

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 057 210 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:

12.02.2003 Patentblatt 2003/07

(21) Anmeldenummer: **99904692.3**

(22) Anmeldetag: **04.01.1999**

(51) Int Cl.7: **H01J 61/30**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE99/00006

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 99/038195 (29.07.1999 Gazette 1999/30)

(54) **LICHTQUELLE UND VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG**

LIGHT SOURCE AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

SOURCE LUMINEUSE ET PROCEDE PERMETTANT DE LA PRODUIRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE

(30) Priorität: **21.01.1998 DE 19802160**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.12.2000 Patentblatt 2000/49

(73) Patentinhaber: **Osram Opto Semiconductors
GmbH & Co. OHG
93049 Regensburg (DE)**

(72) Erfinder: **TIHANYI, Jenoe
D-85551 Kirchheim (DE)**

(74) Vertreter: **Epping, Wilhelm, Dipl.-Ing. et al
Epping Hermann & Fischer
Postfach 12 10 26
80034 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 581 376 WO-A-95/12211
DE-A- 4 232 743 DE-A- 19 734 650
GB-A- 2 284 703**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no.
511 (E-1432), 14. September 1993 & JP 05 135743
A (YOKOGAWA ELECTRIC CORP), 1. Juni 1993**

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).

EP 1 057 210 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Lichtquelle und ein Verfahren zu ihrer Herstellung.

[0002] Aus der GB 2 284 703 A ist eine gattungsgemäße Lichtquelle bekannt, bei der die Ausnehmung auf einer Oberfläche durch einen Isolator und auf ihren anderen Oberflächen durch das Halbleitermaterial bedeckt ist. Hierbei ist der Isolator als eine sich parallel zu einer Oberfläche des Halbleitermaterials erstreckende Isolationsschicht ausgebildet.

[0003] Aus der WO A 95/12211 A1 ist gleichfalls eine gattungsgemäße Lichtquelle bekannt. Diese Lichtquelle läßt sich in ein integriertes Mikrosystem integrieren. Die Herstellung dieser Lichtquelle erfolgt durch ein Verfahren, bei dem im Bereich einer Hauptfläche eines Halbleitermaterials eine Struktur erzeugt wird, wobei die Struktur wenigstens eine Ausnehmung aufweist, und wobei die Struktur anschließend mit einem Gas oder einer Flüssigkeit befüllt wird.

[0004] Aus der EP 0 581 376 A1 ist eine Lichtquelle bekannt, die aus hitze- und druckbeständigen Substraten gefertigt ist, in die Ausnehmungen geätzt sind, und die nicht aus Halbleitermaterial bestehen. Die Ausnehmungen sind mit Gas gefüllt und enthalten zwei Elektroden.

[0005] Bei einer Vielzahl von bekannten Lichtquellen erfolgt nach einer Energieabsorption durch Atome, Moleküle oder kondensierte Materie eine Emission von elektromagnetischer Strahlung. Eine derartige Emission wird als Lumineszenz bezeichnet.

[0006] Eine in der Optoelektronik bedeutende Lichtquelle ist die Lumineszenzdiode (LED; Light Emitting Diode). Die Lumineszenzdiode enthält ein Halbleitermaterial mit einem p-dotierten und einem n-dotierten Bereich. In diesen Bereichen vorhandene Überschußladungsträger diffundieren in den jeweils anders dotierten Bereich und rekombinieren dort mit dessen Ladungsträgern. Hierdurch entsteht eine inkohärente elektromagnetische Strahlung mit einer typischen Linienbreite in der Größenordnung von mehreren 10 nm. Die Bandbreite hängt hierbei von der Wahl des Halbleitermaterials und seiner Dotierungen ab.

[0007] Eine weitere in der Optoelektronik bedeutende Lichtquelle ist der Halbleiterlaser. Hierbei handelt es sich um spezielle pn-Dioden, bei denen der pn-Übergang eine Pumpe für den Laser darstellt. Als aktives (verstärkendes) Material dient ein Halbleiter mit direkter Bandlücke. Der aktive Bereich der Laserdiode ist eine dünne Schicht in unmittelbarer Umgebung der Raumladungszone des pn-Übergangs. Die Laserdiode emittiert kohärente Strahlung mit Linienbreiten in der Größenordnung 0,1 nm und mit einer scharfen Bündelung.

[0008] Sowohl Lumineszenz- als auch Laserdioden haben sich in der Optoelektronik vielfältig bewährt. Sie weisen jedoch den Nachteil auf, daß sie nur innerhalb bestimmter, vorgegebener Frequenzbereiche Strahlung emittieren.

[0009] Zur Beleuchtung von Räumen und in der klassischen Optik sind Lichtquellen bekannt, bei denen Licht durch die Anregung eines geeigneten Gases emittiert wird. Hierbei erfolgt ein Übergang zwischen verschiedenen Energieniveaus des Gases. Technisch bedeutsam sind vor allem die Lichtquellen, bei denen der Übergang in den niederenergetischen Zustand verzögerungsfrei erfolgt. Diese Form der Lumineszenz wird auch als Fluoreszenz bezeichnet.

[0010] Derartige Lichtquellen eignen sich aufgrund ihrer großen Abmessungen und schlechten Ansteuerbarkeit nicht für Anwendungen in der Optoelektronik oder als Bestandteil von optischen Anzeigevorrichtungen wie Displays oder Bildschirmen.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden. Insbesondere soll eine Lichtquelle geschaffen werden, die sich für Anwendungen in der Optoelektronik, als Bestandteil eines Bildschirms oder eines Displays eignet.

[0012] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Lichtquelle nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Lichtquelle sind in den Unteransprüchen definiert.

[0013] Die Erfindung sieht also zunächst vor, ein Halbleitermaterial so auszugestalten, daß es eine oder mehrere Ausnehmungen aufweist, wobei die Ausnehmung oder die Ausnehmungen so beschaffen sind, daß sie ein Gas oder eine Flüssigkeit aufnehmen können. Die Erfindung sieht ferner vor, eine Einrichtung zu schaffen, durch die Lumineszenz in dem Gas oder in der Flüssigkeit erzeugt wird.

