



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 22 625 T2 2008.07.10**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 347 547 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 22 625.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 024 735.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **06.11.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.09.2003**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **26.09.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.07.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01J 1/304 (2006.01)**  
**G02F 1/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**104099 22.03.2002 US**

(74) Vertreter:  
**Dilg Haeusler Schindelmann  
Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80336 München**

(73) Patentinhaber:  
**Avago Technologies Fiber IP (Singapore) Pte. Ltd.,  
Singapore, SG**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:  
**Simon, Jonathon, Castro Valley, CA 94546, US**

(54) Bezeichnung: **Herstellung von moduliertem Licht mit einer Elektronenquelle**

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 eingeleitet, 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****Gebiet der Erfindung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der Optik. Genauer gesagt, betrifft die Erfindung Systeme und Verfahren, welche die Verwendung von Elektronenemittern zum Erzeugen von moduliertem Licht beinhalten.

**Beschreibung des Standes der Technik**

**[0002]** Optische Systeme, wie zum Beispiel optische Kommunikationssysteme, sind dafür konfiguriert, Signale zwischen verschiedenen Orten auszubreiten. Durch mindestens einen Abschnitt eines solchen Kommunikationssystems hindurch haben die Signale die Form von Lichtstrahlen, die sich entlang eines optischen Pfades ausbreiten. Ein solcher optischer Pfad wird üblicherweise durch einen oder mehrere Kommunikationsverbindungen definiert, von denen jeder in der Regel eine optische Faser enthält.

**[0003]** Quellen von moduliertem Licht werden in der Regel dafür verwendet, Lichtstrahlen zu erzeugen, die sich über optische Kommunikationsverbindungen ausbreiten. Genauer gesagt, ist in der Regel jeder Kommunikationsverbindung ein modulierter Laser zugeordnet, der die Lichtstrahlen erzeugt. Zum Beispiel sind oberflächenemittierende Laser mit vertikalem Resonator (VCSELs) zum Erzeugen modulierter Lichtstrahlen verwendet worden.

**[0004]** Ein VCSEL enthält in der Regel eine schmale Apertur, die in charakteristischer Form einen schmalen Lichtstrahl auf eine kurze Distanz hervorbringt. Der durch einen VCSEL erzeugte Lichtstrahl tendiert ebenfalls dazu, mit zunehmender Entfernung von der Apertur rasch zu divergieren. Darum ist es in der Regel notwendig zu gewährleisten, dass eine optische Komponente, die den Lichtstrahl von einem VCSEL empfangen soll, nahe an der Apertur des VCSEL angeordnet wird.

**[0005]** Freilich erfordert dies einen relativ hohen Grad an Präzision, um zu gewährleisten, dass die optische Komponente auf die optische Achse des VCSEL ausgerichtet ist, weil die optische Komponente in der Regel den schmalen Abschnitt des Lichtstrahls empfängt. Das Gewährleisten der richtigen Anordnung einer optischen Komponente relativ zu einem VCSEL kann bekanntlich zeitaufwändig und/oder teuer sein.

**[0006]** Die Verwendung von VCSELs kann in einigen Anwendungen auch problematisch sein. Insbesondere kann es sein, dass VCSELs nicht zur Verwendung in Anwendungen geeignet sind, in denen ein hoher Grad an Wellenlängenstabilität erforderlich ist. Das liegt daran, dass die Wellenlänge des durch

einen VCSEL erzeugten Lichts bei Temperaturveränderungen zum Driften neigt. Darum liegt es auf der Hand, dass ein Bedarf an verbesserten Systemen und Verfahren besteht, die diese und/oder andere erkannte Nachteile des Standes der Technik beseitigen.

**[0007]** JP-A 06 260 113 offenbart eine Kathodenstrahlröhre, die Bilder mit verschiedenen Seitenverhältnissen ohne Einbrennen auf einer Fluoreszenzschirmschicht anzeigen kann, indem Licht modulierendes Glas, das die Lichtdurchlässigkeit elektrisch verändern kann, vor einer Glasscheibe installiert wird.

**[0008]** JP-A-2002 040 503 offenbart einen Wellenlängenkonverter mit einer ersten optischen Übertragungsleitung und einer zweiten Übertragungsleitung. Die Wellenlänge des Lichts, das von der ersten optischen Übertragungsleitung übertragen wird, wird umgewandelt und zu der zweiten optischen Übertragungsleitung übertragen. Der Wellenlängenkonverter umfasst einen Elektronen emittierenden Teil, der optisch mit der ersten optischen Übertragungsleitung verbunden ist und durch das Licht, das von der ersten optischen Übertragungsleitung übertragen wird, dazu angeregt wird, Elektronen zu emittieren. Ein lichtemittierender Körper wird durch die emittierten Elektronen angeregt, Licht von einer anderen Wellenlänge zu erzeugen als das Licht von der ersten Übertragungsleitung, und dieses Licht von anderer Wellenlänge wird in die zweite Lichtübertragungsleitung eingespeist.

**[0009]** Keine der oben beschriebenen Vorrichtungen offenbart einen integrierten Baustein, der ein erstes Substrat und ein zweites Substrat enthält, mit einem Elektronenemitter, der durch das erste Substrat getragen wird, und einem Elektrisch-zu-optisch-Wandler, der durch das zweite Substrat getragen wird, wobei das Substrat aus einem Material, zum Beispiel Silizium, besteht, das sich für Halbleiterfertigungsprozesse eignet.

**Kurzdarstellung der Erfindung**

**[0010]** Optische Systeme der Erfindung enthalten Elektronenemitter zum Erzeugen von Elektronen. Elektrisch-zu-optisch-Wandler der optischen Systeme empfangen die Elektronen und wandeln die Elektronen in Licht um. Die optischen Systeme modulieren das Licht auch so, dass moduliertes Licht emittiert wird.

**[0011]** Die Elektrisch-zu-optisch-Wandler enthalten phosphoreszierende Materialien zum Erzeugen von Licht. Das durch die phosphoreszierenden Materialien erzeugte Licht ist relativ omnidirektional, weshalb möglicherweise keine Präzisionsausrichttechniken erforderlich sind, wenn optische Komponenten für

das Empfangen des Lichts ausgerichtet werden sollen. Außerdem neigt die Wellenlänge des durch das phosphoreszierende Material erzeugten Lichts nicht dazu, bei Temperaturveränderungen zu variieren. Genauer gesagt, funktioniert phosphoreszierendes Material durch Übergänge auf Atom-Ebene, um Licht zu erzeugen, und ist darum im Hinblick auf die Temperatur von sich aus relativ wellenlängenstabil.

**[0012]** In einigen Ausführungsformen wird externe Modulation verwendet, um das durch die phosphoreszierenden Materialien erzeugte Licht zu modulieren. Durch Verwenden einer externen Modulation kann eine Hochgeschwindigkeitsmodulation (hohe Bandbreite) erreicht werden. Zum Beispiel kann in einigen Ausführungsformen ein elektrooptischer Modulator, wie zum Beispiel ein aus  $\text{LiNbO}_3$  hergestelltes elektrooptisches Dünnfilmelement, verwendet werden, um das Licht extern zu modulieren.

**[0013]** Einige Ausführungsformen der optischen Systeme können auch als integrierte Bausteine konfiguriert sein. Durch Bereitstellen eines integrierten Bausteins zum Erzeugen von moduliertem Licht können Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem operativen Ausrichten optischer Komponenten an der Stelle, wo das modulierte Licht benötigt wird, vermieden werden. Weil die einzelnen Komponenten des integrierten Bausteins in einer Produktionsumgebung operativ aufeinander ausgerichtet werden, kann eine präzisere Ausrichtung der Komponenten erreicht werden.

