



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 36 272 T2** 2007.06.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 853 334 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 36 272.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP97/01750**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 922 160.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1997/049119**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.05.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **24.12.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.07.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **05.07.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.06.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/203** (2006.01)

H05B 33/00 (2006.01)

H01L 33/00 (2006.01)

H01L 31/08 (2006.01)

H01L 31/0352 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

15784096 **19.06.1996** **JP**

31593496 **27.11.1996** **JP**

31595796 **27.11.1996** **JP**

(73) Patentinhaber:

**Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Kadoma,
Osaka, JP**

(74) Vertreter:

TBK-Patent, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, FR, GB, IT, LI, LU, NL, SE

(72) Erfinder:

**Yamada, Yuka, Kawasaki-shi, Kanagawa 215, JP;
Yoshida, Takehito, Tamagawagakuen,
Machida-shi, Tokyo 194, JP; Takeyama, Shigeru,
Miyamae-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 216, JP;
Matsuda, Yuji, Takatsuki-shi, Osaka 569, JP;
Mutoh, Katsuhiko, Tsuchiura-shi, Ibaraki 300, JP**

(54) Bezeichnung: **PHOTOELEKTRONISCHES MATERIAL, DIESES VERWENDENDE VORRICHTUNGEN UND HERSTELLUNGSVERFAHREN**

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 vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein optoelektronisches Material, dessen Anwendungsvorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung des optoelektronischen Materials. Im Einzelnen bezieht sich die Erfindung auf ein optoelektronisches Material, das, als der Kern, Halbleiter-Ultrafeinteilchen mit gesteuerten Teilchengrößen, gebildet aus einem Material, dessen Menge unbegrenzt ist und welches frei von Umweltkontamination ist, und das hervorragend zu der Silicium (Si)-LSI-Technologie passt, spontane Lichtemission, schnelle Reaktion, Pixelminiaturisierung, niedrige Verlustleistung, und hohen Umweltwiderstand besitzt und auf ein Zusammenbau freies Verfahren, eine Anwendungsvorrichtung des optoelektronischen Materials, und auf ein Verfahren zum Herstellen des optoelektronischen Materials.

Beschreibung des verwandten Stand der Technik

[0002] Herkömmliche Licht-emittierende Vorrichtungen beinhalten eine Licht-emittierende Diode und Vorrichtungen, die Elektrolumineszenz verwenden, welche praktisch umgesetzt worden sind. Optoelektronische Materialien, die für diese Licht-emittierende Vorrichtungen verwendet werden, sind Verbindungshalbleiter, die im Wesentlichen ein Element der Gruppe III und der Gruppe III und ein Element der Gruppe V (nachstehend als "Gruppe III-V" bezeichnet) in einem Periodensystem enthalten oder Verbindungshalbleiter, die im Wesentlichen ein Element der Gruppe II und ein Element der Gruppe VI in dem Periodensystem enthalten, Nicht-Silicium (Si). Dies ist, das Silicium ein indirekter Übergangshalbleiter ist die Bandlücke 1,1 eV, im nahen Infrarotbereich liegt, welches als unmöglich betrachtet worden ist, um eine Licht-emittierende Vorrichtung in einem sichtbaren Lichtbereich zu realisieren.

[0003] Seit der Beobachtung von sichtbarer Lichtemission von porösen Si bei Raumtemperatur in 1990 (offenbart in z.B. L. T Canham, Applied Physics Letters, Band 57, Nr. 10, 1046 (1990)). Enthusiastische Untersuchungen in Bezug auf die Eigenschaften von sichtbarer Lichtemission bei Raumtemperatur mit Si als ein Basismaterial unternommen worden. Die meisten Berichte haben poröses Si betroffen.

[0004] Dieses Licht gebende poröse Si wird grundsätzlich durch anodische Oxidation der Oberfläche eines einkristallinen Si Substrats in einer Lösung ausgebildet, die im Wesentlichen Wasserstofffluorid enthält und Photolumineszenzen (PL) von einigen Wellenlängen in einem Bereich von 800 nm (rot) bis 425 nm (blau) sind bis jetzt beobachtet worden. In letzter Zeit sind Versuche angestellt worden, um Lumineszenz durch Strominjektionsanregung (Elektrolumineszenz; EL) herzustellen (z.B. offenbarte ungeprüfte Anmeldung Nr. JP-A-5 206 514).

[0005] EL von diesem porösem Si besitzen die folgenden charakteristischen Eigenschaften. (1) Die Spektren von EL und PL zeigen im Wesentlichen die gleichen Gestalten, obwohl mit einigem Unterschied in der Intensität. (2) Die EL-Intensität ist zu dem Injektionsstrom in einen vermutlich praktisch verwendbaren Bereich der Injektionsstromdichte proportional. Es sei jedoch angemerkt, dass in einem Bereich, wo die Injektionsstromdichte geringer als der erstere Bereich ist, es berichtet worden ist, dass die EL-Intensität proportional zu dem Quadrat des Injektionsstroms ist.

[0006] Die Fähigkeit (1) zeigt an, dass EL und PL durch die Rekombination von Trägern (angeregte Elektronen-Lochpaare) durch die fast die gleichen Lumineszenzniveaus verursacht werden, und die Fähigkeit (2) zeigt an, dass die Erzeugung von Trägern, die für EL wesentlich ist, meistens durch die Injektion von Minoritätsträgern in Nachbarschaft des p-n Übergangs erreicht wird.

[0007] Hinsichtlich des Emissionsmechanismus von Si, welches ein indirekter Übergangshalbleiter ist, gibt es die Ansicht, dass die Wellenzahlwahlregel für optischen Übergang in einer dreidimensionalen winzigen Strukturfläche der Größenordnung von Nanometern (nm) in der porösen Gestalt relaxiert ist, wobei so die Direkte Rekombination von Elektronen-Lochpaaren sichergestellt wird und eine Ansicht, dass ein vielfach anerkanntes Ringoxid (Polysiloxan) auf der Oberfläche von porösen Si gebildet wird und ein neues Energieniveau, welches zu der Direkte Rekombination beiträgt, bei der Polysiloxen/Si-Grenzfläche gebildet wird. In jedem Fall scheint es sicher, dass hinsichtlich der Photoanregung, eine Änderung der Energiebandstruktur (ein Phänomen des Erhöehens der Bandenergie) durch einen Quantenbegrenzungseffekt verursacht wird.

[0008] Ferner besitzt Lumineszenz aus porösen Si eine breite Spektrumsbreite von ungefähr 0,3 eV oder breiter. In dieser Hinsicht sind einige Versuche unternommen worden, um eine Hohlraumstruktur unter Verwendung dieses porösen Si auszubilden, um die Intensität eines spezifischen Wellenlängenbereichs in dem kontinuierlichen Spektrum zu verstärken, der ursprünglich erzeugt wird (z.B. L. Pavesi et al., Applied Physics Let-

ters Band 67, 3280 (1195)).

[0009] Da die herkömmlichen optoelektronischen Materialien Verbindungshalbleiter verwenden, die hauptsächlich aus einem Element der Gruppe III-V oder einem Element der Gruppe II-VI eines direkten Übergangstyps bestehen, enthalten sie jedoch ein Element (In oder dergleichen) dessen Menge signifikant klein ist und dessen Raffinierungs-Kosten hoch sind, während die Emissionseffizienz hoch ist. Ein Fein-Mustergebung für diese Verbindungshalbleiter als eine Halbleiterherstellungstechnik nicht reif, verglichen mit einer Fein-Mustergebung für Si, was es erschwert, ein Feinmuster der Größenordnung von Mikron (μm) oder kleiner auszubilden. Darüber hinaus dienen Elemente der Gruppe III und V als ein Dotiermittel Si, und beeinflussen so die elektrische Leitfähigkeit. Das heißt, während eine spontane Licht-emittierende Vorrichtung im Wesentlichen aus einem Halbleitermaterial besteht, ist das Zusammenpassen mit dem Verfahren und der Vorrichtungstechnologie für Si-LSI als eine typische elektronische Vorrichtung schlecht und es ist im Wesentlichen unmöglich, eine Vorrichtung mit integriertem Si und LSI herzustellen. Darüber hinaus gibt es ein wesentliches Problem, dass die Art des Materials geändert werden sollte (d.h., es sollte neu herausgefunden werden) und das Herstellungsverfahren sollte ganz neu aufgebaut werden, um die Emissionswellenlänge einzustellen.

[0010] Hinsichtlich luminösen porösen Si ist eine poröse Schicht auf der Oberfläche eines Einkristall-Si-Substrats anodischer Oxidation in einer Lösung ausgebildet worden, so dass ein Kristall in der porösen Schicht eine herausragende Kristallgröße besitzt, es schwierig ist die Gestaltgröße von Kristallen zu steuern. Es ist insbesondere schwierig, effizient ein sphärisches Kristall von 5 nm oder weniger in Teilchengröße herzustellen. Wenn der Mechanismus des sichtbaren Lichtemission eines auf Si basierenden Gruppe IV Materials ein Quantengrößeneffekt ist (Relaxierung bzw. Entspannung der Wellenzahlwahlregel, eine Änderung der Bandstruktur aufgrund eines Quantenbegrenzungseffekts, oder dergleichen) ist es noch wesentlich, einen sphärischen Kristall mit einer Teilchengröße der nm Größenordnung herzustellen. Angesichts dieses, kann nicht gesagt werden, dass die Herstellungstechnik eine optimale ist.

[0011] Eine Schwierigkeit entsteht auch, wenn man beabsichtigt, eine Anzeigevorrichtung zu demonstrieren, indem poröse auf Si basierende Licht-emittierende Elemente regulär angeordnet werden und diese unabhängig betrieben werden. Im Einzelnen ist es, da das poröse Si direkt in einem Si Substrat gebildet wird, nicht möglich, die elektrische Unabhängigkeit (Isolierung) zwischen den Elementen beizubehalten. Ferner ist es nicht möglich, eine Laminierungsstruktur mit anderem Material wie ein transparentes Material mit einem hohen Transmissionsvermögen in dem sichtbaren Bereich auszubilden.

[0012] Obwohl ein Schema des Anordnens von Teilchen eines Elements der Gruppe IV oder teilweise oxidierte Teilchen davon zwischen Elektroden zur Lichtemission offenbart wird (z.B. veröffentlichte geprüfte Anmeldung Nr. JP-B-7055260), hat diese eine Schwierigkeit beim Steuern der elektrischen Eigenschaft und kann an verschiedene Arten von Licht-emittierenden Vorrichtungen und Photodetektoren angepasst werden. Daher stellt die Technologie des Stands der Technik nur elektronisches Material bereit, welches an verschiedene Arten von Licht-emittierenden Vorrichtungen und Photodetektoren angepasst werden kann, indem die elektrischen Eigenschaften gesteuert werden.

[0013] WO 96/16114 offenbart ein optoelektronisches Material gemäß dem Präampelabschnitt von Anspruch 1.

[0014] JP-A-05206515 offenbart ein Herstellungsverfahren zum Herstellen von Ultrafeinteilchen unter Verwendung eines Laserstrahls.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0015] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein optoelektronisches Material bereitzustellen, das ein Material umfasst, dessen Menge unerschöpflich ist und welches frei von Umweltkontamination ist, und Eigenschaften besitzt, wie etwa das Passen zu der Si-LSI Technologie, spontane Lichtemission, schnelle Reaktion, Pixelminiaturisierung, geringe Verlustleistung, hoher Umweltwiderstand und zusammenbaufreies Verfahren, eine Anwendungsvorrichtung des optoelektronischen Materials und ein Verfahren zur Herstellung des optoelektronischen Materials.

[0016] Um diese Aufgabe zu erreichen, stellt die vorliegende Erfindung ein optoelektronisches Material bereit, das umfasst: ein gleichförmiges Medium mit einer steuerbaren elektrischen Eigenschaft; und Halbleiter-Ultrafeinteilchen, die in dem Medium dispergiert sind, und eine mittlere Teilchengröße von 100 nm oder weniger besitzen, dadurch gekennzeichnet, dass das Medium einen spezifischen Widerstand (Widerstand) besitzt, der

gleich oder größer als derjenige der Halbleiter-Ultrafeinteilchen ist.

[0017] Ferner kann ein optoelektronisches Material gemäß dieser Erfindung eine periodische Struktur mit einer Ultrafeinteilchen dispergierten Schicht und transparenten Materialschichten, die alternierend aufeinander gestapelt sind, besitzen. Dies kann ein optoelektronisches Material mit einer Fähigkeit zur Verstärkung der Intensität eines spezifischen Wellenlängenbereichs in dem kontinuierlichen Spektrum bereit stellen, der durch Ultrafeinteilchen nachgewiesen oder erzeugt wird.

[0018] Darüber hinaus kann ein optoelektronisches Material gemäß dieser Erfindung eine aktive Schicht besitzen, die Ultrafeinteilchen enthält, und Hoch-Reflexionsschicht und ein Teil-Reflexionsschicht, die bereitgestellt sind, um die aktive Schicht sandwichartig einzuschließen. Dies kann die Wellenlängen von nachgewiesenen und emittiertem Licht schmal machen und die Intensität erhöhen.

[0019] Darüber hinaus ist es unter Verwendung irgendwelcher der vorstehend erwähnten optoelektronischen Materialien, um eine Licht-emittierende Vorrichtung eine Anzeigevorrichtung oder eine Vorrichtung zur optoelektrischen Umwandlung mit einem Paar von Elektroden, die das optoelektronische Material auf eine derartige Weise sandwichartig einschließen, um in direktem Kontakt hierzu zu sein, möglich in geeigneter Weise den elektrischen Kontakt zwischen den Elektroden und der optoelektronischen Materialschicht zu steuern, um eine Lichtemission und eine optoelektronische Umwandlungsfunktion effektiv zu erreichen.

[0020] Ein portables Anzeigegerät gemäß dieser Erfindung ist entworfen, indem im Wesentlichen die Anzeigevorrichtung verwendet wird. Diese Vorrichtung kann ein portables Anzeigegerät bereit stellen, welches zur Größen- und Gewichtsreduktion geeignet ist und eine niedrige Verlustleistung und hohe Auflösung besitzt, und welches in geeigneter Weise zur Verwendung als ein HMD oder ein elektronisches Wörterbuch angepasst werden kann.

[0021] Ferner wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Materials bereit gestellt, das umfasst: ein erstes Targetmaterialplatzierschritt zum Platzieren eines ersten Targetmaterials in einer Vakuumreaktionskammer in Edelgasumgebung mit niedrigem Druck; einen zweiten Targetmaterialplatzierschritt zum Platzieren eines zweiten Targetmaterials in der Vakuumreaktionskammer, wo das erste Targetmaterial platziert ist; einen Substratplatzierschritt zum Platzieren eines Substrats in der Vakuumreaktionskammer, und einen Abtrageschritt zum Bestrahlen eines Laserstrahls auf das erste Targetmaterial, das in den ersten Targetmaterialplatzierschritt platziert wurde, um Desorption und Injektion des Targetmaterials zu verursachen, wodurch Ultrafeinteilchen mit einer mittleren Teilchengröße von 100 nm oder weniger, erhalten durch Kondensieren und Wachsen eines Materials, das in dem Ablationsschritt desorbiert und injiziert wurde, in Edelgasumgebung auf dem Substrat gefangen werden, um ein optoelektronisches Material zu erreichen, das Ultrafeinteilchen enthält, wobei das zweite Targetmaterial gespattert wird, um ein Material, das durch Spattern hergestellt wurde, auf dem Substrat bei im Wesentlichen der gleichen Zeit zu fangen, wie Ultrafeinteilchen, die durch Kondensieren und Wachsen eines Materials erhalten wurden, das in dem Ablationsschritt desorbiert und injiziert wurde, in Edelgasumgebung auf dem Substrat gefangen werden, um hierdurch ein optoelektronisches Material zu erhalten, das die Ultrafeinteilchen besitzt, die in einem Material dispergiert sind, das aus dem zweiten Targetmaterial erfasst ist, und wobei das zweite Targetmaterial einen spezifischen Widerstand besitzt, der gleich oder größer als derjenige des ersten Targetmaterials ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022] [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) sind Querschnittsstrukturansichten einer Licht-emittierenden Vorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform dieser Erfindung;

[0023] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind Diagramme, die Kurven der Strom gegen Spannungseigenschaften der Licht-emittierenden Vorrichtung zeigen;

[0024] [Fig. 3](#) ist ein Diagramm, das eine Kurve der Emissionsintensität gegen die Stromeigenschaft der Licht-emittierenden Vorrichtung zeigt;

[0025] [Fig. 4](#) ist ein Diagramm, das eine Kurve auf der Emissionsintensität gegen Lastverhältnis der Licht-emittierenden Vorrichtung zeigt;

[0026] [Fig. 5](#) ist ein Diagramm, das Kurven der Emissionsintensität gegen Photonenergieeigenschaften PL und EL der Licht-emittierenden Vorrichtung zeigt;

- [0027] **Fig. 6** ist ein charakteristisches Diagramm, das den Zusammenhang zwischen der Teilchengröße von Ultrafeinteilchen und der Bandlückenenergie der Licht-emittierenden Vorrichtung abbildet;
- [0028] **Fig. 7** ist eine Querschnittsstrukturansicht einer Licht-emittierenden Vorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0029] **Fig. 8A** bis **Fig. 8C** sind Strukturdiagramme einer Monochromanzeigevorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0030] **Fig. 9** ist ein Strukturdiagramm einer Farbanzeigevorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0031] **Fig. 10** ist ein Konzeptdiagramm, das die wesentliche Struktur des benachbarten Anzeigegeräts gemäß der fünften Ausführungsform dieser Erfindung zeigt;
- [0032] **Fig. 11A** und **Fig. 11B** sind Querschnittsstrukturansichten eines HMD gemäß der sechsten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0033] **Fig. 12** ist eine perspektivische Ansicht des montierten HMD vom Brillentyp;
- [0034] **Fig. 13** ist eine Querschnittsstrukturansicht eines HMD gemäß der siebten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0035] **Fig. 14** ist eine Querschnittsstrukturansicht einer optoelektrischen Umwandlungsvorrichtung gemäß der achten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0036] **Fig. 15** ist eine Querschnittsstrukturansicht einer optoelektrischen Umwandlungsvorrichtung gemäß der neunten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0037] **Fig. 16** eine Querschnittsstrukturansicht eines Farbsensors bzw. Messfühlers gemäß der zehnten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0038] **Fig. 17** zeigt das Absorptionsspektrum von jeder optoelektrischen Umwandlungsschicht des Farbsensor;
- [0039] **Fig. 18A** und **Fig. 18B** sind Querschnittsstrukturansichten eines optoelektronischen Materials gemäß der elften Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0040] **Fig. 19A** und **Fig. 19B** zeigen Emissionsspektren des optoelektronischen Materials, das in **Fig. 18** gezeigt wird;
- [0041] **Fig. 20** ist eine Querschnittsstrukturansicht eines optoelektronischen Materials gemäß der zwölften Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0042] **Fig. 21A** bis **Fig. 21C** sind erläuternde Diagramme der Schritte zum Ausbilden eines gemischten Targets gemäß der dreizehnten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0043] **Fig. 22** ist ein Konzeptdiagramm eines Geräts zum Herstellen von Ultrafeinteilchen;
- [0044] **Fig. 23** ist ein charakteristisches Diagramm, das den Zusammenhang zwischen einem Gasdruck und der mittleren Teilchengröße von Ultrafeinteilchen zeigt;
- [0045] **Fig. 24** ist ein Konzeptdiagramm eines Teilchengrößensteuerungsgeräts für die Ultrafeinteilchen;
- [0046] **Fig. 25** ist ein Konzeptdiagramm eines Geräts zum Herstellen eines optoelektronischen Materials gemäß der vierzehnten Ausführungsform dieser Erfindung;
- [0047] **Fig. 26** ist ein Strukturdiagramm eines Hybridkathodengeräts gemäß der fünfzehnten Ausführungsform dieser Erfindung; und

[0048] [Fig. 27](#) ist ein Strukturdiagramm eines Kompositabscheidungsgeräts zum Herstellen des optoelektronischen Materials.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0049] Ein optoelektronisches Material gemäß dieser Erfindung umfasst ein gleichförmiges Medium mit einer steuerbaren elektrischen Eigenschaft; und Halbleiter-Ultrafeinteilchen, die in dem Medium dispergiert sind und eine mittlere Teilchengröße von 100 nm oder weniger besitzen. Dies kann den Quantenbeschränkungseffekt von Ultrafeinteilchen bereit stellen. Das Medium besitzt einen spezifischen Widerstand der gleich oder größer als derjenige der Ultrafeinteilchen ist. Dies kann ermöglichen, dass der Quantenbeschränkungseffekt von Trägern in Ultrafeinteilchen effizient demonstriert wird.

[0050] Es ist bevorzugt, dass die Teilchengröße (Durchmesser) der Halbleiter-Ultrafeinteilchen in dem optoelektronischen Material gemäß dieser Erfindung oder einer Ultrafeinteilchen dispergierten Schicht gleich oder kleiner als ungefähr zwei mal die de Broglie-Wellenlänge eines Halbleitermaterials für die Ultrafeinteilchen ist.

[0051] Wenn das optoelektronische Material gemäß dieser Erfindung zusammengesetzt wird, indem Ultrafeinteilchen in einem Medium mit einer gleichförmigen Leitfähigkeit dispergiert werden, der Quantenbeschränkungseffekt von Ultrafeinteilchen ohne Ergebnis des Ungleichgewichts demonstriert werden. Ferner kann, wenn Ultrafeinteilchen in einen im Wesentlichen gleichförmigen Medium mit einer steuerbaren Leitfähigkeit oder dielektrischen Konstante dispergiert werden, der Quantenbeschränkungseffekt von Trägern in Ultrafeinteilchen gesteuert werden.

[0052] Es ist auch bevorzugt, dass der Abstand zwischen den Ultrafeinteilchen, die in dem Medium dispergiert sind, gleich oder größer als der Radius der Ultrafeinteilchen ist. Alternativ kann die Packungsfraction der Ultrafeinteilchen in dem Medium gleich oder weniger als 30 % sein. Dies kann ermöglichen, dass das Quanteneinfangen von Ultrafeinteilchen effektiv demonstriert wird.

[0053] Wenn die Standardenthalpie der Bildung des Mediums diejenigen eines Oxids der Ultrafeinteilchen ist, die in dem Medium dispergiert sind, können die Ultrafeinteilchen stabil in dem Medium existieren.

[0054] Ferner können die in dem Medium dispergierten Ultrafeinteilchen mit einem Oxid eines Elements bedeckt werden, das die Ultrafeinteilchen zusammensetzt. In diesem Fall können, sogar wenn die Standardenthalpie der Bildung des Mediums höher als diejenige eines Oxids der Ultrafeinteilchen, die in dem Medium dispergiert sind, ist, die Ultrafeinteilchen stabil in dem Medium existieren.

[0055] Es ist geeignet, dass die Ultrafeinteilchen in den vorstehend beschriebenen optoelektronischen Materialien einen Halbleiter der Gruppe IV enthalten. Mit dieser Struktur werden Ultrafeinteilchen eines Materials gebildet, dessen Menge unbegrenzt ist, und welches frei von Umweltkontamination ist, und welche ein herausragendes Zusammenpassen mit der Si-LSI Technologie, Umweltwiderstand und zusammenbaufreies Verfahren aufweisen. Die Ultrafeinteilchen können einen Verbindungshalbleiter der Gruppe III-V oder II-VI enthalten. Ferner ist das Medium in geeigneter Weise ein Dünnschicht aus transparenten leitendem Material oder dielektrischem Material.

[0056] Ein optoelektronisches Material gemäß dieser Erfindung ist durch die Struktur gekennzeichnet, wo eine Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht mit Halbleiter-Ultrafeinteilchen mit einer mittleren Teilchengröße von 100 nm oder weniger in einem gleichförmigen Medium mit einer steuerbaren elektrischen Eigenschaft dispergiert ist, und transparente Materialschichten alternierend aufeinander gestapelt sind. Dies kann die Intensität eines spezifischen Wellenlängenbereichs in dem kontinuierlichen Spektrum, der inhärent durch Ultrafeinteilchen erzeugt wird, verstärken.

[0057] Die transparenten Schichten werden in geeigneter Weise aus einem dünnen transparenten leitenden Film oder dielektrischen Film gebildet. Es ist erwünscht, dass die Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht die vorstehend erwähnten Eigenschaften besitzt.

[0058] Ein optoelektronisches Material, das diese Erfindung verwirklicht, umfasst eine Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht mit Halbleiter-Ultrafeinteilchen mit einer mittleren Teilchengröße von 100 nm oder weniger, die in einem gleichförmigen Medium mit einer steuerbaren elektrischen Eigenschaft dispergiert sind; und umfasst eine Teilreflexionsschicht und eine Hochreflexionsschicht, die auf und unter der Ultrafeinteilchen dispergierten Schicht gestellt sind. Dies kann die Intensität eines spezifischen Wellenlängenbereichs in dem konti-

nuierlichen Spektrum verstärken, inhärent durch Ultrafeinteilchen erzeugt wird. Wenigstens eine der Teilreflexionsschicht und der Hochreflexionsschicht können aus einem dünnen Metallfilm ausgebildet werden.

[0059] Es ist bevorzugt, dass wenigstens die Teilreflexionsschicht und die Hochreflexionsschicht eine Vielschichtenstruktur mit einer periodischen Struktur besitzen sollten, die wenigstens zwei Arten von Schichten unterschiedlichen Brechungsindex aufweisen, die alternierend aufeinander gestapelt sind. Dies kann die Intensität eines spezifischen Wellenlängenbereichs in dem kontinuierlichen Wellenspektrum verstärken, der inhärent durch Ultrafeinteilchen erzeugt wird, die in der Ultrafeinteilchen dispergierten Schicht enthalten sind.

[0060] Alternativ kann die Hochreflexionsschicht aus einem Vielschichtfilm mit wenigstens zwei Arten von Schichten mit unterschiedlichen Brechungsindex ausgebildet werden, die alternierend aufeinander gestapelt sind, und aus einem dünnen Metallfilm ausgebildet werden. Der Vielschichtfilm kann eine Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht mit den vorstehend erwähnten Eigenschaften einschließen.

[0061] Es ist bevorzugt, dass die Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht in dem vorstehend beschriebenen optoelektronischen Material die vorstehend erwähnten Eigenschaften besitzen sollte. In diesem Fall ist die optische Filmdicke der Ultrafeinteilchen dispergierten Schicht in geeigneter Weise ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge des emittierten Lichts.

[0062] Eine Licht-emittierende Vorrichtung gemäß dieser Vorrichtung umfasst eine Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht mit Halbleiter-Ultrafeinteilchen mit einer mittleren Teilchengröße von 100 nm oder weniger, die in einem gleichförmigen Medium mit einer steuerbaren elektrischen Eigenschaft dispergiert sind; und ein Paar von Elektroden, die die Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht sandwichartig einschließen, wodurch, wenn eine Spannung auf das Paar von Elektroden angelegt wird, Träger in die Halbleiter-Ultrafeinteilchen injiziert werden und Lichtemission in einer Direkten Rekombination von Elektronen-Lochpaaren auftritt, die durch Trägerinjektion verursacht wird. Dies kann ermöglichen, dass die elektrische Verbindung zwischen den Elektroden und der optoelektronischen Materialschicht gesteuert wird.

[0063] Die emittierte Photonenenergie kann gesteuert werden, indem die Teilchengröße von Ultrafeinteilchen eingestellt wird, oder indem die Oberflächenatomanordnung von Ultrafeinteilchen eingestellt wird. Es ist geeignet, dass das Paar von Elektroden transparente oder semitransparente Elektroden sind, welche herausragendes Transmissionsvermögen für externes Licht bereit stellen können.

[0064] Ferner kann ein Dünnschicht einer Metallelektrode die Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht kontaktieren. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass die Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht und die Metallelektrode einen Kontakt vom Schottky-Übergangstyp besitzen sollten. Das Dünnschichtmaterial einer Metallelektrode enthält in geeigneter Weise irgendeines aus Magnesium, Indium, Aluminium, Platin, Gold, Silber, Wolfram, Molybdän, Tantal, Titan, Kobalt, Nickel und Palladium.

[0065] Ferner ist es geeignet, dass ein Halbleitersubstrat, das mit einer Elektrode ausgestattet ist, und eine Isolierschicht, die auf der einen Elektronenseite des Halbleitersubstrats ausgebildet ist und eine Öffnung zum teilweise Aussetzen des Halbleitersubstrats besitzt, bereitgestellt werden, eine optoelektronische Materialschicht gebildet wird, um die Öffnung abzudecken, um den Öffnungsabschnitt zu einem aktiven Bereich zu machen, die Direkte Rekombination von Elektronen-Lochpaaren innerhalb der Ultrafeinteilchen oder in der Nachbarschaft der Oberfläche der Ultrafeinteilchen durch ein Multiplizierungsphänomen erreicht wird, und die Emissionsintensität eine derartige Eigenschaft besitzt, um mehr als proportional zu einem Injektionsstrom in die Licht-emittierende Vorrichtung zu sein. Die Verwendung eines derartigen Multiplikationsphänomens kann eine sehr effektive Verwendung von Strom, der bei der anfänglichen Elektroneninjektion verbraucht wird, und die begrenzte Quanteneffizienz zur Zeit des Ionenstoßes sicherstellen, signifikant effektiv bei einer Höhe des dynamischen Bereichs Emissionsintensität.

[0066] Wenn der p-n-Übergang in der optoelektronischen Materialschicht gebildet wird, eine hoher Stromeffizienz sichergestellt, verglichen mit dem Fall, wo diese lediglich ein Kontakt mit Schottky-Übergangstyp besitzt, welches offensichtlich die einfachste Struktur ist, um Licht-emittierende Vorrichtung zu verwirklichen.

[0067] Eine monochrome Anzeigevorrichtung zum Einstellen der Emissionsintensität von jedem der Einheitspixel, die regelmäßig in einer planaren Form angeordnet sind, durch Änderung in dem Anregungsstrom auf die Licht-emittierenden Elemente der Einheitspixel, indem derartige Licht-emittierenden Elemente verwendet werden, um Licht-emittierende Elemente auszubilden, die den Einheitspixeln entsprechen. Eine Farbanzeigevorrichtung zum Erstellen der Emissionsintensität und Farbe von jedem der Einheitspixel, die regulär auf einer

Ebene angeordnet sind, durch eine Änderung des Anregungsstroms auf Licht-emittierende Elemente, die die Einheitspixel zusammensetzen, kann zusammengesetzt werden, indem ein Licht-emittierendes Element entworfen wird, das entworfen ist, um Ultrafeinteilchen mit unterschiedlichen mittleren Teilchendurchmessern aufzuweisen, um so Licht von unterschiedlichen Farben in den drei Primärfarben zu emittieren, und Verwenden der Licht-emittierenden Elemente, um Licht-emittierende Elemente auszubilden, welche den Einheitspixeln entsprechen und alle der drei Primärfarben emittieren können.

[0068] Diese Erfindung stellt ferner ein tragbares Anzeigegerät mit den vorstehend beschriebenen Anzeigevorrichtungen bereit. In diesem all kann eine sehr hohe Auflösung erhalten werden, indem die Länge der Einheitspixel in einer Richtung auf ungefähr 1 bis 100 μm eingestellt wird. Das tragbare Anzeigegerät mit derartigen Anzeigevorrichtungen kann eine kopfmontierte Anzeige sein, welche ein Fixierelement zum Befestigen des Anzeigegeräts auf einen Kopf einer Person, der die Anzeigevorrichtung aufgesetzt wird, und ein optisches System zum Ausbilden von Information, die auf der Anzeigevorrichtung den rechten und linken Augen der Person angezeigt wird, umfasst. Mit diesem Aufbau ist das Anzeigegerät kompakt und stellt eine hohe Auflösung dar, so dass das optische Augenkontaktsystem kompakt wird, wobei so beigetragen wird, um die Größe und das Gewicht des Hauptkörpers der auf dem Kopf montierten Anzeige zu verringern und einen breiten Sichtwinkel und eine hohe Auflösung sicherzustellen.