[0014] Um eine Diffusion des Gases oder der Flüssigkeit in das Halbleitermaterial zu verhindern, ist das Halbleitermaterial auf Schichten, die der Ausnehmung zugewandt sind, mit einer Blockerschicht versehen.

[0015] Der Begriff Halbleitermaterial ist in seiner allgemeinsten Bedeutung zu verstehen. Er umfaßt nicht nur ein vorzugsweise einkristallines Substrat, auf dem Schichten aufgebracht werden, sondern beinhaltet auch eine beliebige topologische Anordnung eines oder mehrerer Halbleitermaterialien. Die Erfindung beinhaltet ausdrücklich auch den Fall, daß die Ausnehmung nur in eine einzelne Schicht oder in einen einzelnen Bereich eindringt, nicht jedoch in darunter befindliche, vorzugsweise einkristalline Bereiche.

[0016] Die Einrichtung zur Erzeugung von Lumineszenz kann gleichfalls auf verschiedene Weisen aufgebaut sein.

[0017] Es ist besonders zweckmäßig, daß die Ausnehmung auf einer Oberfläche durch einen Isolator und auf ihren anderen Oberflächen durch das Halbleitermaterial bedeckt ist.

[0018] Eine Herstellbarkeit der Lichtquelle mit den in der Halbleiterelektronik bekannten Verfahrensweisen und damit auch ihre Integrierbarkeit in eine elektronische Schaltung kann dadurch realisiert werden, daß der Isolator als eine sich parallel zu einer Oberfläche des Halbleitermaterials erstreckende Schicht ausgebildet

ist.

[0019] Eine Entkopplung zwischen den elektrischen Eigenschaften des Halbleitermaterials und dem Emissionsspektrum des in der Ausnehmung befindlichen Gases oder der in der Ausnehmung befindlichen Flüssigkeit läßt sich besonders vorteilhaft dadurch erreichen, daß die Blockerschicht aus einem isolierenden Material besteht.

[0020] Eine besonders gute elektrische Entkopplung, eine wirksame Verhinderung der Diffusion des in der Ausnehmung befindlichen Gases beziehungsweise der in der Ausnehmung befindlichen Flüssigkeit läßt sich dadurch erzielen, daß die Blockerschicht und ein mit der Ausnehmung in Kontakt befindlicher Isolator aus dem gleichen Material bestehen.

[0021] Eine besonders gute Integration der Erzeugung der Blockerschicht in den Herstellungsprozeß der Lichtquelle kann dadurch erfolgen, daß die Blockerschicht aus Siliziumoxid (SiO_2) besteht.

[0022] Ferner ist es vorteilhaft, daß auch ein mit der Ausnehmung in Kontakt befindlicher Isolator aus Siliziumoxid (SiO_2) besteht. Siliziumoxid weist neben seiner guten Integrierbarkeit in den Herstellungsprozeß der Lichtquelle beziehungsweise einer sie enthaltenden integrierten elektrischen Schaltung den weiteren Vorteil auf, daß es sowohl im Bereich des sichtbaren Lichts als auch im UV-Bereich hochtransparent ist.

[0023] Eine erfindungsgemäß aufgebaute Lichtquelle kann mit verschiedenen Gasen oder Flüssigkeiten befüllt sein. Es ist jedoch besonders vorteilhaft, daß die Ausnehmung mit einem fluoreszierenden Gas befüllt ist.

[0024] Eine besonders ausgeprägte Fluoreszenz läßt sich dadurch erreichen, daß das Gas aus Quecksilberdampf besteht oder wenigstens einige Quecksilberatome enthält.

[0025] Es ist vorteilhaft, daß das Gas chemisch verschiedene Bestandteile enthält, weil so eine Fluoreszenz bei jeder der charakteristischen Emissionslinien dieser Bestandteile erzielt werden kann. Eine Füllung des Hohlraums ausschließlich mit einem einzigen Gas ist jedoch gleichfalls möglich und zum Erzielen einer Emission im Bereich einer einzelnen Wellenlänge auch vorteilhaft. Bei einer Befüllung einer Ausnehmung mit Quecksilberdampf ist zu berücksichtigen, daß der Sättigungsdruck des Quecksilbers bei Zimmertemperatur nur etwa 0,0017 mbar beträgt. Eine mit Quecksilberdampf gefüllte Luftatmosphäre enthält somit lediglich 15 mg Hg je m^3 . Durch ein Erhitzen der Lichtquelle kann der Gehalt des Quecksilberdampfes jedoch erhöht werden. Besonders zweckmäßig ist es, eine mit Quecksilber gefüllte Lichtquelle bei einer Temperatur von 357 °C oder mehr einzusetzen, weil bei dieser Temperatur Quecksilber unter Normaldruck vollständig in einen einatomigen Dampf übergeht.

[0026] Quecksilber ist ein Beispiel eines Füllgases, das wenigstens einen metastabilen Zustand enthält. Die Energie eines angeregten metastabilen Zustandes kann durch Stöße 2. Art auch auf andere Atome über-

tragen werden, die dann fluoreszieren. Dieser bei konventionellen Gasentladungslampen eingesetzte Mechanismus wird als sensibilisierte Fluoreszenz bezeichnet. Er tritt dann besonders deutlich auf, wenn der Quecksilberdampf einen Zusatz beispielsweise aus Tl, Na oder Cd enthält.

[0027] Eine stark ausgeprägte Fluoreszenz kann auch dadurch erzielt werden, daß das fluoreszierende Gas Fluor enthält.

[0028] Eine große Fluoreszenz kann ferner dadurch erzielt werden, daß das fluoreszierende Gas wenigstens einen organischen Farbstoff enthält oder aus wenigstens einem organischen Farbstoff besteht. Bei den organischen Farbstoffen kann es sich beispielsweise um Eosin und Fluorescein handeln.