**[0014]** Durch Verwenden integrierter Bausteine lassen sich auch höhere Fertigungseffizienzen erreichen. Genauer gesagt, können die integrierten Bausteine gut für eine Produktion mittels diskontinuierlicher Verarbeitungstechniken geeignet sein. Der Elektronenemitter wird durch ein erstes Substrat getragen, zum Beispiel ein Substrat, das aus einem Material besteht, das sich zur Halbleiterfertigung eignet, und der Elektrisch-zu-optisch-Wandler und der externe Modulator werden durch ein zweites Substrat getragen. Das erste und das zweite Substrat werden dann in ihrer Position relativ zueinander fixiert, wie zum Beispiel durch ein Bondungsverfahren.

**[0015]** In einigen Ausführungsformen können der Elektronenemitter und der Elektrisch-zu-optisch-Wandler in einem Hohlraum angeordnet sein, der durch den integrierten Baustein gebildet wird. Vorteilhafterweise weist der integrierte Baustein ein Schutzgehäuse für die Komponenten auf, die in dem Hohlraum angeordnet sind, wodurch die Widerstandsfähigkeit des Systems verbessert wird. Zusätzlich kann der Hohlraum hermetisch abgedichtet sein, um die Möglichkeit einer Minderung der Leistung der Vorrichtung zum Beispiel infolge von Verschmutzung zu verringern. In einigen Ausführungsformen kann der Hohlraum auch luftentleert werden,

um den störungsfreien Betrieb des Elektronenemitters zu unterstützen.

**[0016]** Ein repräsentatives Verfahren der Erfindung zum Erzeugen von moduliertem Licht ist in dem unabhängigen Anspruch 7 definiert.

**[0017]** Natürlich brauchen nicht alle Ausführungsformen der Erfindung alle der oben dargelegten Vorteile und/oder Eigenschaften aufzuweisen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0018]** Die Erfindung lässt sich anhand der folgenden Zeichnungen besser verstehen. Die Komponenten in den Zeichnungen sind nicht unbedingt maßstabsgetreu. Statt dessen wurde auf eine klare Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung Wert gelegt.

**[0019]** [Fig. 1](#) ist ein Schaubild eines Beispiels, das dem Verstehen eines optischen Systems der vorliegenden Erfindung dient.

**[0020]** [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm, das Funktionen zeigt, die dem System zum Erzeugen von moduliertem Licht von [Fig. 1](#) zugewiesen werden können.

**[0021]** [Fig. 3](#) ist ein Schaubild einer Ausführungsform eines Systems zum Erzeugen von moduliertem Licht der Erfindung, das einen integrierten Baustein enthält.

**[0022]** [Fig. 4](#) ist ein Flussdiagramm, das Funktionen zeigt, die dem System zum Erzeugen von moduliertem Licht von [Fig. 3](#) zugewiesen werden können.

**[0023]** [Fig. 5](#) ist eine weitere Ausführungsform eines Systems zum Erzeugen von moduliertem Licht, das einen integrierten Baustein enthält.

**[0024]** [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm, das Funktionen zeigt, die dem System zum Erzeugen von moduliertem Licht von [Fig. 5](#) zugewiesen werden können.

**[0025]** [Fig. 7](#) ist eine weitere Ausführungsform eines Systems zum Erzeugen von moduliertem Licht, das einen integrierten Baustein enthält.

**[0026]** [Fig. 8](#) ist eine weitere Ausführungsform eines Systems zum Erzeugen von moduliertem Licht, das einen integrierten Baustein enthält.

**[0027]** [Fig. 9](#) ist eine weitere Ausführungsform eines Systems zum Erzeugen von moduliertem Licht, das einen integrierten Baustein enthält.

**[0028]** [Fig. 10](#) ist eine Ausführungsform eines integrierten Bausteins, der eine Gruppierung von optischen Quellen enthält.

## Detaillierte Besprechung

**[0029]** Wie im vorliegenden Text noch ausführlicher besprochen wird, beinhaltet die vorliegende Erfindung die Verwendung von Elektronenemittern, um phosphoreszierende Materialien zum Erzeugen von Licht anzuregen. Das durch die phosphoreszierenden Materialien erzeugte Licht wird moduliert und kann somit für verschiedene Verwendungszwecke, wie zum Beispiel in optischen Kommunikationssystemen, geeignet sein.

**[0030]** Wenden wir uns nun den Figuren zu, in denen gleiche Bezugszahlen in allen Ansichten entsprechende Komponenten bezeichnen. [Fig. 1](#) zeigt schematisch ein Beispiel, das sich für das Verstehen eines optischen Systems **10** der vorliegenden Erfindung eignet. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, enthält das optische System **10** ein System **100** zum Erzeugen von moduliertem Licht, das mit einem optischen Übertragungsmedium **110** in optischer Verbindung steht. Das System **100** zum Erzeugen von moduliertem Licht erzeugt moduliertes Licht, dass in das optische Übertragungsmedium **110** eingespeist und dann durch das optische Übertragungsmedium **110** ausgebreitet werden kann. Bei dem optischen Übertragungsmedium **110** kann es sich zum Beispiel um eine optische Faser oder um freien Raum handeln. Im Sinne des vorliegenden Textes meint der Begriff "modulieren" das Ändern mindestens einer kennzeichnenden Eigenschaft, wie zum Beispiel Intensität (Amplitude), Polarisation und Frequenz, von Licht.

**[0031]** Das System **100** zum Erzeugen von moduliertem Licht von [Fig. 1](#) enthält mindestens eine optische Quelle **130** zum Erzeugen von Licht. Genauer gesagt, enthält die optische Quelle **130** einen Elektronenemitter **150** und einen Elektrisch-zu-optisch-Wandler **160**. Der Elektronenemitter, zum Beispiel ein Emitter mit angeschärfter Spitze, ein Festkörperemitter, ein Kaltkathodenemitter usw., erzeugt Elektronen, zum Beispiel einen Elektronenstrahl, der auf einen Elektrisch-zu-optisch-Wandler gerichtet wird. Der Elektrisch-zu-optisch-Wandler empfängt den Elektronenstrahl und wandelt den Elektronenstrahl in Licht um. Für diesen Zweck enthält der Elektrisch-zu-optisch-Wandler phosphoreszierendes Material, das in Reaktion auf die Elektronen Licht erzeugt.

**[0032]** Die Funktionsweise des Systems **100** zum Erzeugen von moduliertem Licht von [Fig. 1](#) ist in dem Flussdiagramm von [Fig. 2](#) dargestellt. In [Fig. 2](#) wird ein Elektronenstrahl erzeugt (Block **210**). In Block **220** wird der Elektronenstrahl in Licht umgewandelt. In Block **230** wird das Licht moduliert.

**[0033]** Wenden wir uns nun dem Schaubild von [Fig. 3](#) zu, wo eine Ausführungsform eines Systems **100** zum Erzeugen von moduliertem Licht, das einen

integrierten Baustein enthält, gezeigt ist. Im Sinne des vorliegenden Textes meint der Begriff "integrierter Baustein" eine Vorrichtungskonfiguration, die durch eine diskontinuierliche Verarbeitungstechnik hergestellt werden kann und/oder die einen Grad an Widerstandsfähigkeit und/oder Beständigkeit gegen äußere Umgebungen verleiht, den die Bestandteile der Vorrichtung allein nicht aufweisen.

**[0034]** Die Ausführungsform des Systems **100** zum Erzeugen von moduliertem Licht von [Fig. 3](#) enthält einen integrierten Baustein **310**. Der integrierte Baustein enthält mindestens eine optische Quelle **130** zum Erzeugen von Licht. Genauer gesagt, enthält jede optische Quelle **130** mindestens einen Elektronenemitter **150** und einen zugehörigen Elektrisch-zu-optisch-Wandler **160**.