[0069] Das optische System der kopfmontierten Anzeige kann auch Außenseiteninformation und linken Auge der Person, die die Anzeige trägt, ausbilden. Es ist bevorzugt, dass die Licht-emittierenden Vorrichtungen, die das Transmissionsvermögen besitzen, auf ein transmittierendes Element gelegt werden sollten, um das Transmissionsvermögen zu besitzen, so dass Außenseitenlicht auf das optische System eingeführt wird. Wegen des Transmissionsvermögens kann diese Struktur eine kompakte auf den Kopf montierte Anzeige vom Durchsehtyp verwirklichen, welche keinen Halb-Spiegel oder dergleichen benötigt.

[0070] Die Anzeigevorrichtungen können in Richtung einer Sichtlinie angeordnet werden, der Auswärtssichtlinie der Person unterscheidet, die das Gerät trägt, so dass die Person leicht die Außenseite beobachten kann, indem die Sichtlinie nach oben oder unten oder dergleichen verschoben wird, wobei der Kopf selbst nicht bewegt wird.

[0071] Diese Erfindung stellt auch ein elektronisches Wörterbuch bereit, welches Information mittels der Anzeigevorrichtungen anzeigt. Da das Anzeigegerät kompakt ist vom Hochauflösungstyp ist, ist es möglich, ein kompaktes und leichtes Wörterbuch zu verwirklichen, welches das gleiche Niveau von hoher Auflösung wie herkömmliche Papierwörterbücher besitzt.

[0072] Ein Photodetektor gemäß dieser Erfindung umfasst eine Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht mit Halbleiter-Ultrafeinteilchen mit einer mittleren Teilchengröße von 100 nm oder weniger, die in einem gleichförmigen Medium einer steuerbaren elektrischen Eigenschaft dispergiert sind; und ein Paar von Elektroden, die sandwichartig die Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht sandwichartig einschließen, und besitzt eine nicht-nachweisende Funktion, indem eine Änderung eines internen Widerstands nachgewiesen wird, der durch Trägererzeugung, die von Lichtbestrahlung stammt, auf die Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht verursacht wird.

[0073] Ein Photodetektor gemäß dieser Erfindung umfasst eine optoelektronische Materialschicht, die das vorstehend erwähnte optoelektronische Material enthält, und ein Paar von Elektroden, die auf und unter der optoelektronischen Materialschicht bereit gestellt sind, mit einem Schottky-Übergang, der bei einer Grenzfläche zwischen der optoelektronischen Materialschicht mit den Elektroden ausgebildet ist, oder einem p-n-Übergang, der in der optoelektronischen Materialschicht ausgebildet ist, und besitzt einen Licht nachweisende Funktion, indem eine Änderung der photoelektromotorischen Kraft nachgewiesen wird, die durch Trägererzeugung, die von Lichtbestrahlung stammt, nachgewiesen wird.

[0074] Die emittierte Photonenenergie kann gesteuert werden, indem die Teilchengröße von Ultrafeinteilchen eingestellt wird, oder indem die atomare Oberflächenanordnung von Ultrafeinteilchen eingestellt wird.

[0075] Eine optoelektrische Umwandlungsvorrichtung gemäß dieser Erfindung ist eine optoelektrische Umwandlungsvorrichtung, welche umfasst: eine optoelektronische Materialschicht, die das vorstehend erwähnte optoelektronische Material enthält, und ein Paar von Elektroden, die auf und unter der optoelektronischen Materialschicht bereit gestellt sind, und welche eine Funktion des Zeigens einer Lichtemission bei einer Direkten Rekombination von erzeugten Elektronen-Lochpaaren besitzt, die durch Trägerinjektion verursacht werden, wenn Minoritätsträger bzw. Minoritätsladungsträger in die Ultrafeinteilchen der optoelektronischen Material-

schicht durch das Paar der Elektroden injiziert werden, und eine Licht nachweisende Funktion besitzt, indem eine Änderung des internen spezifischen Widerstands nachgewiesen wird, der durch Trägererzeugung verursacht wird, wenn Licht auf die optoelektronische Materialschicht bestrahlt wird.

[0076] Eine optoelektronische Umwandlungsvorrichtung gemäß dieser Erfindung ist eine optoelektrische Umwandlungsvorrichtung, welche umfasst: eine optoelektronische Materialschicht, die das vorstehend erwähnte optoelektronische Material enthält und ein Paar von Elektroden, die auf und unter der optoelektronischen Materialschicht bereit gestellt sind, mit Schottky-Übergang, der bei einer Grenzfläche zwischen optoelektronischer Materialschicht und den Elektroden gebildet wird, oder mit p-n-Übergang, der in der optoelektronischen Materialschicht gebildet wird, und welche eine Funktion des Zeigens einer Lichtemission in einer Direkten Rekombination von erzeugten Elektronen-Lochpaaren zeigt, die durch Trägerinjektion verursacht werden, wenn Minoritätsträger in die Ultrafeinteilchen der optoelektronischen Materialschicht durch das Paar von Elektroden injiziert werden, und eine Licht nachweisende Funktion, in den die lichtelektrische Kraft nachgewiesen wird, die durch Trägererzeugung erzeugt wird, wenn Licht auf die optoelektronische Materialschicht bestrahlt wird.

[0077] Die emittierte und nachgewiesene Photonenergie kann gesteuert werden, indem die Teilchengröße von Ultrafeinteilchen gesteuert wird, oder, indem die atomare Oberflächenanordnung von Ultrafeinteilchen eingestellt wird.

[0078] In den vorstehend beschriebenen optoelektrischen Umwandlungsvorrichtungen kann ein Paar von Elektroden transparente oder semitransparente Elektroden sein.

[0079] Indem die optische Spaltenergie gesteuert wird, indem die mittlere Teilchengröße der Ultrafeinteilchen in den zuvor erwähnten Photodetektor oder die Struktur der atomaren Oberflächenanordnung eingestellt wird, kann der Photodetektor gemäß dieser Erfindung als ein Ultraviolett-detektor verwendet werden, einen Photodetektor umfasst, der eine Licht nachweisende Funktion für Ultraviolettstrahlen besitzt. Diese Struktur eliminiert den Bedarf nach Filtern oder dergleichen und stellt herausragende Eigenschaften bei dem Zusammenpassen mit der Si-LSI Technologie, Umweltwiderstand und zusammenbaufreie Eigenschaft bereit.

[0080] Indem die optische Spaltenergie gesteuert wird, indem die mittlere Teilchengröße der Ultrafeinteilchen in der zuvor erwähnten Lichtdetektorstruktur der atomaren Oberflächenanordnung eingestellt wird, stellt diese Erfindung einen Blau-Farbensor bereit, der einen Lichtdetektor bzw. Photodetektor umfasst, der eine Licht nachweisende Funktion für blaues Licht besitzt. Diese Struktur eliminiert den Bedarf für Filter oder dergleichen und stellt herausragende Eigenschaften bei dem Zusammenpassen mit der Si-LSI Technologie, Umweltwiderstand und zusammenbaufreie Eigenschaft bereit.

[0081] Es ist angesichts der Lichtempfangsempfindlichkeit geeignet, dass die gestapelten photoelektrischen Umwandlungsschichten unterschiedliche optische Lückenenergien besitzen und die zu der Licht empfangenden Schicht nähere Oberfläche eine größere optische Lückenenergie besitzt. Ferner können die photoelektrischen Umwandlungsschichten drei photoelektrische Umwandlungsschichten einschließen, welche unterschiedliche optische Lückenenergien in dem sichtbaren Lichtbereich besitzen.

[0082] Diese Erfindung stellt eine monolithische integrierte Halbleitervorrichtung bereit, welche wenigstens eine oder mehrere der vorstehend erwähnten Licht emittierenden Vorrichtung, Anzeigevorrichtung, optoelektrischen Umwandlungsvorrichtung, Ultraviolett-detektor, Blaufarb-Sensor bzw. -meßfühler und Farbsensor. Mit dieser Struktur wird die Vorrichtung aus einem Material gebildet, dessen Menge unbegrenzt ist und welches ohne Umweltkontaminierung ist, und herausragende Eigenschaften bei dem Zusammenpassen mit der Si-LSI Technologie, Umweltwiderstand und zusammenbaufreie Eigenschaften besitzt.

[0083] Ein Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Laserstrahl auf ein erstes Target eines Halbleitermaterials bestrahlt wird, das in einer Reaktionskammer Druck-Edelgasumgebung platziert ist, ein Halbleitermaterial, das aus dem ersten Target eine Ablation durchmacht bzw. solidensiert wird, kondensiert wird/man dieses wachsen lässt, um Ultrafeinteilchen mit einer mittleren Teilchengröße von 100 nm oder weniger zu erhalten, und die Ultrafeinteilchen in ein Mediummaterial mit einer steuerbaren elektrischen Eigenschaft eingeschlossen werden. Verfahren zum Einschließen der Ultrafeinteilchen in ein Mediummaterial mit einer steuerbaren elektrischen Eigenschaft beinhalten einen Laser-Ablations- und ein Verfahren zum Begraben von Ultrafeinteilchen in einem Mediummaterial, das in einer Masse gebildet ist.

[0084] Das heißt, das Verfahren ist gekennzeichnet durch Platzieren eines ersten Targetmaterials in einer Vakuumreaktionskammer in Niedrigdruckedelgasumgebung platzieren eines Abscheidungssubstrats in der Vakuumreaktionskammer, und Bestrahlen eines Laserstrahls auf das erste Targetmaterial, das in dem ersten Targetmaterialplatzierungsschritt platziert wurde, um Desorption und Injektion des Targetmaterials (Ablation bzw. Solidensieren) zu erhalten, und Sammeln von Ultrafeinteilchen, die durch Kondensieren und Wachsen eines Materials erhalten wurden, das in diesem Ablations- bzw. Solidensierungsschritt desorbiert und injiziert wurde, in Edelgasumgebung auf dem Abscheidungssubstrat, um ein optoelektronisches Material zu erhalten, das die Ultrafeinteilchen enthält.

[0085] Mit der vorstehend beschriebenen Struktur werden Ultrafeinteilchen mit der Teilchengröße, die auf der nm Größenordnung gesteuert wurden, sicher auf dem Substrat abgeschieden, indem der Laser-Ablationsschritt in der Edelgasumgebung durchgeführt wird.

[0086] Ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung umfasst einen Schritt des Bestrahls eines Laserstrahls auf ein erstes Target eines Halbleitermaterials, das in einer Reaktionskammer in Niedrigdruck-Edelgasumgebung platziert ist, und ein zweites Target eines Mediummaterials mit einer steuerbaren elektrischen Eigenschaft, das in der Reaktionskammer platziert ist, und Kondensieren/Wachsen lassen eines Halbleitermaterials, das aus dem ersten Target solidensiert wurde, um als Ultrafeinteilchen gesammelt zu werden, die eine mittlere Teilchengröße von 100 nm oder weniger aufweisen, auf ein Substrat, das in der Reaktionskammer platziert wurde, und Kondensieren/Wachsen lassen eines Mediummaterials, das aus dem zweiten Target solidensiert wurde, um auf dem Substrat gesammelt zu werden, das in der Reaktionskammer platziert wurde, wobei so ein Teilchen dispergierte Schicht gebildet wird, die Halbleiter-Ultrafeinteilchen aufweist, die in dem Medium auf dem Substrat dispergiert wurden.

[0087] Das Verfahren gemäß dieser Erfindung platziert ein zweites Targetmaterial in der Vakuumreaktionskammer, wo das erste Targetmaterial platziert wird, und sputtert das zweite Targetmaterial, um ein Material zu sammeln, das durch Sputtern hergestellt wurde, auf dem Abscheidungssubstrat bei im Wesentlichen der gleichen Zeit wie Ultrafeinteilchen, die durch Kondensieren und Wachsen lassen eines Materials erhalten wurden, in dem Ablationsschritt desorbiert und injiziert wurden, in Edelgasumgebung auf dem Abscheidungssubstrat gesammelt werden, um hierdurch ein optoelektronisches Material zu erhalten, das die Ultrafeinteilchen aufweist, die in einem Material dispergiert wurden, das aus dem zweiten Targetmaterial umfasst ist. Mit dieser Struktur wird ein dünner dielektrischer Film mit dispergierten ultrafeinen Teilchen auf dem Substrat durch gleichzeitige Abscheidung unter Verwendung von Ablation und Sputtern gebildet.

[0088] Ferner platziert ein Verfahren gemäß dieser Erfindung ein erstes Targetmaterial in einer ersten Reaktionskammer in Niedrigdruckedelgasumgebung, platziert ein Abscheidungssubstrat in einer Abscheidungskammer, platziert ein zweites Targetmaterial in einer zweiten Reaktionskammer von dem ersten Targetmaterial isoliertes und das Substrat als eine Umgebungskomponente, bestrahlt einen Laserstrahl auf das erste Targetmaterial, das in dem ersten Targetmaterialplatzierungsschritt platziert ist, um Desorption und Injektion des Targetmaterials (Ablation) zu verursachen, und verdampft das zweite Targetmaterial, das in dem zweiten Targetmaterialplatzierungsschritt platziert wurde. Mit dieser Struktur wird ein Material, das in dem Verdampfungsschritt auf dem zweiten Targetmaterial hergestellt wurde, auf dem Abscheidungssubstrat bei im Wesentlichen der gleichen Zeit wie Ultrafeinteilchen, die durch Kondensieren und Wachsen eines Materials erhalten wurden, gesammelt, in den Ablationsschritt auf dem ersten Targetmaterial desorbiert und injiziert, in Edelgasumgebung auf dem Abscheidungssubstrat gesammelt, so dass ein optoelektronisches Material, das die Ultrafeinteilchen in einem Material dispergiert aufweist, das aus dem zweiten Targetmaterial umfasst ist, erhalten werden kann.

[0089] Es ist bevorzugt, dass ein Laser, der in dem Verdampfungsschritt zum Verdampfen des zweiten Targetmaterials verwendet wird, und Ablation durch Bestrahlen eines zweiten Laserstrahls auf das zweite Targetmaterial, Desorption und Injektion des Targetmaterials zu verursachen, verwendet werden kann.

[0090] Es ist bevorzugt, dass das zuvor beschriebene Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Materials ferner einen Schritt zum Ändern von Einführungsdruck eines Niedrigdruck-Edelgases umfassen sollte, und diese Struktur kann ermöglichen, dass eine mittlere Teilchengröße der Ultrafeinteilchen gesteuert bzw. kontrolliert wird.

[0091] Ein Schritt zum Durchführen von Massenseparation von Ultrafeinteilchen, die aus dem Ablationsschritt erhalten wurden, kann ferner bereitgestellt werden. Diese Struktur kann ermöglichen, dass eine mittlere Teilchengröße der Ultrafeinteilchen gesteuert wird. In diesem Fall kann der Schritt des Durchführens für Massenseparation von Ultrafeinteilchen einen Schritt des Ionisierens von Unterfeinteilchen und einen Schritt des An-

legens eines elektrischen Feldes oder eines magnetischen Feldes auf die ionisierten Ultrafeinteilchen einschließen.

[0092] In dem vorstehenden Verfahren kann das erste Targetmaterial wenigstens aus einem Halbleiter, Metall und dielektrischer Substanz einschließen. Ferner kann das erste Targetmaterial ein gemischtes Material sein, das in der Mehrzahl von Halbleitern der Gruppe IV enthält, und dieses gemischte Material kann eine Mischung aus Silicium und Germanium und in einem gemischten Kristallzustand sein. Mit dieser Struktur kann, indem gemischte Kristallultrafeinteilchen verwendet werden, vermischtes Kristallzusammensetzungsverhältnis als ein Hilfsparameter beim Einstellen der Lichtemissionseigenschaften verwendet werden. Darüber hinaus erleichtert eine derartige gemischte Kristallisation die Entspannung bzw. Relaxation der Wellenzahlwahlregel zur Zeit des Herstellens von Ultrafeinteilchen, oder Erleichtert das Auftreten von direkter Rekombination.

[0093] Es ist geeignet, dass das gemischte Material durch einen Mischschritt zum mechanischen Mischen von mehreren Arten von Ausgangsrohnteilchen und einem Sinterschritt zum Sintern der gemischten Teilchen durch heißes Pressen gebildet wird.

[0094] Bei dem ersten Targetmaterial, das ein Halbleiter der Gruppe II-VI oder ein Halbleiter der Gruppe III-V ist, ist das Laserablationsverfahren grundsätzlich ein Verfahren, welches nicht sehr von dem Schmelzpunkt des Target-Elementes oder des Verdampfungsdrucks abhängt, so dass diejenigen Halbleiter-Ultrafeinteilchen mit der stoichiometrischen Zusammensetzung, die beibehalten wird, hergestellt werden können.

[0095] Ferner kann ein Schritt zum Einführen einer Verunreinigung mit Leitfähigkeit vom n-Typ und einer Verunreinigung mit Leitfähigkeit vom p-Typ einer Halbleiterschicht eingeführt werden, die durch die Ultrafeinteilchen gebildet wurde, die auf dem Abscheidungssubstrat gesammelt wurden, bereit gestellt werden, so dass ein p-n-Übergang in der Halbleiterschicht ausgebildet wird. In diesem Fall können die Verunreinigung mit Leitfähigkeit vom n-Typ und die Verunreinigung mit Leitfähigkeit vom p-Typ in die Halbleiterschicht bei unterschiedlichen Diffusionstiefen eingeführt werden, so dass ein p-n-Übergang bei der gewünschten Position ausgebildet werden kann.

[0096] Es ist geeignet, dass das zweite Targetmaterial ein transparentes leitendes Material oder dielektrisches Material ist.

[0097] Ferner kann ein Schritt zum Oxidieren der Oberfläche des optoelektronischen Materials auf dem Substrat bereitgestellt werden. Diese Struktur eliminiert an der Oberflächenschicht, in welcher ein Kristalldefekt oder Verunreinigung vermischt wird und verbessert die Kristallinität und die Reinheit. Es ist geeignet, dass in dem Oxidationsschritt, Ultrafeinteilchen, die in einem Luftassoziiierungsschritt erhalten wurden, einer Hitzebehandlung in einem Umgebungsgas unterzogen werden, das Sauerstoff enthält, um hierdurch Beschichtungsoberflächen der Ultrafeinteilchen mit einem thermischen Oxidfilm zu bedecken. Es ist auch geeignet, dass eine Hitzebehandlung in einer Nicht-Oxidationsumgebung bei einer höheren Temperatur als eine Temperatur zu einer Zeit des Bildens eines thermischen Oxidfilms in einem Beschichtungsschritt Vorbildung des thermischen Oxidfilms ausgeführt wird, welches die Kristallinität der Ultrafeinteilchen vollständiger wiederherstellen kann.

[0098] Diese Erfindung stellt ein optoelektronisches Material bereit, das durch das vorstehend beschriebene Verfahren zum Herstellen von optoelektronischem Material hergestellt wurde. Diese Struktur kann ein Ultrafeinteilchen dispergiertes Material bereit stellen, wobei die Teilchengröße der Ultrafeinteilchen kontrolliert bzw. gesteuert ist. Diese Erfindung stellt auch eine Ultrafeinteilchen dispergierte Schicht oder eine optoelektronische Materialschicht bereit, die aus einem optoelektronischen Material gebildet wurde, das durch das vorstehend beschriebene Verfahren zum Herstellen von optoelektronischem Material hergestellt wurde. Diese Struktur kann ein Ultrafeinteilchen dispergiertes Material darstellen, wobei die Teilchengröße von Ultrafeinteilchen gesteuert ist.

[0099] Diese Erfindung stellt eine Licht-emittierende Vorrichtung bereit, deren optoelektronische Materialschicht aus einem optoelektronischen Material umfasst ist, das durch das vorstehend beschriebene Verfahren erhalten wurde. Ferner stellt diese Erfindung eine monochrome Anzeigevorrichtung oder eine Farbanzeigevorrichtung bereit, die die erwähnte Licht-emittierende Vorrichtung einschließt. Darüber hinaus stellt diese Erfindung ein tragbares Anzeigegerät mit der erwähnten Anzeigevorrichtung bereit.

[0100] Diese Erfindung stellt eine optoelektrische Umwandlungsvorrichtung bereit, deren optoelektronische Materialschicht aus dem vorstehend erwähnten optoelektronischen Material umfasst. Ferner stellt diese Erfindung einen Ultraviolett-detektor und einen Blau-Farbsensor bereit, die die erwähnte optoelektrische Umwand-

lung umfassen. Darüber hinaus bezieht sich diese Erfindung auf einen Farbsensor, der die erwähnte optoelektrische Umwandlungsvorrichtung umfasst.

[0101] Darüber hinaus stellt diese Erfindung eine monolithisch integrierte Halbleitervorrichtung bereit, welche wenigstens eine oder mehrere der vorstehend erwähnten Licht-emittierenden Anzeigevorrichtung, optoelektrische Umwandlungsvorrichtung, Ultraviolett-detektor, Blau-Farbsensor und Farbsensor besitzt.

Erste Ausführungsform

[0102] Die prinzipielle Struktur einer Licht-emittierenden Vorrichtung unter Verwendung eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung wird nun im Detail als die erste Ausführungsform anhand von **Fig. 1** bis **Fig. 5** beschrieben.

[0103] Gemäß dieser Ausführungsform wird eine Beschreibung einer Elektrolumineszenz (EL)-Vorrichtung gegeben, in welche ein Licht-emittierender (aktiver) Bereich eine optoelektronische Materialschicht ist, die Ultrafeinteilchen aus Si, ein typischer Halbleiter der Gruppe IV aufweist, wobei deren Oberfläche mit dessen eigenem thermischen Oxidfilm bedeckt ist, die in einen im Wesentlichen gleichförmigen transparenten Medium mit einer steuerbaren Leitfähigkeit oder dielektrischen Konstante dispergiert ist.

[0104] In dieser Ausführungsform und nachfolgenden Ausführungsformen bedeutet das "im Wesentlichen gleichförmige Medium" die elektrischen Eigenschaften eines Medium, insbesondere die Leitfähigkeit ist ungefähr gleichförmig in dem Medium. Das heißt, Ultrafeinteilchen, die in einem Medium dispergiert werden, werden aus einigen zehn bis einigen hundert von Atomen/Molekülen eingestellt, wohingegen ein Medium selbst aus einem Set (Cluster) von kleineren Atomen/Molekülen oder aus einigen Atom/Molekülen besteht. Zum Beispiel wird dieses gleichförmige Medium erreicht, indem ein gleichförmiger Film ausgebildet wird, der aus einem Set (Cluster) von Atomen/Molekülen umfasst ist, die kleiner als diejenigen von Ultrafeinteilchen oder einigen Atomen/Molekülen sind, auf ein vorbestimmtes Substrat oder gleich durch ein Verfahren, wie etwa Abscheidung, gebildet wird. In diesem Fall kann eine gleichförmige Abscheidung des Clusters auf dem Substrat erreicht werden, indem der unterschiedliche Druck in Reaktionskammern z.B. der unterschiedliche Druck zwischen einer Reaktionskammer und einer Abscheidungskammer durch ein dem Laser-Ablationsverfahren, das nachstehend diskutiert wird, ähnliches Verfahren eingestellt wird.

[0105] In dieser Erfindung wird dieses, wenn die Packungsfractionen von Ultrafeinteilchen in willkürlich winzigen Bereichen (die ungefähr zehn Ultrafeinteilchen z.B. enthalten), die extrahiert wurden, als gleich bestätigt werden, ein gleichförmiges transparentes Ultrafeinteilchen dispergiertes Medium genannt. Die Bildung von einem derartigen gleichförmigen transparenten Ultrafeinteilchen dispergierten Medium unterdrückt die Verteilungsbreite der kinetischen Energie von Elektroden, effiziente Lichtemission sichergestellt wird.

[0106] **Fig. 1** zeigt die Querschnittsstruktur einer Licht-emittierenden Vorrichtung unter Verwendung eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform. In **Fig. 1A** ist "11" ein Substrat. Als dieses Substrat **11** wurde ein Si-Substrat vom n-Typ mit einer ebenen Orientierung (**100**), eine Leitfähigkeit von Phosphor-dotierten n-Typ und einem spezifischen Widerstand von $10 \Omega \cdot \text{cm}$ als ein Beispiel verwendet. Ein Isolationsisolatorfilm **12**, welcher ein Siliciumoxid (SiO_2) Film als ein Beispiel ist, wird 100 nm dick auf der oberen Oberfläche dieses Si-Substrats vom n-Typ gebildet. Dieser Isolationsisolatorfilm **12** besitzt eine Öffnung **12a** von ungefähr 1 bis 2 mm oder kleiner im Durchmesser, die an dem Abschnitt gebildet wurde, welcher der Licht-emittierende (aktive) Bereich der Licht-emittierenden Vorrichtung sein sollte, wobei die Oberfläche des Substrats **11** ausgesetzt wird.

[0107] Eine optoelektronische Materialschicht **13** wird abgeschieden um so wenigstens die Öffnung **12a** zu bedecken. Diese optoelektronische Materialschicht **13**, wie in **Fig. 1B** gezeigt, wird aus Si-Ultrafeinteilchen **14** gebildet, die in einem transparenten Medium **15** dispergiert sind. Die Si-Ultrafeinteilchen **14** besitzen im Wesentlichen sphärische Gestalten, die gleiche Kristallstruktur wie Massengut-Si, eine Leitfähigkeit vom n-Typ mit bei niedriger Konzentration dotiertem Phosphor, und eine eingestellte Teilchengröße von ungefähr 3 bis 10 nm. Diese Ultrafeinteilchenabscheidungsschicht besitzt eine Dicke von ungefähr 150 nm. Ferner werden die Oberflächen der Si-Ultrafeinteilchen **14** mit einem nicht-veranschaulichten SiO_2 -Film bedeckt, dessen Dicke 3 nm oder dünner z.B. sein sollte. Wenn die optoelektronische Materialschicht **13** und das Substrat **11** beide von einem n-Typ sind, wird keine elektrische Barriere bei der Schnittstelle zwischen diesen ausgebildet.

[0108] Das transparente Medium **15** ist ein dünner gleichförmiger Film, welcher ein hohes Transmissionsvermögen in dem sichtbaren Lichtbereich besitzt und eine steuerbare Leitfähigkeit oder dielektrische Konstante

besitzt, und ein dünner Zinnoxid (SnO_2)-Film wurde hier als ein Beispiel verwendet. Dieser dünne SnO_2 -Film besitzt ein Transmissionsvermögen im sichtbaren Licht von mehr als 80 %, und dessen Leitfähigkeit oder dielektrische Konstante kann gesteuert werden, indem dessen Ausbildungsbedingungen (Substrattemperatur, ein Partialdruck von Sauerstoff etc.) eingestellt werden. Es ist notwendig, dass der spezifische Widerstand des Medium ungefähr der gleiche ist wie oder größer als der spezifische Widerstand von Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden. Da z.B. der spezifische Widerstand von Ultrafeinteilchen in dem Bereich von ungefähr 10 bis $10^{-3} \Omega\cdot\text{cm}$ aufgrund der Verunreinigungskonzentration liegt, muss der spezifische Widerstand des dünnen SnO_2 -Films nur in dem Bereich von ungefähr 10^3 bis $10^{-2} \Omega\cdot\text{cm}$ Bestimmung mit dem spezifischen Widerstand der Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, eingestellt werden. Ein derartiger spezifischer Widerstand kann erreicht werden, indem der dünne SnO_2 -Film bei der Substrattemperatur ausgebildet wird, die z.B. von Raumtemperatur bis ungefähr 600°C reicht. Das Vorstehende kann ermöglichen, dass der Quantenbegrenzungseffekt von Trägern in den Ultrafeinteilchen gesteuert wird.

[0109] Es ist erwünscht, dass die Packungsfraction der Si-Ultrafeinteilchen **14** in der optoelektronischen Materialschicht **13** höher sein sollte, da die Menge an Lichtemission aus der gesamten optoelektronischen Materialschicht **13** zunimmt. Wenn die Packungsfraction höher wird oder die Abstände zwischen den Ultrafeinteilchen näher werden, werden jedoch die Wellenfunktionen der Träger in den Ultrafeinteilchen breiter und die Träger dringen in das transparente Medium auch ein, so dass das Überlappen der Wellenfunktionen der Träger in dem benachbarten Ultrafeinteilchen größer wird. Folglich wird der Quantenbegrenzungseffekt der Träger in den Ultrafeinteilchen verringert. Es ist daher möglich, dass eine Dispersion zwischen den Ultrafeinteilchen bei behaltene Abständen auf eine derartige Weise durchgeführt werden sollte, dass das Überlappen des Quadrats der absoluten Werte der Wellenfunktionen z.B. gleich zu oder kleiner als hundertstel des Peakwerts wird. Dieser Abstand entspricht dem Radius r der Ultrafeinteilchen. In diesem Fall, gegeben, dass sphärische Ultrafeinteilchen mit einem Radius von $1,5 r$ eine dicht gepackte Struktur besitzen, dann wird der Packungsanteil ungefähr 22 %. Angesichts des Vorstehenden wurde der Packungsanteil der Si-Ultrafeinteilchen **14** in die optoelektronische Materialschicht **13** auf ungefähr 20 eingestellt.

[0110] Eine semitransparente Elektrode **16** aus Platin (Pt) und mit einer Dicke vor 10 nm, als ein Beispiel, kontaktiert die obere Oberfläche der optoelektronischen Materialschicht **13**, wobei ein so genannter Schottky-Kontakt in einem elektrischen Sinn mit der optoelektronischen Materialschicht **13**, die das transparente Medium **15** mit der gesteuerten Leitfähigkeit einschließt, ausgebildet. Eine rückwärtige Elektrode **17** aus Silber (Ag) als ein Beispiel wird an der Bodenoberfläche des Substrats **11**, wobei ein Ohmscher Kontakt in einem elektrischen Sinn, mit dem Substrat **11** ausgebildet wird, bereitgestellt. Ferner kann ein dünner Magnesium (Mg)-Film mit einer Dicke von ungefähr 20 nm zwischen dem Substrat **11** und der rückwärtigen Elektrode **17** bereitgestellt werden, um die elektrische Barrierenhöhe an der Grenzfläche zu verringern. Die Elektroden **16** und **17** können anstelle von Pt und Ag aus einem von Mg, Indium, Aluminium, Gold, Silber, Wolfram, Molybdän, Tantal, Titan, Kobalt, Nickel und Palladium ausgebildet werden.

[0111] Obwohl Si als ein Material für die Ultrafeinteilchen verwendet wird, welche die optoelektronische Materialschicht zusammensetzen, wird in geeigneter Weise ein anderer Halbleiter der Gruppe IV, wie etwa Germanium (Ge) oder dessen gemischtes Kristall, verwendet, oder es kann ein Verbindungshalbleiter der Gruppe II-V oder der Gruppe II-VI verwendet werden. Während ein dünnes SnO_2 als gleichförmiges transparentes Medium verwendet worden ist, kann ein anderer dünner dielektrischer Film mit einem spezifischen Widerstand, der im Wesentlichen gleich ist wie, oder größer als, der spezifische Widerstand von Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, wie etwa ein Dünnsfilm aus Titanoxid (TiO_2), Indiumoxid (InO_2), Indium-Zinnoxid (ITO), Cadmiumoxid (CdO), Wolframoxid (WO_3), Zinkoxid (ZnO), Magnesiumoxid (MgO) oder Zinksulfid (ZnS) genauso verwendet werden. Wenn die Filmdicke in dem Bereich liegt, wo elektrische Leitung durch Tunneln oder Springen möglich ist, kann ein dünner dielektrischer Film aus SiO_2 Aluminiumoxid (Al_2O_3), Magnesiumfluorid (MgF_2) oder Calciumfluorid (CaF_2) genauso verwendet werden.