[0029] Es ist jedoch gleichfalls möglich, daß das fluoreszierende Gas einen aromatischen Kohlenwasserstoff enthält, oder aus einem oder mehreren aromatischen Kohlenwasserstoffen besteht. Beispiele für besonders geeignete aromatische Kohlenwasserstoffe sind Benzol, Naphthalin oder Anthracen.

[0030] Gegenstand der Erfindung ist auch eine integrierte elektrische Schaltung, die sich dadurch auszeichnet, daß sie wenigstens eine erfindungsgemäß gestaltete Lichtquelle enthält.

[0031] Gegenstand der Erfindung ist ferner eine Anzeigevorrichtung, beispielsweise ein Flachbildschirm oder eine Statusanzeige eines elektrischen oder elektronischen Gerätes, die sich dadurch auszeichnet, daß sie wenigstens eine erfindungsgemäße Lichtquelle und/oder wenigstens eine integrierte elektrische Schaltung, die wiederum eine erfindungsgemäße Lichtquelle enthält, aufweist.

[0032] Das Verfahren zur Herstellung einer Lichtquelle wird so durchgeführt, daß im Bereich einer Hauptfläche eines Halbleitermaterials eine Struktur erzeugt wird, wobei die Struktur wenigstens eine Ausnehmung aufweist, und wobei die Struktur anschließend mit einem Gas oder mit einer Flüssigkeit befüllt wird.

[0033] Dieses Verfahren wird vorzugsweise so durchgeführt, daß die Erzeugung der Ausnehmung durch einen Ätzvorgang erfolgt.

[0034] Der zur Erzeugung des oder der Ausnehmungen dienende Ätzvorgang kann nach einem der aus der Halbleitertechnologie bekannten Ätzverfahren erfolgen. Grundsätzlich sind beliebige Ätzverfahren wie das naßchemische Ätzen, das chemischphysikalische Naßätzen, das physikalische Trockenätzen, das chemische Trockenätzen oder das chemisch-physikalische Trockenätzen geeignet. Es ist jedoch besonders zweckmäßig, zunächst in dem Bereich des Halbleitermaterials, in dem die Ausnehmungen weggeätzt werden sollen eine wesentlich andere Konzentration eines Dotierstoffs zu erzeugen und anschließend einen Ätzvorgang vorzunehmen, der in den für die Ausnehmung vorgesehenen Bereichen eine besonders hohe Abtragerate aufweist.

[0035] Auf diese Weise ist es auch möglich, Ausneh-

mungen herzustellen, die weit in das Halbleitermaterial eindringen. Ein solches Eindringen kann beispielsweise bis zu hochdotierten (ungefähr 10^{19} cm^{-3} bis ungefähr 10^{20} cm^{-3}) vergrabenen Inseln (Buried Layer), die als niederohmige elektrische Zuleitungen dienen können, führen. Es ist jedoch gleichfalls möglich, daß die Ausnehmungen nur in einzelne Schichten oder nur in einen anderen Teilbereich des Halbleitermaterials eindringen. Ein Eindringen der Ausnehmungen kann beispielsweise auch bis zu einer hochdotierten, dünnen Schicht reichen. Eine derartige Schicht, die auch als δ -Schicht bezeichnet wird, weist in lateraler Richtung eine gute Leitfähigkeit auf, während sie in vertikaler Richtung Isolationseigenschaften aufweist. Vergleichbare Isolationseigenschaften werden auch dann erzielt, wenn die Lichtquelle auf der Basis eines SOI (Silicon On Insulator) - Substrats aufgebaut ist.

[0036] Da es bei der Erfindung nicht darauf ankommt, wie die Ausnehmungen erzeugt werden, ist es grundsätzlich auch möglich, die Ausnehmungen dadurch zu erzeugen, daß in nicht für die Ausnehmungen vorgesehenen Bereichen weiteres Halbleitermaterial abgeschieden wird.

[0037] Weitere Vorteile, Besonderheiten und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Darstellung von bevorzugten Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen.

[0038] Von den Zeichnungen zeigt

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lichtquelle und

Fig. 2 einen Querschnitt durch eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lichtquelle.

[0039] Die in **Fig. 1** dargestellte Lichtquelle weist eine durchgehende Schicht 10 aus einem halbleitenden Material auf. Die Schicht 10 besteht beispielsweise aus hochdotiertem polykristallinem Silizium. Im dargestellten Fall ist die Schicht 10 p^+ -dotiert, sie kann jedoch gleichfalls n^+ -dotiert sein. Die Schicht 10 enthält einen Dotierstoff wie Bor oder Aluminium in einer Konzentration von vorzugsweise ungefähr $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ bis $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$.

[0040] Auf der Schicht 10 befindet sich eine weitere Schicht 20 aus einem halbleitenden Material. Die Schicht 20 ist mit einem Dotierstoff des entgegengesetzten Leitfähigkeitstyps dotiert. Im vorliegenden Fall kommen als Dotierstoffe für die Schicht 20, die gleichfalls beispielsweise aus polykristallinem Silizium bestehen kann, insbesondere Phosphor und Arsen in Betracht. Die Konzentration dieses Dotierstoffs beträgt vorzugsweise 10^{13} cm^{-3} bis 10^{19} cm^{-3} .

[0041] Die Schicht 20 weist Ausnehmungen 30 und 40 auf. Die Ausnehmungen 30 und 40 sind senkrecht zu einer Hauptfläche der Schicht 20 angebracht und

durchdringen die Schicht 20 vollständig.