**[0035]** Durch Verwenden integrierter Bausteine lassen sich verbesserte Fertigungseffizienzen erreichen. Genauer gesagt, können die integrierten Bausteine gut zur Herstellung durch diskontinuierliche Verarbeitungstechniken geeignet sein. Außerdem können in jenen Ausführungsformen, die ein erstes und ein zweites Substrat enthalten, die separat ausgebildet sind, verschiedene Fertigungstechniken verwendet werden, um jedes der Substrate sowie die Komponenten, die durch die Substrate getragen werden, auszubilden. Des Weiteren kann die Ausrichtung der Substrate und der verschiedenen Komponenten des integrierten Bausteins in einer Produktionsumgebung erfolgen. Dadurch lässt sich eine präzisere Ausrichtung der Komponenten erreichen. Dies steht im Gegensatz zu anderen Baugruppen, die zum Erzeugen von moduliertem Licht verwendet werden und die eine operative Ausrichtung optischer Komponenten an der Stelle, wobei das modulierte Licht benötigt wird, erfordern.

**[0036]** Die Funktionsweise der Ausführungsform des Systems **100** zum Erzeugen von moduliertem Licht von [Fig. 3](#) ist in [Fig. 4](#) gezeigt. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, wird ein integrierter Baustein in Block **410** bereitgestellt. In Block **420** wird ein Elektronenstrahl erzeugt und (in Block **430**) in dem integrierten Baustein in Licht umgewandelt. In Block **440** wird das Licht so moduliert, dass moduliertes Licht von dem integrierten Baustein emittiert wird.

**[0037]** Eine Ausführungsform eines integrierten Bausteins **310** ist in [Fig. 5](#) in größerem Detail gezeigt. In [Fig. 5](#) enthält der integrierte Baustein **310** ein erstes Substrat **502** und ein zweites Substrat **504**. Das erste und das zweite Substrat sind in ihrer Position relativ zueinander fixiert, indem zum Beispiel die Substrate aneinandergehaftet werden, um den integrierten Baustein zu bilden.

**[0038]** Das Substrat **502** trägt einen Elektronenemitter **150** und eine zugehörige Treiberschaltung **508**

einer optischen Quelle **130**. Die Treiberschaltung **508** empfängt Strom und/oder Steuersignale für den Elektronenemitter **150**, von denen wenigstens einige von außerhalb des integrierten Bausteins stammen können. Das Substrat **502** kann aus einem oder mehreren Materialien, zum Beispiel Silizium, hergestellt sein, die sich zur Verwendung in einem Halbleiterfertigungsprozess eignen. Auf diese Weise können der Elektronenemitter **150** und die Treiberschaltung **508** zum Beispiel in und/oder auf dem Substrat **502** ausgebildet werden. Es ist zu beachten, dass in einigen Ausführungsformen auch andere Materialien zum Herstellen des Substrats verwendet werden können, sofern eine ausreichende mechanische Trägerung für die Montage des Elektronenemitters vorhanden ist.

**[0039]** Das Substrat **504** trägt den Elektrisch-zu-optisch-Wandler **160** der optischen Quelle **130**. Der Elektrisch-zu-optisch-Wandler ist dafür konfiguriert, den von dem Elektronenemitter emittierten Elektronenstrahl zu empfangen. Der Elektrisch-zu-optisch-Wandler wandelt den Elektronenstrahl in Lichtenergie um. Zum Umwandeln des Elektronenstrahls in Licht nutzt der Elektrisch-zu-optisch-Wandler ein oder mehrere phosphoreszierende Materialien. Zum Herstellen eines Elektrisch-zu-optisch-Wandlers können verschiedene phosphoreszierende Materialien verwendet werden. Zum Beispiel können Oxide von Silizium und Gallium verwendet werden. Diese Oxide können unter anderem mit Schwermetallen, zum Beispiel Zink, Kadmium usw., oder Seltenerden, zum Beispiel Cer, Erbium und Yttrium, dotiert sein. Natürlich würde man, wie dem Fachmann klar ist, ein solches Material anhand der Anforderungen einer konkreten Anwendung auswählen, wie zum Beispiel der Farbe (Wellenlänge) des Lichts.

**[0040]** Das Substrat **504** trägt des Weiteren einen elektrooptischen Modulator **509**, der extern Licht moduliert, das von dem Elektrisch-zu-optisch-Wandler emittiert wurde. Der elektrooptische Modulator **509** enthält ein elektrooptisches Element **510** und eine zugehörige Treiberschaltung **512**. Die Treiberschaltung **512** empfängt Strom, Informationen und/oder Steuersignale für das elektrooptische Element, von denen wenigstens einige von außerhalb des integrierten Bausteins stammen können. Es ist zu beachten, dass das Anordnen der Treiberschaltung **512** in unmittelbarer Nähe zu dem elektrooptischen Element **510** (zum Beispiel auf oder in demselben Substrat wie das elektrooptische Element **510**) möglicherweise höhere Modulationsraten von Licht, das durch das elektrooptische Element empfangen wird, ermöglicht. Der Grund dafür ist, dass der kürzere Signalübertragungspfad zwischen der Treiberschaltung und dem elektrooptischen Element die Verwendung von Übertragungsmedien mit hoher Kapazität ermöglicht, um Steuersignale von der Treiberschaltung in das elektrooptische Element zu übermitteln.

**[0041]** Natürlich ist das elektrooptische Element **510** dafür konfiguriert, optisch mit dem Elektrisch-zu-optisch-Wandler verbunden zu sein. In der Ausführungsform von **Fig. 5**, die das Substrat **504** enthält, das zwischen dem Substrat **502** und dem elektrooptischen Element angeordnet ist, ermöglicht es das Substrat **504**, dass Licht, das von dem Elektrisch-zu-optisch-Wandler emittiert wurde, auf das elektrooptische Element gerichtet wird. Zum Beispiel könnte das Substrat **504** eine (nicht gezeigte) Apertur enthalten, die zwischen dem Elektrisch-zu-optisch-Wandler und dem elektrooptischen Element ausgerichtet ist. In anderen Ausführungsformen kann mindestens ein Abschnitt des Substrats **504**, d. h. mindestens der Abschnitt des Substrats **504**, der zwischen dem Elektrisch-zu-optisch-Wandler und dem elektrooptischen Element angeordnet ist, aus einem Material bestehen, das bei der Wellenlänge des Lichts, das durch die optische Quelle übertragen wird, optisch transparent ist.

**[0042]** Das elektrooptische Element **510** kann in verschiedenen Formen ausgebildet sein und kann aus verschiedenen Materialien und/oder Materialkombinationen bestehen. Zum Beispiel kann das elektrooptische Element ein Dünnfilmelement sein, das mit der Halbleiterfertigung vereinbar ist. In einer solchen Ausführungsform kann das elektrooptische Element mit dem Substrat, das es trägt, ausgebildet sein. In einigen Ausführungsformen kann das elektrooptische Element aus  $\text{LiNO}_3$ , Quarz usw. bestehen. Natürlich kann das Material oder können die Materialien anhand der Anforderungen der konkreten Anwendung ausgewählt werden.

**[0043]** Wenn zum Beispiel das elektrooptische Element **510** aus  $\text{LiNO}_3$  besteht, so ermöglicht die Treiberschaltung **512** des elektrooptischen Modulators die Erzeugung eines elektrischen Feldes in dem elektrooptischen Element. Das elektrische Feld ändert mindestens eine kennzeichnende Eigenschaft, zum Beispiel den Brechungsindex, von mindestens einem Abschnitt des elektrooptischen Elements, durch den hindurch sich Licht ausbreitet. Diese Änderung des elektrooptischen Elements ist es, was eine Modulation des Lichts ermöglicht. In diesem Fall wird das Licht im Hinblick auf die Amplitude (Intensität) moduliert.