[0112] Obwohl Si-Ultrafeinteilchen mit deren thermischen Oxidfilm hier bedeckt werden, ist der Oxidfilm der Ultrafeinteilchen nicht wesentlich. Das heißt, wenn die Standardenthalpie der Bildung des transparenten Mediums geringer als die Standardenthalpie der Bildung des Oxids der Ultrafeinteilchen ist, die die optoelektronische Materialschicht zusammensetzen, was bedeutet, dass das transparente Medium stabiler ist, tritt keine Oxidation auf, wenn die Ultrafeinteilchen in dem transparenten Medium dispergiert werden, wobei so der Bedarf nach dem Oxidfilm eliminiert wird. Wenn das transparente Medium eine höhere Standardenthalpie der Bildung andererseits besitzt, bedeutet dies, dass das Oxid der Ultrafeinteilchen stabiler ist. Wenn die Ultrafeinteilchen in dem transparenten Medium dispergiert werden, wird daher die Oberfläche der Ultrafeinteilchen oxidiert, während das transparente Medium reduziert wird. In diesem Fall ist es daher bevorzugt, dass die Ultrafeinteilchen mit einem Oxidfilm bedeckt werden sollte, bevor sie in dem transparenten Medium dispergiert wer-

den.

[0113] Im Einzelnen werden typische Kombinationen der Materialien für Ultrafeinteilchen, die ein optoelektronisches Material zusammensetzen, und das transparente Medium in Tabelle 1 angegeben. In Tabelle 1 sind Kombinationen A für den Fall, wo das transparente Medium eine niedrigere Standardenthalpie der Bildung besitzt, so dass der Oxidfilm der Ultrafeinteilchen nicht notwendig ist. Im Gegensatz hierzu sind Kombinationen B für den Fall, wo Standardenthalpie der Bildung für das transparente Medium höher als diejenige des Oxidfilms der Ultrafeinteilchen ist, so dass die Ultrafeinteilchen vorzugsweise mit dem Oxidfilm bedeckt werden sollten.

Tabelle 1

Teilchen	Ultrafein	
	Transparentes Medium	
		Si
Ge		
	Al_2O_3	A
A		
	TiO_2	A
A		
	In_2O_3	A
A		
	SiO_2	A
A		
	WO_2	B
A		
	Mg O	B
A		
	SnO_2	B
B		
	ZnO	B
B		
	CdO	B
B		

[0114] Die Betriebseigenschaften einer EL-Vorrichtung mit der zuvor beschriebenen Struktur wird nachstehend beschrieben.

[0115] Für den Betrieb der EL-Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform wird ein negatives DC Bias an die rückwärtige Elektrode **17** im Hinblick auf die semitransparente Elektrode **16** angelegt. Dies bedeutet, dass die Licht-emittierende Vorrichtung diese Ausführungsform auf dem Vorwärts-Bias betrieben wird.

[0116] Fig. 2 zeigt Kurven des Stroms gegen Spannungs-Eigenschaften der Licht-emittierenden Vorrichtung,

wenn die Licht-emittierende Vorrichtung unter Verwendung des optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform unter einer derartigen Bedingung betrieben wird.

[0117] **Fig. 2A** zeigt sowohl die vertikale Skala (Strom) als auch die horizontale Skala (Spannung) im linearen Maßstab; für die angelegte Spannung auf der horizontalen Skala, Vorwärts-Biaspotential, Schottky-Übergang, das an der Grenzfläche zwischen der semitransparenten Elektrode **16** und der optoelektronischen Materialschicht **13** in **Fig. 1** ausgebildet wird, als die positive Richtung auf dem Diagramm genommen. **Fig. 2A** zeigt eine starke gleichrichtende Eigenschaft durch den Schottky-Übergang, der an der Grenzfläche zwischen der semitransparenten Elektrode **16** und der optoelektronischen Materialschicht **13** ausgebildet wird. Externer Serienwiderstand der gesamten Licht-emittierenden Vorrichtung, geschätzt durch Extrapolation auf der Hochstrom-Seite zur Zeit, wo die Vorwärts-Biasspannung angelegt wird, beträgt ungefähr 400 Ω .

[0118] **Fig. 2B** zeigt nur die vertikale Skala (Strom) im logarithmischen Maßstab und die horizontale Skala (Spannung) im linearen Maßstab mit dem Vorwärts-Biaspotential an dem Schottky-Übergang, genommen als die positive Richtung auf dem Diagramm. Aus der Steigung dieser Eigenschaftskurve in dieser Figur, kann der Wert des idealen Faktors n des Schottky-Übergangs entnommen werden. Es ist jedoch offensichtlich, dass, wenn der Wert n der Licht-emittierenden Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform von der angelegten Spannung abhängt, dieser 1,8 beträgt, wenn die angelegte Spannung 0,2 V oder weniger ist, und auf ungefähr 15 für eine größere Fläche erhöht wird. Im Allgemeinen bedeutet ein hoher Wert von n der signifikant größer als 1 ist, dass die Grenzflächenniveaudichte hoch ist und sie geladen werden. Hinsichtlich dieses Punktes erscheint es, dass EL-Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung Licht emittiert, wenn eine Vorwärts-Biasspannung an den Schottky-Übergang angelegt wird, der an der Grenzfläche zwischen der semitransparenten Elektrode **16** und der optoelektronischen Materialschicht **13** angelegt wird.

[0119] **Fig. 3** zeigt eine Kurve der Emissionsintensität gegen die Stromeigenschaft der EL-Vorrichtung, welche das optoelektronische Material gemäß dieser Ausführungsform verwendet. In der Figur werden sowohl die Wertigkeit der Skala (Emissionsintensität) als die horizontale Skala (Strom) im logarithmischen Maßstab gezeigt. Es sei aus **Fig. 3** verstanden, dass Lichtemission beginnt, wenn die Vorwärts-Biasstromdichte 30 mA/cm² (die Vorwärts-Biasspannung beträgt ungefähr 7,0 V in diesem Fall) beträgt, wonach die Emissionsintensität monoton mit einer Zunahme des Vorwärts-Biasstroms zunimmt. Das heißt, die Emissionsintensität I_{EL} und der Vorwärts-Biosstrom j werden durch die folgende Gleichung (1) ausgedrückt.

$$I_{EL} \propto j^m \quad (m = 3,5) \quad (1)$$

[0120] Dass die Emissionsintensität zu der Potenz von 3,5 des Vorwärts-Biasstroms proportional ist, bedeutet, dass die Abhängigkeit der Emissionsintensität von dem Vorwärts-Biasstrom sehr scharf ist, ein neues Ergebnis ist, das überhaupt nicht in dem herkömmlichen Licht-emittierenden Vorrichtungen mit kristallinem Si als eine aktive Schicht beobachtet worden ist. In einer EL-Vorrichtung mit einer porösen Si-Schicht als ein aktiver Bereich nimmt z.B., wie in dem Abstand des Stands der Technik diskutiert worden ist, grundsätzlich die Emissionsintensität lediglich proportional zu den Vorwärts-Biasstrom (die gebrochene Linie in der Figur) zu. Die abrupte Abhängigkeit der Emissionsintensität von dem Vorwärts-Biasstrom bedeutet, dass eine Licht-emittierende/Anzeigevorrichtung mit einem großen dynamischen Bereich, d.h. einem hohen Kontrastverhältnis, und hoher Qualität verwirklicht werden kann.

[0121] **Fig. 4** zeigt eine Figur der Emissionsintensität gegen das Lastverhältnis der EL-Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform. In der Figur werden sowohl die vertikale Skala (Emissionsintensität) als auch die horizontale Skala (Lastverhältnis) im logarithmischen Maßstab gezeigt. Die angelegte Spannung auf die EL-Vorrichtung besaß eine Pulsbreite von 20 μ s und einen Spannungswert von 32 V und das Lastverhältnis wurde von 0,25 % auf 100 (DC) geändert, indem die Frequenz geändert wurde. Es ist aus **Fig. 4** offensichtlich, dass die Emissionsintensität proportional zu einer Verringerung des Nassverhältnisses abnimmt. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Licht-Emissionseffizienz konstant ist. Mit anderen Worten, kann gesagt werden, dass die EL-Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform kaum durch Wärme, die innerhalb der EL-Vorrichtung erzeugt wird, beeinflusst wird. Da die gleiche Licht-Emissionseffizienz wie diejenige für DC erhalten werden kann, sogar wenn die EL-Vorrichtung mit einer Pulsbreite von 20 μ s oder schmaler angetrieben wird, gesagt werden, dass die Vorrichtung eine Reaktionsgeschwindigkeit in der Größenordnung von μ s oder schneller besitzt.

[0122] **Fig. 5** zeigt Spektren (Kurven der Emissionsintensität gegen die Photoneneigenschaft) von sowohl Photolumineszenz (PL) als auch EL der EL-Vorrichtung unter Verwendung des optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform. Die Anregung von PL wurde durchgeführt, indem ein Argon-Ionen (Ar⁺)-Laser mit einer Photonenergie von 2,54 eV und einer Leistung von 10 nW verwendet wurde und ein La-

serstrahl direkt auf die optoelektronische Materialschicht bestrahlt wurde, welche die aktive Schicht werden würde. Die Anregungsbedingungen für EL waren eine Einspritzleistung von 0,55 W zu 1,10 W auf die optoelektronische Materialschicht und wobei der aktive Lumineszenz-Bereich kreisförmig ($3,1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$) war.

[0123] [Fig. 5](#) zeigt, das PL ein Spektrum mit dem Hauptpeak bei 2,10 eV (grün) und Sub-Peak bei 1,65 eV (rot) besitzt, wohingegen EL ein breites Lumineszenz-Spektrum mit dem Peak von 1,65 eV (rot) besitzt. Die Peak-Position des EL-Spektrums verschiebt sich zu der niedrigeren Energieseite, wenn die Injektionsleistung auf die EL-Vorrichtung zunimmt.

[0124] Die Ergebnisse zeigen an, dass das Prinzip von Lichtemission auf die EL-Vorrichtung unter Verwendung des optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform nicht auf Schwarzkörper-Strahlung basiert. Dies kommt daher, dass der Strahlungspeak sich zu der höheren Energie verschiebt, wie die Temperatur bei Schwarzkörper-Strahlung ansteigt, wohin gehend, vorstehend erwähnt, diese zu der niedrigeren Energie verschoben wird, wenn die Injektionsleistung zunimmt (d.h. die Temperatur ansteigt) in dieser Ausführungsform. Ferner wird, wenn ein schwarzer Körper Licht mit einem Peak bei 1,65 eV emittiert, die Temperatur auf 3800 K geschätzt, und die Temperatur kann nicht eine derartige Höhe in dieser Ausführungsform erreichen.

[0125] Es scheint, das Betriebsprinzip der Licht-emittierenden Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform, welche die vorstehend erwähnten Ergebnisse zeigt, wie folgt erläutert wird. Zunächst werden heiße Elektronen, die durch die Vorwärtsbias angelegte Spannung, auf die optoelektronische Materialschicht **13** injiziert. Die injizierten heißen Elektronen regen, wenn sie den Kern der Si-Ultrafeinteilchen **14** erreichen, Elektronen-Lochpaare durch Stoßionisation an (bzw. erzeugen diesen). Die Quanteneffizienz in diesem Anregungsverfahren erreicht ungefähr 1,0, wenn die Energie der injizierten Elektronen 4,0 eV beträgt, und. geht herauf, wenn die Energie weiterhin zunimmt.

[0126] Die einmal injizierten Elektronen oder die Elektronen-Lochpaare, die einmal angeregt wurden, werden innerhalb der Si-Ultrafeinteilchen **14** durch die Grenzfläche zwischen den Si-Ultrafeinteilchen **14** und dem gebildeten SiO_2 -Film auf deren Oberfläche auf dem transparenten Medium **15** beschränkt, um weiter Elektronen-Lochpaare in der angelegten Spannung in den Si-Feinteilchen **14** zu erzeugen. Das heißt, ein so genanntes Multiplizierungsphänomen tritt auf, um weiter multiple angeregte Elektronen-Lochpaare zu erzeugen. Das Licht-Emissionsphänomen mit einer abrupten Abhängigkeit der Emissionsintensität auf den Vorwärtsbiasstrom wird daher in das Rekombinationsphänomen um die direkte Rekombination, die zu den angeregten Elektronen-Lochpaaren gehört, verursacht, welche auf eine derartige sich multiplizierende Weise ständig weiter erzeugt werden.

[0127] Da zudem die Si-Ultrafeintargeteilchen **14** sphärische Gestalten der Größenordnung von nm gemäß dieser Ausführungsform besitzen, ist der mittlere freie Weg der Elektronen oder angeregten Elektronen-Lochpaaren, die in den Ultrafeinteilchen **14** begrenzt sind kurz, welches, wie es scheint, angeregte Elektronen-Lochpaare effektiver durch die Stoßionisation erzeugen.

[0128] In der EL-Vorrichtung mit porösem Si als eine aktive Schicht, wie in dem Abschnitt hintergrund der Erfindung beschrieben, werden grundsätzlich angeregte Elektronen-Lochpaare lediglich durch die Injektion von Minoritätsträgern an dem Übergang (p-n) erzeugt und die Anzahl der angeregten Elektronen-Lochpaare ist dem Einspritzstrom proportional. Folglich ist die Emissionsintensität auch zu dem Injektionsstrom proportional. Gemäß diesem Stand der Technik besitzt poröses Si tatsächlich eine lineare Gestalt, obwohl es eine winzige Struktur der nm-Größenordnung besitzt, der mittlere Weg zur Zeit, wo Träger als poröse Si betrieben werden, relativ lang, was vermutlich die Effizienz zum Erzeugen der angeregten Elektronen-Lochpaare schädlich beeinflusst.

[0129] Ferner kann, wie in [Fig. 5](#) gezeigt, das Folgende der Grund sein, die PL- und EL-Spektren nicht zueinander passen. Bei der Stoßionisation und der Erzeugung von angeregten Elektronen-Lochpaaren durch Multiplikation in dem EL-Verfahren, besitzen heiße Elektronen, die injiziert werden, beträchtlich höhere Energie als die Bandlücke (1,1 eV) von Si (wobei die angelegte Spannung 26 bis 32V unter den Anregungsbedingungen in [Fig. 5](#) besitzt), so dass der Übergang zu der höheren Energie (auf so genannte höhere Zwischenband- bzw. Hinterbandübergang) sogar während des Leitungsbandes möglich wird. Dies verursacht nicht nur die direkte Rekombination im minimalen Lückenenergie, sondern auch die direkte Rekombination, die einen höheren Energieunterschied aufweist, welches wie es scheint ferner die Breite des Lumineszenz-Spektrums aufweitet.

[0130] Hinsichtlich PL, beträgt im Gegensatz hierzu die Photonenergie, die injiziert wird, 2,54 eV, welches re-

lativ gering ist. So gibt es eine geringe Wahrscheinlichkeit des Verursachens des höheren Hinterbandübergangs, welches die Breite des Lumineszenzspektrums schmaler als diejenige von EL zum machen scheint.

[0131] Ferner tritt in EL die Stoßionisation durch die injizierten Elektronen in dem Kern der Si-Feinteilchen **14** in der Nachbarschaft der Oberfläche der Si-Ultrafeinteilchen auf. Obwohl das Anregungsverfahren beträchtlich hinsichtlich des Zustands der Grenzfläche empfindlich ist, kann daher die gleiche Anregung von Elektronen-Lochpaare diejenige für eine Masse aufgrund der Anwesenheit von vielen Oberflächenniveaus erwartet werden, die an der Grenzfläche geladen sind; es scheint, dass die Anregungseffizienz insbesondere auf der hohen Energieseite fallend ist.

[0132] Für PL, im Gegensatz hierzu angenommen, dass angeregtes Licht von fast der gleichen Intensität die gesamten Si-Ultrafeinteilchen aufgrund des großen Absorptionskoeffizienten zu der Zeit durchdringt, wo angeregtes Licht mit Energie von 2,54 eV bestrahlt wird, und es wird geschätzt, das Elektronen-Lochpaare ähnlich einer Massenform über ungefähr die gesamten Si-Ultrafeinteilchen **14** einschließlich deren Zentren angeregt werden, so dass die Anregungseffizienz auf der hohen Energieseite nicht abfällt.

[0133] In der Struktur der Licht-emittierenden Vorrichtung unter Verwendung des optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform kann der p-n-Übergang in der optoelektronischen Materialschicht **13** ausgebildet werden. [Fig. 1C](#) zeigt die Querschnittsstruktur einer Licht-emittierenden Vorrichtung mit p-n-Übergang als ein Beispiel.

[0134] In [Fig. 1C](#) wurde ein Si-Substrat vom p-Typ mit einer Ebenen-Orientierung (**100**), der Leitfähigkeit vom Bordotierten p-Typ, und einem spezifischen Widerstand von $10 \Omega \cdot \text{cm}$ als ein Beispiel für ein Substrat **19** verwendet. Die optoelektronische Materialschicht **1010** vom p-Typ wird auf der oberen Oberfläche dieses Si-Substrats **19** vom p-Typ abgeschieden. Diese optoelektronische Materialschicht **1010** vom p-Typ wird durch Si-Ultrafeinteilchen **1011** ausgebildet, die in einem transparenten Medium **1012** dispergiert sind. Die Si-Ultrafeinteilchen **1011** besitzen im Wesentlichen sphärische Gestalten, die gleiche Kristallstruktur wie Massengut-Si, eine Leitfähigkeit vom p-Typ mit bei niedriger Konzentration dotiertem Bor, und eine eingestellte Teilchengröße von ungefähr 3 bis 10 nm. Ferner wurde ein dünner SiO_2 -Film als ein Beispiel für das transparente Medium **1012** verwendet, und der Packungsanteil der Si-Ultrafeinteilchen **1011** betrug ungefähr 20 %. Diese Ultrafeinteilchen-Abscheidungsschicht vom p-Typ besitzt eine Dicke von ungefähr 100 nm. Die optoelektronische Materialschicht **1010** vom p-Typ und das Substrat **19** beide von einem p-Typ sind, wird keine elektrische Barriere an der Grenzfläche zwischen diesen ausgebildet.

[0135] Dann wird eine optoelektronische Materialschicht **1013** vom n-Typ in Kontakt mit der optoelektronischen Materialschicht **1010** vom p-Typ abgeschieden. Diese optoelektronische Materialschicht **1013** vom n-Typ besitzt die gleiche Struktur wie die optoelektronische Materialschicht **13** in [Fig. 1A](#), und besitzt eine Dicke von ungefähr 50 nm. Wenn die Abscheidung dieser optoelektronischen Materialschicht vom n-Typ vervollständigt wird, wird Bor durch Ioneninjektion eingeführt oder einen hoch konzentrierten dotierten n-Typ zu machen. Die Ioneninjektionsbedingungen waren: Energie 20 keV und eine Dosis von $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$.

[0136] Ferner kontaktiert eine semitransparente Elektrode **1014** aus Ag und mit einer Dicke von 10 nm, als ein Beispiel, die obere Oberfläche der optoelektronischen Materialschicht **1013** vom n-Typ, wobei ein so genannter Ohmscher Kontakt ausgebildet wird, in einen elektrischen Sinn, an die optoelektronische Materialschicht **1013** vom n-Typ. Eine rückwärtige Elektrode **1015** aus Ag wird an der Bodenoberfläche des Substrats **19** bereit gestellt, wobei ein Ohmscher Kontakt ausgebildet wird, in einem elektrischen Sinn, an das Substrat **19**. Ferner kann ein dünner Mg-Film mit einer Dicke von ungefähr 20 nm zwischen der optoelektronischen Materialschicht **1013** vom n-Typ und der semitransparenten Elektrode **1014** und zwischen dem Substrat **19** und der rückwärtigen Elektrode **1015** bereit gestellt werden, um die elektrischen Barrierenhöhen an den Grenzflächen zu verringern. Die Elektroden **1014** und **1015** können anstelle von Ag aus einem aus Mg, Indium, Aluminium, Gold, Platin, Wolfram, Molybdän, Tantal, Titan, Kobalt, Nickel, Palladium und dergleichen ausgebildet werden.

[0137] Die semitransparente Elektrode **1014** und die rückwärtige Elektrode **1015** werden mit einer Spannungszuführung benötigt, durch Drahtführungen oder dergleichen über eine leitende Paste **1016** oder dergleichen verbunden.

[0138] Mit der vorstehend beschriebenen Struktur werden, wenn eine Vorwärts-Biassspannung (die semitransparente Elektrode **1014** ist hinsichtlich der rückwärtigen Elektrode **1015** negativ) angelegt wird, Minoritätsträger gegenseitig injiziert, wie Elektronen aus dem hoch konzentrierten Bereich vom n-Typ zu dem niedrig kon-

zentrierten Bereich vom p-Typ und Löcher aus dem niedrig konzentrierten Bereich vom p-Typ zu dem hoch konzentrierten Bereich vom n-Typ. Dieser p-n-Übergang ist beim Erreichen der Erzeugung von Elektronen-Lochpaaren effizienter als die zuvor bekannte Struktur, welche die Injektion von Elektronen durch den Schottky-Übergang ermöglicht.

[0139] Eine Beschreibung wird nun gegeben werden, wie die Lumineszenzwellenlänge (Photonenergie) der Licht-emittierenden Vorrichtung unter Verwendung des optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform in dem sichtbaren Lichtbereich zu steuern ist. Zunächst stellt das erste Verfahren die Teilchengröße (Größe) des Kerns des Si-Ultrafeinteilchens **14** und der Bandlückenenergie und die zugehörige emittierte Photonenergie werden durch den Quantenbegrenzungseffekt, der zu der Zeit passiert, variiert. Um den Quantenbegrenzungseffekt zu verursachen, die anvisierte Größe der Ultrafeinteilchen ungefähr zweimal die de Broglie-Wellenlänge. Tabelle 2 zeigt die de Broglie-Wellenlängen von Halbleitermaterialien für Ultrafeinteilchen und die Teilchengrößen (Durchmessern), welche den Quantenbegrenzungseffekt ergeben werden. Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, sollte der Durchmesser von Si-Ultrafeinteilchen 5 nm oder weniger betragen, um den Quanten-Begrenzungseffekt unter Verwendung von z.B. Si zu ergeben.

[0140] [Fig. 6A](#) zeigt die Bandlückenenergie aus verschiedenen Arten von Halbleiter-Ultrafeinteilchen, die theoretisch auf dem Prinzip des Quantenbegrenzungseffekt in dem Bereich berechnet worden sind, wo die effektive Massenapproximation erfüllt ist. Es ist aus dieser Figur ersichtlich, dass die Teilchengrößen, die in Tabelle 2 angegeben werden, ausgewählt werden sollten, um eine Licht-Emission in dem sichtbaren Lichtbereich sicherzustellen.

Tabelle 2

Halbleiter- Ultrafein- Material		de Broglie- Wellenlänge (nm)	Durchmesser von Teilchen, um Quanten- Begrenzungseffekt sicherzustellen (nm)
Gruppe IV	Si	2,23	5 oder weniger
	Ge	3,26	5 oder weniger
Gruppe III-V	InP	10,0	20 oder weniger
	GaAs	10,4	20 oder weniger
	InSb	48,7	100 oder weniger

[0141] [Fig. 6B](#) zeigt die Bandlückenenergie aus sphärischen Ultrafeinteilchen von Si, Ge und Si-Ge, die theoretisch auf dem Prinzip des Quantenbegrenzungseffektes in dem Bereich berechnet worden sind, wo die effektiven Massenapproximation erfüllt ist. Es ist aus dieser Figur offensichtlich, dass Licht-Emission der drei Primärfarben (RGB) z.B. einfachen Si-Substanz-Ultrafeinteilchen erreicht werden kann, indem die Teilchengröße in dem Bereich von 2,8 nm bis 4,0 nm gesteuert wird. Das heißt, rotes Licht kann mit dem Durchmesser von 4,0 nm emittiert werden, um grünes Licht mit dem Durchmesser von 3,2 nm.

[0142] Ein Durchmesser von 2,8 nm entspricht blau, aber es ist tatsächlich sehr schwierig, die Größe in dem 2-nm-Bereich im Durchmesser zu steuern. Darüber hinaus wird, wie vorstehend erwähnt, die Effizienz der Anregung von Elektronen-Lochpaaren durch Stoßionisation zu der höheren Energieseite hin niedriger. Ferner erreicht das Verhältnis der Oberflächenatome von Ultrafeinteilchen mit einem Durchmesser von in dem 2-nm-Bereich

reich ungefähr 70 %, so dass Oberflächendefekte und der Einfluss des resultierenden Oberflächenniveaus nicht vernachlässigt werden kann. Es kann daher gesagt werden, dass die Erzeugung eines blauen Lichts durch den Quantenbegrenzungseffekt in den Si-Ultrafeinteilchen **14** nicht leicht ist.

[0143] Angesichts des Vorstehenden ist es, um eine blaue Farbe mit den Si-Ultrafeinteilchen **14** als eine aktive Licht-emittierende Schicht zu erzeugen, effektiv, als ein zweites Verfahren, die molekulare Anordnung des Oberflächenoxidfilms an der Grenzfläche zwischen den Si-Ultrafeinteilchen **14** und dem Oberflächenoxidfilm zu rekonstruieren und das Lumineszenzzentrum, das der Photonenergie des blauen Lichts entspricht, auszubilden. Im Einzelnen wird die Emission vom blauen Licht möglich, indem die oberste Oberfläche der Ultrafeinteilchen **14** eine Ketten-ähnliche Polysiloxan-Struktur (Ketten-ähnliches Polysilan-Skelett) zu besitzen.

[0144] In dem Fall eines Verbindungshalbleiters, kann emittierte Photonenergie gesteuert werden, indem die molekulare Anordnung eines Oxidfilms gesteuert wird, wenn die Ultrafeinteilchen des Verbindungshalbleiters oxidiert werden können, und eine andere Art vom dielektrischen Film, wenn Oxidation nicht möglich ist.

Zweite Ausführungsform

[0145] Das Strukturprinzip einer anderen Licht-emittierenden Vorrichtung unter Verwendung eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung wird nun als die zweite Ausführungsform anhand von [Fig. 7](#) beschrieben.

[0146] [Fig. 7](#) zeigt die Querschnittsstruktur einer Licht-emittierenden Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform. In [Fig. 7](#) wird eine Oberfläche eines Si-Einkristallsubstrats **71** als ein Beispiel eine Wolfram-Silicidschicht **72** mit einer Dicke von 50 nm, auch als ein Beispiel gezeigt, ausgebildet, welche eine Unterelektrode ist. Gebildet auf der Wolfram-Silicidschicht **72** ist eine dielektrische Schicht (SiO_2) **74** mit einer Dicke von 50 nm, Halbleiter-Ultrafeinteilchen der Gruppe IV mit Teilchengrößen, die in der Größenordnung von nm gesteuert sind, SiGe gemischtes Kristall ($\text{Si}_{0,2}\text{Ge}_{0,3}$) **73** mit einem molaren Verhältnis von 0,2 : 0,8, dispergiert sind. Angebracht an die Spitze der dielektrischen Schicht **74** mit den Halbleiter-Ultrafeinteilchen **73**, die daran dispergiert sind, ist eine 150 nm dicke Indium-Zinnoxid (ITO)-Schicht **75**, die als ein Beispiel einer oberen transparenten Elektrode gezeigt wird, mit einem Transmissionsvermögen von 90 % oder mehr des sichtbaren Lichts. Die Zusammensetzung dieses ITOs war $\text{In}_{20}\text{3}$ -(ungefähr 10 mol%) SnO_2 .

[0147] Obwohl die Wolfram-Silicidschicht **72** als ein niedriger Widerstandsabschnitt der unteren Elektrode und eine Reflexionsschicht zum Sicherstellen des Vorwärtsreflexionsvermögens von Licht, das durch die Halbleiter-Ultrafeinteilchen erzeugt wird dient, kann Titansilicid auch verwendet werden, wenn es die Priorität ist, Widerstand herabzusetzen. Der Widerstand der Elektrode und das Vorwärtslichtreflexionsvermögen nicht so sehr gebracht werden, kann die Oberfläche des Si-Substrats **71** als hoch konzentrierte Diffusionsschicht vom n-Typ hergestellt werden, möglich als die untere Elektrode zu dienen. Diese Struktur ist vom Standpunkt der Herstellungskosten effektiv.

[0148] Ferner kann Aluminiumoxid (Al_2O_3) oder dergleichen als dielektrisches Material verwendet werden.

[0149] Darüber hinaus kann ein dünner Magnesium (Mg)-Film mit einer Dicke von ungefähr 20 nm in der Mitte der Wolfram-Silicidschicht **72** und der Halbleiter-Ultrafeinteilchen dispergierten dielektrischen Schicht **74** bereitgestellt werden, um die Höhe der elektrischen Barriere an der (Metallelektrode/Oxid) Grenzfläche zu verringern. Dies ist beim effizienten Erreichen der Tunnelungs-induzierten Trägerinjektion von Elektronen in den Oxidfilm (die Halbleiter-Ultrafeinteilchen dispergierte dielektrische Schicht hier) effektiv.

[0150] Eine Licht-emittierende Vorrichtung mit einer transemitierenden Eigenschaft wird erreicht, indem ein transparenter oder semitransparenter dünner Film als die untere Elektrode gebildet wird, in welchem Fall es erwünscht ist, ein Material mit einem niedrigeren Transmissionsvermögen als dasjenige der oberen Elektrode zu verwenden.

[0151] Nun wird das Licht-Emissionsverfahren-emittierenden Vorrichtung mit der vorstehend beschriebenen Struktur beschrieben. Zunächst wird die Wolfram-Silicidschicht **72** der unteren Elektrode erhöht, und 12,0 V aus einer nicht-veranschaulichten positiven Zuführungsspannung wird an den ITO-Film **75** als die obere transparente Elektrode angelegt. Zu dieser Zeit wird ein elektrisches Feld mit einer Intensität von ungefähr 10^6 V/cm im Durchschnitt auf den SiO_2 -Abschnitt der Halbleiter-Ultrafeinteilchen dispergierten dielektrischen Schicht **74** angelegt. Im Allgemeinen ist die Isolationskurzschlussspannung des SiO_2 -Films ungefähr 10^7 V/cm, und mit der Feldintensität von 10 % davon treten die Tunnelungs-induzierte Injektion von Trägerelktronen und elek-

trische Leitung auf. Die Elektronen in dem SiO_2 -Film werden beschleunigt, um deren kinetische Energie zu erhöhen, jedoch beginnt, aufgrund zeitlichen Einflusses mit akustischen Phonon gestreut zu werden. Die Zunahme der kinetischen Energie tendiert daher dazu, gesättigt und stabil zu werden.

[0152] Der Wanderungsabstand, Beschleunigung von Elektronen und der Sättigung der Geschwindigkeit bei der Intensität von ungefähr 10^6 V/cm benötigt wird, beträgt ungefähr 10 nm, die mittlere kinetische Energie der Elektronen in dem SiO_2 -Film bei jeder Feldintensität beträgt ungefähr 2,0 eV bei $2,0 \times 10^6$ V/cm, 3,0 eV bei $5,0 \times 10^6$ V/cm und 4,0 eV bei $8,0 \times 10^6$ V/cm. Die Verteilung der kinetischen Energie nach Geschwindigkeitssättigung tendiert dazu, bereiter als die Feldintensitätszunahme zu werden, und insbesondere tendiert dazu, einen Saum zu einer höheren Energieseite zu ziehen.

