(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 13 041 T2** 2006.05.18

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 211 764 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 13 041.3**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 114 657.8**
(96) Europäischer Anmeldetag: **19.06.2001**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.06.2002**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **31.08.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.05.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***H01S 5/022*** (2006.01)
H01S 5/04 (2006.01)
H01S 5/183 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
703389 **31.10.2000** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Palo Alto, Calif., US

(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(72) Erfinder:
Tan, Michael R. T., Palo Alto, US; Babic, Dubravko I., Palo Alto, US; Corzine, Scott W., Palo Alto, US; Yuen, Albert T., Los Altos, US

(54) Bezeichnung: **System zum optischen Pumpen eines langwelligen Laser mit einem kurzwelligen Laser**

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 eingelegt, 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

[0001] Die US Regierung hält eine Lizenz an dieser Erfindung sowie das Recht, den Patentinhaber unter begrenzten Umständen anzuweisen, die Erfindung anderen zu vertretbaren Bedingungen in Lizenz zu geben, gemäß dem Vertrag Nr. MDA 972-97-3-0008, der mit der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) der USA geschlossen wurde.

Technisches Gebiet

[0002] Die Erfindung betrifft im allgemeinen optoelektronische Einrichtungen und spezieller eine optische Untereinrichtung, die dazu verwendet wird, das Ausgangslicht eines Kurzwellenlasers in Ausgangslicht eines Langwellenlasers umzuwandeln.

Hintergrund der Erfindung

[0003] Das US Patent 5,265,113 offenbart einen Festkörperlaser, der durch eine Laserdiode gepumpt wird, in dem die Laserdiode und ein Laserkristall auf einem gemeinsamen Basissubstrat angeordnet sind, das präzise Einstellmittel einschließlich Führungen und Befestigungsrinnen aufweist, in welchen einzelne Komponenten, wie Spiegelhalter, Abbildungselemente und Laserkristalle, befestigt werden können.

[0004] Das US Patent 4,731,795 offenbart einen optisch gepumpten Festkörperlaser, der aus Komponenten aufgebaut ist, welche gemeinsam durch eine Haltestruktur gehalten werden, die so konfiguriert ist, daß sie die Komponenten aufnimmt und diese automatisch in bezug zueinander entlang eines optischen Weges anordnet.

[0005] WO 96/32766 beschreibt einen Langwellen-VCSEL, der mit einem elektrisch gepumpten VCSEL kürzerer Wellenlänge optisch gekoppelt ist und von diesem gepumpt wird. Die von der Oberseite des unten angeordneten VCSEL emittierte kurzwellige Strahlung wird an den unteren Spiegel des Langwellen-VCSEL übertragen. Die langwellige Strahlung wird vorzugsweise von der Oberseite des Langwellen-VCSEL abgegeben. Die beiden VCSEL werden vorzugsweise mit Hilfe eines transparenten optischen Klebstoffs, eines Waferschmelzprozesses oder einer Metall-Metall-Verbindung miteinander verbunden.

[0006] EP 1 054 487, das ein Dokument gemäß Art. 54(3) EPÜ ist, offenbart eine optische Anordnung mit einer Pumpdiode, die sichtbares Licht ausgibt und eine Langwellen-Laseranordnung pumpt.

[0007] Lichtemittierende Dioden (LEDs), Laser, oberflächenemittierende Laser mit vertikaler Kavität (VCSELs) und dergleichen (die gemeinsam als lichtemittierende Einrichtung, light emitting devices, bekannt sind) werden in vielen Anwendungen in großem Umfang eingesetzt, beispielsweise in Kommunikationssystemen, medizinischen Systemen und Anzeigesystemen. Diese lichtemittierenden Einrichtungen werden üblicherweise mit epitaktischen Materialien auf einem Substrat aufgebaut, wobei die epitaktischen Materialien einen p-n-Übergang und einen aktiven oder Lichterzeugungsbereich aufweisen, der darin ausgebildet ist und üblicherweise wenigstens einen Bragg-Reflektor umfaßt. Ein Bragg-Reflektor ist ein Grundbaustein vieler lichtemittierender Einrichtungen und wird häufig dazu verwendet, das Ausgangslicht eines Halbleiterlasers zu reflektieren und zu lenken.

[0008] Bei Lasern, die in Kommunikationssystemen verwendet werden, und insbesondere bei optischen Kommunikationssystemen, ist es wünschenswert, daß der Laser Licht mit einer relativ langen Wellenlänge in der Größenordnung von ungefähr 1,3–1,55 Mikrometer (μm) aussendet, und in einigen Anwendungen soll er Licht in einem einzigen räumlichen Modus (spatial mode) und in einem einzigen Längsmodus (longitudinal mode) aussenden. Die Laseremission in einem einzigen spatial mode und einem einzigen longitudinal mode führt zu einer Laseremission bei einer einzigen Frequenz. Ein Ausgangssignal mit langer Wellenlänge und einer einzigen Frequenz erlaubt es, die Laseremission in eine optische Faser zu fokussieren und in Kommunikationssystemen gute Leistung zu erbringen, in denen sehr hohe Übertragungsraten über lange Distanzen erforderlich sind. Die meisten Optikfaser-Kommunikationssysteme, welche heute verwendet werden, arbeiten entweder mit dem Dispersionsminimum von 1,3 μm oder mit dem Verlustminimum von 1,55 μm.

[0009] EP-A-0 997 991 betrifft ein Lasersystem, in dem eine Laserdiode einen Mikrochiplaser optisch pumpt. Der Mikrochiplaser ist in einem Gehäuse vorgesehen, das einen Temperatursensor und ein Kühlelement zur unabhängigen Temperatursteuerung des Mikrochiplasers umfaßt.

[0010] Der Mikrochiplaser und die Laserdiode sind auf einer Hilfshalterung montiert, um eine räumliche Ausrichtung und Kühlung beider Komponenten vorzusehen.