**[0044]** Als ein weiteres Beispiel können einige elektrooptische Elemente die Länge des optischen Pfades ändern, durch den hindurch sich Licht ausbreitet, um eine Frequenzmodulation zu erzeugen. In einigen Ausführungsformen erzeugt das elektrooptische Element Schallenergie, die dafür verwendet wird, den optischen Pfad, zum Beispiel die Abmessung des elektrooptischen Elements, durch das hindurch sich Licht ausbreitet, zu verlängern und/oder zu verkürzen. Natürlich kann eine Modulation des Lichts im Hinblick auf andere optische kennzeichnende Eigen-

schaften durch Verwenden anderer Arten von elektrooptischen Modulatoren bewerkstelligt werden.

**[0045]** In der Regel arbeitet die optische Quelle **130** als eine konstante Quelle, d. h. der Elektronenemitter und der Elektrisch-zu-optisch-Wandler erzeugen während des Betriebes konstant Licht. In solchen Ausführungsformen wird die optische Quelle nur extern moduliert. Zusätzlich oder alternativ kann die optische Quelle in einigen Ausführungsformen direkt moduliert werden. Das heißt, die optische Quelle kann Licht intermittierend erzeugen.

**[0046]** Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, ist der Elektronenemitter **150** in einem Hohlraum **520** angeordnet, der zwischen den Substraten **502** und **504** ausgebildet ist. Je nach den Strom- und/oder Leistungseigenschaften des Elektronenemitters kann es erforderlich sein, die Luft aus dem Hohlraum **520** zu entfernen, damit der in dem Hohlraum emittierte Elektronenstrahl korrekt auf den Elektrisch-zu-optisch-Wandler gerichtet werden kann.

**[0047]** In [Fig. 5](#) ist zu beachten, dass sich ein Spalt **523** zwischen dem Elektronenemitter und dem Elektrisch-zu-optisch-Wandler befindet. Das heißt, der Elektronenemitter berührt den Elektrisch-zu-optisch-Wandler nicht. Dieser Spalt kann so bemessen und geformt sein, dass er eine Fertigungstoleranz kompensiert, die mit der Herstellung des integrierten Bausteins zusammenhängt. Insbesondere kann die Fertigungstoleranz so gewählt werden, dass sich die verschiedenen Komponenten des integrierten Bausteins während der Herstellung des integrierten Bausteins gegenseitig weder berühren noch beschädigen. In einigen Ausführungsformen hingegen können eine oder mehrere Komponenten, die von einem Substrat getragen werden, eine oder mehrere Komponenten des anderen Substrats berühren, so dass der Spalt nicht benötigt wird.

**[0048]** In [Fig. 5](#) wird der Spalt **523** wenigstens teilweise durch eine Aussparung **525** in dem Substrat **504** definiert. Zum Beispiel könnte das Substrat **504** geätzt werden, um die Aussparung auszubilden.

**[0049]** Die integrierten Bausteine der Erfindung können mittels verschiedener Fertigungstechniken hergestellt werden. Zum Beispiel, wie in [Fig. 6](#) gezeigt, wird eine Ausführungsform eines integrierten Bausteins aus mehreren Sektionen gebildet. Genauer gesagt, enthält eine erste Sektion **601** des integrierten Bausteins ein Substrat **602** und den Elektronenemitter **150** einer zugehörigen optischen Quelle **130**. Eine zweite Sektion **603** enthält ein Substrat **604** und seinen zugehörigen elektrooptischen Modulator **509** sowie den Elektrisch-zu-optisch-Wandler **160** der optischen Quelle. Die Sektionen sind aneinander befestigt, wie zum Beispiel durch Bonden.

**[0050]** Ein repräsentatives Verfahren zum Herstellen eines integrierten Bausteins der Erfindung ist in dem Flussdiagramm von [Fig. 7](#) gezeigt. In [Fig. 7](#) werden ein erstes Substrat und ein zweites Substrat bereitgestellt (Block **710**). In Block **720** werden ein Elektronenemitter und eine zugehörige Treiberschaltung durch das erste und/oder durch das zweite Substrat getragen. Gehen wir weiter zu Block **730**, wo ein Elektrisch-zu-optisch-Wandler und ein elektrooptischer Modulator durch das erste und/oder durch das zweite Substrat getragen werden. Anschließend, wie zum Beispiel in Block **740** gezeigt ist, werden das erste Substrat und das zweite Substrat zu einem integrierten Baustein angeordnet. In einigen Ausführungsformen kann das beinhalten, die Substrate direkt und fest aneinander zu befestigen. Die Befestigung der Substrate kann in einigen Ausführungsformen auch eine hermetisch abgeschlossene Umgebung in dem integrierten Baustein ausbilden.

**[0051]** Eine weitere repräsentative Ausführungsform eines integrierten Bausteins, der in einem System zum Erzeugen von moduliertem Licht verwendet werden kann, ist in [Fig. 8](#) gezeigt. In [Fig. 8](#) enthält der integrierte Baustein **310** ein erstes Substrat **802**, das den Elektronenemitter **150** und die zugehörige Treiberschaltung **808** trägt, und ein zweites Substrat **804**, das einen Elektrisch-zu-optisch-Wandler **160**, ein elektrooptisches Element **810** und eine zugehörige Treiberschaltung **812** enthält. Der integrierte Baustein **310** enthält außerdem mindestens ein Beugungselement **820**, das mit dem elektrooptischen Element in optischer Verbindung steht. In [Fig. 8](#) ist das Beugungselement so angeordnet, dass sich das elektrooptische Element mindestens teilweise zwischen dem Elektrisch-zu-optisch-Wandler und dem Beugungselement befindet.

**[0052]** In der Ausführungsform von [Fig. 8](#) ist das Beugungselement **820** direkt auf dem elektrooptischen Element ausgebildet. Es können aber auch verschiedene andere Konfigurationen verwendet werden. Unabhängig von der konkret verwendeten Konfiguration kann das Beugungselement so beschaffen sein, dass es das modulierte Licht, das sich von dem elektrooptischen Element kommend ausbreitet, richtet und/oder fokussiert. Zum Beispiel kann das Beugungselement verwendet werden, das modulierte Licht so zu richten und/oder zu fokussieren, dass es zu einem optischen Übertragungsmedium, zum Beispiel dem Medium **110** von [Fig. 1](#), ausgebreitet werden kann.

**[0053]** Überdies enthält der integrierte Baustein **310** von [Fig. 8](#) mindestens ein optisches Filter **824**, das mit dem Elektrisch-zu-optisch-Wandler in optischer Verbindung steht. Ein solches optisches Filter ermöglicht es, eine oder mehrere ausgewählte Frequenzen des durch den Elektrisch-zu-optisch-Wandler erzeugten Lichts aus dem integrierten Baustein zu emittieren.

ren. Es ist zu beachten, dass ein oder mehrere Beugungselemente und optische Filter in dem Hohlraum **823** angeordnet werden können.

**[0054]** Des Weiteren ist zu beachten, dass in der Ausführungsform von [Fig. 8](#) die Substrate **802** und **804** ein Gehäuse bilden, das mindestens die optische Quelle umschließt. Durch Herstellen eines solchen Gehäuses kann eine robuste Quelle von moduliertem Licht hergestellt werden. Genauer gesagt, kann das Gehäuse eine oder mehrere der Komponenten vor Beschädigung schützen, wie es zum Beispiel während der Handhabung der Komponenten geschehen kann. Wenn des Weiteren der integrierte Baustein eine hermetische Abdichtung um mindestens einige der Komponenten herum bildet, so kann die Möglichkeit der Minderung der Leistung der Vorrichtung zum Beispiel infolge von Verschmutzung dieser Komponenten verringert werden. Die hermetische Abdichtung ermöglicht es auch, die Luft aus dem Hohlraum abzuziehen.