[0042] Die Schicht 20 weist in ihrem oberen Bereich hochdotierte Bereiche 50, 60 und 70 auf, wobei es sich bei der Dotierung beispielsweise um eine p^+ -Dotierung handeln kann. Auf der Schicht 20 befindet sich eine mit mehreren Öffnungen versehene Membranschicht 75. Die Öffnungen der Membranschicht 75 entsprechen im wesentlichen den Ausnehmungen 30 und 40. Oberhalb der Schicht 20 und der Membranschicht 75 befindet sich eine Isolationsschicht 80. Die Isolationsschicht 80 besteht aus einem Material, das elektrisch gut isoliert und gleichzeitig im gewünschten Emissionsbereich der Lichtquelle transparent ist. Im vorliegenden Fall besteht die Isolationsschicht 80 aus Siliziumdioxid SiO_2 . Hierdurch wird das gesamte in den Hohlräumen 30 und 40 erzeugte Licht nach außen geleitet. Falls es jedoch erwünscht ist, bestimmte Emissionslinien zu unterdrücken, kann die Isolationsschicht 80 semitransparent ausgebildet werden. Eine semitransparente Ausbildung der Isolationsschicht 80 kann beispielsweise durch den Zusatz eines Farbstoffs, beispielsweise durch geeignete Ionen oder organische Farbmoleküle, oder durch eine oder mehrere reflektierende Schichten erzielt werden.

[0043] Während die Ausnehmungen 30 und 40 in ihrem oberen Bereich durch die Isolationsschicht 80 begrenzt werden, sind ihre weiteren Begrenzungen durch Blockerschichten 90 und 100 gebildet. Die Blockerschichten 90 und 100 können aus einem beliebigen Material gefertigt sein, das den Durchtritt eines in den Ausnehmungen 30 und 40 befindlichen Mediums verhindert. Es ist jedoch gleichfalls möglich, daß die Blockerschichten 90 und 100 auch elektrische Isolationseigenschaften aufweisen. Um eine gute Blockerwirkung mit einer gleichfalls guten elektrischen Isolation zu kombinieren, sind im vorliegenden Fall die Blockerschichten 90 und 100 durch konform abgeschiedenes Siliziumdioxid SiO_2 gebildet. Die Blockerschichten 90 und 100 weisen vorzugsweise eine Dicke von ungefähr $0,1 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$ auf.

[0044] Die Ausnehmung 30 ist mit Quecksilberdampf befüllt.

[0045] Durch das Anlegen einer Spannung wird der Quecksilberdampf zum Leuchten angeregt. Er sendet dabei ein an UV-Strahlung reiches Licht aus. Im sichtbaren Bereich werden nur gelbe, grüne und blaue, aber keine roten Linien ausgestrahlt. Das so entstehende Lichtsignal kann in einem Display zur Darstellung der gelben Farbkomponente eingesetzt werden.

[0046] Die andere Ausnehmung 40 ist mit einem Farbstoff befüllt, der eine Fluoreszenz im roten Spektralbereich aufweist.

[0047] Die Schicht 10 ist an einem Kontaktpunkt 110 mit einer Wechselstromquelle 130 verbunden. Das hochdotierte Gebiet 70 ist an einem Kontaktpunkt 120 mit dem anderen Pol der Wechselstromquelle 130 verbunden. Die Wechselstromquelle 130 erzeugt eine Wechselspannung im hochfrequenten Bereich von vorzugsweise ungefähr 100 kHz bis 500 kHz .

[0048] Hierdurch ist es möglich, das in der Ausnehmung 40 befindliche Gas anzuregen, so daß es leuchtet. Auf ähnliche Art ist es möglich, das in dem Hohlraum 30 befindliche Gas zu einem Leuchten anzuregen. Vorzugsweise werden die Hohlräume 30 und 40 unterschiedlich angesteuert. Dies hat den Vorteil, daß ihre Strahlungsintensität unabhängig voneinander gesteuert werden kann. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, in einem Display die Farbanteile der einzelnen Lichtpunkte zu variieren.

[0049] Es ist auch Gegenstand der Erfindung, eine derartige Lichtquelle in eine integrierte elektrische Schaltung zu integrieren, so daß eine Einheit zwischen der Lichtquelle und der sie steuernden elektrischen Schaltung geschaffen wird. Dies ist sowohl bei Anwendungen als Display wie auch in Optoelektronik vorteilhaft.

[0050] Die in **Fig. 1** dargestellte Lichtquelle kann beispielsweise auf die im folgenden dargestellte Weise hergestellt werden. Auf einem nicht dargestellten Halbleitersubstrat wird eine Schicht 10 durch ein geeignetes Abscheideverfahren, zum Beispiel ein CVD (Chemical Vapour Deposition) - Verfahren abgeschieden. Auf die Schicht 10 wird in einem nächsten Prozeßschritt eine weitere Schicht 20 abgeschieden. Die Dotierung der Schichten 10 und 20 wird dadurch erzielt, daß dem Prozeßgas des CVD-Verfahrens die Dotierstoffe in einer der gewünschten Konzentration entsprechenden Menge beigefügt werden.

[0051] Anschließend werden in der Schicht 20 durch die Implantation von Ionen hochdotierte Bereiche 50, 60 und 70 erzeugt.

[0052] Anschließend wird die Schicht 20 mit einem geeigneten Ätzmittel wie EDP (Ethylendiamin-Pyrotechol) geätzt. EDP ist ein Ätzmittel für einen anisotropen Ätzprozeß. Der Ätzratenunterschied senkrecht zu den kristallographischen Flächen (100) und (111) beträgt 400. Hierdurch entsteht beim Tiefenätzen eine charakteristische Form, die im vorliegenden Fall zu der gewünschten Ausbildung der tiefen Ausnehmungen 30 und 40 führt.

[0053] Der Ätzvorgang stoppt an der hochdotierten Schicht 10. So führt beispielsweise eine Bordotierung der Schicht 10 von wenigstens $7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ zu einer Abnahme der Ätzrate von EDP um ungefähr den Faktor 50.