[0153] Nun wird ein Phänomen beschrieben, wenn Elektronen, die in dem SiO_2 -Film der Halbleiter-Ultrafeinteilchen dispergierten dielektrischen Schicht **74** wandern, auf eine derartige Weise gegen die Oberfläche der Halbleiter-Ultrafeinteilchen **73** der Gruppe IV kollidieren.

[0154] Angenommen Si, Ge oder Si-Ge gemischtes Kristall als die Halbleiter-Ultrafeinteilchen der Gruppe IV, beträgt die Bandlückenenergie (E_g) 1,10 eV für Si maximal. Da Elektronen, die in dem Wanderungsabstand von 10 nm oder mehr bei der Feldintensität in der Größenordnung von 10^6 V/cm eine kinetische Energie von 2,0 eV oder mehr besitzen, wie vorstehend erwähnt, ist es vollständig möglich, Elektronen-Lochpaare an der Si-Oberfläche der Stoßionisation anzuregen. Im Einzelnen beträgt die Quanteneffizienz γ' (die Anzahl von erzeugten Elektronen-Lochpaaren/Anzahl von kollidierten Elektronen) in diesem Verfahren ungefähr 0,1 bei der mittleren kinetischen Energie von Elektronen $E_{av} = 2,0$ eV, aber diese nimmt drastisch zu, wenn E ansteigt und $\gamma' = 1,0$ bei $E_{av} = 4,0$ eV und $\gamma' = 2,0$ bei $E_{av} = 8,0$ eV erreicht. Derartige angeregte Elektronen-Lochpaare, zeigten eine Licht-Emission gemäß der Bandlücke E_g in dem Verfahren der Rekombination, durch welche der Betrieb der Licht-emittierenden Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform bestätigt wurde.

[0155] Als ein Halbleiter der Gruppe IV ist ein indirekter Übergangstyp von Natur und das Vorhandensein eines Phonons bei dem Interband-Übergang wesentlich. Viel Wärmer wird unvermeidlicherweise in den Rekombinationsverfahren erzeugt und die Wahrscheinlichkeit direkter Rekombination ist sehr selten. Jedoch würden Ultrafeinteilchen mit Teilchengrößen der Größenordnung von einigen nm wie in dieser Ausführungsform Effekte bereit stellen, wie etwa die Relaxation bzw. Entspannung der Wellenzahlwahlregel und eine Zunahme der Oszillator-Festigkeit bei dem Interband-Übergang. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der direkten Kombination von Elektronen-Lochpaaren, dass ermöglicht wird, dass eine starke Licht-Emission demonstriert wird.

[0156] Ferner ändert sich die Bandstruktur aufgrund Kristallisation, als eine Änderung in der Gestalt in dem Raum von Energie (E)-Wellenzahl (k) genau so wie als eine Änderung in dem Wert der Absorption und Energie, wobei so die Relaxation der Wellenzahlwahlregel zur Zeit des Entwerfens der Ultrafeinteilchen erleichtert wird. Das heißt, es gibt einen Effekt der direkten Rekombination. Das heißt, da der Boden des Leitungsbandes der Nachbarschaft des X in dem E-k-Raum für die einfache Substanz von Si ist und der Boden des Leitungsbandes in der Nachbarschaft vom Punkt L der einfachen Substanz von Ge ist, wohingegen der Boden des Leitungsbandes (minimaler Energiepunkt) in einem Mittelpunkt der Punkte X und L in dem Fall des gemischten Si-Ge-Kristalls gebildet wird, und wenn das Zusammensetzungsverhältnis $\text{Si}_{0,2}\text{Ge}_{0,8}$ ist, wird insbesondere die minimale Leitungsbandenergie in der Nachbarschaft des Punktes τ (maximale Valenzbandenergie) gebildet.

[0157] Die Steuerung der Lumineszenz-Wellenlänge (Lumineszenzphotonenergie) sollte ausgeführt werden, indem das Phänomen der Bandlücke E_g verwendet wird, die sich aufgrund des Quantenbegrenzungseffektes erhöht, welches in der ersten Ausführungsform (siehe **Fig. 6**) in dieser Erfindung veranschaulicht wird.

[0158] Im Einzelnen kann die benötigte Lumineszenz-Wellenlänge erhalten werden, indem die Teilchengrößen der Halbleiter-Ultrafeinteilchen **73** der Gruppe IV eingestellt werden. Für den gemischten Si-Ge-Kristall kann eine Änderung der Bandlücke E_g durch das Zusammensetzungsverhältnis verwendet werden. Die Si-Ge gemischter Kristall-Ultrafeinteilchen stellt das Zusammensetzungsverhältnis eine charakteristische Kurve zwischen den charakteristischen Kurven für die einfache Substanz von Si und die einfache Substanz von Ge bereit, die in **Fig. 6** gezeigt wird. Die Si-Ge gemischten Kristall-Ultrafeinteilchen mit einem molaren Zusammensetzungsverhältnis $\text{Si}_{0,2}\text{Ge}_{0,8}$, die typischerweise in dieser Ausführungsform verwendet werden, stellen die charakteristische Kurve von Teilchengröße gegen Bandlückenenergie, die in **Fig. 6** gezeigt wird, bereit.

[0159] Da die interne Quanteneffizienz γ' (die Anzahl von entladenen Photonen/die Anzahl von Elektro-

nen-Lochpaaren) ungefähr 0,5 % beträgt, wenn die Verwendung von ungefähr $E = 4,0$ eV und $\gamma'' = 1,0$ die Standardvorrichtungsbetriebsbedingung ist, wird die externe Quanteneffizienz $\gamma = \gamma' \cdot \gamma''$ von ungefähr 0,5 sichergestellt.

[0160] Natürlich kann eine einfache Substanz oder gemischte andere von einer anderen Art oder anderen Zusammensetzungsverhältnis für das optoelektronische Material verwendet werden. Zum Beispiel eine Verbindung der Gruppe III-V, bei Gallium-Arsenid (Ga-As), welches ein Halbleiter vom direkten Übergangstyp ist, oder eine Verbindung der Gruppe II-VI wie Cadmiumsulfid (CdS) kann genau so verwendet werden.

[0161] Obwohl die Verwendung von SiO_2 (Bandlückenenergie: ungefähr 9 eV) für die dielektrische Schicht der Halbleiter-Ultrafeinteilchen dispergierten dielektrischen Schicht **74** angenommen wird, begrenzt eine angelegte Spannung von ungefähr 12,0 V die erreichte Stromdichte. Wenn die Einspritzelektronendichte oder Emissionsintensität Priorität besitzt, ist es daher effektiv, diese mit einem transparenten leitenden Dünnsfilm mit einem spezifischen Widerstand zu ersetzen, der im Wesentlichen gleich oder größer als der spezifische Widerstand von Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, ist, wie etwa ein Dünnsfilm von leitendem transparenten Material, Zinnoxid (SnO_2), Titanoxid (TiO_2) oder Indiumoxid (InO_2).

Dritte Ausführungsform

[0162] Die Struktur mit monochromen Anzeige gemäß dieser Ausführungsform wird nachstehend als die dritte Ausführungsform beziehend auf **Fig. 8** beschrieben.

[0163] **Fig. 8** zeigen die Querschnittsstruktur eines Pixelabschnitts (Einheitspixelabschnitt) von einer monochromen Anzeige gemäß dieser Ausführungsform, deren äquivalente Schaltung und eine Array-Schaltung von Pixeln. In **Fig. 8A** wird eine Licht-emittierende Vorrichtung, die ähnlich zu derjenigen der zweiten Ausführungsform ist, als eine Vorrichtung **81** für einen Pixel der monochromen Anzeigevorrichtung verwendet. Natürlich kann die Licht-emittierende Vorrichtung, wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform beschrieben, genau so verwendet werden.

[0164] Ein Dünnsfilm aus ITO mit einem sichtbaren Lichttransmissionsvermögen von 90 % oder mehr wurde für eine obere Elektrode **83** und ein Dünnsfilm aus Wolfram-Silicid wurde für eine untere Elektrode **84** verwendet, um die Vorwärts-Reflexion von Lumineszenzenergie zu verbessern und einen niedrigen Widerstand sicherzustellen. In der Licht-emittierenden Vorrichtung der ersten Ausführungsform, entspricht die halbtransparente Elektrode **16** der oberen Elektrode **83**, und die rückwärtige Elektrode **17** entspricht der unteren Elektrode **84**. Die äquivalente Schaltung kann als ein Kondensator und als eine Widerstand, der parallel verbunden ist, betrachtet werden, wie in **Fig. 8B** gezeigt.

[0165] Für die Halbleiter-Ultrafeinteilchen der Gruppe IV wurde ein Si-Ge gemischter Kristall mit einem Zusammensetzungsverhältnis Si : Ge = 0,2 : 0,8 verwendet und die mittlere Teilchengröße wurde auf 4,2 nm eingestellt. In der Licht-emittierenden Vorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform, wird dessen optoelektronisches Material verwendet. Die Bandlückenenergie beträgt dann 2,27 eV (siehe **Fig. 6**) und zeigt ein klares grün.

[0166] Dann wurde eine monochrome Anzeigetafel, die zusammengesetzt war, indem die vorstehend erwähnten Pixel in einer Gitterform und einer Matrixform, wie in **Fig. 8C** gezeigt, reguläre angeordnet worden, vorbereitet.

[0167] Gemäß dieser Ausführungsform wurde eine Multiplexantriebssystem, welches das Antreiben auf eine gewöhnliche Elektrodenteilungsweise und Zeitteilungsweise verwendete als das Basisantriebssystem verwendet, und ein einfaches Matrixantriebssystem, welches keine Verbindung einer aktiven Vorrichtung für jedes Pixel benötigt, verwendet. Die Anzeigetafel vom X-Y-Matrixtyp mit einer derartigen Struktur wurde betrieben, indem ermöglicht wurde, dass leitende Gitter an Verbindungsanschlüsse, die zu einer Seite der Abtast-(Y)Elektrode auf eine sequentielle Abtastweise zugegeben wurde und eine Auswahl/Nicht-Auswahlspannung, die dem Anzeigemuster und dem eingestellten Kontrast an die andere Signal-(X)Elektrode entsprach, ermöglicht wurde. Da die Anzeigepixel gemäß dieser Anzeigeform eine Nicht-Speichereigenschaft besitzen, wird der gesamte Bildschirm gebildet, indem das Abtasten auf der Abtast-(Y)Elektrodenseite und der gesammelte Reaktionseffekt ausgebildet wird.

[0168] Die vorstehend beschriebene Ausführungsform könnte eine monochrome Anzeigetafel bereit stellen, deren Pixel jeweils eine sehr schnelle Reaktion (Größenordnung von 1 Mikrosekunde) besitzen und welches

klares grünes Licht emittieren und ist so am meisten für eine kleine Anzeigevorrichtung, insbesondere von einem Inch oder weniger, geeignet.

[0169] Wenn eine weitere Verbesserung bezogen auf die Bildqualität benötigt wird, muss nicht besonders betont werden, dass ein aktives Matrixantriebsverfahren, welches einen Antriebsvorrichtung MOS-Transistor besitzt, der zu jedem Pixel zugegeben wird, effektiv ist.

Vierte Ausführungsform

[0170] Die Struktur von einer Farbanzeigevorrichtung gemäß dieser Erfindung wird nachstehend als die vierte Ausführungsform bezugnehmend auf [Fig. 9](#) beschrieben. [Fig. 9](#) veranschaulicht ein Konzeptdiagramm der Struktur eines Pixels (Einheitsvorrichtung) einer Farbanzeigevorrichtung gemäß dieser Ausführungsform.

[0171] Eine Vorrichtung, die einem Pixel der Farbanzeigevorrichtung gemäß dieser Ausführungsform äquivalent ist, ist grundsätzlich aus drei Arten von Licht-emittierenden Vorrichtungen umfasst, die die gleiche Struktur wie diejenige der ersten Ausführungsform oder diejenige der zweiten Ausführungsform als ein Satz aufweisen, und sie sind wie Streifen als eine geometrische Gestalt angeordnet.

[0172] Ein Dünnschicht aus ITO mit einem Transmissionsvermögen von 90 % des sichtbaren Lichts oder mehr wurde für eine obere Elektrode **92** und einem Dünnschicht aus Wolfram-Silicid für eine untere Elektrode **93** verwendet, um die Vorwärts-Reflexion von Lumineszenzenergie zu verbessern und einen niedrigen Widerstand sicherzustellen. Wenn die Licht-emittierende Vorrichtung der ersten Ausführungsform verwendet wird, ist die Korrelation die gleiche wie eine, die in dem Abschnitt der dritten Ausführungsform beschrieben worden ist.

[0173] Gemäß dieser Ausführungsform werden drei Arten von Licht-emittierenden Vorrichtungen, von welchen eine Licht von einer der drei Primärfarben emittiert und welche unterschiedliche mittlere Teilchengrößen Halbleiter-Ultrafeinteilchen der Gruppe IV besitzen, zusammengruppiert, um zu ermöglichen, dass ein Pixel **91** Licht von allen drei Primärfarben emittiert. Diese drei Arten von Licht-emittierenden Vorrichtungen sind jeweils eine Licht-emittierende Vorrichtung **91R** für Rot, eine Licht-emittierende Vorrichtung **91G** für Grün und eine Licht-emittierende Vorrichtung **91B** für Blau.

[0174] Für die Halbleiter-Ultrafeinteilchen der Gruppe IV, welche die Hauptrolle bei der Licht-Emission spielen, wie in der zuvor beschriebenen Ausführungsform, wurde ein Si-Ge gemischtes Kristall mit einem Zusammensetzungsverhältnis Si : Ge = 0,2 : 0,8 verwendet. Wenn die Licht-emittierende Vorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform verwendet wird, wird dessen optoelektronisches Material verwendet. Die mittlere Teilchengröße und Lumineszenz-Photonenergie der drei Arten von Licht-emittierenden Vorrichtungen, welche ein Pixel zusammensetzen, wurden auf 4,8 nm und 1,77 eV für die rote Licht-emittierende Vorrichtung **91R**, 4,2 nm und 2,27 eV für die grüne Licht-emittierende Vorrichtung **91G** und 3,6 nm und 2,84 eV für die blaue Licht-emittierende Vorrichtung **91B** eingestellt (siehe [Fig. 6](#)).

[0175] Die Farbanzeigevorrichtungspixel **91**, die jeweils aus einem Set von diesen drei Arten von Licht-emittierenden Vorrichtungen zusammengesetzt sind, wurden auf einer Ebene in einer Matrixform angeordnet, und die Emissionsintensität und Farbe von jedem Pixel wurden durch eine Änderung in dem Anregungsstrom für jede der Licht-emittierenden Vorrichtungen eingestellt, welche jedes Pixel zusammensetzen. Folglich konnte eine Farbanzeigevorrichtung durch zusätzliche Mischung der drei Primärfarben erreicht werden, die aus drei Arten von Licht-emittierenden Vorrichtungen emittiert werden.

[0176] Ferner ist es möglich, sehr winzige Farbanzeigepixel **91** zu verwirklichen, die jeweils eine Größe 1 bis 100 μm besitzen, verglichen mit den herkömmlichen Farbanzeigevorrichtungspixel. Die untere Grenze der Größe der Anzeigepixel war die Diffraktionsgrenze. Das heißt, bei der Wellenlänge von sichtbarem Licht (λ^*) von 500 nm und dem Maximum der NA des optischen Systems von 0,5 wird die Diffraktionsgrenze (λ/NA) 1 μm .

[0177] Obwohl ein Halbleitermaterial einer Gruppe IV oder dergleichen eine dielektrische Substanz wie SiO_2 in der vorstehenden Beschreibung der individuellen Ausführungsformen diskutiert worden ist, können andere Metalle, Halbleiter oder dielektrische Substanzen natürlich einzeln oder in Kombination, sofern benötigt, gemäß der Verwendung verwendet werden.

[0178] Die optoelektronische Materialschicht in der dritten Ausführungsform oder der vierten Ausführungsform ist beschrieben worden, als was in der ersten Ausführungsform oder der zweiten Ausführungsform erhal-

ten wird, wobei eine Licht-emittierende Vorrichtung, die eine optoelektronische Materialschicht verwendet, die andere Ultrafeinteilchen enthält, genau so verwendet werden kann.

Fünfte Ausführungsform

[0179] Das Strukturprinzip eines tragbaren Anzeigegeräts gemäß dieser Erfindung wird nun als die fünfte Ausführungsform anhand von [Fig. 10](#) beschrieben. [Fig. 10](#) zeigt ein Konzeptdiagramm der Hauptstruktur des Anzeigegeräts, welches umfasst: einen Anzeigebildschirm **101**, Teildecoder **102** und einen Spaltendecoder **103**.

[0180] Der Anzeigebildschirm **101** besitzt die Farbanzeigepixel **91**, die jeweils ein Set von drei Arten von Licht-emittierenden Vorrichtungen zusammensetzen, gezeigt in [Fig. 9](#), die auf einer Ebene in einer Matrixform angeordnet sind, und stellt die Emissionsintensität und Farbe von jedem Pixel ein, indem die Anregungsströme der individuellen Licht-emittierenden Vorrichtungen, die jedes Pixel zusammensetzen in Übereinstimmung mit Signalen aus dem Zahlendecoder **102** und dem Spaltendecoder **103** zusammengesetzt werden. In einer monochromatischen Anzeigevorrichtung, muss nur die Emissionsintensität eingestellt werden.

[0181] Da eine derartige Farbanzeigevorrichtung selbst Licht-emittierende Vorrichtungen verwendet, die aus winzigen Pixeln umfasst sind, sind eine niedrige Verlustleistung und hohe Auflösung möglich. Im Fall eines Anzeigegeräts von ungefähr einem Inch, z.B. welches in dem herkömmlichen HMD verwendet wird, können über eine Millionen Pixel in einer Farbanzeigevorrichtung verwirklicht werden.

[0182] Ferner ist es, indem die vorstehende Struktur auf einem Si-Substrat verwendet wird, um eine Integration mit hohem Integrationsgrad zu erreichen, möglich, das Gerät so dünn wie ungefähr 1 mm zu machen und Zusammenbaufreiheit und ein Zusammenpassen mit der existierenden LSI-Technologie, sicherzustellen, so dass das Gerät in geeigneter Weise als ein tragbares Anzeigevorrichtungsgesamt verwendet werden kann.

Sechste Ausführungsform

[0183] Ein HMD (kopfmontierte Anzeigevorrichtung) als eine spezifische Anwendungsvorrichtung des tragbaren Anzeigevorrichtungsgesamts gemäß dieser Erfindung wird nun als die sechste Ausführungsform anhand von [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) beschrieben.

[0184] [Fig. 11A](#) stellt die Strukturquerschnittsansicht des HMD dar, welches umfasst: eine Umhüllung **111**, Anzeigevorrichtungsgeräte **112** für die rechten und linken Augen, eingebaute in die Umhüllung **111**, optische Okularsystem **113** und einen Gürtelabschnitt **114** zum Anbringen der Umhüllung **111** auf einen Kopf. Bilder für das rechte und das linke Auge aus den Anzeigevorrichtungsgesamten **112** werden auf den jeweiligen Augen eines Verwenders durch die optischen Okularsysteme **113** ausgebildet. [Fig. 11B](#) zeigt die Strukturquerschnittsansicht eines HMD vom Durchsehtyp, mit zwei Handspiegeln **115** und wobei der Rest der gleiche wie derjenige in [Fig. 11A](#) ist.

[0185] Bilder für das rechte und das linke Auge aus den Anzeigevorrichtungsgesamten **112** werden durch die Halbspiegel **115** reflektiert, werden zu den optischen Okularsystemen **113** geführt, und werden auf den jeweiligen Augen des Verwenders ausgebildet. Da Licht von der Außenseite, welches durch die Spiegel **115** geführt wurde, auch die Augen des Verwenders erreicht, wird eine Durchseh-Funktion verliehen.

[0186] In jedem Fall die Verwendung des Anzeigevorrichtungsgesamts in [Fig. 10](#) für die Anzeigevorrichtungsgesamten **112** eine Größen- und Gewichtsverringerung erreichen und kann den HMD mit mehr als der zehnfachen Auflösung eines HMD bereit stellen, welcher die herkömmlichen LCDs verwendet. Ferner kann dieser an HMDs für die Verwendung von Flugsimulatoren oder dergleichen angepasst werden, welche eine schnelle Reaktion und hohe Zuverlässigkeit erfordern.

[0187] Wenn das Vorstehend beschriebene auf einem transparenten Element wie Glas unter Verwendung von Licht-emittierenden Vorrichtungen mit Transparenz ausgebildet wird, welche erhalten wurden, indem ein transparenter oder semitransparenter Dünnschicht für die untere Elektrode in der Licht-emittierenden Vorrichtungen der ersten Ausführungsform oder der zweiten Ausführungsform verwendet wurde, kann eine Anzeigevorrichtung vom Durchsehtyp verwirklicht werden. Die Verwendung des Geräts erfordert keine Halbspiegel oder dergleichen und kann ein HMD vom Durchsehtyp kompakter und leichter machen.

[0188] [Fig. 12](#) stellt eine perspektivische Ansicht dar, die ein HMD vom Okulartyp mit der Struktur in [Fig. 11A](#)

oder [Fig. 11B](#) bei Verwendung zeigt. Wegen des leichteren und kompakteren Design, kann der Verwender diese leicht tragen und kann diese für eine lange Zeitdauer verwenden.

[0189] Obwohl die vorhergehende Beschreibung eines HMD gemacht worden ist, dass eine dreidimensionale Anzeige sicherstellen kann, in dem rechte und linke Bilder separat angezeigt werden, kann ein HMD, welcher nur ein einziges Anzeigevorrichtungsgesetz verwendet, um Bilder eines gewöhnlichen TV, Video oder dergleichen zu sehen, auch verwirklicht werden.

Siebte Ausführungsform

[0190] Eine andere Struktur eines HMD als eine spezifische Anwendungsvorrichtung des tragbaren Anzeigevorrichtungsgesetz gemäß dieser Erfindung wird nun als die siebte Ausführungsform anhand von [Fig. 13](#) diskutiert werden. [Fig. 13](#) zeigt eine andere Strukturquerschnittsansicht eines HMD gemäß dieser Erfindung, welche eine Umhüllung **31**, Anzeigevorrichtungsgesetz **132** und optische Okularsysteme **133**, die in dem Kasten **111** eingebaut wurden, und einen Gürtelabschnitt **134**, welcher die Umhüllung **131** an einen Kopf anbringt. Bilder aus den Anzeigevorrichtungsgesetzen **132** werden aus den Augen eines Verwenders durch die optischen Okularsysteme **133** ausgebildet.

[0191] Mit der vorstehenden Struktur kann der Verwender die Außenseitenansicht sehen, wenn die Sichtlinie zu der Vorderseite oder nach oben gerichtet wurde, um die Außenseite zu beobachten und kann hoch auflösende Bilder aus den Anzeigevorrichtungsgesetzen sehen, wenn die Sichtlinie herunter verschoben wird. Das heißt, der Verwender kann die Außenseitenansicht und hoch auflösende Bilder aus den Anzeigevorrichtungsgesetzen einfach sehen, indem die Sichtlinie verschoben wird, ohne den Kopf zu bewegen.

[0192] Auf dem medizinischen Gebiet z.B. kann das Senden von Bildern oder dergleichen, die den Zustand des Betreibers von den Anzeigevorrichtungsgesetzen während einer chirurgischen Operation darstellen, ermöglichen, dass der Betreiber Information erhält, ohne den Kopf zu bewegen, wobei so die Arbeitseffizienz und -präzision signifikant verbessert wird. Dieser Effekt ist auch wahr für die Untersuchungen und dergleichen von winzigen Zellen.

[0193] Obwohl die Anzeigevorrichtungsgesetze in den unteren Abschnitt der Umhüllung in dieser Ausführungsform eingebaut werden, können sie in dem oberen Abschnitt oder Seitenabschnitt der Umhüllung mit ganz der gleichen Funktion eingebaut werden, abhängig von der Richtung eines Arbeitstages.

[0194] Die Verwendung der Anzeigevorrichtungsgesetze in [Fig. 10](#) als Anzeigevorrichtungsgesetze für elektronische Wörterbücher kann nicht nur Größen- und Gewichtsreduktion erreichen, sondern auch elektronische Wörterbücher mit mehr als der zehnfachen Auflösung der herkömmlichen elektronischen Wörterbücher unter Verwendung eines LCDs bereit stellen. Demgemäß ist es möglich, die Erläuterung eines einzelnen Wortes, aus mehreren Linien mit der Größe der existierenden elektronischen Wörterbücher besteht, anzuzeigen und genau so leichte Sicht wie Papierwörterbücher bereitzustellen.

[0195] Obwohl ein HMD und ein elektronisches Wörterbuch vorstehend als Anwendungen des tragbaren Anzeigegeräts in dieser Erfindung veranschaulicht worden sind, kann das Gerät natürlich an viele tragbare Einheiten angepasst werden, wie etwa ein tragbares Videophon und ein tragbares Terminal.

Achte Ausführungsform

[0196] Das Strukturprinzip einer optoelektronischen Umwandlungsvorrichtung unter Verwendung eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung wird nun im Detail als die achte Ausführungsform anhand von [Fig. 14](#) beschrieben.

[0197] Gemäß dieser Ausführungsform, wie in der ersten Ausführungsform, wird eine Beschreibung eines Photodetektors vom elektromotorischen Krafttyp angegeben, in welchem ein Licht empfangender (aktiver) Bereich eine optoelektronische Materialschicht mit Ultrafeinteilchen aus Silicium, ein typischer Halbleiter der Gruppe IV, mit dessen Oberfläche, die mit eigenen thermischen Oxidfilm bedeckt ist, dispergiert in einem im Wesentlichen gleichförmigen transparenten Medium mit steuerbaren Leitfähigkeit oder dielektrischen Konstante.

[0198] [Fig. 14](#) zeigt die Querschnittstruktur einer optoelektronischen Umwandlungsvorrichtung unter Verwendung eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform. In [Fig. 14](#) ist "141" ein Substrat, als

ein Beispiel für welches ein Si-Substrat vom n-Typ mit einer ebenen Orientierung (**100**), eine Leitfähigkeit vom Phosphor-dotierten n-Typ, und ein spezifischer Widerstand von 0,02 bis 0,05 $\Omega \cdot \text{cm}$ verwendet wurde. Ein Isolationsisolierungsfilm **142**, welcher ein SiO_2 -Film als ein Beispiel ist, wird 100 nm dick auf der oberen Oberfläche dieses Si-Substrats **142** vom n-Typ ausgebildet. Dieser Isolationsisolierungsfilm **142** besitzt eine Öffnung **142a** von ungefähr 1 bis 10 nm im Durchmesser, ausgebildet an einen Abschnitt, welcher der Licht-empfangende (aktive) Bereich der optoelektrischen Umwandlungsvorrichtung sein sollte, die die Oberfläche des Substrats **141** aussetzt.

[0199] Eine optoelektronische Materialschicht **143** wird derart abgeschieden, dass sie wenigstens die Öffnung **142a** bedeckt. Wie vorstehend erwähnt wird diese optoelektronische Materialschicht **143** aus Si-Ultrafeinteilchen **144** ausgebildet, die in einem transparenten Medium **145** dispergiert sind. die Struktur dieser optoelektronischen Materialschicht **143** ist die gleiche wie diejenige, der optoelektronischen Materialschicht **13**, welche in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform diskutiert worden ist. Das heißt, die Si-Ultrafeinteilchen **144** besitzen im Wesentlichen sphärische Gestalten, die gleiche Kristallstruktur wie Massengut-Si, und eine Leitfähigkeit vom n-Typ, mit Phosphordotierung bei einer Konzentration von ungefähr 10^{16} bis 10^{18} cm^{-3} , wobei die Teilchengröße auf ungefähr 3 bis 10 nm eingestellt ist. Diese optoelektronische Materialschicht **143** besitzt eine Dicke von ungefähr 150 nm. Ferner werden die Oberflächen der Si-Ultrafeinteilchen **144** mit einem nicht-veranschaulichten SiO_2 -Film bedeckt, dessen Dicke z.B. 3 nm oder dünner betragen sollte.

[0200] Das transparente Medium **145** ist ein gleichförmiger Dünnsfilm, welcher ein hohes Transmissionsvermögen in dem sichtbaren Lichtbereich besitzt und eine steuerbare Leitfähigkeit oder dielektrische Konstante besitzt, und ein dünner SnO_2 -Film wurde hier als ein Beispiel verwendet. Dieser dünne SnO_2 -Film besitzt ein Transmissionsvermögen im sichtbaren Licht von 80 % oder mehr, und dessen Leitfähigkeit oder dielektrische Konstante kann gesteuert werden, indem dessen Bildungsbedingungen (Substrattemperatur, ein Sauerstoffpartialdruck etc.) eingestellt wird. Es ist notwendig, dass der spezifische Widerstand des Mediums der gleiche wie oder größer als der spezifische Widerstand von Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, ist. Bei dem spezifischen Widerstand von Si von 0,02 bis 0,05 $\Omega \cdot \text{cm}$, wurde der spezifische Widerstand des dünnen SnO_2 -Films auf 0,1 bis 1,0 Ω hier eingestellt.

[0201] Der Packungsanteil der Si-Ultrafeinteilchen **144** in der optoelektronischen Materialschicht **143** wurde auf 20 eingestellt, um Quanteneinfangen, wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform erwähnt, effektiv durchzuführen, wobei so ein gleichförmiges Ultrafeinteilchen dispergiert ist transparentes Medium, wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform definiert, ausgebildet wurde.

[0202] Eine semitransparente Elektrode **146** aus Pt und mit einer Dicke von 10 nm als ein Beispiel kontaktiert die obere Oberfläche der optoelektronischen Materialschicht **143**, wobei so ein so genannter Schottky-Übergang in einen elektrischen Sinn mit der optoelektronischen Materialschicht **143**, die das transparente Medium **145** mit der gesteuerten Leitfähigkeit einschließt, ausgebildet wird. Eine rückwärtige Elektrode **147** aus Ag als ein Beispiel wird an der Bodenoberfläche des Substrats **141** ausgebildet, wobei so ein Ohmscher Kontakt in einem elektrischen Sinn mit dem Substrat **141** ausgebildet wird. Ferner kann ein dünner Mg-Film mit einer Dicke von ungefähr 20 nm zwischen dem Substrate **141** und der rückwärtigen Elektrode **147** bereitgestellt werden, um die Höhe der elektrischen Barriere an der Grenzfläche zu verringern. Die Elektroden **146** und **147** können aus einen aus Mg, Indium, Aluminium, Gold, Wolfram, Molybdän, Tantal, Titan, Kobalt, Nickel und Palladium oder dergleichen anstelle von Pt und Ag, ausgebildet werden.

[0203] Die semitransparente Elektrode **146** und die rückwärtige Elektrode **147** werden mit einer Spannungszuführung, sofern benötigt, durch Drahtführungen oder dergleichen über eine leitende Paste **148** oder dergleichen verbunden. Es ist geeignet, dass der Licht-empfangende (aktive) Bereich als die Position der semitransparenten Elektrode **146** vermieden werden sollte, welche mit der Spannungszuführung oder Position der leitenden Paste **148** verbunden wird.