**[0055]** Wie in [Fig. 9](#) gezeigt, können auch andere Techniken zum Herstellen eines integrierten Bausteins als die, die schematisch in [Fig. 5](#) gezeigt sind, verwendet werden. Genauer gesagt, beinhaltet die in [Fig. 9](#) gezeigte beispielhafte Technik das Bereitstellen zweier Substrate (**902**, **904**), die im Wesentlichen planar sind. Die verschiedenen Komponenten können durch die Substrate getragen werden (indem sie zum Beispiel auf und/oder in den Substraten ausgebildet werden), und dann können die Substrate in einer im Wesentlichen fixierten räumlichen Beziehung relativ zueinander angeordnet werden. In der in [Fig. 9](#) gezeigten Ausführungsform wird dies dadurch bewerkstelligt, dass man Montagekomponenten (**906**, **908**) zwischen den Substraten anordnet. Auf diese Weise wird durch die Montagekomponenten ein Hohlraum zwischen den Substraten gebildet, der die Substrate in einem Abstand zueinander hält.

**[0056]** Gruppierungen, die mehrere modulierte Lichtstrahlen erzeugen können, können ebenfalls hergestellt werden. Diesbezüglich ist eine Ausführungsform eines integrierten Bausteins, der eine Gruppierung optischer Quellen enthält, in [Fig. 10](#) gezeigt.

**[0057]** Der integrierte Baustein **1000** von [Fig. 10](#) enthält ein unteres Substrat **1002** und ein oberes Substrat **1004**. Das Substrat **1002** nimmt das obere Substrat **1004** so in Eingriff, dass mehrere Hohlräume definiert werden (**1005A**, **1005B**). Genauer gesagt, enthält das obere Substrat Aussparungen (**1006A**, **1006B**), von denen jede einen Hohlraum definiert.

**[0058]** Das Substrat **1002** trägt mehrere Elektronenemitter (**1007A**, **1007B**) und zugehörige Treiberschaltungen (**1008A**, **1008B**). Das Substrat **1004**

trägt Elektrisch-zu-optisch-Wandler (**1009A**, **1009B**), elektrooptische Elemente (**1010A**, **1010B**) und zugehörige Treiberschaltungen (**1012A**, **1012B**). Genauer gesagt, sind ein Elektronenemitter und seine zugehörige Treiberschaltung und ein Elektrisch-zu-optisch-Wandler in jeden Hohlraum angeordnet.

**[0059]** Durch Anordnen nur einer einzigen optischen Quelle in jedem Hohlraum kann ein Übersprechen zwischen benachbarten optischen Quellen vermieden werden. In jenen Ausführungsformen jedoch, bei denen Übersprechen unproblematisch ist, könnten mehrere optische Quellen in einem einzelnen Hohlraum angeordnet werden.

**[0060]** Außerdem könnten in anderen Ausführungsformen mehrere obere Substrate verwendet werden, um Hohlräume zum Aufnehmen der optischen Quellen zu definieren. Zum Beispiel könnte jedes obere Substrat eine einzelne Aussparung definieren, die einen Hohlraum zum Aufnehmen einer optischen Quelle definiert.

**[0061]** Es braucht nicht jede optische Quelle eines integrierten Bausteins die gleichen optischen Eigenschaften, zum Beispiel die Wellenlänge, wie eine andere aufzuweisen. Darum kann die Gruppierung optischer Quellen eines solchen integrierten Bausteins in einer Wellenlängemultiplex(WDM)-Anwendung verwendet werden. In einer solchen Anwendung werden mehrere individuelle Lichtsignale mit Bezug auf eine Trägerwellenlänge, die sich entlang desselben optischen Übertragungsmediums ausbreitet, moduliert, und dann am Empfangsende entrollt.

**[0062]** Die vorangegangene Beschreibung diente dem Zweck der Veranschaulichung und Beschreibung. Sie soll weder erschöpfend sein noch die Erfindung auf die konkret offenbarten Formen beschränken. Vor dem Hintergrund der oben besprochenen Lehren sind Modifikationen oder Änderungen möglich. Die besprochene Ausführungsform oder die besprochenen Ausführungsformen wurden jedoch gewählt und beschrieben, um die beste Veranschaulichung der Prinzipien der Erfindung und ihrer praktischen Anwendung zu geben, um es dadurch einem Durchschnittsfachmann zu ermöglichen, die Erfindung in verschiedenen Ausführungsformen und mit verschiedenen Modifikationen zu nutzen, die dem konkret in Betracht gezogenen Verwendungszweck angepasst sind.

**[0063]** Zum Beispiel ist auch zu beachten, dass die Funktionen, die in verschiedenen Blöcken von [Fig. 7](#) oder in anderen der Flussdiagramme angemerkt sind, nicht unbedingt in der Reihenfolge ablaufen müssen, in der sie gezeigt sind. Zum Beispiel können zwei Blöcke, die in [Fig. 7](#) aufeinanderfolgend gezeigt sind, tatsächlich im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden. In anderen Ausführungsformen können

die Blöcke je nach den beteiligten Funktionen manchmal in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden. Alle derartigen Modifikationen und Änderungen fallen in den Geltungsbereich der Erfindung, wie er durch die angehängten Ansprüche bestimmt ist, wenn sie gemäß der Breite interpretiert werden, die ihnen nach Recht und Gewissen zusteht.

### Patentansprüche

1. Ein optisches System, das folgende Merkmale aufweist:  
 ein integriertes Gehäuse (310), das ein erstes Substrat (502) und ein zweites Substrat (504) aufweist;  
 einen Elektronenemitter (150), der wirksam ist, um Elektronen zu erzeugen;  
 einen Elektrisch-zu-Optisch-Wandler (160), der angeordnet ist, um die Elektronen von dem Elektronenemitter zu empfangen, wobei der Elektrisch-zu-Optisch-Wandler wirksam ist, um die Elektronen in Licht umzuwandeln,  
 wobei das optische System wirksam ist, um das Licht derart zu modulieren, dass moduliertes Licht aus demselben emittiert wird;  
 wobei der Elektronenemitter durch das erste Substrat getragen wird; und  
 wobei der Elektrisch-zu-Optisch-Wandler durch das zweite Substrat getragen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste und das zweite Substrat aus einem Material, z. B. Silizium, gebildet sind, das geeignet zur Verwendung in einem Halbleiterherstellungsprozess ist.

2. Das optische System gemäß Anspruch 1, bei dem der Elektrisch-zu-Optisch-Wandler zumindest ein phosphoreszierendes Material umfasst, um die Elektronen in das Licht umzuwandeln.

3. Das optische System gemäß Anspruch 1, das ferner folgendes Merkmal aufweist:  
 einen elektrooptischen Modulator (509), der angeordnet ist, um das Licht von dem Elektrisch-zu-Optisch-Wandler zu empfangen, wobei der elektrooptische Modulator wirksam ist, um das Licht zu modulieren, um das modulierte Licht zu erzeugen.

4. Das optische System gemäß Anspruch 3, das ferner folgendes Merkmal aufweist:  
 ein Beugungselement (820), das optisch mit dem elektrooptischen Modulator kommuniziert, wobei das Beugungselement wirksam ist, um das modulierte Licht von dem elektrooptischen Modulator zu empfangen und das modulierte Licht zu richten.