[0011] In der Vergangenheit wurden aufgrund der Schwierigkeiten beim Herstellen hoch reflektierender DBR-Spiegel mit geringem Widerstandswert und guten aktiven Bereichen langer Wellenlänge in dem Halbleitermaterialsystem (beispielsweise Indiumphosphid (InP)) Langwellenlängen-VCSEL hergestellt, indem eine Kavität des Langwellenlängen-VCSEL mit Hilfe eines Lasers kurzer Wellenlänge optisch gepumpt wurde. Der Laser kurzer Wellenlänge wurde mit dem Laser langer Wellenlänge kombiniert, indem Techniken wie Waferbonden oder die Verwen-

dung optischer Klebstoffe zum Verbinden der beiden Laser verwendet wurden. Ein Problem bei dem Waferbonden ist, daß es teuer ist und wenigstens einen zusätzlichen Verarbeitungsschritt hinzufügt. Auch besteht immer die Gefahr der Beschädigung, wenn das Material den hohen Temperaturen und Drücken, die mit dem Waferbonden einhergehen, ausgesetzt ist. Ähnlich erhöht das Verwenden eines optischen Klebstoffes zum Verbinden der beiden Laser die Kosten und die Anzahl der Verarbeitungsschritte.

[0012] Ein weiteres Problem beim Verbinden eines Kurzwellenlängen-Lasers mit einem Langwellenlängen-Laser ist, daß das Ausgangssignal des Langwellenlängen-Lasers auch Ausgangskomponenten kurzer Wellenlänge enthält. Das heißt, die Langwellenlängen-Lasereinrichtungen des Standes der Technik emittieren sowohl langwelliges als auch kurzwelliges Licht. Dies ist in optischen Kommunikationssystemen insbesondere über kurze Distanzen problematisch, weil die kurzwellige Emission die Information, die in dem langwelligen Signal enthalten ist, über Distanzen, die nicht ausreichend sind, um das kurzwellige Signal vollständig zu dämpfen, verfälscht.

[0013] Ein weiteres Problem ist die thermische Wechselwirkung zwischen den Lasern, die gebondet oder mit Klebstoff verbunden wurden. Die während des Absorptionsprozesses erzeugte Hitze muß entfernt werden, weil sie die Leistung des langwelligen Ausgangssignals begrenzen kann. Auch die von dem Kurzwellen-Laser erzeugte Wärme beeinflußt die Leistung des langwelligen Ausgangssignals erheblich.

[0014] Es besteht daher nach wie vor Bedarf in der Industrie an einem Langwellen-Laser, der auf Waferbonden und die Verwendung optischer Klebstoffe zum Verbinden der beiden Lasereinrichtungen verzichten kann.

Abriß der Erfindung

[0015] Die Erfindung sieht eine optische Unteranordnung vor, die einen optimierten elektrisch gepumpten kurzwelligen VCSEL und einen optimierten optisch gepumpten langwelligen VCSEL umfaßt. Die zwei unabhängig optimierten VCSELs werden in der Verpackungsstufe integriert, um eine Einrichtung mit einem langwelligen Ausgangssignal herzustellen.

[0016] Auf der Architekturebene kann die Erfindung als eine optische Anordnung entworfen werden, die einen vorgefertigten kurzwelligen Laser mit einem kurzwelligen Ausgangssignal umfaßt, wobei der kurzwellige Laser innerhalb der optischen Anordnung angeordnet und für ein kurzwelliges Ausgangssignal optimiert ist. Die optische Anordnung umfaßt auch einen vorgefertigten langwelligen Laser, der für ein langwelliges Laserausgangssignal optimiert ist, und eine optische Unteranordnung ist so konzipiert, daß sie den vorgefertigten langwelligen Laser in einem optischen Weg des kurzwelligen Lasers hält, so daß ein Ausgangssignal des kurzwelligen Lasers an den langwelligen Laser angelegt wird. Diese Anordnung liefert ein Laserausgangssignal mit einer wählbaren langen Wellenlänge (1,3–1,55 μm) ausgehend von einer kurzwelligen Eingangspumpe.

[0017] Die Erfindung kann auch in einem Verfahren zum Herstellen einer optischen Anordnung realisiert werden, das die folgenden Schritte umfaßt: Anordnen eines vorgefertigten kurzwelligen Lasers in der optischen Anordnung, Anordnen eines langwelligen Lasers in einer optischen Unteranordnung und Legen der optischen Unteranordnung, welche den langwelligen Laser enthält, in einen Lichtausgangsweg des kurzwelligen Lasers, so daß ein Ausgangssignal des kurzwelligen Lasers in die optische Unteranordnung gerichtet wird und den langwelligen Laser optisch pumpt, so daß man ein langwelliges Laserausgangssignal erhält.

[0018] Die Erfindung hat zahlreiche Vorteile, von denen nur wenige beispielhaft im folgenden umrissen sind.

[0019] Ein Vorteil der Erfindung ist, daß die Trennung des Designs, der Herstellung und des Testens des langwelligen Lasers von einem kurzwelligen Laser es ermöglicht, jeden der Laser unabhängig von dem anderen zu optimieren.

[0020] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß sie die Herstellung einer optischen Anordnung vereinfacht und ein langwelliges Laserausgangssignal erzeugen kann.

[0021] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß das Bonden von zwei Lasereinrichtungen nicht mehr notwendig ist.

[0022] Ein weiterer Vorteil ist, daß die thermische Interaktion zwischen den Bauteilen effektiv eliminiert wurde, wodurch die Wellenlängenschwankung des langwelligen Ausgangssignals in bezug auf die Vorspannung durch den kurzwelligen Laser und die Temperatur reduziert wird. Die Kavität des langwelligen Lasers extrahiert den Wärmeanstieg, der mit der Absorption der Energie von dem kurzwelligen Laser einhergeht.

[0023] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß sie es ermöglicht, einen langwelligen Laser gemeinsam mit einem kurzwelligen Laser modular zu packen.

[0024] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß sie es ermöglicht, ein- und dieselbe kurzwellige Produktanordnung zu verwenden und erst fast am Ende der Verpackungsstufe zu bestimmen, ob das endgültige

Produkt ein kurzwelliger Laser oder ein langwelliger Laser sein soll. Die optische Unteranordnung für die Langwellen-Umwandlung kann am Ende des Verpackungsprozesses eingefügt werden.

[0025] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß sie einfach im Design und für die gewerbliche Massenproduktion einfach umsetzbar ist.

[0026] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich dem Fachmann aus den folgenden Zeichnungen und der detaillierten Beschreibung. Diese zusätzlichen Merkmale und Vorteile sollen alle im Bereich der Erfindung liegen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] Die Erfindung gemäß den Ansprüchen wird besser verständlich mit Bezug auf die folgenden Zeichnungen. Die Komponenten in den Zeichnungen sind nicht notwendig maßstäblich zueinander dargestellt, der Schwerpunkt liegt vielmehr auf der klaren Erläuterung der Grundsätze der Erfindung.

