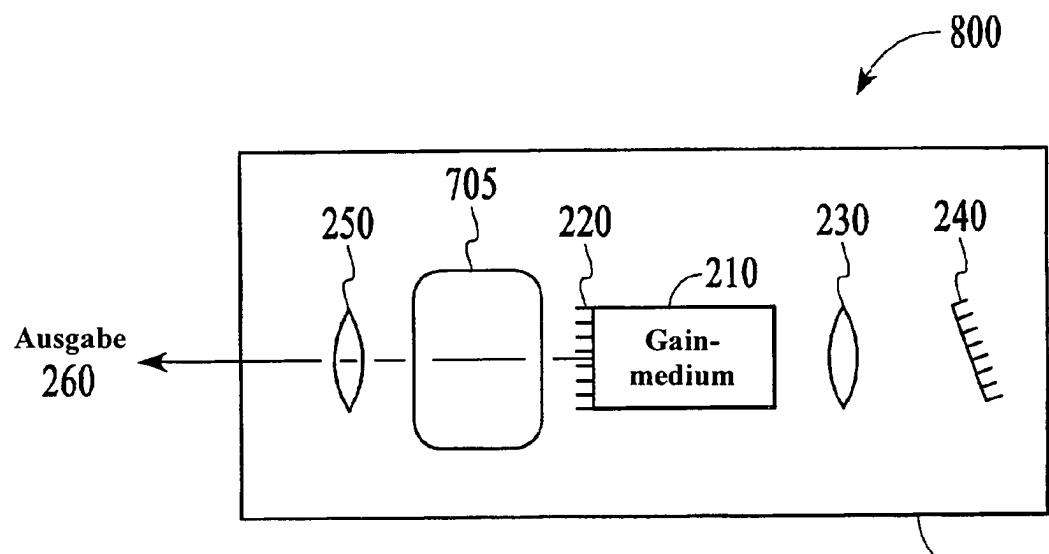


FIG. 8

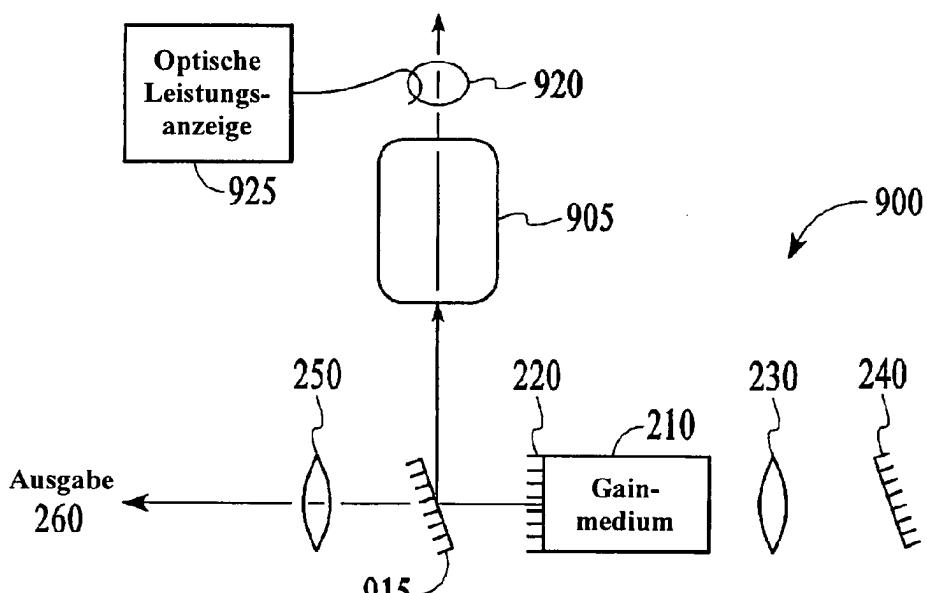


FIG. 9