5. Das optische System gemäß Anspruch 3, bei dem der elektrooptische Modulator ein elektrooptisches Element (510) und einen Treiberschaltungsaufbau (512) umfasst und das elektrooptische Element ein elektrooptisches Dünnfilmelement ist.

6. Das optische System gemäß Anspruch 1, das ferner folgendes Merkmal aufweist:  
 ein optisches Filter (824), das angeordnet ist, um das Licht von dem Elektrisch-zu-Optisch-Wandler zu empfangen und eine Ausbreitung zumindest einer ausgewählten Frequenz des Lichts zu erlauben.

7. Ein Verfahren zum Erzeugen modulierten Lichts, das folgende Schritte aufweist:  
 Bereitstellen eines integrierten Gehäuses (310), das ein erstes Substrat (502) und ein zweites Substrat (504) aufweist;  
 Erzeugen eines Strahls von Elektronen durch einen Elektronenemitter, der durch das erste Substrat getragen wird;  
 Wandeln des Strahls von Elektronen durch einen Elektrisch-zu-Optisch-Wandler, der durch das zweite Substrat getragen wird, in Licht; und  
 Modulieren des Lichts, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und das zweite Substrat aus einem Material, z. B. Silizium, gebildet sind, das geeignet zur Verwendung in einem Halbleiterherstellungsprozess ist.

8. Das Verfahren gemäß Anspruch 7:  
 bei dem das Modulieren des Lichts folgenden Schritt aufweist:  
 Modulierendes Lichts derart, dass ein modulierter Lichtstrahl aus dem integrierten Gehäuse emittiert wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

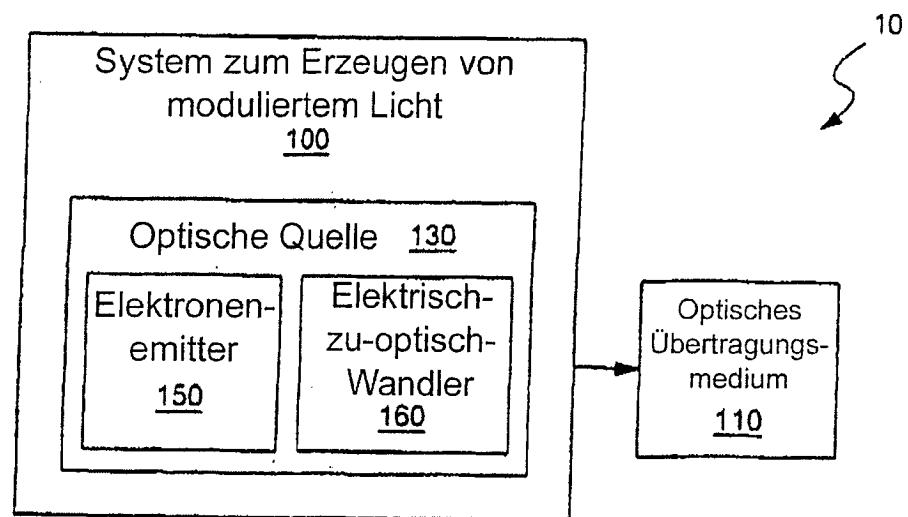


FIG. 1

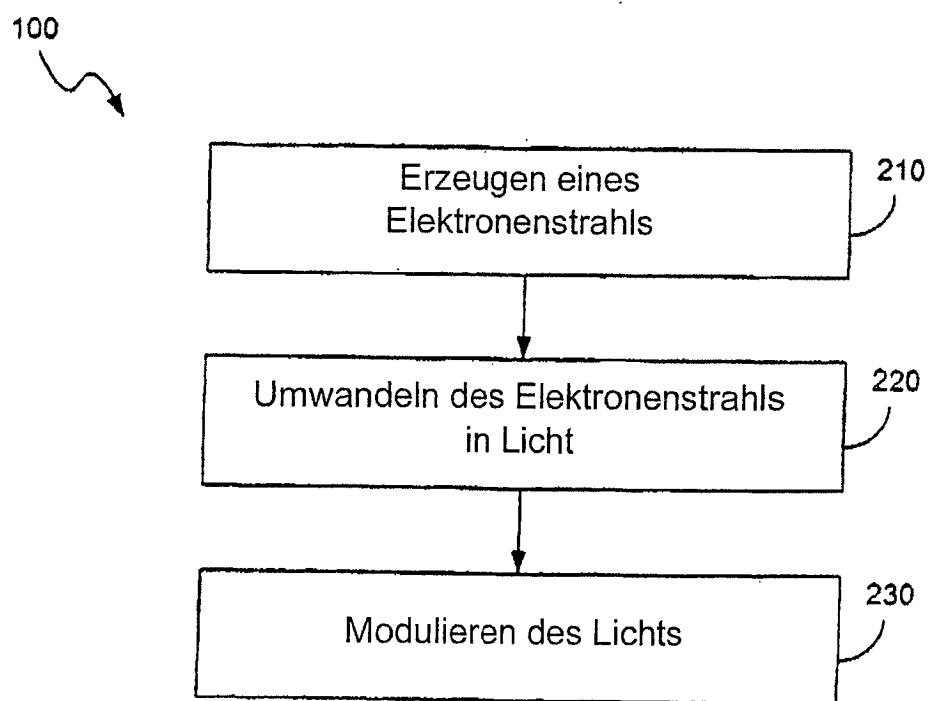
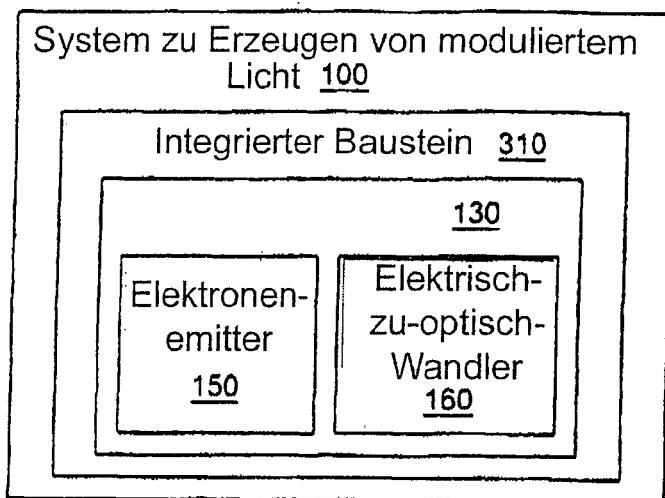
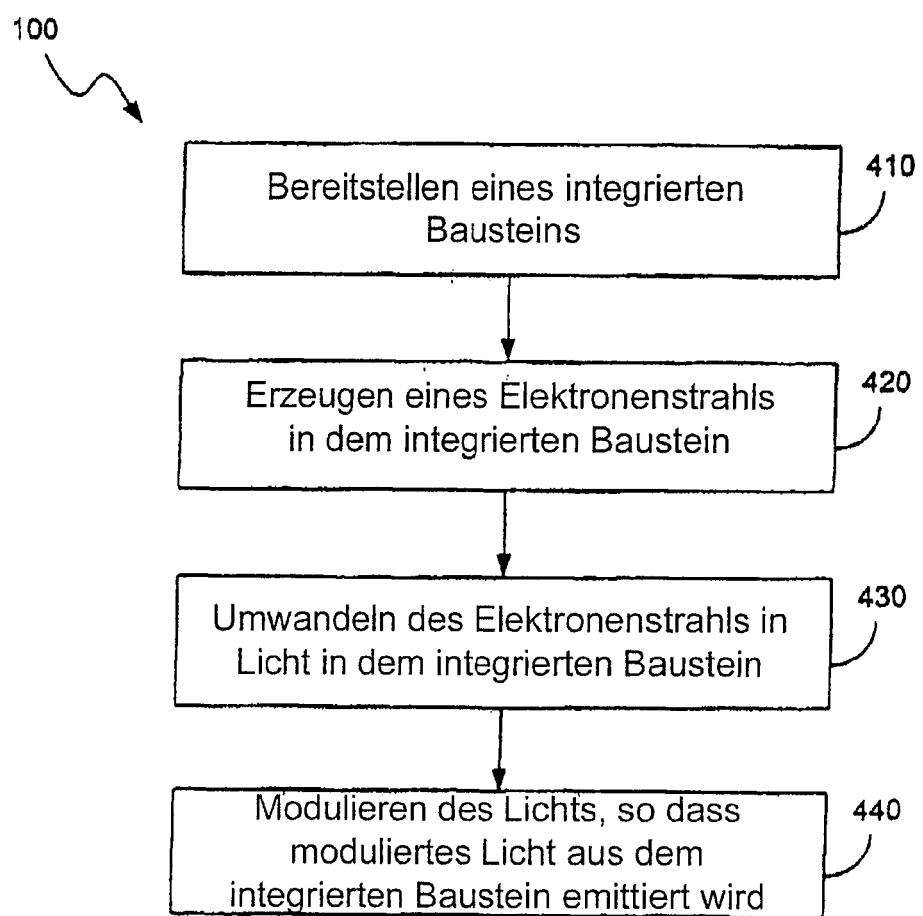


FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG. 4**

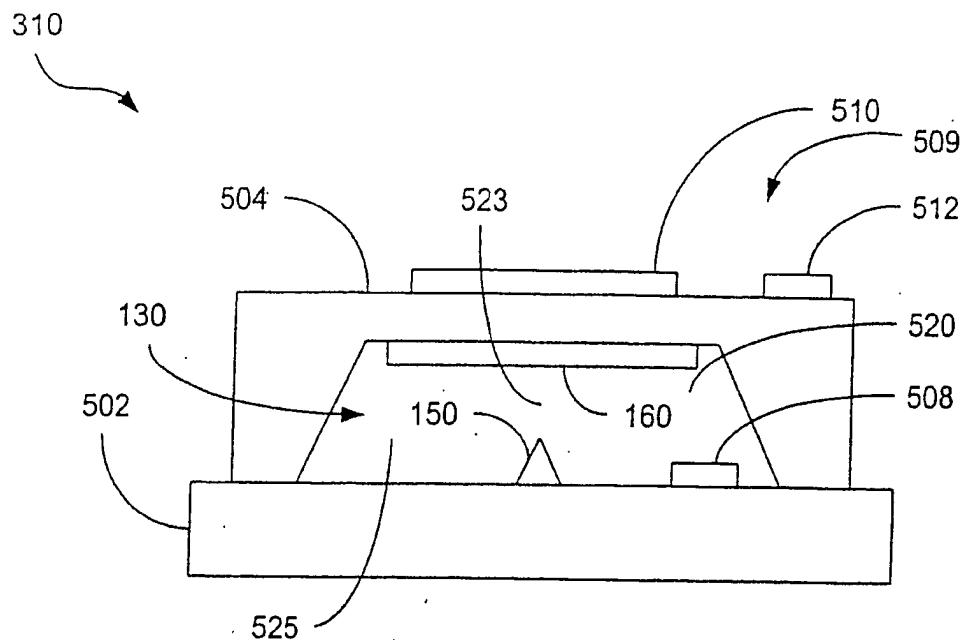


FIG. 5

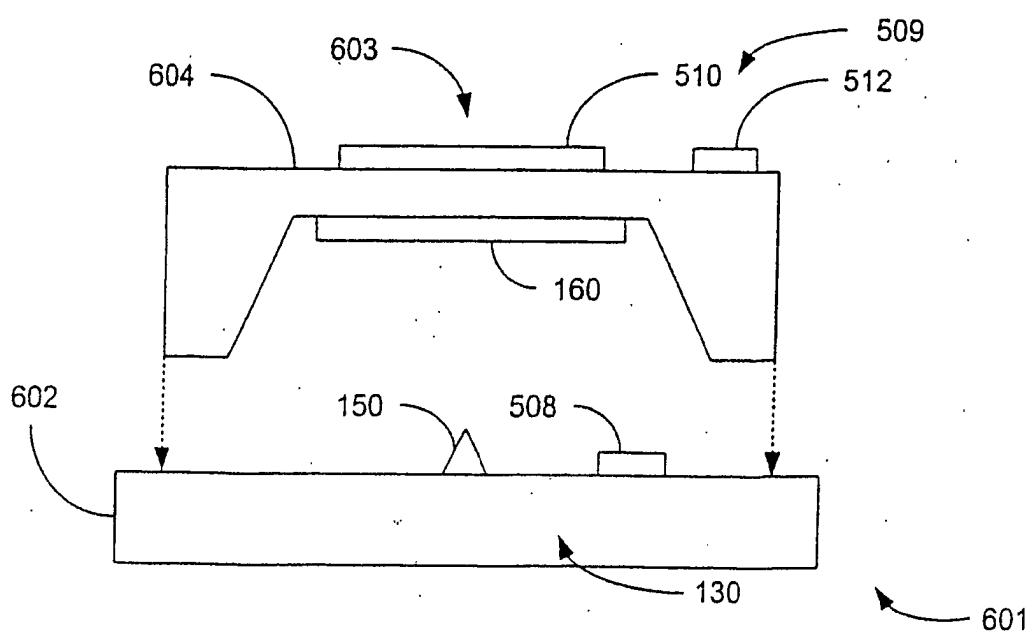
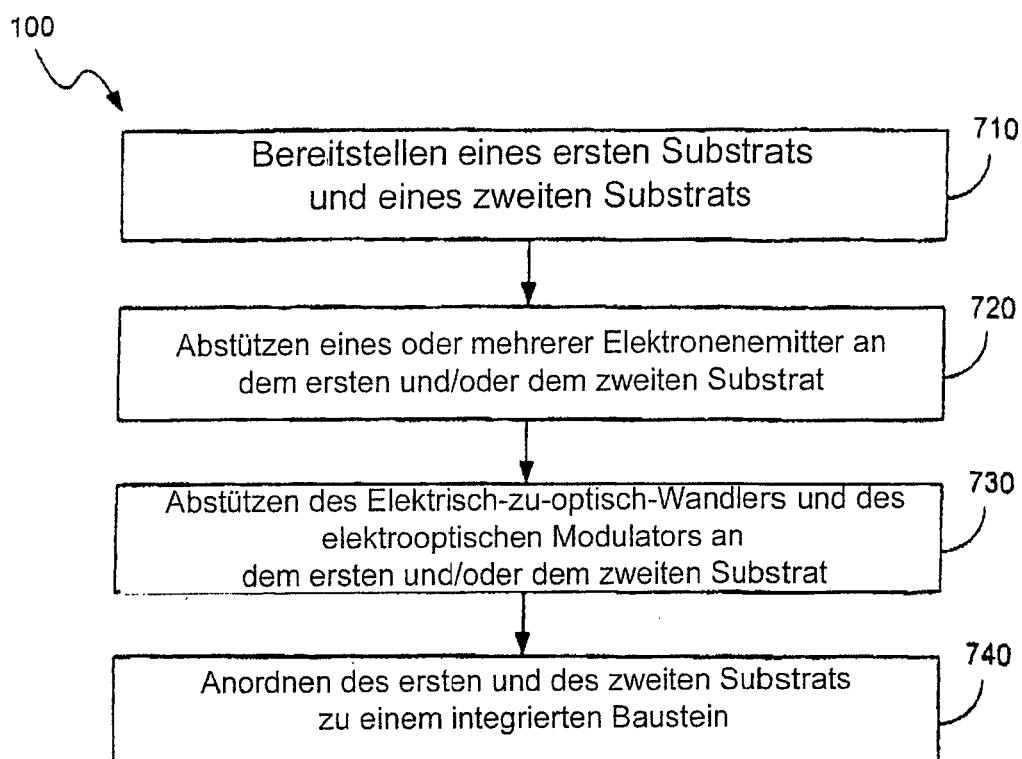
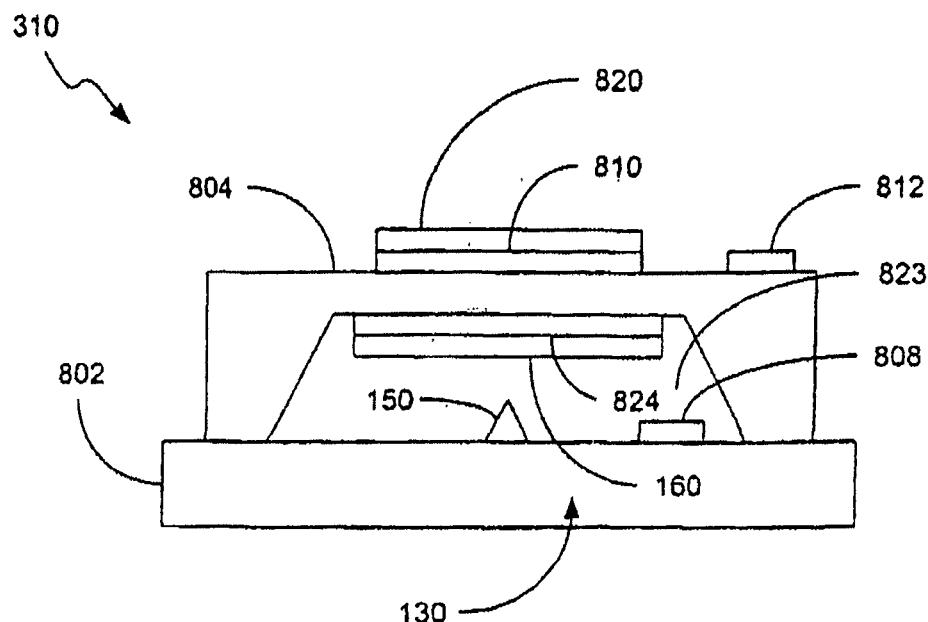