[0028] Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Anordnung, die erfindungsgemäß aufgebaut ist;

[0029] Fig. 2 zeigt eine vereinfachte Schnittdarstellung des Kurzwellenlängen-Lasers der Fig. 1;

[0030] Fig. 3 zeigt eine vereinfachte Schnittdarstellung des Langwellenlängen-Lasers der Fig. 1; und

[0031] Fig. 4 zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch die optische Unteranordnung der Fig. 1.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0032] Während die Erfindung mit einer Vielzahl von Lasereinrichtungen realisiert werden kann, ist die optische Unteranordnung für die Wellenlängenumwandlung besonders nützlich zum Umwandeln des Ausgangssignals eines kurzwelligen oberflächenemittierenden Lasers mit vertikaler Kavität (VCSEL) in einen langwelligen Ausgangslaser. Die Erfindung ist ferner anwendbar auf sowohl Einzelmoden-Laserausgangssignale als auch Mehrfachmoden-Laserausgangssignale.

[0033] In den Zeichnungen zeigt Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung einer optischen Anordnung **10**, die gemäß einem Aspekt der Erfindung aufgebaut ist. Die optische Anordnung **10** umfaßt ein optisches Anordnungsgehäuse **18**, in dem ein TO-Gehäuse **11** und eine optische Unteranordnung **40** angeordnet sind. Das optische Anordnungsgehäuse **18** kann z.B. eine optische Komponente sein, die auf eine Schaltungsplatte gelötet oder auf andere Weise auf diese aufgebracht werden kann, oder es kann ein optischer Verbinder sein, mit dem ein Lichtleitfaserverbinder **12** verbunden wird, der ein Lichtleitkabel mit der optischen Anordnung **10** verbindet.

[0034] Das TO-Gehäuse **11** kann ein übliches TO-46-Header-Package sein, wie im Stand der Technik bekannt. Alternativ kann das TO-Gehäuse **11** jedes Standardgehäuse (Package) sein, das einen kurzwelligen Laser **20** enthält. Gemäß einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist der kurzwellige Laser **20** vorzugsweise ein VCSEL. Der kurzwellige Laser **20** kann unabhängig optimiert, zusammengebaut, getestet und in dem TO-Gehäuse **11** verpackt werden. Die Optimierung des kurzwelligen Lasers umfaßt die Maximierung des Konversionsgrades (wall plug efficiency) und die Einstellung der Strahlendivergenz zum Optimieren der Kopplung zu dem langwelligen Laser. Der Konversionsgrad ist definiert als das Verhältnis der optischen Ausgangsleistung zur elektrischen Eingangsleistung der Einrichtung. Wie durch die elektrische Verbindung **19** angedeutet, wird der kurzwellige Laser **20** elektrisch gepumpt oder von einem geeigneten Lasertreiber angesteuert.

[0035] Das optische Anordnungsgehäuse **18** umfaßt auch die optische Unteranordnung **40**. Die optische Unteranordnung **40** umfaßt einen langwelligen Laser **30**, der ein VCSEL sein kann. Der kurzwellige Laser **20** emittiert vorzugsweise Licht in einem Wellenlängenbereich von ungefähr 850 bis 1200 nm, während der langwellige Laser **30** vorzugsweise Licht in einem Wellenlängenbereich von ungefähr 1300 nm bis 1550 nm emittiert. Der Umwandlungswirkungsgrad zwischen dem kurzwelligen Laser **20** und dem langwelligen Laser **40** kann verbessert werden, wenn der kurzwellige Laser **20** so nah wie möglich an den langwelligen Laser **40** herangebracht wird, ohne dadurch die Optimierung des langwelligen Lasers **40** zu stören. Das Anordnen des kurzwelligen Lasers **20** nah bei dem langwelligen Laser **40** verbessert die Übertragung der Photonenenergie zwischen den zwei Lasern. Ähnlich wie der kurzwellige Laser **20** kann der langwellige Laser **30** unabhängig optimiert, zusammengebaut, getestet und innerhalb der optischen Unteranordnung **40** angeordnet werden. Die Optimierung des langwelligen Lasers kann das Maximieren der Absorption des kurzwelligen Lichtes, das von dem kurzwelligen Laser kommt, das Minimieren der Schwellwertleistung, das Maximieren des Ausgangswirkungsgrades und das Einstellen der Kavität für den Betrieb mit single oder multiple transverse mode umfassen.

[0036] Die optische Unteranordnung **40** ist insofern modular, als sie in das optische Anordnungsgehäuse **18** eingesetzt und leicht daraus entfernt werden kann. Die optische Unteranordnung **40** kann beispielsweise in ihrer Position eingerastet werden.

[0037] Der langwellige Laser **30** ist elektrisch passiv, was bedeutet, daß er nicht elektrisch gepumpt werden muß. Der kurzwellige Laser **20** pumpt den langwelligen Laser **30** optisch. Daher benötigt der langwellige Laser **30** keine elektrischen Verbindungen.

[0038] Wenn der kurzwellige Laser **20** einmal in dem TO-Gehäuse **11** installiert ist, kann das TO-Gehäuse **11** innerhalb des optischen Gehäuses **18** installiert werden. Gemäß eines Aspekts der Erfindung kann der langwellige Laser **30** unabhängig optimiert und in der optischen Unteranordnung **40** installiert werden. Die optische Unteranordnung **40** kann innerhalb des optischen Anordnungsgehäuses **18** installiert werden, wodurch die optische Anordnung **10** fertiggestellt wird.

[0039] Wie gezeigt, emittiert der kurzwellige Laser **20** ein kurzwelliges Laserausgangssignal **14**, das in Richtung der optischen Unteranordnung **40** gerichtet ist. Die optische Unteranordnung **40** umfaßt optional mehrere optische Elemente, die im einzelnen mit Bezug auf Fig. 2 beschrieben sind. Wenn diese enthalten sind, fokussiert wenigstens eines der optionalen optischen Elemente das kurzwellige Laserausgangssignal **14** auf den langwelligen Laser **30**. Ein weiteres optisches Element fokussiert das langwellige Ausgangssignal **17** des langwelligen Lasers **30** in den Lichtleitfaserverbinder **12**.