[0054] Leiterbahnen zum Anschluß der Schicht 10 und des hochdotierten Bereichs 70 werden dadurch erzeugt, daß die Schicht 10 und der Bereich 70 geeignet strukturiert werden, so daß sich Leiterbahnen herausbilden. Diese Strukturierung kann beispielsweise mittels herkömmlicher photolithographischer Prozeßschritte erfolgen. Der elektrische Anschluß des hochdotierten Bereichs 50 und des Bereichs der Schicht 10, der an der Ausnehmung 30 anliegt, kann auf die gleiche Weise erfolgen.

[0055] Auf die Schicht 20 wird eine mit mehreren Öffnungen versehene Membranschicht 75 aufgetragen.

Die Öffnungen der Membranschicht 75 entsprechen im wesentlichen den Ausnehmungen 30 und 40. Danach wird die Öffnung der Membranschicht 75, die der Ausnehmung 40 zugeordnet ist, mit einer nicht dargestellten Maske bedeckt.

[0056] Im nächsten Prozeßschritt wird eine Isolationsschicht 80 aufgebracht und verfließen. Während zum Verfließen von SiO_2 eine Temperatur von über 2000°C erforderlich ist, kann BPSG (Bor-Phosphor-Silikatglas) bereits bei Temperaturen von etwa $800 - 1100^\circ\text{C}$ verfließen werden. Hierdurch wird das Innere der Ausnehmung 30 mit der Blockerschicht 90 bedeckt und gleichzeitig die Ausnehmung 30 durch einen über ihr liegenden Bereich der Isolationsschicht 80 abgedeckt. Das Verfließen des Isolationsmaterials, das zum Füllen der Ausnehmung 30 dient, erfolgt in einer Gasatmosphäre, deren chemische Zusammensetzung der für die Füllung der Ausnehmung 30 gewünschten chemischen Zusammensetzung entspricht.

[0057] Das Verfließen des die Isolationsschicht 80 und die Blockerschichten 90 und 100 bildenden Materials kann grundsätzlich durch eine beliebige Erwärmung erfolgen. Eine derartige Erwärmung kommt insbesondere dann in Betracht, wenn dieses Material einen geeignet niedrigen Schmelzpunkt aufweist, wie dies beispielsweise bei BPSG (Bor-Phosphor-Silikatglas) der Fall ist. Wenn jedoch ein Material eingesetzt wird, das, wie Siliziumoxid SiO_2 , einen sehr hohen Schmelzpunkt aufweist, ist es zweckmäßig, ein Kurzzeitemperverfahren einzusetzen. Kurzzeitemperverfahren, die auch RTA (Rapid Thermal Annealing) genannt werden, können auf verschiedene Weise durchgeführt werden. Beispiele für derartige Kurzzeitemperverfahren finden sich beispielsweise in D. Widmann et al.: Technologie hochintegrierter Schaltungen, 2. Auflage Berlin; Heidelberg; New York; 1996, insbesondere pp. 38-40.

[0058] Der Einsatz eines derartigen Kurzzeitemperverfahrens zum Erhitzen des die Blockerschicht 290 und die Isolationsschicht 280 bildenden Materials hat den Vorteil, daß ein erwünschtes Aufschmelzen dieses Materials erfolgen kann, ohne daß es zu unerwünschten Diffusionsprozessen oder sonstigen Temperprozessen innerhalb des Halbleitersubstrats kommt.

[0059] Anschließend wird ein geeigneter Planarisierungsprozeß, beispielsweise ein chemisch-mechanisches Polieren (CMP), durchgeführt, um oberhalb der Ausnehmung 40 die Isolationsschicht 80 zu entfernen. Dies ist ohne Beeinträchtigung der Isolationsschicht in sonstigen Bereichen möglich, da durch die oberhalb der Ausnehmung 40 befindliche Maske eine höhere Position der Isolationsschicht 80 geschaffen wurde, und dann diese erhöhten Bereiche bei dem Planarisierungsprozeß entfernt werden.

[0060] Nach dem Entfernen der Isolationsschicht oberhalb der Ausnehmung 40 wird wiederum ein Isolationsmaterial abgeschieden und gleichfalls so erhitzt, daß es derartig verfließt, daß es eine Blockerschicht 100 und gleichzeitig eine Abdeckung der Ausnehmung 40

bildet. Dieser Prozeß erfolgt in einer Gasatmosphäre, deren chemische Zusammensetzung der gewünschten chemischen Zusammensetzung für die Gasfüllung der Ausnehmung 40 entspricht. Auf diese Weise ist es möglich, die Ausnehmungen 30 und 40 mit unterschiedlichen Gasen zu befüllen.

[0061] In Fig. 2 ist eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lichtquelle dargestellt. In dieser Darstellung ist aus Platzgründen lediglich eine einzelne Ausnehmung 230 in einem n-dotierten Halbleitersubstrat 220 dargestellt. Selbstverständlich ist es jedoch auch hierbei möglich, daß in dem Halbleitersubstrat 220 weitere Ausnehmungen angeordnet sind.

[0062] Die Ausnehmung 230 erstreckt sich vorzugsweise in einer Breite von 10 µm bis 100 µm und einer Höhe von beispielsweise 10 µm bis 50 µm in dem Halbleitersubstrat 220. Neben der Ausnehmung 230 sind zwei hochdotierte Bereiche 250 und 270 angeordnet. Die Bereiche 250 und 270 sind beispielsweise p⁺-dotiert, was durch die Implantation von Bor oder Aluminium erfolgen kann. Oberhalb des Substrats 220 befindet sich eine Membranschicht 274, die ein Verfließen des eine Isolationsschicht 280 bildenden Materials ermöglicht. Die Isolationsschicht 280 befindet sich auf der Membranschicht 274. Die Isolationsschicht 280 ist beispielsweise aus Siliziumoxid SiO₂ gebildet. Der Boden und die Seitenflächen der Ausnehmung 230 sind durch eine Blockerschicht 290 von dem Halbleitersubstrat 220 getrennt. Oberhalb der Isolationsschicht 280 befindet sich eine weitere Halbleiterschicht 300, die als Sichtblende dient.