[0204] Obwohl Si als ein Material für die ultrafeinen Teilchen verwendet wird, welche die optoelektronische Materialschicht zusammensetzen, ist ein anderer Halbleiter IV, wie etwa Ge oder dessen gemischtes Kristall, in geeigneter Weise verwendbar, oder ein Verbindungshalbleiter der Gruppe III-V oder der Gruppe II-VI kann verwendet werden, wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform diskutiert. Während ein dünnes SnO_2 als das gleichförmige transparente Medium verwendet wird, kann ein anderer dünner leitender Film oder dünner dielektrischer Film mit einem spezifischen Widerstand, der im Wesentlichen der gleiche wie oder größer als der spezifische Widerstand von Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, ist, genau so verwendet werden. Zum Beispiel sollte der spezifische Widerstand von Ultrafeinteilchen innerhalb des Bereichs von ungefähr 1 bis $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ durch die Verunreinigungskonzentration gesteuert werden, und der spezifische Widerstand des transpa-

renten Mediums sollte innerhalb des Bereichs von ungefähr 10^2 bis $10^{-2} \Omega\text{-cm}$ in Übereinstimmung mit dem spezifischen Widerstand der Ultrafeinteilchen gesteuert werden. Obwohl die Si-Ultrafeinteilchen mit einem Oxidfilm bedeckt sind, kann der Oxidfilm durch eine Kombination von Ultrafeinteilchen und einem transparenten Medium, wie in Tabelle 1 in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform gezeigt, weggelassen werden.

[0205] Das Betriebsprinzip des Photodetektors vom photoelektromotorischen Krafttyp mit der vorstehend beschriebenen Struktur wird nachstehend diskutiert. Um damit zu beginnen wird für den Betrieb des Photodetektors unter Verwendung des optoelektronischen Materials dieser Ausführungsform ein negatives DC-Bias an die semitransparente Elektrode **146** im Hinblick auf die rückwärtige Elektrode **147** angelegt. Mit dieser Vorrichtungsstruktur wird eine stark gleichrichtende Eigenschaft aufgrund des Schottky-Übergangs an der Grenzfläche der semitransparenten Elektrode **146** und der optoelektronischen Materialschicht **143**, wie in [Fig. 2A](#) in der ersten Ausführungsform veranschaulicht, gezeigt, und dieses reverse Bias sollte ungefähr einige Volt bis einige zehn Volt betragen.

[0206] Wenn Licht mit größerer Photonenergie als die Bandlückenenergie der Si-Ultrafeinteilchen **144** auf die optoelektronische Materialschicht **143** unter dieser Situation bestrahlt wird, werden Träger von Elektronen-Lochpaaren in den Si-Ultrafeinteilchen **144** erzeugt, und die hergestellten Elektronen bewegen sich zu der optoelektronischen Materialschicht **143** und den Löchern zu der semitransparenten Elektrode **146**. Folglich wird eine photoelektromotorische Kraft an dem Schottky-Übergang, der durch die semitransparente Elektrode **146** und die optoelektronische Materialschicht **143** gebildet wird, hergestellt. Die Licht-empfangende Funktion wird bereitgestellt, indem diese photoelektromotorische Kraft nachgewiesen wird.

[0207] Bei der Struktur des Photodetektors und Verwendung des optoelektronischen Materials dieser Ausführungsform, wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform unter Verwendung von [Fig. 1C](#) diskutiert, stellt das Machen der oberen Hälfte des optoelektronischen Materials **143** zu einem hoch konzentrierten n-Typ und der unteren Hälfte davon zu einem wenig konzentrierten p-Typ einen Ohm-ähnlichen Kontakt zwischen der optoelektronischen Materialschicht **143** und der semitransparenten Metallelektrode **146** bereit und bildet einen p-n-Übergang in dem Zentrum der optoelektronischen Materialschicht **143**.

[0208] Die Struktur eines Photodetektors mit p-n-Übergang als ein Beispiel wird nun diskutiert werden. Als das Substrat wurde ein Si-Substrat von p-Typ mit einer ebenen Orientierung (**100**), einer Leitfähigkeit vom Bor-dotierten p-Typ, und einem spezifischen Widerstand von $10 \Omega\text{-cm}$ verwendet. Der Bereich niedrig konzentrierten p-Typ an dem unteren Abschnitt der optoelektronischen Materialschicht wird gebildet, indem Si-Ultrafeinteilchen in einem transparenten Medium dispergiert werden. Die Si-Ultrafeinteilchen besitzen im Wesentlichen sphärische Gestalten, die gleiche Kristallstruktur wie Massengut-Si, und eine Leitfähigkeit vom p-Typ, wobei Bor bei niedriger Konzentration ...??, wobei die Teilchengröße auf ungefähr 3 bis 10 nm eingestellt ist. Ferner wurde ein dünner SiO_2 -Film als ein Beispiel für das transparente Medium verwendet, und der Packungsanteil der Si-Ultrafeinteilchen wurde auf ungefähr 20 % eingestellt. Diese Ultrafeinteilchenabscheidungsschicht vom p-Typ besitzt eine Dicke von ungefähr 100 nm. Da der Bereich vom niedrig konzentrierten p-Typ und das Substrat beide von einem p-Typ sind, wird keine elektrisch Barriere an deren Grenzfläche ausgebildet.

[0209] Der Bereich vom hoch konzentrierten n-Typ an dem oberen Abschnitt der optoelektronischen Materialschicht besitzt die gleiche Struktur wie die optoelektronischen Materialschicht **143** in [Fig. 14](#) und deren Winkel wurde auf ungefähr 50 nm eingestellt. Ein hoch konzentrierter n-Typ, bereitgestellt durch Bor, wird durch Ioneninjektion eingeführt, wenn die Abscheidung dieses Bereichs vom n-Typ vervollständig ist. Die Ioneninjektionsbedingungen waren dann:

Beschleunigungsenergie von 20 keV und eine Dosis von $5 \times 10^{-15} \text{ cm}^{-2}$.

[0210] Bei der vorstehenden Struktur werden, wenn Licht mit einer größeren Photonenergie als die Bandlückenenergie der Si-Ultrafeinteilchen **144** auf die optoelektronische Materialschicht **143** mit einer angelegten reversen Biasspannung (wobei die semitransparente Elektrode **146** positiv hinsichtlich des Substrats **141** ist), bestrahlt wird, Träger aus Elektronen-Lochpaaren in den Si-Ultrafeinteilchen **144** erzeugt. Die Minoritätsträger werden gegenseitig in der optoelektronischen Materialschicht **143** beschleunigt, die Elektronen dem Bereich vom hoch konzentrierten n-Typ und die Löcher zu dem Bereich vom niedrig konzentrierten p-Typ, wobei so eine photoelektromotorische Kraft an den p-n-Übergang erzeugt wird. Dieser p-n-Übergang besitzt einen Vorteil des Besitzens eines kleineren Dunkelstroms über die Schottky-Übergangsstruktur.

[0211] Da die Bandlückenenergie von Si 1,1 eV beträgt (die Licht-emittierende Wellenlängengrenze ist 100 nm) besitzt Massengut-Si eine Licht-Empfängsempfindlichkeit die fast über dem gesamten sichtbaren Lichtbereich ist. Eine Beschreibung wird nun gegeben werden, wie der Licht-emittierende Wellenlängenbereich in der

optoelektrischen Umwandlungsvorrichtung dieser Ausführungsform zu steuern ist.

[0212] Um damit zu beginnen, das erste Verfahren stellt die Teilchengröße (Größe) des Hauptkörpers des Si-Ultrafeinteilchen **144** ein und ändert direkt die Bandlückenbreite durch den Quantenbegrenzungseffekt, der zu der Zeit passiert. Die Größe der Ultrafeinteilchen, welche ungefähr den Quantenbegrenzungseffekt bewirkt, unterscheidet sich abhängig von den Materialien, die in Tabelle 2 gezeigt werden. Für eine Si-Substanz Ultrafeinteilchen z.B. ist der Durchmesser von 4,0 nm für Rot, der Durchmesser von 3,2 nm für Grün, und der Durchmesser von 2,8 für Blau als der Absorptionsendbereich, wie in **Fig. 6** gezeigt. Mit dem Durchmesser der Si-einzelnen Substanz Ultrafeinteilchen, die auf 3 nm oder weniger eingestellt wurden, ist es daher möglich, einen Photodetektor zu verwirklichen, der eine Empfindlichkeit auf der höheren Energieseite als der blaue Bereich besitzt, ohne einen Farbfilter zu verwenden.

[0213] Wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform erwähnt, ist es jedoch tatsächlich sehr schwierig, den Durchmesser in dem 2-nm Bereich zu steuern. Was ist mehr, das Verhältnis der Oberflächenatome von Ultrafeinteilchen mit einem Durchmesser in den 2-nm Bereich erreicht ungefähr 70 %, so dass Oberflächen-defekte und folglich der Einfluss des Oberflächenniveaus nicht vernachlässigt werden konnte.

[0214] Es ist daher effektiv, als der zweite Verfahren, die molekulare Anordnung des Oberflächenoxidfilms an der Grenzfläche zwischen den Si-Ultrafeinteilchen **144** und dem Oberflächenoxidfilm zu rekonstruieren und das Zentrum der lokalen Licht-Emission, die z.B. blauen Photonenergie entspricht, auszubilden. Im Einzelnen wird die Licht-Rezeptionsempfindlichkeit in dem blauen Bereich verbessert, indem die oberste Oberfläche der Ultrafeinteilchen **144** entworfen wird, um eine Kettenähnliche Polysiloxanstruktur zu besitzen (Ketten-ähnliches Polysilanskelett).

[0215] In dem Fall eines Verbindungshalbleiters kann der Lichtempfangende Wellenlängenbereich gesteuert werden, indem die molekulare Anordnung eines Oxidfilms rekonstruiert wird, wenn die Ultrafeinteilchen des Verbindungshalbleiters oxidiert werden können, oder die molekulare Anordnung einer anderen Art von dielektrischem Film rekonstruiert wird, wenn eine Oxidation nicht möglich ist.

[0216] Ein ultravioletter Detektor oder ein Blauffarbensensor, der einen Halbleiter der Gruppe IV umfasst, welcher keinen Filter oder dergleichen benötigt, kann aufgebaut werden, indem eine optoelektrische Umwandlungsvorrichtung gemäß dieser Ausführungsform verwendet wird, die die vorstehend beschriebenen Licht-empfangenden Eigenschaften besitzt.

[0217] Ferner besitzt, wie aus der vorstehenden Beschreibung und der vorhergehenden Beschreibung der ersten Ausführungsform offensichtlich ist, die optoelektrische Umwandlungsvorrichtung unter Verwendung des optoelektronischen Materials diese Ausführungsform eine Funktion als ein Photodetektor. Das heißt, wenn ein negativer DC-Bias auf die rückwärtige Elektrode **147** hinsichtlich der semitransparenten Elektrode **146** angelegt wird, werden heiße Elektronen in die optoelektronische Materialschicht **143** injiziert, wodurch Elektronen-Lochpaare angeregt werden. Die angeregten Elektronen-Lochpaare einer Licht-Emission gemäß der Bandlückenenergie der Ultrafeinteilchen in dem Rekombinationsverfahren. Es ist daher möglich, eine optoelektrische Umwandlungsvorrichtung bereitzustellen, welche Licht-Emission und Rezeption mit der gleichen Struktur bewirken kann.

[0218] Das Strukturprinzip einer anderen optoelektrischen Umwandlungsvorrichtung gemäß dieser Erfindung wird nun im Detail als die neunte Ausführungsform anhand von **Fig. 15** beschrieben.

[0219] Gemäß dieser Ausführungsform wird wie in der ersten Ausführungsform eine Beschreibung eines Photodetektors vom Licht-leitenden Typ gegeben, in welchem Lichtempfangender (aktiver) Bereich eine optoelektronische Materialschicht mit Ultrafeinteilchen aus Si, einem Halbleiter der Gruppe IV ist, wobei dessen Oberfläche mit dessen eigenen Oxidfilm bedeckt ist, dispergiert in einen im Wesentlichen gleichförmigen transparenten Medium mit einer steuerbaren Leitfähigkeit oder dielektrischen Konstante.

[0220] **Fig. 15** zeigt die Querschnittsstruktur einer optoelektrischen Umwandlungsvorrichtung unter Verwendung eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform. In **Fig. 15** ist "151" ein Substrat, als ein Beispiel für welches ein Glassubstrat verwendet wurde. Eine untere Elektrode **152** aus Pt, als ein Beispiel, wird auf der oberen Oberfläche dieses Glassubstrats **151** gebildet. Eine optoelektronische Materialschicht **153** wird auf der oberen Oberfläche dieser unteren Elektrode **152** abgeschieden. Wie vorstehend erwähnt, wird diese optoelektronische Materialschicht **153** ausgebildet, indem Si-Ultrafeinteilchen **145** in einem transparenten Medium **155** dispergiert werden. Diese Si-Ultrafeinteilchen **154** besitzen im Wesentlichen sphärische Gestal-

ten, die gleiche Kristallstruktur wie Massengut-Si und eine Leitfähigkeit vom n-Typ, wobei Bor mit niedriger Konzentration dotiert ist, wobei die Teilchengröße auf ungefähr 3 bis 10 nm eingestellt ist. Das transparente Medium **155** ist ein gleichförmiger Dünnsfilm, welcher ein hohes Transmissionsvermögen in dem Bereich des sichtbaren Lichts besitzt und eine steuerbare Leitfähigkeit über die elektrische Konstante besitzt, und ein dünner SnO_2 -Film wurde hier als ein Beispiel verwendet. Dieser dünne SnO_2 -Film besitzt ein Transmissionsvermögen im sichtbaren Licht von 80 % oder mehr, und dessen Leitfähigkeit oder dielektrische Konstante kann gesteuert werden, indem dessen Bildungsbedingungen (Substrattemperatur, Sauerstoffpartialdruck, etc.) eingestellt werden.

[0221] Da diese Ausführungsform ein Photodetektor vom Lichtleitenden Typ ist, dass der Widerstand in dem dunkeln Zustand maximiert wird und ungefähr um zwei Dezimalstellen in dem hellen Zustand (zur Zeit von Lichtbestrahlung) abnimmt. Zum Beispiel sollte der Widerstandszustand hundert bis einige hundert k Ω im Dunkeln sein und sollte ungefähr zehn bis einige zehn k Ω bei der Lichtbestrahlungszeit sein. Als ein Beispiel wurden spezifische Widerstände der Si-Ultrafeinteilchen **154** und SnO_2 als das transparente Medium **155** auf 1 $\Omega\cdot\text{cm}$ eingestellt und die Dicke der optoelektronischen Materialschicht **153** wurde auf 100 nm eingestellt. Der Widerstand der optoelektronischen Materialschicht mit dieser Struktur in dem dunklen Zustand wird ungefähr 100 k Ω . Wenn Licht auf diese optoelektronische Materialschicht bestrahlt wird, werden Träger hergestellt und durch ein externes elektrisches Feld beschleunigt, um ein Multiplikationsphänomen zu zeigen, welches verursacht, dass der Widerstand auf ungefähr 10 k Ω abfällt, obwohl das Hilfsprinzip im Einzelnen später diskutiert wird.

[0222] Obwohl Si als ein Material für die Ultrafeinteilchen verwendet wird, welche die optoelektronische Materialschicht zusammensetzen, ein anderer Halbleiter der Gruppe IV, wie etwa Ge oder dessen gemischtes Kristall, in geeigneter Weise verwendbar, oder es kann ein Verbindungshalbleiter der Gruppe III-V oder der Gruppe II-VI verwendet werden, wie in den Abschnitten in den ersten und zweiten Ausführungsformen diskutiert. Während ein dünner SnO_2 als das gleichförmige transparente Medium verwendet wird, kann ein anderer dünner leitender Film oder dünner dielektrischer Film mit einem spezifischen Widerstand, der im Wesentlichen gleich wie oder größer als der spezifische Widerstand der Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, genau so verwendet werden.

[0223] Ein semitransparente Elektrode **156** aus Pt und mit einer Dicke von 10 nm als ein Beispiel kontaktiert die obere Oberfläche der optoelektronischen Materialschicht **153**. Die Elektroden **152** und **156** können aus einem aus Mg, Ag, Indium, Aluminium, Gold, Wolfram, Molybdän, Tantal, Titan, Kobalt, Nickel und Palladium oder dergleichen, anstelle von Pt, ausgebildet werden.

[0224] Die semitransparente Elektrode **156** und die rückwärtige Elektrode **152** sind mit einem Ohmmessgerät verbunden, sofern benötigt, durch Drahtführungen oder dergleichen über eine leitende Paste oder dergleichen.

[0225] Das Betriebsprinzip des Photodetektors vom Lichtleitenden Typ mit der vorstehend beschriebenen Struktur wird nachstehend beschrieben. Für den Betrieb des Photodetektors unter Verwendung des optoelektronischen Materials dieser Ausführungsform wird, wenn Licht auf die optoelektronische Materialschicht **153** bestrahlt wird, Lichtenergie in den Si-Ultrafeinteilchen **154** der optoelektronischen Materialschicht **1543** absorbiert, Elektronen in dem Valenzband oder dem Donorniveau werden in dem leitenden Band angeregt und sie werden zu freien Elektronen. Die Elektronen werden durch ein externes elektrisches Feld beschleunigt, wobei ein Multiplikationsphänomen gezeigt wird, um viele freie Elektronen herzustellen und die Elektrode zu erreichen. Folglich fällt der interne Widerstand der optoelektronischen Materialschicht **154** ab. Die Lichtempfangende Funktion wird bereitgestellt, indem eine Änderung in diesem internen Widerstand nachgewiesen wird.

[0226] Um den Licht-empfangenden Wellenlängenbereich in der optoelektronischen Umwandlungsvorrichtung unter Verwendung des optoelektronischen Materials dieser Ausführungsform zu steuern, wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform diskutiert, gibt es ein Verfahren des Einstellens der Teilchengröße (Größe) des Hauptkörpers der Si-Ultrafeinteilchen **154** und des direkten Änderns der Bandlückenbreite durch den Quantenbegrenzungseffekt, der zu dieser Zeit passiert, und ein Verfahren zum Rekonstruieren der molekularen Anordnung eines Oxidfilms, wenn die Ultrafeinteilchen oxidiert werden können, oder die molekulare Anordnung einer anderen Art von dielektrischen Film, wenn Oxidation nicht möglich ist.

[0227] Ein Ultraviolett-detektor oder ein Blaufarbensensor, der einen Halbleiter der Gruppe IV umfasst, welcher keinen Filter oder dergleichen erfordert, kann aufgebaut werden, indem eine optoelektronische Umwandlungsvorrichtung gemäß dieser Ausführungsform verwendet wird, die die vorstehend beschriebenen Licht-empfangenden Eigenschaften besitzt.

[0228] Das Strukturprinzip eines Farbsensors unter Verwendung des optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung als ein spezifischeres Beispiel für eine optoelektrische Umwandlungsvorrichtung wird im Detail als die zehnte Ausführungsform anhand von [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) beschrieben.

[0229] Gemäß dieser Ausführungsform, wird, wie in der ersten Ausführungsform ein Farbsensor beschrieben, der einen Photodetektor vom Licht-leitenden Typ umfasst, in welchem ein Licht-empfangender (aktiver) Bereich eine optoelektronische Materialschicht mit Ultrafeinteilchen aus Si, einem Halbleiter der Gruppe IV ist, wobei dessen Oberfläche mit dessen eigenem thermischen Oxidfilm bedeckt ist, dispergiert in einem im Wesentlichen gleichförmigen transparenten Medium mit einer steuerbaren Leitfähigkeit oder dielektrischen Konstante.

[0230] [Fig. 16](#) zeigt die Querschnittsstruktur eines Farbsensors unter Verwendung eines optoelektronischen Materials. Bezugnehmend auf [Fig. 16](#), sind "161", "162" und "163" erste, zweite und dritte photoelektrische Umwandlungsschichten. Jede photoelektrische Umwandlungsschicht besitzt die gleiche Struktur wie der Photodetektor vom Licht-leitenden Typ, welcher in dem Abschnitt der neunten Ausführungsform erläutert worden ist, und umfasst eine optoelektronische Materialschicht **164** mit Si-Ultrafeinteilchen **165**, die in einem transparenten Medium **166** dispergiert sind, und transparente Elektroden **167** aus Pt und mit einer Dicke von 10 nm, als ein Beispiel, die oberhalb und unterhalb der Schicht lokalisiert ist. Die oberen und unteren transparenten Elektroden **167** sind mit einem Ohmmessgerät verbunden, sofern benötigt, durch Drahtführungen oder dergleichen über eine leitende Paste oder dergleichen.

[0231] Diese Si-Ultrafeinteilchen **165** der optoelektronischen Materialschicht **164** besitzen im Wesentlichen sphärische Gestalten, die gleiche Kristallstruktur wie Massengut-Si, und eine Leitfähigkeit vom n-Typ, wobei Bor bei einer niedrigen Konzentration dotiert ist, um ein p-Typ mit einem spezifischen Widerstand von ungefähr $1 \Omega \cdot \text{cm}$ zu sein. Das transparente Medium **166** ist ein gleichförmiger Dünnsfilm, welcher ein hohes Transmissionsvermögen in dem sichtbaren Lichtbereich besitzt und eine steuerbare Leitfähigkeit oder dielektrische Konstante, und ein dünner SnO_2 -Film mit einem spezifischen Widerstand von ungefähr $1 \Omega \cdot \text{cm}$ wurde hier als ein Beispiel verwendet. Die Dicke der optoelektronischen Materialschicht **164** wurde auf 100 nm eingestellt. In dieser Struktur wird der Widerstand der optoelektronischen Materialschicht in dem dunklen Zustand ungefähr 100 k Ω .

[0232] Wenn der Packungsanteil der Si-Ultrafeinteilchen **165** in der optoelektronischen Materialschicht **164** höher wird, wird eine Änderungen in dem gesamten internen Widerstand der optoelektronischen Materialschicht **164** größer oder die Licht-Empfangsempfindlichkeit wird höher. Wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform erwähnt, wird jedoch, wenn der Packungsanteil zu hoch ist, der Quantenbegrenzungseffekt der Ultrafeinteilchen verringert, so dass der Packungsanteil vorzugsweise ungefähr 20 % betragen sollte.

[0233] Obwohl Si als ein Material für die Ultrafeinteilchen verwendet wird, welche die optoelektronischen Materialschicht zusammensetzen, ist in geeigneter Weise ein anderer Halbleiter der Gruppe IV, wie etwa Ge oder dessen gemischtes Kristall verwendbar, oder ein Verbindungshalbleiter der Gruppe III-V oder der Gruppe II-VI kann verwendet werden, wie in dem Abschnitt der zweiten Ausführungsform diskutiert. Während ein dünnes SnO_2 als das gleichförmige transparente Medium verwendet wird, kann ein anderer dünner leitender Film oder dünner dielektrischer Film mit einem spezifischen Widerstand, der im Wesentlichen der gleiche wie oder größer als der spezifische Widerstand von Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, ist, genau so verwendet werden. Ferner kann die semitransparente Elektrode **167** aus einem aus Mg, Ag, Indium, Aluminium, Gold, Wolfram, Molybdän, Tantal, Titan, Kobalt, Nickel und Palladium oder dergleichen anstelle von Pt gebildet sein.

[0234] Die individuellen photoelektrischen Umwandlungsschichten **161**, **162** und **163** mit der vorstehend beschriebenen Struktur sind voneinander durch einen Isolationsisolatorfilm **168** isoliert, dessen Material ein SnO_2 -Film, mit einem hohen sichtbaren Lichttransmissionsvermögen, als ein Beispiel ist. Obwohl ein SnO_2 -Film hier verwendet wird, kann ein Isolator mit einem hohen sichtbaren Lichttransmissionsvermögen, wie etwa ein Al_2O_3 -Film genau so verwendet werden.

[0235] Das Prinzip Licht-empfangenden Betriebs eines Farbsensors mit der zuvor beschriebenen Struktur wird nachstehend diskutiert werden. Um damit zu beginnen, werden hinsichtlich des Betriebs von jeder photoelektrischen Umwandlungsschicht unter Verwendung des optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform, wenn Licht auf die optoelektronische Materialschicht **164** bestrahlt wird, Träger in den Si-Ultrafeinteilchen **165** der optoelektronischen Materialschicht **164** hergestellt und werden durch ein externes elektri-

sches Feld beschleunigt, was ein Multiplikationsphänomen aufgrund von Kollision und Ionisation verursacht, um ferner vielfache freie Elektronen herzustellen, und die Elektrode zu erreichen. Folglich fällt der interne Widerstand der optoelektronischen Materialschicht **164** z.B. ungefähr $10\ \Omega$ ab. Die Licht-empfangende Funktion wird bereitgestellt, indem eine Änderung in diesen internen Widerstand nachgewiesen wird.

[0236] Wie im Einzelnen in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform beschrieben worden ist, kann der Lichtempfangende Wellenlängenbereich von jeder photoelektrischen Umwandlungsschicht, welche diese Lichtempfangende Funktion besitzt, gesteuert werden. Hinsichtlich des Emissionsmechanismus von Si, welches ein indirekter Übergangshalbleiter ist, gibt es eine Ansicht, dass die Wellenzahlauswahlregel für den optischen Übergang in einer dreidimensionalen winzigen Strukturfläche der Größenordnung von Nanometer (nm) in der porösen Gestalt entspannt, bzw. relaxiert wird, wobei so die direkte Rekombination von Elektronen-Lochpaaren sichergestellt wird, und eine Ansicht, dass vielgliedriges Ringoxid (Polysiloxan) auf der Oberfläche vom porösen Si gebildet wird und ein neues Energieniveau, welches zu der direkten Rekombination beiträgt, an der Polysiloxan/Si-Grenzfläche gebildet wird. In jedem Fall scheint es sicher, dass hinsichtlich Lichtanregung, eine Änderung der Energiebandstruktur (ein Phänomen zum Erhöhen von E_g aufgrund des Quantenbegrenzungseffekts, dass die Gestalt von Si auf eine derartige Weise gegeben wird, dass sie Ultrafeinteilchen aufweisen, deren Teilchengröße in der Größenordnung von einigen Nanometern ist. Das ist, den individuellen photoelektrischen Umwandlungsschichten können unterschiedliche Licht-empfangende Eigenschaften verliehen werden, indem die mittlere Teilchengröße oder die Oberflächenatomanordnung der Si-Ultrafeinteilchen eingestellt wird, die in jeder photoelektrischen Umwandlungsschicht enthalten sind.

[0237] Wenn die Größen der Si-Ultrafeinteilchen der ersten, zweiten und dritten photoelektrischen Umwandlungsschichten **161**, **162** und **163** in dieser Größenordnung erhöht werden, wie E_g erhöht, wenn die Größe der Ultrafeinteilchen kleiner wird, so dass die optische Lücke für die Schicht größer wird, welche näher zu der Licht-empfangenden Oberfläche lokalisiert ist. Dieses Verhalten ist in [Fig. 17](#) veranschaulicht. Im Einzelnen wurden die Durchmesser der Ultrafeinteilchen der ersten, zweiten und dritten photoelektrischen Umwandlungsschichten jeweils auf 3,0 nm, 3,5 nm und 4,0 nm als ein Beispiel eingestellt, und deren optische Lücken wurden eingestellt, um jeweils in den blauen, grünen und roten Bereichen zu liegen. Folglich tritt rotes (R) Licht durch die ersten und zweiten photoelektrischen Umwandlungsschichten ohne Absorption und wird in der dritten photoelektrischen Umwandlungsschicht absorbiert. Genau so tritt grünes (G) Licht durch die erste photoelektrische Umwandlungsschicht ohne Absorption und wird in der zweiten photoelektrischen Umwandlungsschicht absorbiert (vielleicht in der dritten photoelektrischen Umwandlungsschicht auch, abhängig von der Dicke), und blaues (B) Licht wird hauptsächlich in der ersten photoelektrischen Umwandlungsschicht absorbiert. Aus der Differenz zwischen Intensitäten von empfangenen Licht an den individuellen photoelektrischen Umwandlungsschichten können daher die Intensitäten von R, G und B erhalten werden. Ferner werden diese drei Primärfarben genau einer Signalverarbeitung unterzogen, um eine Unterscheidung von Farben sicherzustellen, die eine intermediäre Farbe einschließen.

[0238] Obwohl ein Licht-leitender Photodetektor als eine photoelektrische Umwandlungsschicht in einem derartigen Farbsensor verwendet wird, kann ein Photodetektor vom photoelektromotorischen Krafttyp, wie in dem Abschnitt der achten Ausführungsform diskutiert, verwendet werden. Dieser Fall ist bei der Linearität für einfallendes Licht schnellen Reaktionseigenschaft, niedrigen Geräuscheigenschaft, vorteilhaft.

Elfte Ausführungsform

[0239] Das Strukturprinzip eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung wird im Einzelnen nachstehend als die elfte Ausführungsform bezugnehmend auf [Fig. 18](#) und [19](#) beschrieben.

[0240] Gemäß dieser Ausführungsform wird ein optoelektronischen Material als ein Photolumineszenz (P1) Licht-emittierendes Element beschrieben, in welchem ein Licht-empfangender (aktiver) Bereich eine Ultrafeinteilchen-dispergierte Schicht ist, die Ultrafeinteilchen aus Si ein typisches der Halbleiter der Gruppe IV, mit deren Oberfläche, die mit dessen eigenem thermischen Oxidfilm bedeckt ist, dispergiert in einem gleichförmigen transparenten Medium. Wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform unter Verwendung von Tabelle 1 erläutert, kann der Oxidfilm der Ultrafeinteilchen weggelassen werden, abhängig von der Kombination von Ultrafeinteilchen und einem transparenten Medium.

[0241] [Fig. 18](#) zeigt die Querschnittsstruktur eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform. In [Fig. 18A](#) ist "**181**" ein Substrat, als ein Beispiel für welches ein Si-Substrat vom n-Typ mit einer ebenen Orientierung (**100**) eine Leitfähigkeit vom Phosphor-dotierten n-Typ, und ein spezifischer Widerstand von $10\ \Omega\text{-cm}$ verwendet wurde. Die transparenten Materialschichten **182** mit einem niedrigen Brechungsindex und Ul-

trafeinteilchen-dispergierte Schichten **183** mit einem hohen Brechungsindex sind alternierend in einem vorbestimmten Zyklus auf der oberen Oberfläche dieses Si-Substrats **183** vom n-Typ gestapelt, wobei eine periodische Struktur ausgebildet wird. Die transparenten Materialschichten **182** sind gleichförmige Dünnschichten mit einem hohen Transmissionsvermögen in dem sichtbaren Lichtbereich und einer steuerbaren Leitfähigkeit oder dielektrischen Konstante, und einer dünnen Indiumoxid-Zinn ($\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$: ITO)-Film wurde als ein Beispiel verwendet. Dieser dünne ITO-Film besitzt ein Transmissionsvermögen im sichtbaren Licht von 90 % oder mehr, und dessen Leitfähigkeit oder dielektrische Konstante kann gesteuert werden, indem dessen Bildungsbedingungen (Substrattemperatur, Sauerstoffpartialdruck etc.) eingestellt werden. Zum Beispiel kann der spezifische Widerstand innerhalb des Bereichs von ungefähr 10^{-4} bis $10^{-2} \Omega\text{-cm}$ werden, indem das Zugabeverhältnis von SnO_2 zur Zeit des Herstellens des dünnen ITO-Films durch Abscheidung innerhalb des Bereichs von einigen % bis einigen 10 Gew.-% eingestellt wird. Ferner kann die dielektrische Konstante innerhalb des Bereichs von ungefähr 4 bis 5 gesteuert werden.