[0040] Wenn sie innerhalb des optischen Anordnungsgehäuses **18** installiert ist, sollte die optische Unteranordnung **40** zu dem TO-Gehäuse **11** derart ausgerichtet sein, daß das kurzwellige Laserausgangssignal **14** optimal auf die optische Unteranordnung **40** und somit den langwelligen Laser **30** fokussiert wird, so daß die Punktgröße des kurzwelligen Laserausgangsignals **14** einen maximalen Wirkungsgrad in dem langwelligen Ausgangssignal erzeugt. Bei Einzelmodenanwendungen wird die Fleckgröße des kurzwelligen Lasers optimal so gewählt, daß sie ein Einzelmoden-Ausgangssignal für den langwelligen Laser erzielt.

[0041] Die Ausrichtung und Fokussierung zwischen dem kurzwelligen Laser **20** und dem langwelligen Laser **30** kann durch speziell entworfene mechanische Führungen oder auf jede andere Weise realisiert werden, in der die optische Unteranordnung **40** innerhalb des optischen Anordnungsgehäuses **18** und in bezug auf den kurzwelligen Laser **20** präzise angeordnet werden kann. Die optische Unteranordnung **40** ist in dem optischen Anordnungsgehäuse **18** kolinear ausgerichtet. Optionale optische Elemente (die unten mit Bezug auf Fig. 4 beschrieben sind) können die Fähigkeit, das kurzwellige Ausgangssignal **14** auf die optische Unteranordnung **40**, welche den langwelligen Laser **30** enthält, zu fokussieren, verbessern. Die optische Unteranordnung **14** ist so montiert, daß das kurzwellige Laserausgangssignal **14** auf eine gewünschte Fleckgröße auf dem langwelligen Laser **30** fokussiert wird. Die optische Unteranordnung **14** ist innerhalb des optischen Anordnungsgehäuses **18** entfernbar montiert.

[0042] Das kurzwellige Laserausgangssignal **14** wird von dem langwelligen Laser **30** absorbiert, wodurch der langwellige Laser Elektronen-Löcher-Paare in den Absorptionsschichten in dem langwelligen Laser **30** erzeugt. Die Elektronen-Löcher-Paare werden in den aktiven Bereich des langwelligen Lasers **30** weitergeleitet (funneled), wo diese Elektronen-Löcher-Paare rekombinieren, wodurch Licht langer Wellenlänge als das langwellige Laserausgangssignal **17** emittiert wird. Das langwellige Laserausgangssignal **17** umfaßt vorzugsweise eine einzelne longitudinal mode und eine einzelne spatial mode für die optische Datenübertragung, was zu einem einfrequenten Ausgangssignal führt, das leicht in eine optische Faser fokussiert werden kann. Für andere Anwendungen kann das langwellige Laserausgangssignal alternativ mehrere Moden umfassen.

[0043] Fig. 2 zeigt eine vereinfachte Schnittdarstellung, die den kurzwelligen Laser **20** der Fig. 1 illustriert. Der kurzwellige Laser **20** umfaßt im allgemeinen einen ersten Spiegel **24**, der auf einem ersten Substrat **22** liegt, eine aktive Schicht **26**, einen zweiten Spiegel **27** und elektrische Kontakte **21** und **28**. Die beiden Spiegel **24** und **27** können, wie im Stand der Technik bekannt, aus mehreren Schichten aus einer Aluminiumgalliumarsenidlegierung (AlGaAs) mit wechselnden Zusammensetzungswerten bestehen, um eine Struktur aus Schichten mit wechselnden Brechungsindizes herzustellen. Die Zusammensetzung der Legierung variiert von Schicht zu Schicht derart, daß der Brechungsindex der Schichten von Schicht zu Schicht zu- oder abnimmt. Solche geschichteten Spiegel **24** und **27** werden manchmal als Bragg-Spiegel oder verteilte Bragg-Reflektoren (DBR) bezeichnet. Das Verhältnis zwischen den Brechungsindizes der Schicht mit hohen und der Schicht mit niedrigem Index gemeinsam mit der Anzahl der Schichten bestimmt die Reflektivität des Spiegels. Die Dicke jeder der Schichten mit hohem und niedrigem Index in einem solchen Spiegel beträgt $\lambda/4n$ (oder ungeradzahlige Vielfache hiervon), wobei λ die Wellenlänge des Lichtes im Vakuum ist, das der Laser emittieren soll, und wobei n der Brechungsindex des Materials ist. Man beachte, daß jegliche ungeradzahligen Vielfachen von $\lambda/4n$ verwenden werden können. Es können somit auch Materialdicken von 3 $\lambda/4n$ oder 5 $\lambda/4n$ verwendet werden. Eine übliche Materialwahl für den in Fig. 2 gezeigten VCSEL **20** ist Aluminiumgalliumarsenid mit zwei verschiedenen Zusammensetzungen, weil der Brechungsindex mit der Aluminiumzusammensetzung variiert. In einer bevorzugten Ausführung hat der DBR **24** eine maximale hohe Reflektivität (nahe bei 99,9%), weil das

Licht auf der dem Substrat **22** entgegengesetzten Seite emittiert wird.

[0044] Die aktive Schicht **26** wächst über dem DBR **24**. Die aktive Schicht **26** umfaßt wechselnde Schichten aus z. B. Galliumarsenid (GaAs), Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs), Indiumgalliumarsenid (InGaAs) oder Aluminiumindiumgalliumarsenid (AlInGaAs), wodurch mehrere Quantenschächte gebildet werden.

[0045] Der Ausgangs-DBR **27** wächst über der aktiven Schicht **26**. Während er auch mehrere Schichten aus Aluminiumgalliumarsenid umfaßt, hat der DBR **27** eine geringere Anzahl von Schichten, um eine üblicherweise niedrigere Reflektivität vorzusehen, die von dem Ausgangsspiegel gefordert wird. Die Reflektivität des DBR **27** wird in bezug auf maximale Lasergeschwindigkeit und Effizienz optimiert. Das Ausgangslicht **14** entspricht dem Ausgangslicht des kurzwelligen Lasers **20**. Der DBR **27** ist durchlässiger als der DBR **24**, weil das Licht durch den DBR **27** in der Richtung, die durch das Ausgangslicht **14** angedeutet ist, emittiert wird. Die DBR-Spiegel **24** und **27** sind erfindungsgemäß mit einem niedrigen Widerstandswert konzipiert und dotiert, so daß Strom in den aktiven Bereich **26** fließen kann, wie dem Durchschnittsfachmann bekannt ist.