[0063] Die in Fig. 2 dargestellte Lichtquelle kann beispielsweise auf die im folgenden dargestellte Weise hergestellt werden.

[0064] In einem Halbleitersubstrat 220 werden durch die Implantation von Ionen hochdotierte Bereiche 250 und 270 erzeugt.

[0065] Anschließend wird das Halbleitersubstrat 220 mit einem geeigneten Ätzmittel wie EDP (Ethylendiamin-Pyrokatechol) geätzt. EDP ist ein Ätzmittel für einen anisotropen Ätzprozeß. Der Ätzratenunterschied senkrecht zu den kristallographischen Flächen (100) und (111) beträgt 400. Hierdurch entsteht beim Tiefenätzen eine charakteristische Form, die im vorliegenden Fall zu der gewünschten Ausbildung einer tiefen Ausnehmung 230 führt. Der Ätzvorgang stoppt innerhalb des Halbleitersubstrats 220.

[0066] Leiterbahnen zum Anschluß der hochdotierten Bereiche 250 und 270 werden dadurch erzeugt, daß die Bereiche 250 und 270 geeignet strukturiert werden, so daß sich Leiterbahnen herausbilden. Diese Strukturierung kann beispielsweise mittels herkömmlicher photolithographischer Prozeßschritte erfolgen. Auf das Halbleitersubstrat 220 wird eine mit mehreren Öffnungen versehene Membranschicht 274 aufgetragen. Die Öffnungen der Membranschicht 274 entsprechen im wesentlichen der Ausnehmung 230.

[0067] Im nächsten Prozeßschritt wird eine Isolationsschicht 280 aufgebracht und verfließen. Während

zum Verfließen von SiO₂ eine Temperatur von über 2000 °C erforderlich ist, kann BPSG (Bor-Phosphor-Silikatglas) bereits bei Temperaturen von etwa 800 - 1100 °C verfließen werden. Hierdurch wird das Innere der Ausnehmung 230 mit der Blockerschicht 290 bedeckt und gleichzeitig die Ausnehmung 230 durch einen über ihr liegenden Bereich der Isolationsschicht 280 abgedeckt. Das Verfließen des Isolationsmaterials, das zum Verschließen der Ausnehmung 230 dient, erfolgt in einer Gasatmosphäre, deren chemische Zusammensetzung der für die Füllung der Ausnehmung 230 gewünschten chemischen Zusammensetzung entspricht.

[0068] Das Verfließen des die Isolationsschicht 280 und die Blockerschicht 290 bildenden Materials kann grundsätzlich durch eine beliebige Erwärmung erfolgen. Eine derartige Erwärmung kommt insbesondere dann in Betracht, wenn dieses Material einen geeignet niedrigen Schmelzpunkt aufweist, wie dies beispielsweise bei BPSG (Bor-Phosphor-Silikatglas) der Fall ist. Wenn jedoch ein Material eingesetzt wird, das wie Siliziumoxid SiO₂ einen sehr hohen Schmelzpunkt aufweist, ist es zweckmäßig, ein Kurzzeitempervverfahren einzusetzen. Kurzzeitempervverfahren, die auch RTA (Rapid Thermal Annealing) genannt werden, können auf verschiedene Weise durchgeführt werden. Beispiele für derartige Kurzzeitempervverfahren finden sich beispielsweise in D. Widmann et al.: Technologie hochintegrierter Schaltungen, 2. Auflage Berlin; Heidelberg; New York; 1996, insbesondere pp. 38-40.

[0069] Der Einsatz eines derartigen Kurzzeitempervverfahrens zum Erhitzen des die Blockerschicht 290 und die Isolationsschicht 280 bildenden Materials hat den Vorteil, daß ein erwünschtes Aufschmelzen dieses Materials erfolgen kann, ohne daß es zu unerwünschten Diffusionsprozessen oder sonstigen Temperprozessen innerhalb des Halbleitersubstrats kommt.

[0070] Die dargestellten Prozeßschritte bilden eine besonders zweckmäßige Variante des zu der Herstellung einer erfindungsgemäßen Lichtquelle dienenden Verfahrens. Selbstverständlich ist es jedoch gleichermaßen möglich, diese Verfahren unter Einsatz anderer Materialien und anderer Prozeßbedingungen durchzuführen.

[0071] Die Erfindung ist in keiner Weise aus die dargestellten Ausführungsformen beschränkt. Insbesondere ist es möglich, die Dotiertypen p und n gegeneinander auszutauschen. Es liegt im Rahmen der Erfindung, sowohl Lichtquellen zu schaffen, die eine einzige Ausnehmung aufweisen, als auch die Lichtquelle so auszugestalten, daß sie eine Vielzahl von einzelnen Ausnehmungen aufweist. So ist es beispielsweise möglich, auf einem flächig ausgedehnten Substrat mehr als 1000 x 1000 einzelne Ausnehmungen vorzusehen und so einen hochauflösenden Bildschirm zu schaffen. Je nach Einsatzzweck werden hierbei unterschiedliche Ansteuerungen für jede einzelne Ausnehmung oder für Gruppen von Ausnehmungen vorgesehen. Es ist insbe-

sondere zweckmäßig, daß jeweils einige Ausnehmungen mit einem Gas gefüllt sind, das in einer ersten Wellenlänge emittiert, während andere Ausnehmungen in einer oder mehrerer Wellenlängen emittieren und so andere Farben bilden. Es ist bereits bei konventionellen Bildschirmen bekannt, daß sich mit der Hilfe von drei Grundfarben, vorzugsweise rot, grün und blau, alle Farben des sichtbaren Lichts darstellen lassen. Dieses Prinzip kann selbstverständlich auch bei einer erfindungsgemäßen Lichtquelle ausgenutzt werden.