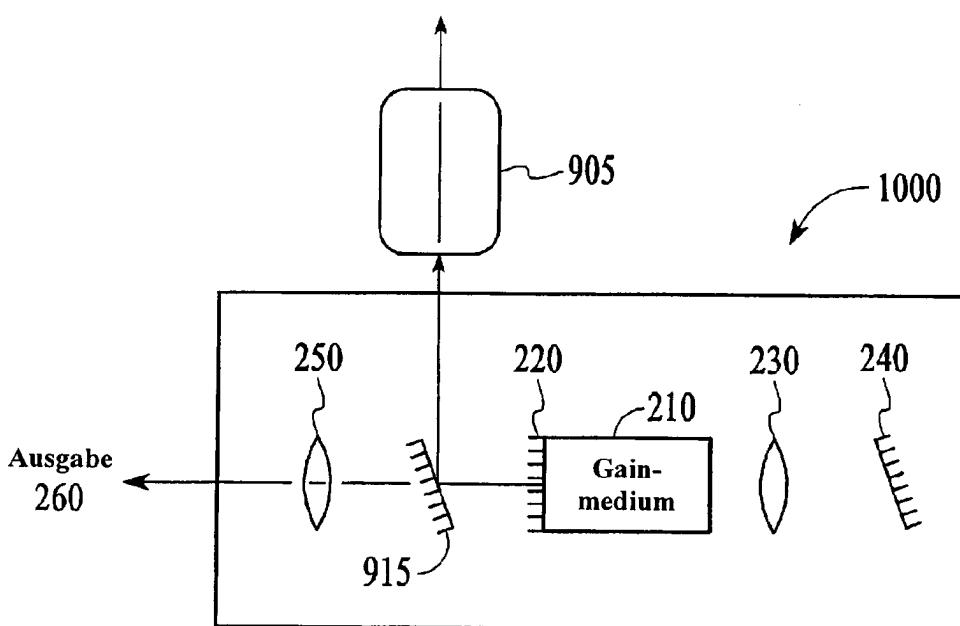


FIG. 10

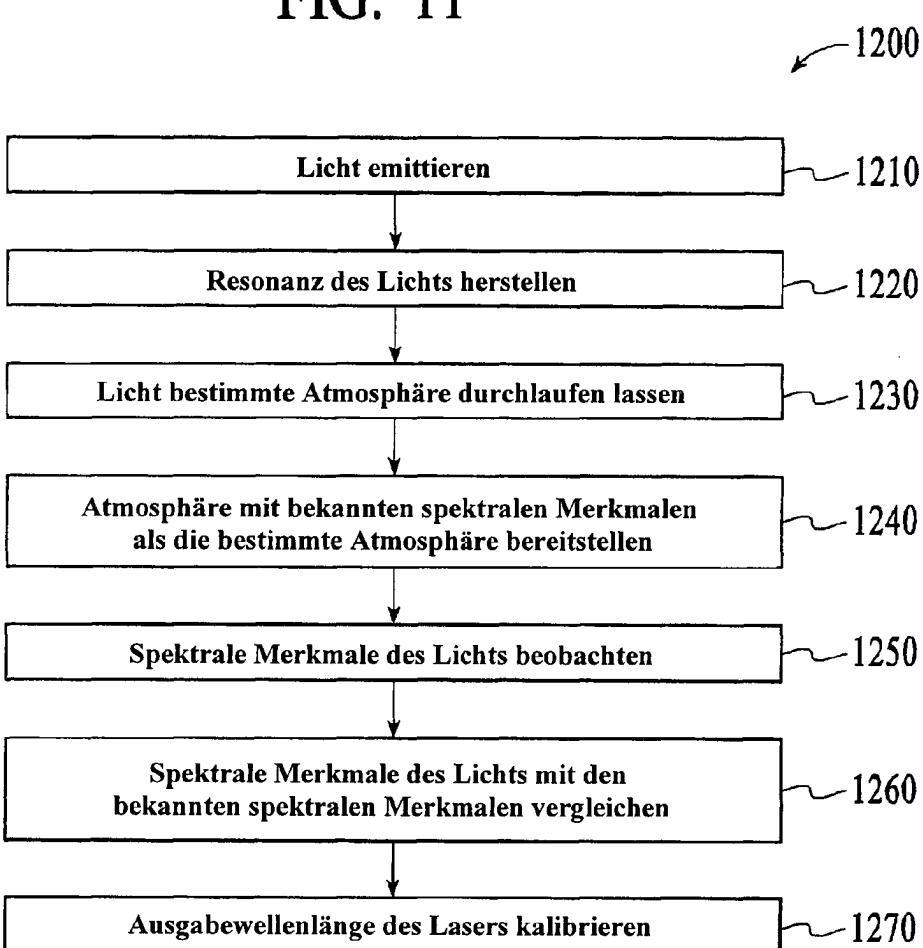
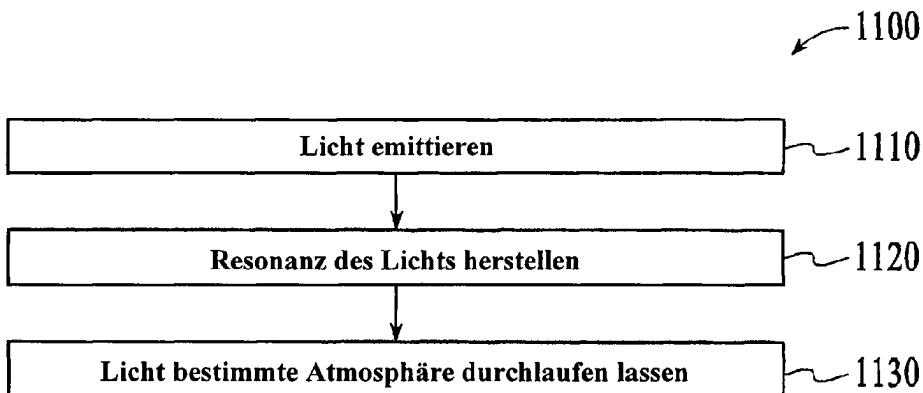


FIG. 12