[0046] Eine Elektrode **2i** wird auf das Substrat **22** aufgebracht, und eine Elektrode **28** wird auf den aktiven Bereich **26** aufgebracht. Zwischen den Elektroden **21** und **28** fließender Strom pumpt elektrisch den aktiven Bereich **26**, was zu dem gewünschten kurzwelligen Ausgangssignal **14** führt. Man sollte beachten, daß nur die Hauptteile des kurzwelligen Lasers **20** beschrieben wurden und daß die obige Beschreibung lediglich eine Technik zum Entwickeln eines kurzwelligen Lasers ist. Viele andere Techniken können verwendet werden und dennoch im Bereich der Erfindung liegen.

[0047] Fig. 3 ist eine vereinfachte Schnittdarstellung des langwelligen Lasers **30** der Fig. 1. Der langwellige Laser **30** umfaßt zwei Spiegel **34** und **37** zwischen denen eine aktive Schicht **36** liegt. Die beiden Spiegel des langwelligen Lasers **30** bestehen aus mehreren Schichten mit alternierenden Brechungsindizes, ähnlich wie in dem Aufbau der Spiegel **24** und **27** für den kurzwelligen VCSEL **20**. Die Laserkavität des Laser **30**, welche durch die zwei Spiegel **34** und **37** und die aktive Schicht **36** gebildet wird, wird auf eine lange Wellenlänge in dem Bereich von 1300 nm bis 1600 nm eingestellt. Die Materialwahl für die Spiegel **34** und **37** umfaßt Halbleiter, wie Aluminiumindiumarsenid-Legierungen (AlInGaAs), Aluminiumgalliumarsenidantimon-Legierungen (AlGaAsSb) oder Indiumgalliumarsenidphosphid-Legierungen (InGaAsP), die bezüglich des Gitters an Indiumphosphid (InP) angepaßt sind. Da kein elektrischer Strom durch die Spiegel **34** und **37** geht, können diese aus beliebig dotierten Halbleiterschichten hergestellt werden. Üblicherweise wird ein Gas mit dem gewünschten Dotierstoff (wie Zink oder Silizium) zusammen mit anderen Gasen, die zum Wachsenlassen des Halbleiters benötigt werden, eingeführt. Beliebiges Dotieren bedeutet, daß während des Wachstums des Halbleiters keine Dotierungsspezies eingeführt werden. Ein beliebig dotierter Halbleiter hat einen hohen Widerstandswert und eine niedrige freie Trägerabsorption. Dies ermöglicht die Herstellung von Spiegeln mit sehr geringen Verlusten, da die Absorption aufgrund freier Ladungsträgerabsorption (die beim Dotieren des Halbleiters eingeführt werden) eliminiert wurde. Der DBR **37** kann auch unter Verwendung amorpher dielektrischer Kombinationen, wie Siliziumdioxid, Titandioxid, Tantalpentoxid und ähnlicher Materialien, realisiert werden. Wenn amorphe Dielektrika verwendet werden, erfordern die Spiegel aufgrund des größeren Brechungsindexverhältnisses zwischen den Materialien mit hohem und mit niedrigem Index üblicherweise weniger Schichten als die Halbleiterlegierungskombinationen, um eine vergleichbare Reflektivität zu erreichen.

[0048] Die aktive Schicht **36** wächst über dem DBR **34**. Die aktive Schicht **36** umfaßt z.B. wechselnde Schichten aus Indiumgalliumarsenidphosphid (InGaAsP) und Indiumphosphid (InP) oder Aluminiumindiumgalliumarsenid (AlInGaAs), die mehrfache Quantenschächte bilden. Die Materialwahl und ihre Zusammensetzung kann abhängig von der gewünschten Ausgangswellenlänge des Gerätes variieren. Andere Wahlmöglichkeiten für geeignete aktive Schichten, die bezüglich des Gitters angepaßt sind an Galliumarsenidsubstrate (GaAs), wie Indiumgalliumarsenidnitrid (InGaAsN) und Galliumarsenidantimon-Legierungen (GaAsSb), können ebenfalls verwendet werden. Aktive Schichten, die auf GaAs wachsen, können Spiegel mit höherer Reflektivität verwenden, die unter Verwendung der Aluminiumgalliumarsenid-Legierungen (AlGaAs) erhalten werden können, weil sie einen Kontrast mit höherem Index haben.

[0049] Der DBR **37** wächst über der aktiven Schicht **36**. Der DBR **37** hat eine ähnliche Struktur wie der DBR **34**. Das Ausgangslicht **17** entspricht dem Ausgangslicht des langwelligen Lasers **30**. Der DBR **37** hat eine geringere Reflektivität als der DBR **34**, weil das durch den DBR **37** emittierte Licht in der durch das Ausgangslicht **17** angezeigten Richtung verläuft. Andere Mittel zum Erzeugen der langwelligen Kavität können ebenfalls eingesetzt werden, beispielsweise Waferboden der aktiven Schicht **36** auf entweder Halbleiter oder dielektrische Spiegel; oder Ätzen von Löchern in das Substrat und Ablagern dielektrischer DBR-Spiegel auf beiden Seiten des aktiven Bereichs zum Ausbilden der optischen Kavität.

[0050] Der langwellige Laser **30** wird durch das kurzwellige Licht **14** optisch gepumpt, welches von

dem kurzwelligen Laser **20** ausgegeben wird, und sendet langwelliges Ausgangslicht **17** aus.

[0051] Die Kavität des langwelligen Lasers ist so gestaltet, daß sie auftreffendes kurzwelliges Licht **14** absorbiert und langwelliges Licht **17** emittiert. Dies wird dadurch erreicht, daß die aktive Schicht **36** so gestaltet wird, daß sie das kurzwellige Licht effektiv absorbiert, und daß der Spiegel **34** so gestaltet wird, daß er das kurzwellige Licht **14** in die langwellige Kavität durch Absorption durch die aktive Schicht **36** überträgt. Der Ausgangsspiegel **37** kann, muß jedoch nicht so gestaltet sein, daß er das kurzwellige Licht in die Kavität zurückreflektiert, so daß es in der aktiven Schicht **36** noch mehr absorbiert wird, und auch eine Emission des kurzwelligen Lichtes durch den langwelligen Ausgang **17** verhindert. Die beiden Spiegel **34** und **37** sollten für langwelliges Licht hoch reflektierend sein, um einen niedrigen Schwellwert und eine hohe Effizienz für die langwellige Emission vorzusehen.