[0242] Obwohl ein dünner ITO-Film als die gleichförmigen transparenten Materialschicht verwendet wird, so, dass ein gleichförmiger Dünnschicht mit der gewünschten dielektrischen Konstante als eine Indexschicht mit niedrigem Brechungsindex in Übereinstimmung mit dem Aufbau der periodischen Struktur, die nachstehend diskutiert wird, verwendet werden sollte, ein anderer leitender Dünnschicht, wie etwa ein Dünnschicht aus SnO_2 , TiO_2 oder InO_2 kann genau so verwendet werden, oder ein dielektrischer Dünnschicht aus SnO_2 , Al_2O_3 oder dergleichen kann genau so verwendet werden. Ferner kann das optoelektronische Material gemäß dieser Ausführungsform für die optoelektronische Materialschicht der Licht-emittierenden Vorrichtung, Anzeigevorrichtung, optoelektronische Umwandlungsvorrichtung oder Farbsensor, die in den Abschnitten der ersten bis zehnten Ausführungsformen beschrieben wurden, verwendet werden. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass diese transparente Materialschicht eine hohe Leitfähigkeit haben sollte.

[0243] Wie in [Fig. 18B](#) gezeigt, wird die Ultrafeinteilchen-dispergierte Schicht **183** aus Ultrafeinteilchen **185**, die in einem transparenten Medium **184** dispergiert sind, ausgebildet. Die Struktur dieser Ultrafeinteilchen-dispergierten Schicht **183** ist die gleiche wie diejenige, der optoelektronischen Materialschicht **13**, welche in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform diskutiert worden ist. Das heißt, die Si-Ultrafeinteilchen **185** besitzen im Wesentlichen sphärische Gestalten, die gleiche Kristallstruktur wie Massengut-Si, und eine Leitfähigkeit vom n-Typ mit Phosphor, das bei einer niedrigen Konzentration dotiert ist, wobei die Teilchengröße auf ungefähr 3 bis 10 nm eingestellt ist. Ferner werden die Oberflächen der Si-Ultrafeinteilchen **185** mit nicht-veranschaulichten SiO_2 -Film, dessen Dicke z.B. 3 nm oder dünner betragen sollte, bedeckt.

[0244] Das transparente Medium **184** besitzt ein hohes Transmissionsvermögen in dem sichtbaren Lichtbereich und eine steuerbare Leitfähigkeit und dielektrische Konstante, und ein dünner SnO_2 -Film wurde hier als ein Beispiel verwendet. Es ist geeignet, dass der spezifische Widerstand des Mediums der gleich wie oder größer als der spezifische Widerstand der Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, ist und dieser wurde auf $10 \Omega\text{-cm}$ als ein Beispiel eingestellt.

[0245] Ferner wurde der Packungsanteil der Si-Ultrafeinteilchen **185** der optoelektronischen Materialschicht **183** auf ungefähr 20 % eingestellt, um Quanteneinfangen von Trägern, wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform erwähnt effektiv durchzuführen.

[0246] Obwohl Si als ein Material für die Ultrafeinteilchen verwendet wird, welche die optoelektronische Materialschicht zusammensetzen, wird in geeigneter Weise ein anderer Halbleiter der Gruppe IV, wie etwa (Ge) oder dessen gemischtes Kristall in geeigneter Weise verwendbar, oder ein Verbindungshalbleiter der Gruppe III-V oder der Gruppe II VI kann verwendet werden. Während ein dünnes SnO_2 als das gleichförmige transparente Medium verwendet wird, ist es bevorzugt, dass ein gleichförmiger Dünnschicht mit der gewünschten dielektrischen Konstante als eine Schicht mit hohem Brechungsindex in Übereinstimmung mit dem Aufbau der periodischen Struktur, die nachstehend diskutiert wird, verwendet werden sollte, und ein anderer leitender Dünnschicht oder dielektrischer Dünnschicht kann genau so verwendet werden. Ferner kann das optoelektronische Material gemäß dieser Ausführungsform für die optoelektronische Materialschicht der Licht-emittierenden Vorrichtung, Anzeigevorrichtung, optoelektronischer Umwandlungsvorrichtung oder Farbsensor verwendet werden, die in den Abschnitten der ersten bis zehnten Ausführungsformen beschrieben wurden. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass das transparente Medium diese Ultrafeinteilchen-dispergierten Schicht einen spezifischen Widerstand besitzen sollte, welcher ungefähr gleiche oder größer als der spezifische Widerstand der Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, beträgt.

[0247] Ein Verfahren zum Entwerfen einer periodischen Struktur für das optoelektronische Material gemäß dieser Ausführungsform wird nun beschrieben. Wenn das optoelektronische Material gemäß dieser Ausführungsform

rungsform ein Licht-emittierendes Phänomen zeigt, wobei λ die gewünschte Mittelwellenlänge des emittierten Lichtes ist, wird Alternierungs-Laminierung auf eine derartige Weise durchgeführt, dass die optische Filmdicke einer Periode (Brechungsindex $\times$ Filmdicke) der Laminierung der transparenten Materialschichten **182** und die Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten **183** $\lambda/2$ wird. Gemäß dieser Ausführungsform wurde λ auf 600 nm eingestellt und die optische Filmdicke von jeder Schicht wurde auf 150 nm ($\lambda/4$) als ein Beispiel eines Aufbaus einer periodischen Struktur eingestellt. Darüber hinaus wurde, wenn der typische Brechungsindex eines ITO-Dünnsfilms 2,1 beträgt, die Dicke der transparenten Materialschichten **182** auf 72 nm eingestellt.

[0248] Die Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten **183** wurden basierend auf der Theorie des mittleren effektiven Mediums entworfen. Angenommen, dass die Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten mit sphärischen Ultrafeinteilchen ausgebildet werden, die eine dielektrische Konstante ϵ besitzen, die in dem transparenten Medium mit einer dielektrischen Konstante ϵ_m bei einem Packungsanteil f dispergiert wurden. Wenn die Teilchengröße der Ultrafeinteilchen ausreichend gering ist, verglichen mit der Wellenlänge, wird die durchschnittliche dielektrische Konstante ϵ_{av} der Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten durch die folgende Gleichung (2) ausgedrückt:

$$\epsilon_{av} = \epsilon_m [1 + f \times 3 (\epsilon - \epsilon_m) / \{\epsilon(1+f) + \epsilon_m(2+f)\}] \quad (2)$$

[0249] Gemäß dieser Ausführungsform wird die dielektrische Konstante eines dünnen SnO_2 -Films **4**, **8** und der Wert vom Massengut-Si (**11**, **9**) wird zur Annäherung für die dielektrische Konstante der Si-Ultrafeinteilchen verwendet. Angenommen, dass der Packungsanteil f 20 beträgt, ...? die durchschnittliche dielektrische Konstante der Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten **5**, **8** aus der vorstehenden Gleichung. Da der Brechungsindex an die Potenz $1/2$ die dielektrische Konstante angenähert werden kann, beträgt der erhaltene durchschnittliche Brechungsindex der Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten **2**, **4**. Daher wurde die Dicke der Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten als Schichten mit hohem Brechungsindex auf 63 nm eingestellt.

[0250] Obwohl die optische Filmdicke von jeder Schicht auf $\lambda/4$ eingestellt wird, kann die optische Filmdicke von einer Periode der Laminierung der transparenten Materialschichten **182** und der Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten **183** auf $\lambda/2$ eingestellt werden und dann kann die optische Filmdicke der Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten **183** kleiner als $\lambda/4$ eingestellt werden. Demgemäß ist es möglich, die Effizienz des Erreichens von Licht-Emission aus dem optoelektronischen Material gemäß dieser Ausführungsform zu verstärken.

[0251] Das Betriebsprinzip der Licht-Emission durch das optoelektronische Material mit der vorstehend beschriebenen Struktur wird nachstehend erläutert. Um damit zu beginnen, werden, hinsichtlich des Betriebs des PL Licht-emittierenden Elementes dem optoelektronischen Material gemäß dieser Ausführungsform, wenn Licht mit Photonenergie gleich oder größer als die Bandlückenenergie (E_g) der Ultrafeinteilchen bestrahlt wird, Elektronen-Lochpaare in den Si-Ultrafeinteilchen **185** in den Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten **183** hergestellt, wie im Einzelnen im dem Abschnitt der ersten Ausführungsform diskutiert wurde. Die erzeugten Elektronen-Lochpaare zeigen eine Licht-Emission gemäß E_g der Ultrafeinteilchen durch das Rekombinationsphänomen über das Zentrum der zugehörigen direkten Rekombination.

[0252] Da Halbleiter der Gruppe IV ursprünglich von einem indirekten Übergangstyp sind, ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von direkter Rekombination sehr niedrig, aber, wenn die Ultrafeinteilchen hergestellt werden, um eine Teilchengröße der Größenordnung von einigen Nanometern zu besitzen, nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, wobei so eine starke Licht-Emission sichergestellt wird. Man bemerke hierbei, dass ein Phänomen des Erhöehens von E_g durch den Quantenbegrenzungseffekt verwendet wird, wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform diskutiert. Das heißt, die benötigte Lumineszenz--Wellenlänge kann erhalten werden, indem die Teilchengröße (Größe) der Oberflächenatomanordnung der Si-Ultrafeinteilchen eingestellt wird.

[0253] Jedoch besitzt das Lumineszenzspektrum der Ultrafeinteilchen alleine breite Spektrenbreite, wie in [Fig. 19A](#) gezeigt. Die Si-Ultrafeinteilchen gemäß dieser Ausführungsform besitzen eine Spektrenbreite von ungefähr 0,3 eV, wie in [Fig. 5](#) in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

[0254] Gemäß dieser Ausführungsform wurden die transparenten Materialschichten **182** und die Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten alternierend eine auf die andere in Übereinstimmung mit dem vorstehend erwähnten Aufbau der periodischen Struktur auf eine derartige Weise gestapelt, dass die optische Filmdicke von einer Periode der Laminierung $\lambda/2$ werden würde. Demgemäß trat eine Mehrfachinterferenz an die Grenzflächen individuellen Schichten aufgrund einer Differenz der Brechungsindizes der transparenten Materialschicht und der Ultrafeinteilchen-dispergierten Schicht auf, wobei nur ermöglicht wurde, dass die Emissionsintensität

des Wellenlängenbereichs λ verstärkt worden ist. Dies Verhalten wird in [Fig. 19B](#) veranschaulicht. Da diese Spektrbreite schmaler wird, wenn die Anzahl von Schichten der periodischen Struktur zunimmt, so dass die Anzahl von Schichten in Übereinstimmung mit der notwendigen Spektrbreite eingestellt werden sollte.

[0255] Ferner kann der Effekt des Verstärkens der Intensität des gewünschten Wellenlängenbereichs des kontinuierlichen Spektrum, das inhärent durch Ultrafeinteilchen erzeugt wird, verbessert werden, indem die Teilchengröße oder die Oberflächenanordnung der Si-Ultrafeinteilchen auf eine derartige Weise eingestellt wird, dass die mittlere Wellenlänge der ursprünglichen Licht-Emission der Si-Ultrafeinteilchen zu der mittleren Wellenlänge passt, die durch die periodische Struktur verstärkt wird, und die Dicke von jeder Schicht in Übereinstimmung mit der dem zuvor erwähnten Aufbau der periodischen Struktur eingestellt wird.

[0256] Obwohl ein optoelektronisches Material als ein PL Lichtemittierendes Element in dem Abschnitt dieser Ausführungsform diskutiert worden ist, kann das optoelektronische Material gemäß dieser Ausführungsform auch für die optoelektronischen Materialschichten in den ersten bis zehnten Ausführungsformen verwendet werden. In diesem Fall kann in der Licht-emittierenden Vorrichtung, optoelektronischen Umwandlungsvorrichtung oder Farbsensor, die in den Abschnitten der ersten bis zehnten Ausführungsform beschrieben wurden, die Licht-Emission und Rezeptionsintensitäten des gewünschten Wellenlängenbereichs des kontinuierlichen Spektrums, das inhärent durch Ultrafeinteilchen erzeugt wurde, verstärkt werden.

Zwölfte Ausführungsform

[0257] Das Strukturprinzip eines weiteren optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung wird im Einzelnen nachstehend als die zwölfte Ausführungsform bezugnehmend auf [Fig. 20](#) beschrieben werden. Gemäß dieser Ausführungsform wird eine Beschreibung eines optoelektronischen Materials als ein Photolumineszenz (PL) Licht-emittierendes Element angegeben, welchem ein Licht-empfangender (aktiver) Bereich eine aktive Schicht mit Ultrafeinteilchen aus Si, einem typischen der Halbleiter der Gruppe IV ist, wobei dessen Oberfläche mit dessen eigenem thermischen Oxidfilm bedeckt ist, dispergiert in einem gleichförmigen transparenten Medium. Wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform unter Verwendung von Tabelle 1 erläutert worden ist, kann der Oxidfilm der Ultrafeinteilchen abhängig von der Kombination von Ultrafeinteilchen und einem transparenten Medium weggelassen werden.

[0258] [Fig. 20](#) zeigt die Querschnittsstruktur eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform. In [Fig. 20](#) ist "201" ein Substrat als ein Beispiel für welches ein Glassubstrat verwendet wurde. Eine dünne Metallschicht **202** aus Aluminium (Al) und mit einer Dicke von 100 nm als ein Beispiel, wird auf der oberen Oberfläche dieses Glassubstrats **201** bereitgestellt. Ein Material mit einem hohen Reflexionsvermögen in dem sichtbaren Lichtbereich sollte für die dünne Metallschicht **202** verwendet werden, welche im Wesentlichen aus einem aus Pt, Mg, Indium, Gold, Silber, Wolfram, Molybdän, Tantal, Titan, Kobalt, Nickel und Palladium oder dergleichen, anstelle von Al ausgebildet werden kann.

[0259] Ein vielschichtiger Film **203** wird auf der oberen Oberfläche der dünnen Metallschicht **202** ausgebildet. Dieser vielschichtige Film **203** besitzt wenigstens zwei Arten von Schichten mit unterschiedlichen Brechungsindexen, die alternierend aufeinander gestapelt sind, um eine periodische Struktur zu besitzen. Als ein Beispiel wird dieser aus einem optoelektronischen Material gebildet, welcher aus alternierender Laminierung von transparenten Mediumschichten Si-Ultrafeinteilchen, die in einem dünnen SnO₂-Film dispergiert sind, umfasst, wie in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform diskutiert.

[0260] Die periodische Struktur des vielschichtigen Films **203** wurde auf eine derartige Weise durchgeführt, dass, wenn das optoelektronische Material gemäß dieser Ausführungsform ein Licht-emittierendes Phänomen zeigt, die optische Filmdicke von einer Periode (Brechungsindex $\times$ Filmdicke) $\lambda/2$ (λ : mittlere Wellenlänge des emittierten Lichts) in Übereinstimmung mit dem Aufbau werden würde, der in dem Abschnitt der elften Ausführungsform beschrieben worden ist. Gemäß dieser Ausführungsform wurde mit λ auf 600 nm eingestellt, der vielschichtige Film **203** ausgebildet, indem die transparenten Mediumschichten mit einer Dicke von 72 nm und die Ultrafeinteilchen-dispergierten Schichten mit einer Dicke von 63 nm, als ein Beispiel, gestapelt wurden. Obwohl das optoelektronische Material der elften Ausführungsform für den vielschichtigen Film **203** verwendet wird, kann ein dielektrischer vielschichtiger Film oder dergleichen, welcher herkömmlicherweise verwendet worden ist, als ein vielschichtiger Reflexionsfilm in dem sichtbaren Lichtbereich verwendet werden.

[0261] Eine aktive Schicht **204** wird auf der oberen Oberfläche des vielschichtigen Films **203** ausgebildet. Diese aktive Schicht **204** besitzt die gleiche Struktur wie die Ultrafeinteilchen-dispergierte Schicht **183**, welche in dem Abschnitt der elften Ausführungsform diskutiert worden ist, und wird aus Si-Ultrafeinteilchen **205** ausge-

bildet, die in einem transparenten Medium **206** dispergiert sind. Die Si-Ultrafeinteilchen **205** besitzen im Wesentlichen sphärische Gestalten, die gleiche Kristallstruktur wie Massengut-Si, und eine Leitfähigkeit vom p-Typ bei Bor bei einer niedrigen Konzentration und dotiert ist, wobei die Teilchengröße auf ungefähr 3 bis 10 nm eingestellt wurde. Ferner werden die Oberflächen der Si-Ultrafeinteilchen **205** mit einem nicht-veranschaulichten SiO₂-Film bedeckt, dessen Dicke z.B. 3 nm oder dünner sein sollte. Das transparente Medium **206** ist ein gleichförmiger Dünnschicht mit einem hohen Transmissionsvermögen in dem sichtbaren Lichtbereich und einer steuerbaren Leitfähigkeit und dielektrische Konstante, und ein dünner SnO₂-Film wurde hier als ein Beispiel verwendet.

[0262] Ferner wird die optische Schichtdicke (Brechungsindex $\times$ Schichtdicke) dieser aktiven Schicht **204** auf ein ganzzahliges Vielfaches von λ eingestellt. Gemäß dieser Ausführungsform wurde als ein Beispiel λ auf 600 nm und die optische Schichtdicke der aktiven Schicht **204** auf 2λ eingestellt. Im Einzelnen ist bei dem Packungsanteil von 20 % als ein Beispiel der Brechungsindex der aktiven Schicht **204** 2,4, wie in dem Abschnitt der elften Ausführungsform erhalten. Daher wurde die Dicke der aktiven Schicht **204** auf 500 nm eingestellt.

[0263] Obwohl Si als ein Material für die Ultrafeinteilchen verwendet wird, welche die aktive Schicht zusammensetzen, kann ein anderer Halbleiter der Gruppe IV wie etwa Ge oder dessen gemischtes Kristall, in geeigneter Weise verwendet werden, oder ein Verbindungshalbleiter der Gruppe III-V oder der Gruppe II-VI kann verwendet werden, wie in dem Abschnitt der elften Ausführungsform diskutiert. Während ein dünner SnO₂-Film als das gleichförmige transparente Medium verwendet wird, ist es bevorzugt, dass ein gleichförmiger Dünnschicht mit der gewünschten dielektrischen Konstante in Übereinstimmung mit dem Aufbau der periodischen Struktur verwendet werden sollte, die in dem Abschnitt der elften Ausführungsform diskutiert worden ist, und ein anderer leitender Dünnschicht oder dielektrischer Dünnschicht kann genau so verwendet werden. Ferner kann das optoelektronische Material gemäß dieser Ausführungsform für die optoelektronische Materialschicht der Licht-emittierenden Vorrichtung, Anzeigevorrichtung, optoelektrischen Umwandlungsvorrichtung oder Farbsensor, die in den Abschnitten der ersten bis zehnten Ausführungsformen beschrieben wurden sind, verwendet werden. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass das transparente Medium dieser aktiven Schicht einen spezifischen Widerstand besitzen sollte, welche ungefähr der gleiche wie oder größer als der spezifische Widerstand von Ultrafeinteilchen, die dispergiert werden, besitzen sollte.

[0264] Ein Teilreflexionsschicht **207** aus Pt und mit einer Dicke von 10 nm, als ein Beispiel, wird auf der oberen Oberfläche der aktiven Schicht **204** bereitgestellt. Ein Material mit dem genauen Reflexionsvermögen in dem sichtbaren Lichtbereich sollte für die Teilreflexionsschicht **207** verwendet werden, welche im Wesentlichen aus einem aus Mg, Indium, Al Gold, Silber, Wolfram, Molybdän, Tantal, Titan, Kobalt, Nickel und Palladium oder dergleichen, anstelle von Pt ausgebildet werden. Ferner kann ein dielektrischer vielschichtiger Film, welcher herkömmlicherweise verwendet worden ist, als ein Teilreflexionsfilm in dem sichtbaren Lichtbereich verwendet werden.

[0265] Das Betriebsprinzip der Licht-Emission durch das optoelektronische Material mit der zuvor beschriebenen Struktur wird nachstehend erläutert. Wenn Licht mit einer Photonenergie, die gleich oder größer als die Bandlückenenergie (E_g) der Ultrafeinteilchen ist, bestrahlt wird, tritt Licht-Emission einer breiten Spektrubreite, wie in [Fig. 19A](#) gezeigt, durch das in dem Abschnitt der elften Ausführungsform beschriebene Prinzip, auf.

[0266] Demgemäß wird, wenn eine alternierende Laminierung auf eine derartige Weise durchgeführt wird, dass die optische Schichtdicke des vielschichtigen Films **203** in einer Periode $\lambda/2$ wird, um eine periodische Struktur auszubilden und die optische Schichtdicke der aktiven Schicht **204** entworfen wird, um ein ganzzahliges Vielfaches von λ zu sein, wie vorstehend erwähnt, eine Resonanzstruktur mit der aktiven Schicht **204**, die zwischen den vielschichtigen Film **203** und der Teilreflexionsschicht **207** sandwichartig eingeschlossen ist, erreicht. Daher kann die Emissionsintensität des Wellenlängenbereichs mit einem Peak bei λ allein wie in [Fig. 19B](#) gezeigt, verstärkt werden.

[0267] Ferner zeigen, da das optoelektronische Material, das in dem Abschnitt der elften Ausführungsform diskutiert wurde, für den vielschichtigen Film **203** in dieser Ausführungsform verwendet wird, die Si-Ultrafeinteilchen in dem vielschichtigen Film **203** auch eine Licht-Emission, durch die Emissionsintensität weiter verstärkt wird.

[0268] Ferner kann der Effekt des Verstärkens der Intensität des gewünschten Wellenlängenbereichs des kontinuierlichen Spektrums, das inhärent durch Ultrafeinteilchen erzeugt wird, verbessert werden, indem die Teilchengröße der Oberflächenanordnung der Si-Ultrafeinteilchen auf eine derartige Weise eingestellt wird, dass die mittlere Wellenlänge der ursprünglichen Licht-Emission der Si-Ultrafeinteilchen zu der mittleren

Wellenlänge passt, die durch die periodische Struktur verstärkt wird, und die Dicke von jeder Schicht in Übereinstimmung mit dem zuvor erwähnten Aufbau der periodischen Struktur eingestellt wird.

[0269] Obwohl ein optoelektronisches Material als ein PL Lichtemittierendes Element in dem Abschnitt dieser Ausführungsform diskutiert worden ist, kann das optoelektronische Material gemäß dieser Ausführungsform für die optoelektronische Materialsichten in den ersten bis zehnten Ausführungsform auch verwendet werden. In diesem Fall kann in der Licht-emittierenden Vorrichtung, Anzeigevorrichtung, optoelektrischen Umwandlungsvorrichtung oder Farbsensor, die in den Abschnitten der ersten bis zehnten Ausführungsformen beschrieben wurden, die Licht-Emission und Rezeptionsintensitäten des gewünschten Wellenlängenbereichs des kontinuierlichen Spektrums, das inhärent durch Ultrafeinteilchen erzeugt wurde, verstärkt werden.

Dreizehnte Ausführungsform

[0270] Ein geeignetes Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung wird nun im Detail als die dreizehnte Ausführungsform anhand von **Fig. 21** bis **Fig. 24** beschrieben.

[0271] **Fig. 21** stellen Stufendiagramme dar, die ein Verfahren zum Herstellen von Ultrafeinteilchen der Gruppe IV als ein Beispiel für ein optoelektronisches Material veranschaulichen und "211" bezeichnet Silicium (Si) Pulver und "212" bezeichnet Germanium (Ge) Pulver, die beide Teilchengrößen von ungefähr 1,0 bis 2,0 μm und eine Reinheit von 6 N oder mehr besitzen. "214" ist eine heiße Pressmaschine und "215" ist ein gemischtes Si-Ge-Target.

[0272] Um damit zu beginnen, wie in **Fig. 21A** gezeigt, werden das Si-Pulver **211** und das Ge-Pulver **212** mechanisch vermischt, um gleichförmig dispergiert zu werden, um ein gemischtes Si-Ge-Pulver **313** herzustellen. Während das Mischverhältnis willkürlich eingestellt werden kann, um die Lumineszenzwellenlänge zu steuern, wie später diskutiert wird, wurde dieses auf Si : Ge = 0,2 : 0,8 im molaren Verhältnis eingestellt, wobei die Priorität auf die Licht-Emissionseffizienz gelegt wurde.

[0273] Als nächstes wird, wie in **Fig. 21B** gezeigt, das gemischte Si-Ge-Pulver **213** innerhalb der heißen Pressmaschine **214**, wo Erhitzen und Kompression zur Zeit für Kompressionssintern durchgeführt werden. Während die Erhitzungstemperatur zu dieser Zeit im Allgemeinen ungefähr das 0,8-fache des eutektischen Punktes (K) als eine Referenz beträgt, wurde diese auf ungefähr 700°C in dieser Ausführungsform eingestellt. Das Druckniveau wurde in einem Bereich von 15 bis 20 MPa eingestellt und die Umgebung zur Zeit des Komprimierens war Edelgas (Argongas). Bei der Verwendung eines Vakuum-Heißpressverfahrens kann jedoch ein geformter Gegenstand mit einer hohen Dichte am Ende nicht erhalten werden. Alternativ kann das Erreichen eines geformten Gegenstandes mit im Wesentlichen der gleichen Dichte, wie in dem Heißpressverfahren unter Verwendung von Edelgas erhalten wurde, erhalten werden, indem die Temperatur und niedriger Druck komprimiert wird. Wie in **Fig. 21C** gezeigt, wird ein geformtes gemischtes Si-Ge-Target **215** aus der heißen Pressmaschine **214** genommen.

[0274] Das so geformte gemischte Si-Ge-Target **215** besitzt Si und Ge, die gleichförmig auf dem Mikrometerniveau dispergiert sind, und die Dichte erreicht einen Idealwert von 99 % oder mehr.

[0275] **Fig. 22** zeigt ein Konzeptdiagramm eines Geräts zum Herstellen gemischter Kristall-Ultrafeinteilchen der Gruppe IV (Si-Ge), deren Teilchengrößen in ...??? von nm gesteuert werden, indem Laser-Ablation das gemischte Si-Ge-Target durchgeführt wird, das durch das Herstellungsverfahren in **Fig. 21** erhalten wurde.

[0276] Die Laser-Ablation ist, einen Laserstrahl mit einer hohen Energieintensität (Pulsenergie: 1,0 J/cm² oder mehr) auf ein Targetmaterial zu bestrahlen, um Schmelzen und Desorption der Oberfläche des bestrahlten Targetmaterials zu verursachen, und ist gekennzeichnet durch Nicht-Wärmegleichgewicht und ein massenfreies Verfahren. Ein spezifischer Effekt des Nicht-Wärmegleichgewichts ist die Fähigkeit zum Bewirken von Raum- und Zeit-basierenden selektiven Anregungen. Insbesondere um, wenn selektive Anregung kann ermöglichen, nur eine notwendige Materialquelle angeregt wird, wohingegen das herkömmliche Wärmeverfahren oder Plasmaverfahren verursacht, dass eine im Wesentlichen große Fläche oder die gesamte Fläche des Reaktionsbehälters Wärme oder Ionen ausgesetzt wird, und es ist so ein reines Verfahren mit unterdrücktem Mischen einer Verunreinigung.

[0277] Der Ausdruck "massen-frei" bedeutet einen im Wesentlichen geringen Schaden, verglichen mit einem Ionenverfahren mit dem gleichen Nicht-Wärmegleichgewicht. Das desorbierte Material bei der Laser-Ablation besteht hauptsächlich aus Ionen und Neutronenteilchen oder Atomen, Molekülen oder Clustern (die aus unge-

fähr einigen bis einigen zehn Atomen bestehen) deren kinetische Energie einige zehn eV für Ionen und einige eV für Neutronenteilchen erreicht. Diese Energie ist weit höher als diejenige eines durch Wärme verdampften Atoms, aber liegt in einem beträchtlichen niedrigeren Energiebereich als diejenige eines Ionenstrahls.

[0278] Ein derartiges reines Laser-Ablationsverfahren mit wenig Beschädigung ist zum Herstellen von Ultrafeinteilchen geeignet, deren Verunreinigungsmischen, Kristallinität, Oberflächenstatus und dergleichen gesteuert werden. Die beruht darauf, dass eine geringe Beschädigung ein unvermeidlicher Faktor bei der Herstellung von Ultrafeinteilchen in einem sehr großen Oberflächenverhältnis und empfänglich für die Struktur ist und Ultrafeinteilchen in dem Wärme ausbalancierten Verfahren wechseln lässt, wird die Verteilung der Strukturparameter wie der Teilchengröße unvermeidlich.

[0279] Der grundsätzliche Geräteaufbau ist derart, dass ein Laserstrahl (Wellenlänge: 193 nm) aus Argon-Fluor (ArF) Excimer-Laserquelle **2201** in eine Vakuumreaktionskammer **2206** durch ein optisches System eingeführt wird, welches einen Schlitz **2202**, eine Kondensierlinse **2203**, einen Spiegel **2204** und ein Licht-Durchtrittsfenster **2205** umfasst, und wird auf die Oberfläche eines gemischten Si-Ge-Target **2207** bestrahlt, das innerhalb der Vakuumreaktionskammer **2206** platziert ist. Die Bestrahlungsenergiebedingungen zu dieser-Zeit waren: Pulsenergiedichte von 1,0 bis 3,0 J/cm² und Wiederholungsfrequenz von 10 Hz. Ferner wird das gemischte Si-Ge-Target auf eine Targethalterung **2208** mit einem Rotationsmechanismus platziert. Ein Abscheidungssubstrat **2209** wird bei einem Abstand von 7 bis 10 mm in der Richtung platziert, die zu der Oberfläche des gemischten Si-Ge-Targetes **2207** senkrecht ist und die parallel zu der Target-Oberfläche ist, und ein desorbiertes Material aus der bestrahlten Oberfläche des gemischten Si-Targets **2207** wird gesammelt und abgeschieden. Das heißt, wenn das desorbierte Material im Wesentlichen ein Atom, Mol oder Cluster unter den Bestrahlungsbedingungen dieser Ausführungsform ist, wird ein dünner Film, der diese enthält, durch die Laser-Ablationsabscheidung in einer Hoch-Vakuumumgebung ausgebildet.

[0280] Wenn die Laser-Ablationsabscheidung mit den vorstehend erwähnten Bestrahlungsbedingungen in einer Umgebung aus He-Gas aus einigen hundert Pa (Torr) durchgeführt wird, wird die kinetische Energie des desorbierten Materials in den Umgebungsgasatomen gestreut, so das Assoziierung und Wachstum in der Luft beschleunigt werden und man das Material als Ultrafeinteilchen mit Teilchengrößen mit einigen nm bis einigen zehn nm wachsen lässt zu der Zeit, wo es dieses erreicht hat und auf dem Abscheidungssubstrat **2209** gesammelt worden ist.

[0281] Im Einzelnen wird, nachdem die Vakuumreaktionskammer **2206** zuvor auf 1×10^6 Pa durch ein Hoch-Vakuumevakuiierungssystem **2210** entgast worden ist, was hauptsächlich eine Turbo-Molekularpumpe umfasst, diese Hoch-Vakuumevakuiierungssystem **2210** versiegelt. Dann wird ein Helium (He)-Gas durch eine Edelgaszuführungsleitung **2211** eingeführt, und ein Edelgas (He)-Umgebung wird durch die Stromsteuerung durch eine Massenstromvorrichtung **2212** und Differentialabgas durch ein Differentialabgassystem **221** gesteuert, welches hauptsächlich eine Trockenroationspumpe oder Hochdruckturbo-Molekularpumpe umfasst. Der Bereich des Steuerungsdruck in der He-Gasumgebung beträgt 133,3 bis 2666,6 Pa (1,0 bis 20,0 Torr).