[0072] Ein anderes Einsatzgebiet der erfindungsgemäßen Lichtquelle ist die Bildung von kostengünstigen Signalquellen für den Einsatz in einer integrierten optoelektronischen Schaltung.

[0073] Durch ihre hohe Lichtintensität eignet sich die erfindungsgemäße Lichtquelle auch für den Einsatz als Sender in einem Glasfasernetz.

Bezugszeichenliste

[0074]

10	Schicht
20	Schicht
30	Ausnehmung
40	Ausnehmung
50	hochdotierter Bereich
60	hochdotierter Bereich
70	hochdotierter Bereich
75	Membranschicht
80	Isolationsschicht
90	Blockerschicht
100	Blockerschicht
110	Kontaktpunkt
120	Kontaktpunkt
130	Wechselstromquelle
220	Halbleitersubstrat
230	Ausnehmung
250	hochdotierter Bereich
270	hochdotierter Bereich
274	Membranschicht
280	Isolationsschicht
290	Blockerschicht
300	Halbleiterschicht

Patentansprüche

1. Lichtquelle, die wenigstens ein Halbleitermaterial (20; 220) enthält, das wenigstens eine Ausnehmung (30, 40; 230) aufweist, die mit einem Gas oder mit einer Flüssigkeit befüllt ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Halbleitermaterial (20; 220) in Bereichen, die der Ausnehmung (30, 40; 230) zugewandt sind, mit einer Diffusionsblockerschicht (90, 100; 290) versehen ist, die eine Diffusion des Gases oder der Flüssigkeit in das Halbleitermaterial (20; 220) verhin-

dert.

2. Lichtquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ausnehmung (30, 40; 230) auf einer Oberfläche durch einen Isolator und auf ihren anderen Oberflächen durch das Halbleitermaterial (20; 220) bedeckt ist.
3. Lichtquelle nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Isolator als eine sich parallel zu einer Oberfläche des Halbleitermaterials (20; 220) erstreckende Isolationsschicht (80; 280) ausgebildet ist.
4. Lichtquelle nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Diffusionsblockerschicht (90, 100; 290) aus einem isolierenden Material besteht.
5. Lichtquelle nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Diffusionsblockerschicht (90, 100; 290) und ein mit der Ausnehmung (30, 40; 230) in Kontakt befindlicher Isolator (80; 280) aus dem gleichen Material bestehen.
6. Lichtquelle nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Diffusionsblockerschicht aus Siliziumoxid (SiO_2) besteht.
7. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ausnehmung (30, 40; 230) mit einem fluoreszierenden Gas befüllt ist.
8. Lichtquelle nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das fluoreszierende Gas wenigstens einen metastabilen Zustand enthält.
9. Lichtquelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das fluoreszierende Gas Hg-Atome enthält.
10. Lichtquelle nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gas einen oder mehrere Zusätze aus der Gruppe Tl, Na oder Cd enthält.
11. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** das fluoreszierende Gas Fluor enthält.
12. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** das fluoreszierende Gas wenigstens einen organi-

schen Farbstoff enthält, oder daß das fluoreszierende Gas durch einen organischen Farbstoff gebildet wird.

13. Lichtquelle nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, daß
der organische Farbstoff Eosin oder Fluorescein enthält.
14. Lichtquelle nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß
das fluoreszierende Gas wenigstens einen aromatischen Kohlenwasserstoff enthält oder aus einem oder mehreren aromatischen Kohlenwasserstoffen besteht.
15. Lichtquelle nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, daß
der aromatische Kohlenwasserstoff Benzol, Naphthalin oder Anthracen enthält.
16. Integrierte elektrische Schaltung,
dadurch gekennzeichnet, daß
sie wenigstens eine Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 15 enthält.
17. Anzeigevorrichtung,
dadurch gekennzeichnet, daß
sie wenigstens eine Lichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 15 und/oder wenigstens eine integrierte elektrische Schaltung nach Anspruch 16 enthält.

Claims

1. Light source which contains at least one semiconductor material (20; 220) which has at least one recess (30, 40; 230) which is filled with a gas or a liquid, **characterized in that** the semiconductor material (20; 220), in regions which face the recess (30, 40; 230), is provided with a diffusion blocker layer (90, 100; 290) which prevents diffusion of the gas or liquid into the semiconductor material (20; 220) .
2. Light source according to Claim 1, **characterized in that** the recess (30, 40; 230) is covered on one surface by an insulator and on its other surfaces by the semiconductor material (20; 220).
3. Light source according to Claim 2, **characterized in that** the insulator is designed as an insulation layer (80; 280) which extends parallel to one surface of the semiconductor material (20; 220).
4. Light source according to Claim 3, **characterized in that** the diffusion blocker layer (90, 100; 290) consists of an insulating material.

5. Light source according to Claim 4, **characterized in that** the diffusion blocker layer (90, 100; 290) and an insulator (80; 280) which is in contact with the recess (30, 40; 230) consist of the same material.
6. Light source according to Claim 4 or 5, **characterized in that** the diffusion blocker layer consists of silicon oxide (SiO₂).
7. Light source according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the recess (30, 40; 230) is filled with a fluorescent gas.
8. Light source according to Claim 7, **characterized in that** the fluorescent gas includes at least one metastable state.
9. Light source according to Claim 8, **characterized in that** the fluorescent gas contains Hg atoms.
10. Light source according to Claim 9, **characterized in that** the gas contains one or more additives from the group consisting of Tl, Na or Cd.
11. Light source according to one of Claims 7 to 10, **characterized in that** the fluorescent gas contains fluorine.
12. Light source according to one of Claims 7 to 11, **characterized in that** the fluorescent gas contains at least one organic dye, or **in that** the fluorescent gas is formed by an organic dye.
13. Light source according to Claim 12, **characterized in that** the organic dye contains eosin or fluorescein.
14. Light source according to one of Claims 7 to 10, **characterized in that** the fluorescent gas contains at least one aromatic hydrocarbon or consists of one or more aromatic hydrocarbons.
15. Light source according to claim 14, **characterized in that** the aromatic hydrocarbon contains benzene, naphthalene or anthracene.
16. Integrated electric circuit, **characterized in that** it includes at least one light source according to one of Claims 1 to 15.
17. Display device, **characterized in that** it includes at least one light source according to one of Claims 1 to 15 and/or at least one integrated electric circuit according to Claim 16.