[0052] Es ist wichtig zu beachten, daß die Orientierung des langwelligen Lasers bezüglich der Seite, die gepumpt wird, und der Seite, die das langwellige Licht abgibt, beliebig ist. Der langwellige Laser kann somit von der Substratseite gepumpt werden, wie in Fig. 3 gezeigt, oder von der entgegengesetzten Seite. Ähnlich kann das langwellige Ausgangslicht auch von beiden Seiten austreten. Der Fachmann wird verstehen, daß diese Variationen im Bereich der Erfindung liegen.

[0053] Fig. 4 zeigt eine schematische Schnittdarstellung der optischen Unteranordnung **40** der Fig. 1. Die optische Unteranordnung **40** umfaßt das optische Unteranordnungsgehäuse **48**, in dem der langwellige Laser **30** aufgenommen ist. Der langwellige Laser **30** kann, muß jedoch nicht ein Wärmesenken-Metallisierungsmuster auf seiner Oberfläche aufweisen, um die Ableitung von Wärme zu unterstützen, welche durch die Absorption des kurzwelligen Laserausgangssignals erzeugt wird. Der langwellige Laser **30** ist in dem Gehäuse **48** vorzugsweise mittels eines thermisch leitenden Klebstoffs befestigt, oder er kann metallisierte Kontakte aufweisen, die zum Anlöten des langwelligen Lasers **30** an das Gehäuse **48** verwendet werden können. Dies erlaubt es, die in dem langwelligen Laser **30** erzeugte Wärme durch das Gehäuse **48** abzuführen.

[0054] Wie in Fig. 4 gezeigt, umfaßt die optische Unteranordnung **40** optional ein erstes optisches Element **41** und ein zweites optisches Element **42**. Das erste optische Element **41** fokussiert das kurzwellige Laserausgangslicht **14** von dem kurzwelligen Laser **20** (Fig. 1) auf den langwelligen Laser **30**, wie gezeigt. Das kurzwellige Laserlicht **14** wird auf den langwelligen Laser **30** mit einer Fleckgröße fokussiert, die für den geringsten Leistungsschwellwert und den höchsten Ausgangswirkungsgrad des langwelligen Lasers **30** optimiert ist. Das Vorsehen der optischen Elemente **41** und **42** in der Anordnung ist optional, und sie können dazu verwendet werden, die gegenseitige Kopplung des Lichtes zwischen dem kurzwelligen Laser **20**, dem langwelligen Laser **30** und der optischen Faser, auf welche das langwellige Licht **17** letztendlich fokussiert wird, zu verbessern.

[0055] Das kurzwellige Laserlicht **14** wird von dem langwelligen Laser **30** absorbiert, wodurch Elektronen-Löcher-Paare erzeugt werden. Diese Elektronen-Löcher-Paare rekombinieren, um Licht mit der langen Wellenlänge zu erzeugen, bei welcher die Kavität des langwelligen Lasers **30** ihre maximale Verstärkung hat. Dieses Licht wird von dem langwelligen Laser **40** als langwelliges Laserlicht **17** in Richtung des zweiten optischen Elementes **42**, falls vorhanden, abgegeben. Das zweite optische Element **42** unterstützt die Fokussierung des langwelligen Laserlichts **17** und die Minimierung der Fleckgröße des langwelligen Ausgangslichtes **17**. Das langwellige Ausgangslicht **17** kann nun z.B. auf einen optischen Faserverbinder **12** (Fig. 1) fokussiert werden, mit dem eine optische Faser zur Übertragung über ein Faseroptik-Kommunikationssystem verbunden ist.

[0056] Die Möglichkeit, die optische Unteranordnung **40** innerhalb des optischen Anordnungsgehäuses **18** in optischer Verbindung mit dem kurzwelligen Laser **20** anzuordnen, ermöglicht es, die Lasereinrichtung unabhängig zu optimieren, zu verpacken und zu testen und, am wichtigsten, für unabhängige Zwecke zu verwenden. Wenn das kurzwellige Ausgangssignal gewünscht wird, wird nur die Kurzwellen-Anordnung **20** verwendet. Wenn ein langwelliges Ausgangssignal gewünscht ist, wird die optische Unteranordnung **40** mit der optischen Anordnung **10** kombiniert, um ein langwelliges Ausgangslicht zu erzeugen.

[0057] Die optische Unteranordnung **30** für den langwelligen Laser kann als ein unabhängiges optisches Element hergestellt werden, das in die Laseranordnung **10** derart eingefügt werden kann, daß es in dem Lichtausgangsweg des kurzwelligen Lasers **20** liegt. Das langwellige Ausgangslicht **17** des langwelligen Lasers **30** wird in die Faser eingekoppelt, die mit Hilfe einer Verbinder-Führung, wie im Stand der Technik bekannt, in dessen Nähe gebracht. Das kurzwellige Laserausgangssignal pumpt den langwelligen Laser optisch, der dann Licht in die Faser emittiert.

[0058] Der Fachmann wird verstehen, daß zahlreiche Modifikationen und Variationen an den bevorzugten Ausführungen der Erfindung, die oben beschrieben wurden, ausgeführt werden können, ohne die Grundsätze der Erfindung im wesentlichen zu verlassen. Die Erfindung kann z.B. mit Lasereinrichtungen

mit unterschiedlichsten Eigenschaften realisiert werden. All diese Modifikationen und Abwandlungen liegen im Bereich der Erfindung gemäß den folgenden Ansprüchen.