[0282] Herkömmlicherweise ist es schwierig, einen hoch reinen gemischten Si-Ge-Kristall durch eine Schmelz- und Erhitzungsbehandlung eines Massenguts bei 1000°C auszubilden, wohingegen diese Ausführungsform keinen Nicht-Wärme balancierten Zustand darstellen kann, der einer sehr hohen Temperatur von einigen zehntausend Grad auf der Oberfläche des gemischten Si-Ge-Targets **2201** äquivalent ist, wobei so die Bildung eines idealen gemischten Si-Ge-Kristalls sichergestellt wird.

[0283] Da das gemischte Si-Ge-Target **2207** Si und Ge aufweist, die gleichförmig in der Größenordnung von Mikrometer dispergiert sind, beweist des Bestrahlungs-Laserpunktes eine Größe von einigen mm² auf und ist in einem sehr heißen Zustand, der einigen zehntausend Grad im Bezug auf die Temperatur entspricht, d.h. der Unterschied zwischen dem Schmelzpunkt und der Verdampfungstemperatur von Si und Ge ist vernachlässigbar, die Zusammensetzung des desorbierten Materials für jeden Puls passt ausreichend mit der Zusammensetzung des gemischten Si-Ge-Targets **2207** selbst (molares Verhältnis: 0,2 : 0,8) zusammen.

[0284] Es muss nicht betont werden, dass die Abscheidung von Ultrafeinteilchen mit Teilchengrößen, die auf die Größenordnung von nm eingestellt sind, auf dem Substrat durchgeführt werden kann, indem nur ein gemischtes Target verwendet wird, sondern auch ein Target eines Einzelgruppen IV Materials wie Si oder Ge oder deren gemischtes Target, natürlich.

[0285] Nun wird ein Verfahren zum Steuern der mittleren Teilchengröße der Si-Ge gemischten Kristallultrafeinteilchen gemäß dieser Ausführungsform beschrieben werden. Die Steuerung auf die mittlere Teilchengröße

gemäß dieser Ausführungsform wird grundsätzlich erreicht, indem der Druck des Edelgases (He Gas) Umgebung in der Vakuumreaktionskammer **2206** durch die Stromsteuerung durch die Massenstromsteuervorrichtung **2212** und die Leitfähigkeitseinstellung durch das Differentialabgassystem **2213** erreicht, welches hauptsächlich eine trockene Rotationspumpe umfasst.

[0286] [Fig. 23](#) zeigt eine charakteristische Kurve, die den Zusammenhang zwischen dem Druck des eingeführten He-Gases und der mittleren Teilchengröße von gemischten Si-Ge-Kristallultrafeinteilchen darstellt, die an das Abscheidungssubstrat **2209** angebracht sind. Aus der Figur kann verstanden werden, dass die Teilchengröße der Ultrafeinteilchen monoton mit ansteigendem He-Gasdruck zunimmt, wenn der He-Gasdruck in dem Bereich von 266,6 bis 1333,3 Pa (2,0 bis 10,0 Torr) liegt. Es ist auch offensichtlich, dass Teilchengröße quantitativ im Verhältnis zur Potenz von $1/3$ des He-Gasdrucks (p) zunimmt. Diese Abhängigkeit wird durch das Streuen der kinetischen Energie der desorbierten (injizierten) Teilchen in die He-Gasumgebung erklärt, die als ein inertes Widerstandsmedium betrachtet wird. Eine derartige Größensteuerung kann natürlich nicht nur auf ein Target eines gemischten Materials verwendet werden, sondern auch auf ein Target eines einzelnen Materials wie Si oder Ge.

[0287] In Kürze wird gemäß dieser Ausführungsform ein Laser-Ablationsschritt in Edelgasumgebung zunächst durchgeführt, um sicher Abscheidung aus Ultrafeinteilchen auszubilden, wobei die Teilchengröße auf die nm Größenordnung gesteuert wird, auf dem Substrat. Als nächstes wird der Druck der Edelgasumgebung in der Vakuumreaktionskammer konstant geändert, um die mittlere Teilchengrößensteuerung sicherzustellen. Da gemischte Kristallultrafeinteilchen verwendet werden, kann insbesondere das Zusammensetzungsverhältnis des gemischten Kristalls effektiv als Subparameter verwendet werden, obwohl die Teilchengröße der Hauptparameter beim Einstellen der Bandlückenenergie ist, wie in [Fig. 6](#) in den Abschnitt der zweiten Ausführungsform erläutert.

[0288] Als ein optoelektronisches Material kann eine einzelnen Substanz oder ein gemischter Kristall einer anderen Art oder mit einem anderen Zusammensetzungsverhältnis genau so verwendet werden. Zum Beispiel kann eine Verbindung der Gruppe III-V, wie Gallium-Arsenid (GaAs), welches ein Halbleiter vom direkten Übergangstyp ist, oder eine Verbindung der Gruppe II-VI wie Cadmiumsulfid (CdS) genau so verwendet werden.

[0289] Ultrafeinteilchen, die in der Vakuumreaktionskammer ..., werden direkt auf dem Substrat in der vorhergehenden Beschreibung abgeschieden, in welchem Fall die Teilchengrößenverteilung der Ultrafeinteilchen breiter wird. In dieser Hinsicht wird ein Verfahren zum Steuern der Teilchengröße von Ultrafeinteilchen im Schritt zur Herstellung des optoelektronischen Materials gemäß dieser Ausführungsform unter Verwendung von [Fig. 24](#) beschrieben.

[0290] [Fig. 24](#) ist ein schematisches Diagramm eines Teilchengrößensteuerungsgeräts, welches die Teilchengröße unter Verwendung der Massenseparierung zur Zeit der Abscheidung von Ultrafeinteilchen durch Laser-Ablation steuert. In [Fig. 24](#) tritt, wenn ein Puls-Laserstrahl auf die Oberfläche eines Targets **241** bestrahlt wird, dass in dem Zentrum eine Reaktionskammer in Edelgasumgebung platziert ist, ein Laser-Ablationsphänomen auf der Oberfläche des Targets **241** auf und Assoziierung und Wachstum in der Luft werden beschleunigt, wobei Ultrafeinteilchen **242** hergestellt werden. Für die hergestellten Ultrafeinteilchen **242** wird ein Massenseparator **244** verwendet, welcher eine Öffnung **245** zum Einführen der hergestellten Ultrafeinteilchen **242**, eine Ionisationskammer **246** zum Ionisieren der eingeführten Ultrafeinteilchen, ein Beschleunigungsrohr **247** zum Beschleunigen der Geschwindigkeit der ionisierten Ultrafeinteilchen durch ein elektrisches Feld, und eine Deflektionselektrode **248** zum Anlegen eines elektrischen Feldes zur Massenseparierung der Ultrafeinteilchen umfasst.

[0291] Ein Verfahren, das die Teilchengröße der Ultrafeinteilchen in der zuvor beschriebenen Struktur steuert, wird als nächstes diskutiert werden. Zunächst werden, wie vorstehend erwähnt, wenn ein Puls-Laserstrahl auf der Oberfläche des Targets **241**, das in der Vakuumreaktionskammer in Edelgasumgebung platziert ist, bestrahlt wird, die Ultrafeinteilchen **242** erzeugt. Die Ultrafeinteilchen **242** werden über die Öffnung **245** in die Ionisationskammer **246** eingeführt. Wenn die eingeführten Ultrafeinteilchen durch eine Wachstumsentladungsfläche treten, welche in dieser Ionisationskammer **246** gebildet wird, werden sie ionisiert. Als nächstes werden die ionisierten Ultrafeinteilchen in Übereinstimmung mit der Spannung beschleunigt, die an das Beschleunigungsrohr **247** angelegt wird, und erreichen die Ablenkungselektrode **248**. Wenn ein elektrisches Feld an die Ablenkungselektrode **248** angelegt worden ist, wird die Injektionsrichtung von einigen der Ultrafeinteilchen zu einem Abscheidungssubstrat **243** geändert. Da diese Injektionsrichtung durch die Teilchengröße (Masse, um präzise zu sein) der Ultrafeinteilchen, die abgeschieden werden, die Beschleunigungsspannung in dem Beschleunigungsrohr **247** und das angelegte elektrische Feld auf die Ablenkungselektrode **248** bestimmt wird, ist

es möglich, nur die Ultrafeinteilchen, die zu dem Abscheidungssubstrat **243** abgeschieden werden, zu injizieren, indem diese physikalischen Mengen gesteuert werden.

[0292] Das Einbauen des vorstehend beschriebenen Massenseparators **244** zwischen dem Target **241** und dem Abscheidungssubstrats **243** kann ermöglichen, dass Ultrafeinteilchen mit passenden Teilchengrößen auf dem Abscheidungssubstrat **243** abgeschieden werden. Obwohl ein elektrisches Feld unter Verwendung der Ablenkungselektrode angelegt wird, um die Injektionsrichtung von Ultrafeinteilchen in der vorhergehenden Beschreibung zu ändern, kann die Injektionsrichtung geändert werden, indem ein magnetisches Feld angelegt wird.

Vierzehnte Ausführungsform

[0293] Ein anderes geeignetes Verfahren zum Herstellen des optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung wird nun im Detail als die vierzehnte Ausführungsform anhand von [Fig. 25](#) beschrieben. Gemäß der vorstehend beschriebenen dreizehnten Ausführungsform dieser Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von Ultrafeinteilchen der Gruppe IV beschrieben worden. Wenn die Ultrafeinteilchen direkt angebracht werden und auf einem Abscheidungssubstrat abgeschieden werden, ist es wahrscheinlich, dass ein Dünnschicht mit einer porösen Gestalt, der aus Ultrafeinteilchen umfasst ist, als letztes ausgebildet wird. Hinsichtlich dieser porösen Gestalt kann eine optimalere Gestalt unter der Annahme, dass Elektroden verbunden werden, um eine Vorrichtung auszubilden, gefordert sein, oder eine optimalere Gestalt oder dergleichen kann gefordert sein, um den ursprünglichen Quantenbegrenzungseffekt von sphärischen Ultrafeinteilchen zu bewirken, um eine neue Funktion, die mit Licht-Emission assoziiert ist, zu demonstrieren.

[0294] In dieser Hinsicht wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Materials beschrieben, das aus einem transparenten leitenden Dünnschicht dispergierten Si-Ultrafeinteilchen umfasst ist. Gemäß dieser Ausführungsform gibt es einen Schritt zum gleichzeitigen Durchführen einer Abscheidung von Si-Ultrafeinteilchen und eine Abscheidung eines transparenten leitenden Materials auf dem gleichen Substrat, um die Si-Ultrafeinteilchen in dem transparenten leitenden Dünnschicht zu dispergieren, die Si-Ultrafeinteilchen werden hergestellt und fest auf das Substrat unter Verwendung von Laser-Ablation in Edelgas-(Ar, He oder dergleichen) Umgebung abgeschieden, und der transparente leitende Dünnschicht wird auf dem gleichen Substrat auf eine derartige Weise ausgebildet, dass die Si-Ultrafeinteilchen auf der Innenseite durch eine Verdampfungsschritt dispergiert werden, auf geeignete Weise, Laser-Ablation in einer Oxidgasumgebung.

[0295] Im Einzelnen zeigt die [Fig. 25](#) ein Konzeptdiagramm eines optoelektronischen Materialherstellungsgesetztes zum Ausbilden einer dünnen optoelektronischen Materialschicht, die Si-Ultrafeinteilchen besitzt, die in einem gleichförmigen transparenten leitenden Dünnschicht dispergiert sind, durch gleichzeitige Laser-Ablation auf dem Target und das transparente leitende Target.

[0296] Bezugnehmend auf [Fig. 25](#) wird nach einer ersten Reaktionskammer **2501**, die insgesamt aus Metall ist, auf $1,33 \times 10^{11}$ Pa ($1,0 \times 10^9$ Torr) durch ein Hoch-Vakuumevakuierungssystem entgast, welches hauptsächlich eine Turbo-Molekularpumpe umfasst, und ein Ar-Gas wird über eine Edelgaszuführungsleitung **2503** durch eine Massenstromsteuerungsvorrichtung **2502** eingeführt. Bei Zusammenwirken des Betriebs eines Gasabgassystems **2504**, welches hauptsächlich eine Trockenrotationpumpe oder Hochdruckturbo-Molekularpumpe umfasst, wird der Edelgasdruck in der ersten Reaktionskammer **2501** auf einen konstanten Wert in dem Bereich von 13,3 bis 1333 Pa (0,1 bis 10 Torr) eingestellt.

[0297] Unter dieser Situation wird ein Puls-Laserstrahl aus einer ersten Puls-Laserquelle **2507** auf die Oberfläche eines Si-Targets **2506** bestrahlt, das auf einer ersten Targethalterung **2505** platziert ist, welche einen Rotationsmechanismus besitzt. Folglich tritt ein Laser-Ablationsphänomen auf der Oberfläche des Si-Targets **2506** auf, Ionen oder Neutronen (Atome, Cluster) aus Si werden desorbiert und sie werden hauptsächlich in die Target-Normalrichtung mit der kinetischen Energie in der Größenordnung von 50 eV für Ionen oder 5 eV für Neutronen injiziert. Wenn das desorbierte Material gegen die Atome des Edelgases kollidiert, wird deren Flugrichtung gestört und die kinetische Energie wird in der Umgebung gestreut, wobei so die Assoziation und Kondensation in der Luft beschleunigt wird. Folglich lässt man Ultrafeinteilchen mit Teilchengrößen von einigen nm bis einigen zehn nm wachsen. Der Laser-Ablationsschritt in dieser Edelgasumgebung ist grundsätzlich der gleiche wie derjenige, der anhand von [Fig. 22](#) erläutert worden ist.

[0298] Währenddessen wird, nachdem eine zweite Reaktionskammer **2508** insgesamt aus Metall ist, auf $133,3 \times 10^9$ Pa ($1,0 \times 10^9$ Torr) durch das Hoch-Vakuumevakuierungssystem entgast wurde und ein sauerstoffhaltiges Gas über eine Oxidgaszuführungsleitung **2510** durch eine Massenstromsteuerungsvorrichtung **2509** ein-

geführt. Es ist geeignet, Sauerstoff in dem He-Gas bei einem Sauerstoffmischverhältnis von einigen % zu mischen. Beim Zusammenwirken des Betriebs eines Gasabgassystems **2511**, welches hauptsächlich eine trockene Rotationspumpe oder Hochdruckturbo-Molekularpumpe umfasst, der Edelgasdruck in der zweiten Reaktionskammer **2508** auf einen konstanten Wert in dem Bereich von 13,3 bis 1332,3 Pa (0,1 bis 10 Torr) eingestellt. Wenn ein Puls-Laserstrahl aus einer zweiten Puls-Laserquelle **2514** auf die Oberfläche eines SnO₂-Target **2513** bestrahlt wird, das auf einer zweiten Targethalterung **2512** platziert ist, welche einen Rotationsmechanismus besitzt, unter dieser Bedingung tritt ein Laser-Ablationsphänomen auf der Oberfläche des SnO₂-Targets **2513** auf, Ionen oder Neutronen (Moleküle, Cluster) von SnO₂ werden desorbiert und sie werden hauptsächlich in die Target-Normalrichtung zunächst mit der kinetischen Energie in der Größenordnung von 50 eV für Ionen oder 5 eV für Neutronen injiziert, während die Größe von dem Molekularen oder Cluster-Niveau beibehalten wird. Indem die Sauerstoffgasumgebung zu dieser Zeit bereitgestellt wird, wird das eingespritzte Material mit Moleküle aus SnO₂ oder ein Cluster mit einer Einheit von Molekülen, die beide in einem metastabilen Zustand sind, und die stoichiometrische Zusammensetzung wird beibehalten.

[0299] Ferner wird ein Abscheidungssubstrat **2516** in einer Vakuumreaktionskammer **2515** platziert, welche ungefähr auf das Endvakuum von $1,33 \times 10^{-3}$ Pa ($1,0 \times 10^{-5}$ Torr) ein Hoch-Vakuumevakuiersystem **2517** entgast worden ist, welches hauptsächlich eine Turbo-Molekularpumpe umfasst. Aufgrund des Differentialdrucks zwischen der Vakuumreaktionskammer **2515** und der ersten Reaktionskammer **2501** werden die Si-Ultrafeinteilchen, die in der ersten Reaktionskammer **2501** hergestellt wurden, durch eine erste Düse **2518**, und einen ersten Skimmer **2519** in die Vakuumreaktionskammer **2515** injiziert, um auf dem Substrat **2516** abgeschieden zu werden.

[0300] Auf ähnliche Weise werden aufgrund des Differentialdrucks zwischen der Vakuumreaktionskammer **2515** und der zweiten Reaktionskammer **2508** die Moleküle oder die Cluster aus SnO₂, die in der zweiten Reaktionskammer **2508** hergestellt wurden, in die Vakuumreaktionskammer **2515** durch eine zweite Düse **2520** und einen zweiten Skimmer **2521** injiziert, um auf dem Substrat **2516** als gleichförmige Dünnschicht abgeschieden zu werden.

[0301] Daher kann eine gleichzeitige Laser-Ablation von Si und SnO₂ ein dünnes SnO₂ (transparenter Leiter) mit den dispergierten Si-Ultrafeinteilchen auf dem Abscheidungssubstrat **2516** ausbilden. Ferner können, da aktiver Sauerstoff zum Herstellen eines transparenten leitenden Dünnschichtfilms nur in der zweiten Reaktionskammer **2508** gemäß dieser Ausführungsform existiert, Si-Ultrafeinteilchen, die sehr empfindlich gegenüber Oxidation sind, in dem transparenten leitenden Dünnschichtfilm dispergiert werden, ohne der aktiven Sauerstoffumgebung ausgesetzt zu werden.

[0302] Der Packungsanteil der abgeschiedenen Ultrafeinteilchen wird durch die Laserleistung auf einem Target zur Zeit der Laser-Ablation und der Wiederholungsfrequenz gesteuert. Alternativ ist diese steuerbar, indem die Gestalten der Düsen und Skimmer und der Differentialdruck zwischen der Vakuumreaktionskammer und jeder Reaktionskammer eingestellt werden.

[0303] Die Differenz zwischen der Verwendung von Ar und der Verwendung von He als ein Umgebungsedelgas ist derart, dass der Druck von Ar das 0,1- bis 0,2-fache desjenigen von He eingestellt werden sollte, genommen als eine Referenz.

[0304] Die Oberfläche der Si-Ultrafeinteilchen sofort nach Abscheidung gleitet ein Kristalldefekten oder Verunreinigungsmischen aufgrund einer Beschädigung, die durch Hochenergieteilchen oder Bestrahlung verursacht wurde. Um eine derartige unerwünschte Oberflächenschicht zu entfernen und Si-Ultrafeinteilchen mit herausragender Kristallinität und Reinheit auszubilden, ist es effektiv, die Si-Ultrafeinteilchen einer Oxidation in Sauerstoffumgebung oder einer Hitzebehandlung zu unterziehen. Als dieser Oberflächenbehandlungsschritt sind die folgenden Verfahren in Übereinstimmung mit den Kombinationen der Ultrafeinteilchen und transparenten Medien geeignet, welche in dem Abschnitt der ersten Ausführungsform unter Verwendung der Tabelle 1 diskutiert worden sind.

[0305] Zunächst tritt in dem Fall der Kombination A auf Tabelle 1, d.h., wenn die Standardenthalpie der Bildung des transparenten Mediums niedriger als diejenige eines Oxids von Ultrafeinteilchen ist, Oxidation durch Sauerstoff in dem transparenten Medium nicht leicht auf, wenn die Ultrafeinteilchen in dem transparenten Medium dispergiert werden, so dass der transparente Dünnschichtfilm mit den dispergierten Ultrafeinteilchen eine Wärmebehandlung nach Abscheidung unterzogen wird. Im Einzelnen wird nachdem die Abscheidung beendet ist, die Vakuumreaktionskammer **2515** zeitweise auf einen Hoch-Vakuumzustand evakuiert, wonach ein Stickstoffgas eingeführt wird, um die Stickstoffumgebung auszubilden. Dann wird der transparente Dünnschichtfilm mit dem

dispergierten Ultrafeinteilchen auf dem Abscheidungssubstrat **2516** erhitzt. Bei dieser Erhitzungsbehandlung wird die Temperatur auf das 0,5- bis 0,8-fache des Schmelzpunkts (absolute Temperatur) der Ultrafeinteilchen und niedriger als der Schmelzpunkt des transparenten Medium eingestellt. Ferner ist es erwünscht, dass der Schmelzpunkt des transparenten Mediums höher als derjenige der Ultrafeinteilchen ist. Zum Beispiel ist der Schmelzpunkt von Si 1414°C und der Schmelzpunkt von SnO₂ ist 1127°C, so dass die Temperatur bei der Hitzebehandlung in dem Bereich von 600 bis 1000°C eingestellt werden sollte. Der Oberflächenbehandlungsschritt in dieser Stickstoffumgebung kann die unerwünschte Oberflächenschicht eliminieren und kann Ultrafeinteilchen mit herausragender Kristallinität und Reinheit ausbilden. Obwohl die Hitzebehandlung in der Stickstoffgasumgebung ausgeführt wird, kann diese in einer Umgebung aus einem Sauerstoffgas oder dergleichen durchgeführt werden. In diesem Fall kann ein Oxidfilm auf der Oberfläche der Ultrafeinteilchen ausgebildet werden.

[0306] In dem Fall der Kombination B auf Tabelle 1 wie in dieser Ausführungsform wenn Ultrafeinteilchen einem transparente Medium dispergiert werden, werden sie durch Sauerstoff in dem transparenten Medium oxidiert. Vor der Dispersion der Ultrafeinteilchen in dem transparenten Medium sollten sie daher mit einem Oxidfilm beschichtet werden. Im Einzelnen sollte zur Zeit des Ausführens der vorstehend erwähnten Laser-Ablation von Si und SnO₂ ein Sauerstoffgas in die Vakuumreaktionskammer **2415** eingeführt werden. Der Druck sollte so eingestellt werden, um einen Differentialdruck zwischen der ersten Reaktionskammer und der zweiten Reaktionskammer bereitzustellen, z.B. auf $1,33 \times 10^{-4}$ Pa (10² Torr) oder niedriger. Wenn die Si-Ultrafeinteilchen, die in der ersten Reaktionskammer **2501** hergestellt wurden, in die Vakuumreaktionskammer **2515** durch die erste Düse **2518** injiziert werden, kontaktieren sie die Sauerstoffmoleküle in der Vakuumreaktionskammer, wobei die Oberflächenoxidation beschleunigt wird. Währenddessen wird die Sauerstoffzusammensetzung des abgeschiedenen dünnen SnO₂-Films nicht durch dieses Vermischen des Sauerstoffgases verringert, und die stoichiometrische Zusammensetzung wird beibehalten. Der Oberflächenbehandlungsschritt in dieser Sauerstoffumgebung sollte die unerwünschte Oberflächenschicht eliminieren und könnte Ultrafeinteilchen mit herausragender Kristallinität und Reinheit ausbilden.

[0307] Gemäß dieser Ausführungsform kann ein dünner SnO₂-Film mit dispergierten Si-Ultrafeinteilchen erhalten werden, wobei so eine poröse Gestalt eliminiert wird. Es ist daher möglich, einen Dünnsfilm herzustellen, der Ultrafeinteilchen enthält, welche beim Verbinden von Elektroden nützlich sind, um eine Vorrichtung auszubilden und können effektiv den Quanteneffekt bewirken.

[0308] Ferner könnte die unerwünschte Oberflächenschicht durch die Oberflächenbehandlung von Ultrafeinteilchen eliminiert werden, um Ultrafeinteilchen mit herausragender Kristallinität und Reinheit auszubilden.

[0309] Obwohl die vorhergehende Beschreibung ein Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Materials diskutiert hat, das Si-Ultrafeinteilchen umfasst, die in einem dünnen SnO₂-Film dispergiert sind, kann eine einzelne Substanz oder ein gemischtes Kristall einer anderen Art mit einem anderen Zusammensetzungsverhältnis natürlich genau so wie ein optoelektronisches Material verwendet werden, und ein dielektrischer Dünnsfilm von SnO₂ oder dergleichen kann als ein transparentes Mediummaterial verwendet werden, in welchem Ultrafeinteilchen dispergiert werden, anstelle eines transparenten leitenden Dünnsfilms.

[0310] Si-Ultrafeinteilchen, die in der ersten Reaktionskammer hergestellt wurden, werden direkt auf das Substrat über die erste Düse in der vorhergehenden Beschreibung abgeschieden, in welcher die Teilchengrößenverteilung der Ultrafeinteilchen breiter wird. In dieser Hinsicht können Ultrafeinteilchen mit passenden Teilchengrößen abgeschieden werden, indem das Verfahren zum Steuern der Teilchengröße von Ultrafeinteilchen verwendet wird welches in dem Abschnitt der dreizehnten Ausführungsform unter Verwendung von [Fig. 24](#) erläutert worden ist, in dem Schritt zur Herstellung des optoelektronischen Materials dieser Erfindung.

Fünfzehnte Ausführungsform

[0311] Ein anderes Verfahren zum Herstellen des optoelektronischen Materials gemäß dieser Erfindung wird nun im Detail als die fünfzehnte Ausführungsform beschrieben, anhand von [Fig. 26](#) und [Fig. 27](#). Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Materials, das einen dielektrischen Dünnsfilm mit hauptsächlich Ultrafeinteilchen der Gruppe IV, die gemäß dieser Ausführungsform dispergiert sind, umfasst, wird beschrieben. Diese Ausführungsform besitzt einen Schritt zum gleichzeitigen Ausführen der Abscheidung von gemischten Kristallultrafeinteilchen der Gruppe IV und Abscheidung eines dielektrischen Materials aus dem gleichen Substrat, um die gemischten Kristallultrafeinteilchen der Gruppe IV in dem dielektrischen Dünnsfilm zu dispergieren. Die adhäsive Abscheidung der gemischten Kristallultrafeinteilchen der Gruppe IV durch Laser-Ablation und die Abscheidung des dielektrischen Dünnsfilms durch Sputtern werden gleichzeitig auf dem gleichen Substrat aus-

geführt.

[0312] Im Einzelnen zeigen [Fig. 26](#) und [Fig. 27](#) Konzeptdiagramme von Geräten gemäß dieser Ausführungsform. [Fig. 27](#) zeigt die Struktur einer Ablations-Sputter-Hybridkathode **261**, welche in dieser Ausführungsform verwendet wird. In [Fig. 26](#) wird ein scheibenförmiges gemischtes Target der Gruppe IV (Si-Ge) **262** zur Laser-Ablation an dem Zentrum platziert, und ein dielektrisches Material-(SiO₂) Target **263** zum Sputtern wird konzentrisch das Target **272** umgebend angeordnet. Das Target der Gruppe IV (Si-Ge) **262** ist das gleiche wie dasjenige, das in der dreizehnten Ausführungsform dieser Erfindung verwendet wurde.

[0313] Der Boden des dielektrischen Material-Targets **263** wird mit einer RF-Spannungszuführung **264** (13,56 MHz, 1,0 kW) gefunden, einer Magnetronstruktur **267** mit einem Permanentmagneten, der unter dem dielektrischen Material-Target **263** bereitgestellt ist, um die Plasmadichte in der Nachbarschaft des dielektrischen Material-Targets **263** zu verbessern und die Sputterraten zu erhöhen, wird bereitgestellt.

[0314] Ein Anodenring **265** wird in der genauen Gestalt bereitgestellt, um zu verhindern, dass Kreuz-Kontamination verursacht wird, indem auf die Oberfläche des gemischten Targets der Gruppe **262** zur Laser-Ablation oder andere nicht-notwendige Teile gesputtert wird.

[0315] Während die Boden des gemischten Targets der Gruppe IV **262** und das dielektrische Material-Target **263** mit Wasser gekühlt werden, um Überhitzen zu verhindern, einer Packungsplatte **266** aus Kupfer bereitgestellt, um die Kühleffizienz zu verbessern.

[0316] [Fig. 27](#) stellt ein Konzeptdiagramm eines Komposit-Abscheidungsgeräts zum Ausbilden einer optoelektronischen Materialschicht mit gemischten Kristallultrafeinteilchen der Gruppe IV, die in einem dielektrischen Dünnschicht dispergiert sind, dar.

[0317] Bezugnehmend auf [Fig. 27](#) wird zunächst eine Vakuumreaktionskammer **2701**, die ganz aus Metall ist, Endvakuum von $1,0 \times 10^{-7}$ Pa durch ein Hoch-Vakuumevakuumierungssystem **2702** entgast, welches hauptsächlich eine Turbo-Molekularpumpe umfasst. Dann wird das Hoch-Vakuumevakuumierungssystem **2702** durch ein Ventil geschlossen, wonach ein Ar- oder He-Gas über eine Edelgaszuführungsleitung **2704** durch eine Massenstromsteuerungsvorrichtung **2703** eingeführt wird. Zusammenwirken mit dem Betrieb eines Differentialabgassystems **2705**, welches hauptsächlich eine trockene Rotationspumpe oder Hochdruckturbo-Molekularpumpe umfasst, wird der Edelgasdruck in der Vakuumreaktionskammer **2701** auf einen konstanten Wert in dem Bereich von 1,33 Pa bis 1333,3 Pa (10,0 mTorr bis 10,0 Torr) eingestellt.

[0318] Unter diesen Bedingungen wird ein ArF-Excimer-Laserstrahl aus einer Excimer-Laserquelle **2707** durch ein Lichteinlassfenster **2706** auf der Oberfläche eines Si-Ge-Targets **262** bestrahlt, das in dem Zentrum der Hybridkathode **261** platziert ist. Anschließend tritt ein Laser-Ablationsphänomen auf der Oberfläche des Si-Ge-Targets **262** auf, Ionen oder Neutronen (Atome, Cluster) aus Si und Ge werden desorbiert und sie werden hauptsächlich in die Target-Normalrichtung zunächst mit der kinetischen Energie in der Größenordnung von 50 eV für Ionen oder 5 eV für Neutronen injiziert. Da die kinetische Energie des desorbierten Materials in den Umgebungsgasatomen gestreut wird, kommt es so zu einer Assoziierung und zu einem Wachstum in der Luft. Daher ist das Material als Ultrafeinteilchen mit Teilchengrößen von einigen nm gewachsen, zu der Zeit, wo es ein Abscheidungssubstrat **2708** erreicht hat und dort gesammelt worden ist, wobei das Abscheidungssubstrat senkrecht oberhalb des Zentrums des Si-Ge-Targets **262** positioniert ist.

[0319] Der Laser-Ablationsschritt in dieser Edelgasumgebung ist hauptsächlich der gleiche wie derjenige, der anhand von [Fig. 22](#) diskutiert worden ist. Der Packungsanteil der abgeschiedenen Ultrafeinteilchen wird durch die Laser-Leistung auf dem Target zu der Zeit der Laser-Ablation und der Wiederholungsfrequenz gesteuert.

[0320] Wenn Hochfrequenzspannung auf das SiO₂-Target **263** der Hybridkathode **261** in der Edelgasumgebung angelegt wird, wird Abscheidung von SiO₂ durch Sputtern gleichzeitig ausgeführt.

[0321] Die zuvor erwähnten gleichzeitigen Abscheidungen durch Ablation (Si-Ge) und Sputtern (SiO₂) können einen dünnen SnO₂-(dielektrischen) Film mit dispergierten gemischten Si-Ge-(Gruppe IV) Kristallultrafeinteilchen auf dem Abscheidungssubstrat **2708** ausbilden.