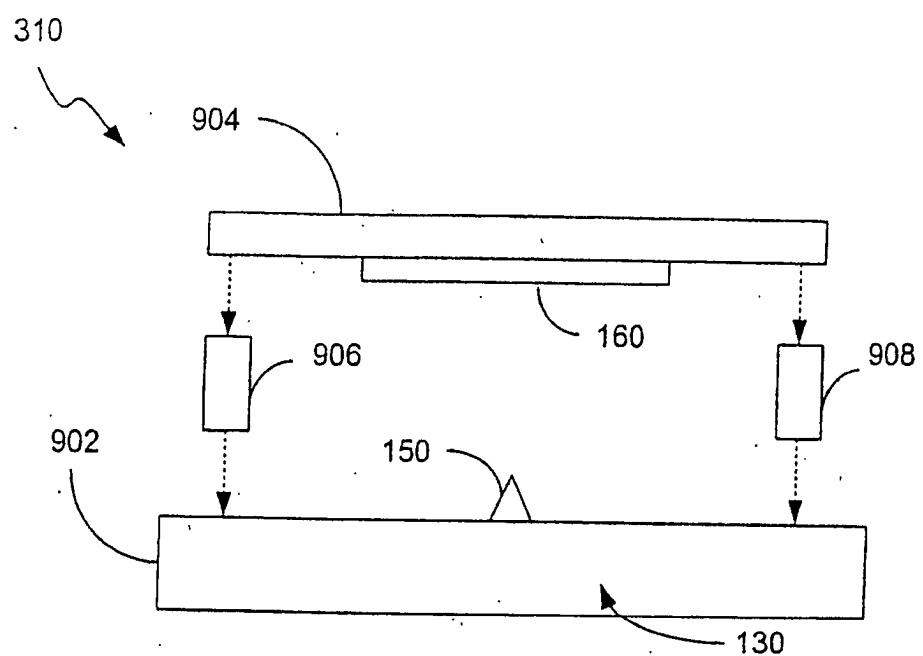
FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**

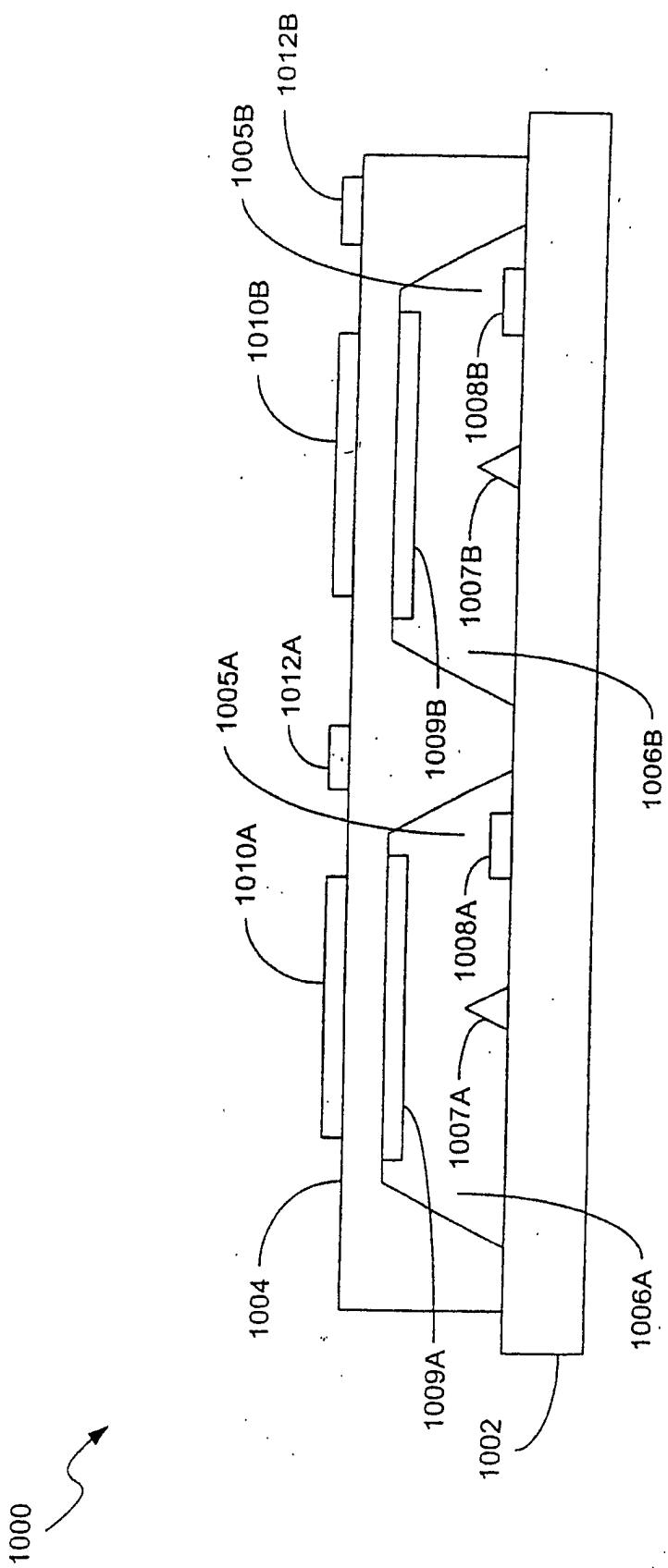


FIG. 10