Patentansprüche

1. Optische Anordnung (**10**), mit folgenden Merkmalen:
ein Gehäuse (**18**) der optischen Anordnung;
ein vorgefertigter elektrisch gepumpter Kurzwellenlängenlaser (**20**), der eine Kurzwellenlängen-Laserausgabe (**14**) erzeugen kann;
ein vorgefertigter optisch gepumpter Langwellenlängenlaser (**30**), der eine Langwellenlängen-Laserausgabe (**16**) erzeugen kann;
eine entfernbare optische Unteranordnung (**40**) mit einem Gehäuse (**48**) der optischen Unteranordnung, welches den vorgefertigten Langwellenlängenlaser (**30**) enthält;
wobei der Kurzwellenlängenlaser (**20**) und der Langwellenlängenlaser (**30**) innerhalb des Gehäuses (**18**) der optischen Anordnung angeordnet und so positioniert sind, daß die Ausgabe (**14**) des Kurzwellenlängenlasers (**20**) dem Langwellenlängenlaser (**30**) zugeführt wird, wobei der Langwellenlängenlaser von der Kurzwellenlängen-Laserausgabe optisch gepumpt wird, um eine Langwellenlängen-Laserausgabe zu erzeugen;
wobei der elektrisch gepumpte Kurzwellenlängenlaser (**20**) in einem Standard-Package (**11**) innerhalb des Gehäuses (**18**) der optischen Anordnung eingeschlossen ist; und
wobei das Gehäuse (**18**) der optischen Anordnung so konfiguriert ist, daß es alternativ nur den Kurzwellenlängenlaser (**20**) aufnimmt, um eine Kurzwellenlängen-Laserausgabe vorzusehen, oder die Kombination aus dem Kurzwellenlängenlaser (**20**) und dem Langwellenlängenlaser (**30**) aufnimmt, um eine Langwellenlängen-Laserausgabe vorzusehen.

2. Optische Anordnung (**10**) nach Anspruch 1, wobei der Langwellenlängenlaser eine Langwellenlängen-Laserausgabe (**17**) vorsieht, welche die Kurzwellenlängen-Laserausgabe (**14**) nicht umfaßt.

3. Optische Anordnung (**10**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Gehäuse (**18**) der optischen Anordnung Mittel zum Positionieren des Gehäuses (**48**) der optischen Unteranordnung und des vorgefertigten Kurzwellenlängenlasers (**20**) in einer vorgegebenen Position aufweist.

4. Verfahren zum Herstellen einer optischen Anordnung (**10**) mit folgenden Verfahrensschritten:
Vorsehen eines vorgefertigten elektrisch gepumpten Kurzwellenlängenlasers (**20**), der in einem Standard-Package (**11**) enthalten ist;
Anordnen eines vorgefertigten, optisch gepumpten Langwellenlängenlasers (**30**) in einer entfernbaren optischen Unteranordnung (**40**), welche ein Gehäuse (**48**) der optischen Unteranordnung umfaßt;
Vorsehen eines Gehäuses (**18**) der optischen Anordnung, das dazu ausgelegt ist, den Kurzwellenlängenlaser (**20**) und den Langwellenlängenlaser (**30**) aufzunehmen; und
alternatives Anordnen nur des Kurzwellenlängenlasers (**20**) in dem Gehäuse (**18**) der optischen Anordnung, um eine Kurzwellenlängen-Laserausgabe vorzusehen, oder der Kombination aus dem Kurzwellenlängenlaser (**20**) und dem Langwellenlängenlaser (**30**) in dem Gehäuse der optischen Anordnung, so daß die Ausgabe des Kurzwellenlängenlasers (**20**) an den Langwellenlängenlaser (**30**) angelegt wird und den Langwellenlängenlaser (**30**) optisch pumpt, um eine Langwellenlängen-Laserausgabe (**17**) zu erzeugen.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Kurzwellenlängen-Laserausgabe (**14**) in der Langwellenlängen-Laserausgabe (**17**) nicht enthalten ist.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, mit dem weiteren Verfahrensschritt:
Vorsehen eines ersten optischen Elements (**41**) in dem Gehäuse (**48**) der optischen Unteranordnung, wobei das erste optische Element (**41**) in dem Lichtausgabeweg des Kurzwellenlängenlasers (**20**) liegt und dazu ausgelegt ist, die Kurzwellenlängen-Laserausgabe (**14**) auf den Langwellenlängenlaser (**30**) zu fokussieren.

7. Verfahren nach Anspruch 6, mit dem weiteren Verfahrensschritt:
Fokussieren der Ausgabe (**14**) des Kurzwellenlängenlasers (**20**) durch das optische Element (**41**), um eine Eingabe für den Langwellenlängenlaser (**30**) zu bilden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