Revendications

1. Source de lumière qui contient au moins un matériau semiconducteur (20 ; 220), qui présente au moins un creux (30, 40 ; 230) rempli d'un gaz ou d'un liquide, **caractérisée en ce que** dans les zones dirigées vers le creux (30, 40 ; 230), le matériau semiconducteur (20 ; 220) est muni d'une couche de blocage de la diffusion (90, 100 ; 290) qui empêche une diffusion du gaz ou du liquide dans le matériau semiconducteur (20 ; 220). 5
2. Source de lumière selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le creux (30, 40 ; 230) est recouvert sur une surfaces par un isolateur et sur ses autre surface par le matériau semiconducteur (20 ; 220) . 10
3. Source de lumière selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** l'isolateur est réalisé sous la forme d'une couche isolante (80 ; 280) qui s'étend parallèlement à la surface du matériau semiconducteur (20 ; 220). 15
4. Source de lumière selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** la couche de blocage de la diffusion (90, 100 ; 290) se compose d'un matériau isolant. 20
5. Source de lumière selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la couche de blocage de la diffusion (90, 100 ; 290) et un isolateur (80 ; 280) qui se trouve en contact avec le creux (30, 40 ; 230) sont composés du même matériau. 25
6. Source de lumière selon la revendication 4 ou 5, **caractérisée en ce que** la couche de blocage de la diffusion est en dioxyde de silicium (SiO₂). 30
7. Source de lumière selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** le creux (30, 40 ; 230) est rempli d'un gaz fluorescent. 35
8. Source de lumière selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** le gaz fluorescent comprend au moins un état métastable. 40
9. Source de lumière selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** le gaz fluorescent contient des atomes de Hg. 45
10. Source de lumière selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** le gaz contient un ou plusieurs additifs du groupe Tl, Na ou Cd. 50
11. Source de lumière selon l'une des revendications 7 à 10, **caractérisée en ce que** le gaz fluorescent contient du fluor. 55
12. Source de lumière selon l'une des revendications 7 à 11, **caractérisée en ce que** le gaz fluorescent contient au moins un colorant organique ou que le gaz fluorescent est constitué d'un colorant organique. 5
13. Source de lumière selon la revendication 12, **caractérisée en ce que** le colorant organique contient de l'éosine ou de la fluorescéine. 10
14. Source de lumière selon l'une des revendications 7 à 10, **caractérisée en ce que** le gaz fluorescent contient au moins un hydrocarbure aromatique et se compose d'un ou de plusieurs hydrocarbures aromatiques. 15
15. Source de lumière selon la revendication 14, **caractérisée en ce que** l'hydrocarbure aromatique contient du benzène, de la naphtaline ou de l'anthracène 20
16. Circuit électrique intégré, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins une source de lumière selon l'une des revendications 1 à 15. 25
17. Dispositif d'affichage, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins une source de lumière selon l'une des revendications 1 à 15 et/ou au moins un circuit électrique intégré selon la revendication 16. 30

FIG 1

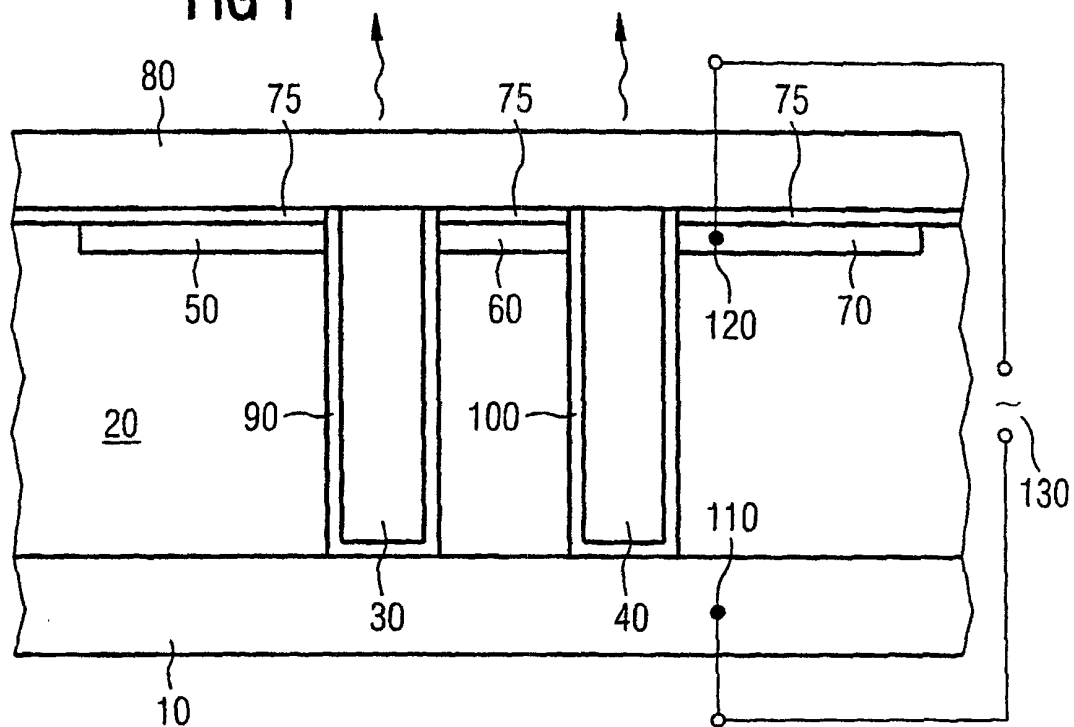


FIG 2