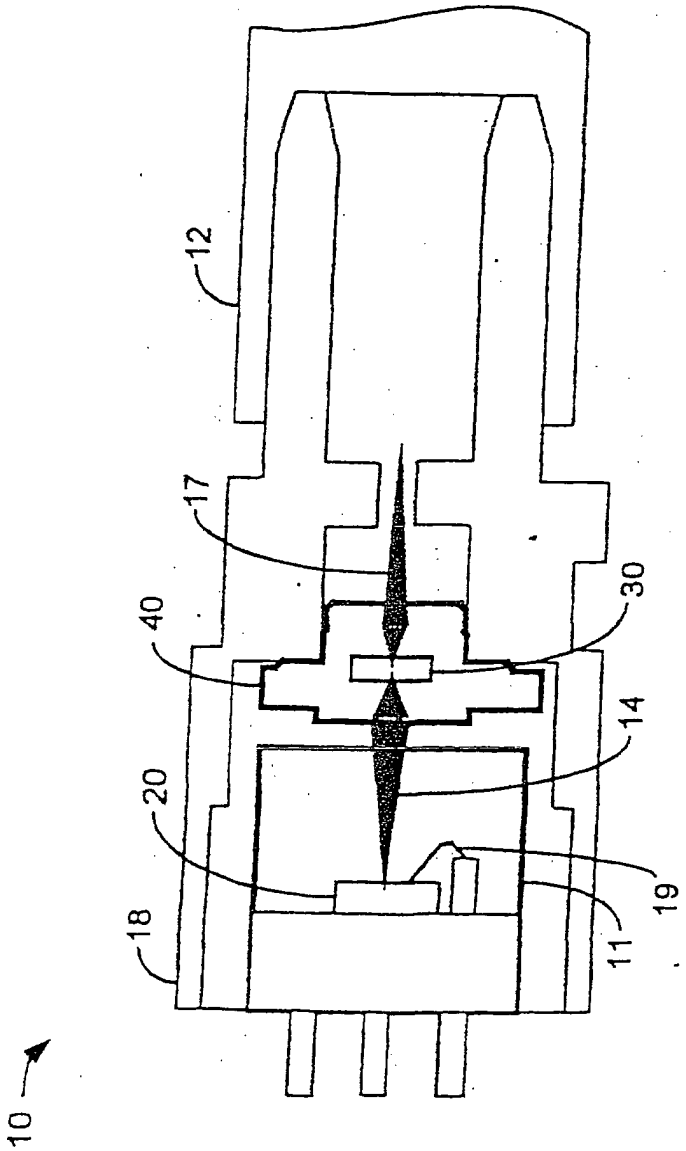

Fig. 1

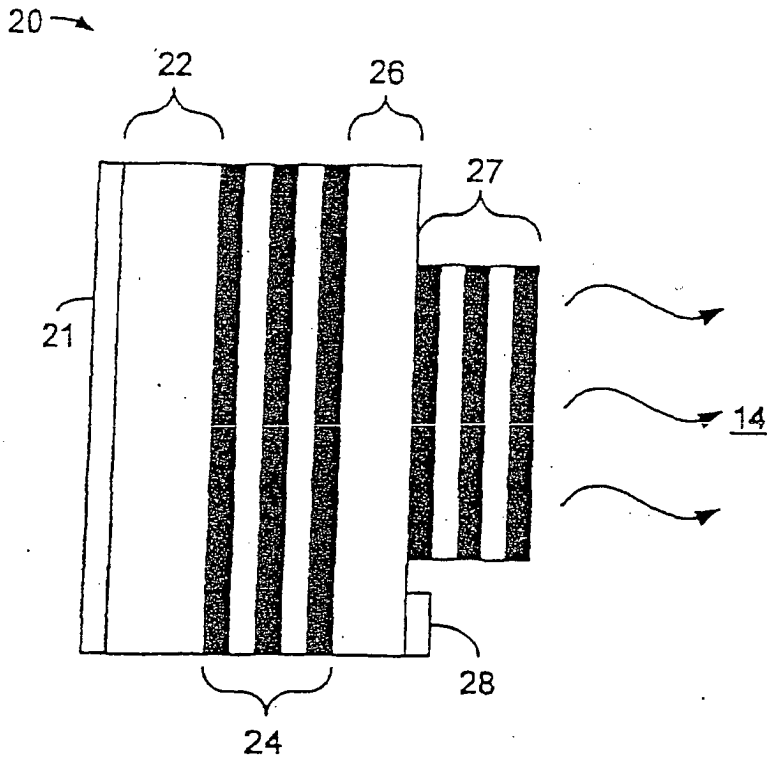

Fig. 2

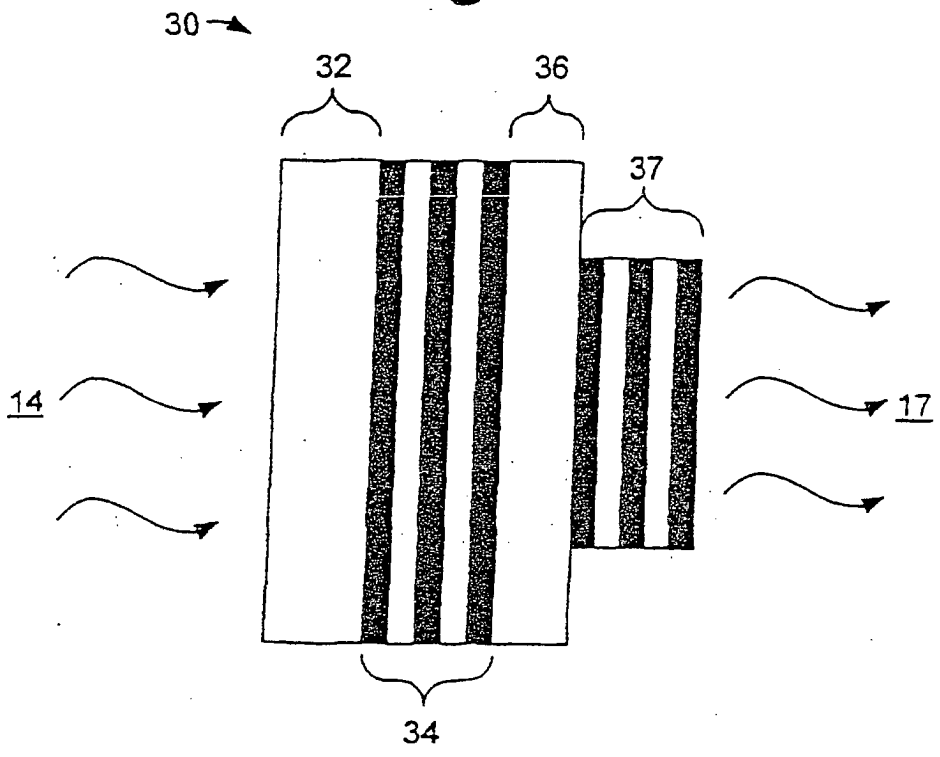

Fig. 3

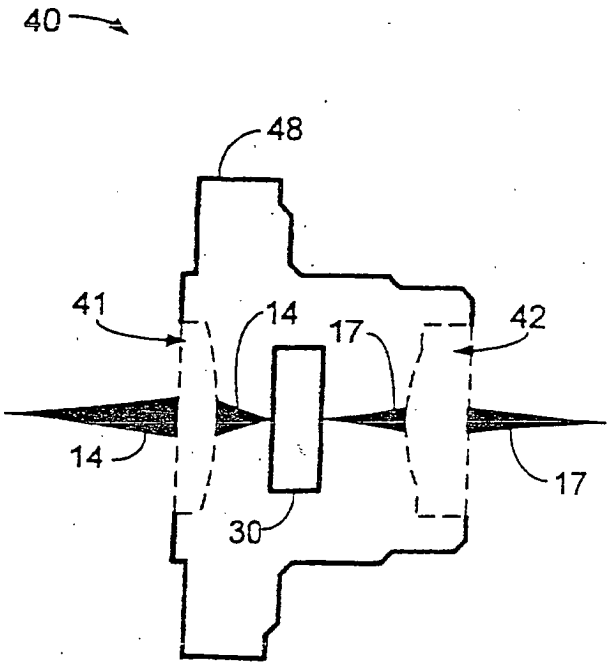

Fig. 4