[0322] Nachdem die Abscheidung beendet ist, wird die Vakuumreaktionskammer **2701** zeitweise auf einen hohen Vakuumzustand evakuiert, wonach ein Sauerstoffgas über eine Sauerstoffzuführungsleitung **2709** eingeführt wird, um eine Sauerstoffumgebung auszubilden. Dann wird ein Infrarotlicht (inkohärentes Licht) einem

Bestrahlungs- und Erhitzungsgerät **2710**, welches eine Halogenlampe **2701a** umfasst, die an der Rückseite des Abscheidungssubstrats **2708** und eines gleichförmigen Reflektors **2710b** bereitgestellt ist, auf das Abscheidungssubstrat **2708** bestrahlt, um den dünnen SiO_2 -Film mit den dispergierten gemischten Si-Ge-Kristallultrafeinteilchen auf dem Abscheidungssubstrat **2708** zu erhitzen. Zu dieser Zeit wird ein transparentes Material wie Quarz für eine Substrathalterung **2711** verwendet. Diese Hitzebehandlung wird in der Sauerstoffumgebung durchgeführt, die Oberfläche der gemischten Kristallultrafeinteilchen der Gruppe IV können oxidiert werden, wenn die Temperatur in dem Bereich von 600 bis 900°C eingestellt wird.

[0323] Die Oberfläche der gemischten Kristallultrafeinteilchen der Gruppe IV leidet sofort nach der Abscheidung an Kristalldefekten oder Verunreinigungsvermischen aufgrund eines Schadens, der durch die Hochenergieiteilchen oder Bestrahlung verursacht wird. Die unerwünschte Oberflächenschicht könnte durch den Oberflächenoxidationsschritt in der Sauerstoffumgebung eliminiert werden, um gemischte Kristallultrafeinteilchen mit herausragender Kristallinität und Reinheit auszubilden.

[0324] Da die Oberflächen der Ultrafeinteilchen während dem Fliegen in der Luft aktiv sind, kontaktieren sie die Sauerstoffmoleküle, wobei die Oberflächeoxidation beschleunigt wird. Die Sauerstoffzusammensetzung des abgeschiedenen dünnen SnO_2 -Films wird nicht durch dieses Mischen des Sauerstoffgases reduziert, und die stöchiometrische Zusammensetzung wird beibehalten. Es ist geeignet, Sauerstoff in das Ar-Gas bei einem Mischungsverhältnis in der Größenordnung von 1,0 % zu vermischen.

[0325] Gemäß dieser Ausführungsform kann, wie vorstehend beschrieben, ein dünner SnO_2 -Film mit dispergierten gemischten Si-Ge-Kristallultrafeinteilchen erhalten werden, wobei so eine poröse Gestalt eliminiert wird. Es ist daher möglich, einen Dünnsfilm herzustellen, der Ultrafeinteilchen enthält, welche beim Verbinden von Elektroden nützlich sind, um eine Vorrichtung auszubilden, und effektiv den Quantengrößeneffekt bewirken können.

[0326] Die Unterschied zwischen der Verwendung von Ar und der Verwendung von He als ein Umgebungsedelgas ist derart, dass der Druck von Ar 0,1- bis 0,2-fache desjenigen von He, genommen als eine Referenz, eingestellt werden sollte. Angesichts des Zusammenpassens mit der herkömmlichen Sputter-Abscheidung ist es tatsächlich geeignet, den Druck von Ar in dem Bereich von ungefähr 1,33 bis 13,3 Pa (0,01 bis 0,1 Torr) einzustellen.

[0327] Der Oberflächenoxidationsschritt durch Erhitzen in der Sauerstoffgasumgebung bei der gleichzeitigen Abscheidung könnte die unerwünschte Oberflächenschicht eliminieren und könnte gemischte Kristallultrafeinteilchen der Gruppe IV mit herausragender Kristallinität und Reinheit ausbilden.

[0328] Eine einzige Substanz oder ein gemischtes Kristall einer anderen Art oder Zusammensetzungsverhältnis kann natürlich als eine Halbleitermaterial verwendet werden, wie in der dreizehnten oder vierzehnten Ausführungsform, und als ein dielektrisches Material kann ein anderes Material wie Aluminiumoxid (Al_2O_3) genau so verwendet werden. Dies beruht darauf, dass, wenn Al_2O_3 verwendet wird, es weniger schädlichen Einfluss (welches hauptsächlich bedeutet, dass überschüssiger Sauerstoff einen Halbleiter der Gruppe IV oxidiert) der Abweichung aus der stöchiometrischen Zusammensetzung von Aluminiumoxid, die gemischten Halbleiterultrafeinteilchen der Gruppe IV gibt, verglichen mit dem Fall von SiO_2 .

[0329] Gemäß dieser Erfindung werden, wie aus dem Vorstehenden offensichtlich ist, Ultrafeinteilchen in einem Medium dispergiert, welches eine steuerbare Leitfähigkeit oder dielektrische Konstante besitzt und im Wesentlichen gleichförmig ist, wobei es möglich ist, effektiv Trägereinspritzung in die Ultrafeinteilchen oder den Quantenbegrenzungseffekt von Trägern in den Ultrafeinteilchen auszuführen und zu steuern, und es ist so möglich, eine Licht-emittierende Vorrichtung und einen Photodetektor zu verwirklichen, dessen Licht-Emissions- und Rezeptionseigenschaften wie die Wellenlängen steuerbar sind und welche eine hohe Licht-Emission und eine Rezeptionseffizienz besitzen.

[0330] Wegen der periodischen Struktur, wo Ultrafeinteilchen dispergierte Schichten unter Verwendung eines derartigen optoelektronischen Materials und transparente Mediumsschichten alternierend aufeinander gestapelt werden, ist es möglich, ein optoelektronisches Material mit einer derartigen Eigenschaft bereitzustellen, um so die Intensität eines spezifischen Wellenlängenbereichs in dem kontinuierlichen Spektrum zu verstärken, das durch Ultrafeinteilchen emittiert oder erzeugt wird, und es ist so möglich, eine Licht-emittierende Vorrichtung einem Photodetektor etc. zu verwirklichen, welches ermöglichen kann, dass die Photonenergie des empfangenen oder emittierten Lichts gesteuert wird.

[0331] Ferner kann die Bereitstellung einer aktiven Schicht unter Verwendung eines derartigen optoelektronischen Materials und einer Hochreflexionsschicht und einer Teilreflexionsschicht, die aktive Schicht sandwichartig einschließen, ein optoelektronisches Material, und eventuell eine Licht-emittierende Vorrichtung, einen Photodetektor und dergleichen bereit stellen, welche ermöglichen können, dass die Wellenlänge des empfangenen oder emittierten Lichts enger gemacht wird und die Intensität erhöhen kann.

[0332] Darüber hinaus kann, indem ein Paar von Elektroden bereitgestellt wird, welche eine optoelektronische Materialschicht sandwichartig einschließen, die ein derartiges optoelektronisches Material enthält, und von welchen wenigstens eines in direktem Kontakt hierzu ist, die elektrische Verbindung zwischen den Elektroden der optoelektronischen Materialschicht genau gesteuert werden, und eine Licht-emittierende Vorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, ein Photodetektor etc., welche eine hohe Licht-Emission und Rezeptionseffizienz besitzen, können erhalten werden.

[0333] Wenn ein derartiges optoelektronisches Material im Einzelnen an einen Ultraviolett-detektor oder dergleichen angepasst wird, wird ein Farbfilter oder dergleichen nicht notwendig.

[0334] Indem die vorstehend erwähnte Anzeigevorrichtung verwendet wird, wird ein tragbares Anzeigegerät, welches zur Größen- und Gewichtsreduzierung geeignet ist, und eine niedrigere Verlustleistung und hohe Auflösung besitzt, bereitgestellt, und ist in geeigneter Weise als ein HMD oder elektronisches Wörterbuch angepasst.

[0335] Darüber hinaus verwenden das vorstehend erwähnte optoelektronische Material die Licht-emittierende Vorrichtung, der Photodetektor und dergleichen gemäß dieser Erfindung ein Material, deren Menge unbegrenzt ist und welches frei von Umweltkontaminierung ist, und besitzen herausragende Vorteile des Zusammenpassens zu der Si-LSI-Technologie, hohen Umweltwiderstand und zusammenbaufreie Fähigkeit, und können verschiedene Arten von adaptiven Multimediavorrichtungen angepasst werden.

[0336] Gemäß eines Verfahrens zur Herstellung des zuvor erwähnten optoelektronischen Materials wird ein Laser-Ablationsschritt für ein erstes Target in einer Edelgasumgebung durchgeführt, um sicher Ultrafeinteilchenabscheidung auf dem Substrat auszubilden, wobei die Teilchengröße auf die Größenordnung von nm gesteuert ist, und die Steuerung der mittleren Teilchengröße und die Steuerung des Zusammensetzungsverhältnisses eines gemischten Kristalls bewirkt werden kann, es ermöglicht wird, dass die Licht-Emissions- und Rezeptionseigenschaften bei einem hohen Freiheitsgrad eingestellt werden.

[0337] Darüber hinaus ist es geeignet, einen Verdampfungsschritt zum Verdampfen eines zweiten Targetmaterials bereitzustellen. Demgemäß wird ein Material, das in dem Verdampfungsschritt hergestellt wurde, auf dem Abscheidungssubstrat ???, im Wesentlichen zur gleichen Zeit, wie Ultrafeinteilchen, die durch Kondensieren und Wachsen lassen eines Materials, desorbiert und in den Ablationsschritt injiziert wurden, in der Luft auf dem Abscheidungssubstrat gesammelt, so dass ein optoelektronisches Material, das die Ultrafeinteilchen besitzt, die in einem gleichförmigen Material dispergiert wurden, das aus dem zweiten Targetmaterial umfasst ist, tatsächlich erreicht werden kann.

INDUSTRIELLE ANWENDBARKEIT

[0338] Diese Erfindung besitzt herausragende Eigenschaften des Zusammenpassens mit der Silicium (Si)-LSI-Technologie, Selbstlicht-Emission, schnelle Reaktion, Pixel-Miniaturisierung, niedrige Verlustleistung, hohen Umweltwiderstand und zusammenbaufreies Verfahren, und kann an verschiedene Arten von tragbaren Terminals und anderen Anzeigegeräten angepasst werden.

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Material (**13**), welches umfasst:
 ein gleichförmiges Medium (**15**) mit einer kontrollierbaren elektrischen Eigenschaft, und
 ultrafeine Halbleiterteilchen (**14**), die in dem Medium (**15**) dispergiert sind und eine mittlere Teilchengröße von 100 nm oder weniger haben,
dadurch gekennzeichnet, dass
 das Medium einen spezifischen Widerstand aufweist, der gleich oder größer als jener der ultrafeinen Halbleiterteilchen ist.

2. Das optoelektronische Material nach Anspruch 1, wobei der Durchmesser der ultrafeinen Halbleiterteil-

chen gleich oder kleiner als ungefähr 2 Mal die de Broglie Wellenlänge eines Halbleitermaterials für diese ultrafeinen Teilchen ist.

3. Das optoelektronische Material nach Anspruch 1 oder 2, wobei der minimale Abstand zwischen den ultrafeinen Halbleiterteilchen, die in dem Medium dispergiert sind, gleich oder größer ist als der mittlere Radius der ultrafeinen Halbleiterteilchen.

4. Das optoelektronische Material nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei der Packungsanteil der ultrafeinen Halbleiterteilchen in dem Medium gleich oder weniger als 30 % ist.

5. Das optoelektronische Material nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Standard-Enthalpie der Bildung des Mediums niedriger ist als die eines Oxids der ultrafeinen Halbleiterteilchen, die in dem Medium dispergiert sind.

6. Das optoelektronische Material nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die ultrafeinen Halbleiterteilchen, die in dem Medium dispergiert sind, mit einem Oxid aus einem Element bedeckt sind, das die ultrafeinen Halbleiterteilchen aufbaut.

7. Das optoelektronische Material nach Anspruch 6, wobei die Standard-Enthalpie der Bildung des Mediums höher ist als die eines Oxids der ultrafeinen Halbleiterteilchen, die in dem Medium dispergiert sind.

8. Optoelektronisches Laminat, welches umfasst:
eine optoelektronische Materialschicht nach einem der vorhergehenden Ansprüche; und
transparente Materialschichten, wobei die Schicht mit darin dispergierten ultrafeinen Teilchen und die transparenten Materialschichten sind alternierend aufeinander gestapelt sind.

9. Optoelektronisches Laminat, welches umfasst:
eine optoelektronische Materialschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 7;
eine hoch reflektive Schicht, die auf einer Oberfläche der mit ultrafeinen Teilchen dispergierten Schicht bereitgestellt ist; und
eine teilweise reflektive Schicht, die auf einer anderen Oberfläche der mit ultrafeinen Teilchen dispergierten Schicht bereitgestellt ist.

10. Das optoelektronische Laminat nach Anspruch 9, wobei mindestens die teilweise reflektive Schicht oder die hoch reflektive Schicht ein Vielschichtfilm mit zwei Arten von Schichten mit verschiedenen Reflexions-Indizes ist, die alternierend aufeinander gestapelt sind.

11. Das optoelektronische Laminat nach Anspruch 10, wobei die optoelektronische Materialschicht in den Vielschichtfilm einbezogen ist.

12. Licht emittierende Vorrichtung, welche umfasst:
eine optoelektronische Materialschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit einem Paar von Elektroden, welche die optoelektronische Materialschicht auf beiden Seiten einschließen, wodurch, wenn eine Spannung an das Paar von Elektroden angelegt wird, Träger in die ultrafeinen Halbleiterteilchen injiziert werden und eine Lichtemission in einer Strahlungs-Rekombination von Elektronen-Loch-Paaren auftritt, welche durch die Injektion der Träger hervorgerufen werden.

13. Die Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die leuchtenden Photonenenergie kontrollierbar ist.

14. Licht emittierende Vorrichtung, welche umfasst:
eine erste Elektrode (17), die auf einer Hauptoberfläche eines Halbleitersubstrats (11) gebildet ist;
eine Isolatorschicht (12), die auf einer anderen Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (11) gebildet ist und eine Öffnung zum teilweisen Freilegen des Halbleitersubstrats (11) aufweist;
eine optoelektronische Materialschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 7 in Kontakt mit dem Halbleitersubstrat (11) durch besagte Öffnung; und
eine zweite Elektrode (16), welche auf der optoelektronischen Materialschicht gebildet ist.

15. Die Licht emittierende Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei, wenn eine Spannung an die erste und die zweite Elektrode angelegt wird, Träger in die ultrafeinen Halbleiterteilchen injiziert werden und eine Lichtemis-

sion in einer Strahlungs-Rekombination von Elektronen-Loch-Paaren auftritt, die durch die Injektion der Träger hervorgerufen werden, und die Rate der Änderung der Emissionsintensität in Bezug auf den Injektionsstrom mit dem Injektionsstrom ansteigt.

16. Einfarbige Anzeigevorrichtung, welche umfasst:

Licht emittierende Elemente, die jeweils eine optoelektronische Materialschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und ein Paar von Elektroden, welche die optoelektronischen Materialschichten auf beiden Seiten einschließen, aufweist, die Licht emittierenden Elemente bauen gleichmäßig und regulär angeordnete Einheitspixel auf, eine Emissionsintensität von jedem der Einheitspixel wird durch eine Änderung eines Anregungsstroms an die Licht emittierenden Elemente der Einheitspixel eingestellt.

17. Farb-Anzeigevorrichtung, welche umfasst:

Licht emittierende Elemente, die jeweils eine optoelektronische Materialschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und ein Paar von Elektroden, welche die optoelektronische Materialschicht auf beiden Seiten einschließt, umfasst, die Licht emittierenden Elemente bauen gleichmäßig und regulär angeordnete Einheitspixel auf, jeder Einheitspixel ist in einer Vielzahl von Licht emittierenden Elementen zum Emittieren von Licht einer spezifischen Farbe aufgrund einer mittleren Teilchengröße oder einer atomaren Oberflächenanordnung der ultrafeinen Teilchen der Licht emittierenden Elemente aufgebaut, eine Emissionsintensität und Farbe jedes der Einheitspixel wird durch eine Veränderung in einem Anregungsstrom an die Licht emittierenden Elemente der Einheitspixel eingestellt.

18. Tragbares Anzeigegerät mit einer Anzeigevorrichtung nach Anspruch 14, 15, 16 oder 17.

19. Kopfmontierte Anzeige, welche umfasst:

eine Anzeigevorrichtung nach Anspruch 14, 15, 16 oder 17;
ein Befestigungselement zum Anbringen der Anzeigevorrichtung auf den Kopf einer Person, auf welchen das Anzeigelement zu befestigen ist;
ein optisches System zum Bilden von Information, die auf der Anzeigevorrichtung für das rechte und das linke Auge der Person angezeigt wird.

20. Elektronisches Wörterbuch zum Anzeigen von Information mit Hilfe einer Anzeigevorrichtung nach Anspruch 14, 15, 16 oder 17.

21. Optoelektronische Umwandlungsvorrichtung, welche umfasst:

eine optoelektronische Materialschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit einem Paar von Elektroden, welche die optoelektronische ultrafeine Schicht auf beiden Seiten einschließt;
die optoelektronische Umwandlungsvorrichtung weist eine photodetektive Funktion durch Detektieren einer Änderung in einem inneren Widerstand auf, der durch Trägererzeugung hervorgerufen wird, die von Lichteinstrahlung auf die optoelektronische Materialsschicht herrühren.

22. Optoelektronische Umwandlungsvorrichtung, welche umfasst:

eine optoelektronische Materialschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 7; und
ein Paar von Elektroden, welche die optoelektronische dispergierte Materialschicht auf beiden Seiten einschließt;
wobei eine Schottky-Verbindung an einer Grenzfläche zwischen der mit ultrafeinen Teilchen dispergierten Schicht und den Elektroden oder eine p-n-Verbindung in der mit ultrafeinen Teilchen dispergierten Schicht gebildet wird; und
die optoelektronische Umwandlungsvorrichtung eine photodetektive Funktion durch Detektieren einer Veränderung der photoelektromotorischen Kraft aufweist, welche durch Trägererzeugung erzeugt wird, die von einer Lichteinstrahlung herrühren.

23. Die optoelektronische Umwandlungsvorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, wobei die detektierte Photonenenergie kontrollierbar ist.

24. Farbsensor, welcher optoelektronische Umwandlungsschichten umfasst, die optoelektronische Umwandlungselemente einschließen, wie sie in Ansprüchen 21, 22 oder 23 definiert werden, gestapelt durch einen transparenten Isolatorfilm; jedes der optoelektronischen Umwandlungselemente weist eine photodetektive Funktion in verschiedenen vorbestimmten Wellenlängenbereichen durch Kontrollieren der optischen Lückenenergie durch Einstellen einer mittleren Teilchengröße oder einer atomaren Oberflächenanordnung von ultrafeinen Teilchen der optoelektronischen Umwandlungselemente auf.

25. Der Farbsensor nach Anspruch 24, wobei die gestapelten optoelektronischen Umwandlungsschichten verschiedene optische Lückenenergien aufweisen, und umso näher eine optoelektronische Oberfläche des optoelektronischen Umwandlungsschichten wird, umso größer wird die optische Lückenenergie.

26. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Materials, welches umfasst:
einen Schritt des Platzierens eines ersten Target-Materials zum Platzieren eines ersten Target-Materials (2207) in einer Vakuumreaktionskammer (2206) in einer Umgebung mit niedrigem Edelgasdruck;
einen Schritt des Platzierens eines zweiten Target-Materials zum Platzieren eines zweiten Target-Materials in der Vakuumreaktionskammer, in der das erste Target-Material platziert ist;
einen Schritt des Platzierens eines Substrats zum Platzieren eines Substrats (2209) in der Vakuumreaktionskammer; und
einen Ablationsschritt zum Einstrahlen eines Laserstrahls auf das erste Target-Material, das in den Schritt zum Platzieren des ersten Target-Materials platziert wurde, um Desorption und Injektion des Target-Materials hervorzurufen,
wodurch ultrafeine Teilchen mit einer mittleren Teilchengröße von 100 nm oder weniger, welche durch Kondensieren und Aufwachsen eines Materials erhalten wurden, in den Ablationsschritt desorbiert und injiziert werden, in einer Edelgasumgebung auf dem Substrat gefangen werden, um ein optoelektronisches Material, das die ultrafeinen Teilchen enthält, zu erreichen,
wobei das zweite Target-Material gesputtert wird, um ein Material, das durch Sputtern hergestellt wurde, auf dem Substrat und im Wesentlichen zur gleichen Zeit wie die ultrafeinen Teilchen zu fangen, welche durch Kondensieren und Aufwachsen eines Materials erhalten wurden, die in dem Ablationsschritt, in einer Edelgasumgebung desorbiert und injiziert, auf dem Substrat gefangen werden, um dadurch ein optoelektronisches Material mit den ultrafeinen Teilchen zu erhalten, die in einem Material dispergiert sind, das aus dem zweiten Target-Material besteht, und
wobei das zweite Target-Material einen spezifischen Widerstand aufweist, der gleich oder größer als der des ersten Target-Materials ist.

27. Das Verfahren nach Anspruch 26, welches ferner einen Schritt der Änderung des Einleitungsdrucks eines Edelgases mit niedrigem Druck umfasst, um eine mittlere Teilchengröße der ultrafeinen Teilchen zu kontrollieren.

28. Das Verfahren nach Anspruch 26 oder 27, welches ferner einen Schritt des Durchführens einer Massenseparation von ultrafeinen Teilchen umfasst, die aus dem Ablationsschritt erreicht wurden, um eine mittlere Teilchengröße der ultrafeinen Teilchen zu kontrollieren.

29. Das Verfahren nach Anspruch 28, wobei der Schritt des Durchführens der Massenseparation von ultrafeinen Teilchen einen Schritt des Ionisierens der ultrafeinen Teilchen und einen Schritt des Anlegens eines elektrischen Feldes oder eines magnetischen Feldes an die ionisierten ultrafeinen Teilchen einschließt.

30. Das Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 29, wobei das erste Target-Material ein gemischtes Material in einem gemischten Kristallzustand ist, welches verschiedene Typen von Halbleitermaterialien einschließt.

31. Das Verfahren nach Anspruch 30, wobei das gemischte Material durch einen Mischungsschritt des mechanischen Mischens einer Vielzahl von Ausgangsrohteilchen und einen Sinterschritt des Sinters der gemischten Teilchen durch eine Heißpresse gebildet wird.

32. Das Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 29, welches ferner einen Oxidationsschritt des Oxidierens einer Oberfläche des optoelektronischen Materials auf dem Substrat umfasst.

33. Das Verfahren nach Anspruch 32, wobei in dem Oxidationsschritt ultrafeine Teilchen, die in einem Luftassoziationsschritt erreicht werden, einer Wärmebehandlung in einem Umgebungsgas, das Sauerstoff enthält, unterzogen werden, um dadurch Oberflächen der ultrafeinen Teilchen mit einem thermischen Oxidfilm zu beschichten.

34. Das Verfahren nach Anspruch 33, wobei eine Wärmebehandlung in einer nicht oxidativen Umgebung bei einer höheren Temperatur als einer Temperatur zu einem Zeitpunkt des Bildens eines thermischen Oxidfilms in dem Beschichtungsschritt vor der Bildung des thermischen Oxidfilms ausgeführt wird.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

FIG. 1A

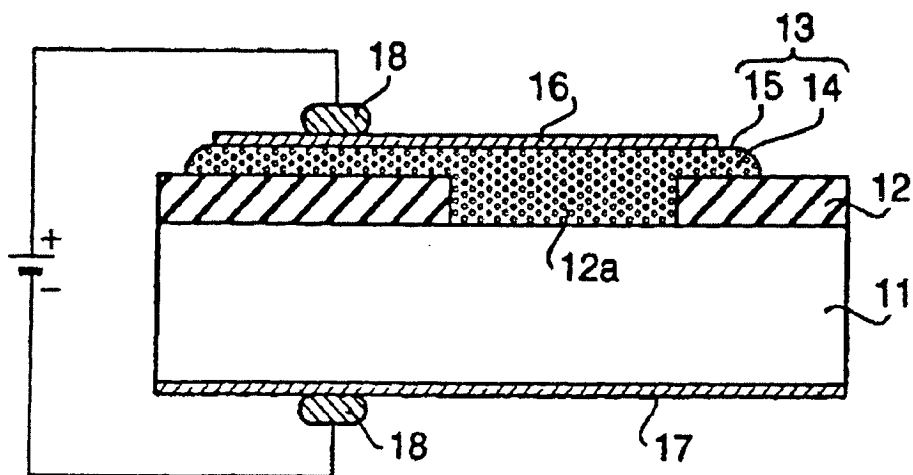


FIG. 1B

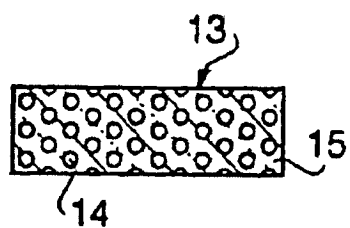


FIG. 1C

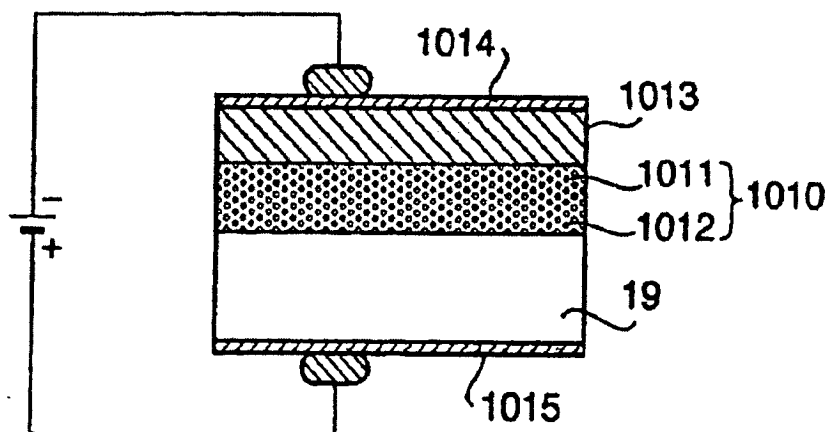


FIG. 2A

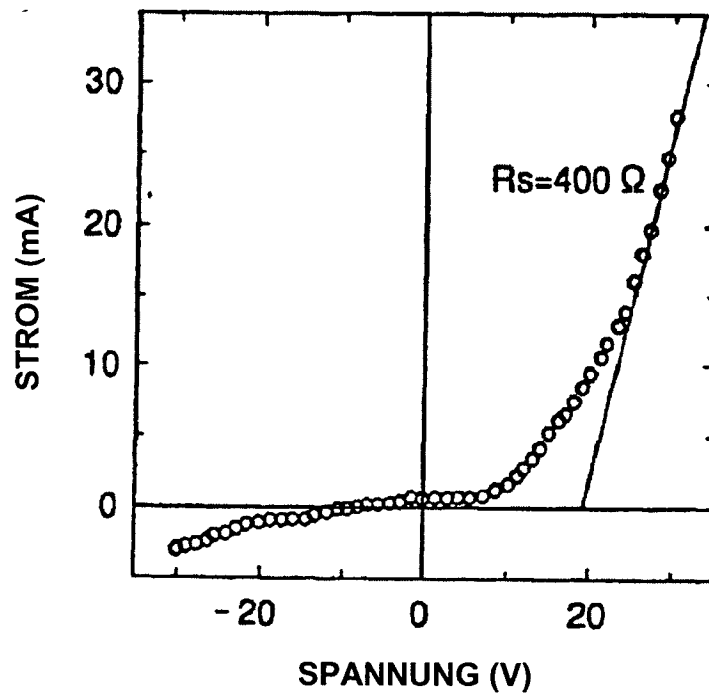


FIG. 2B

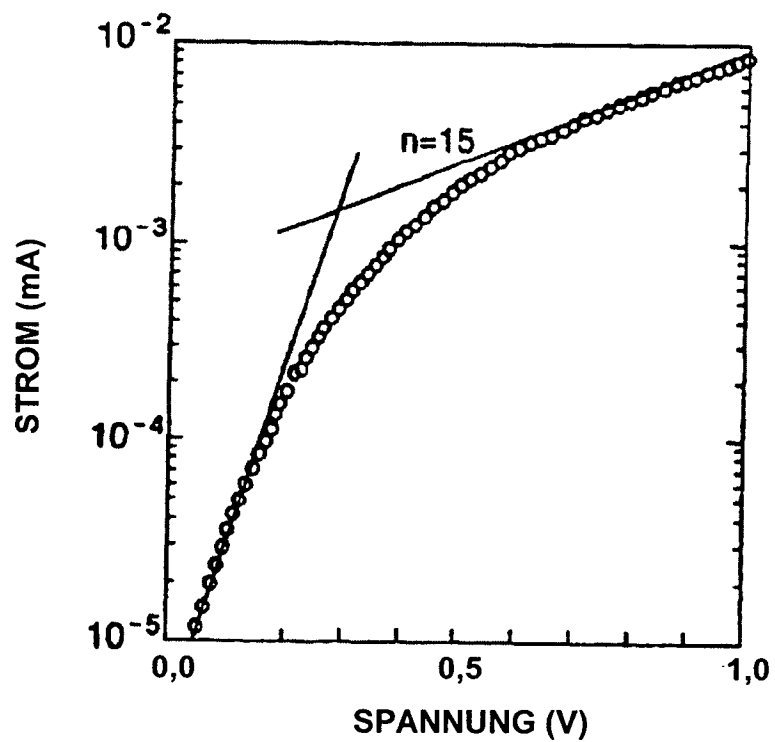


FIG. 3

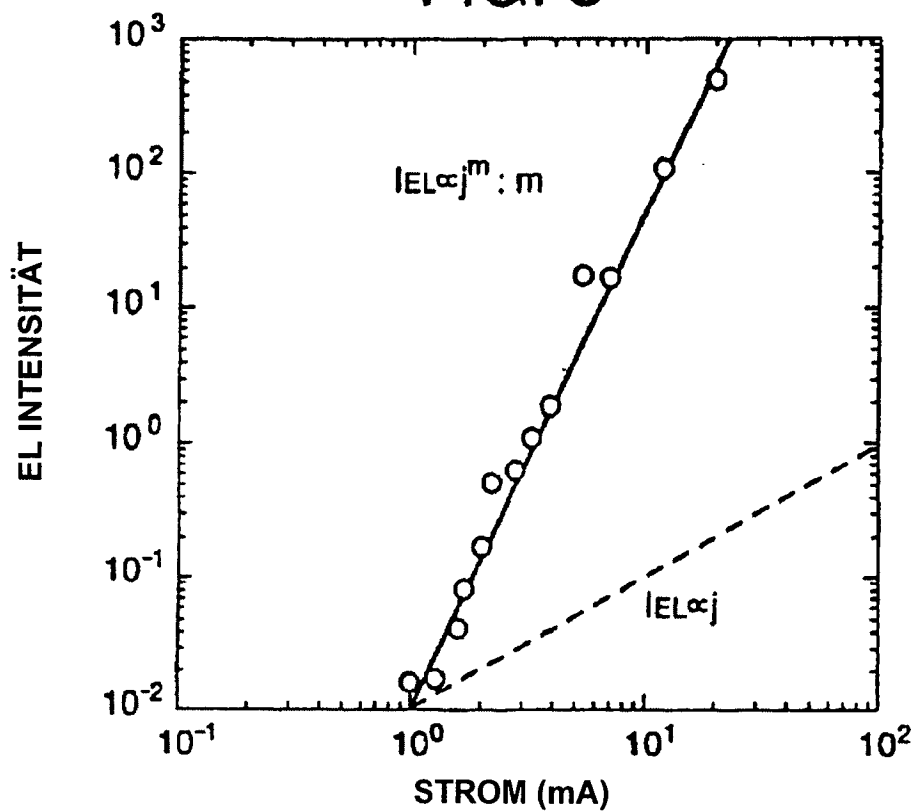


FIG. 4

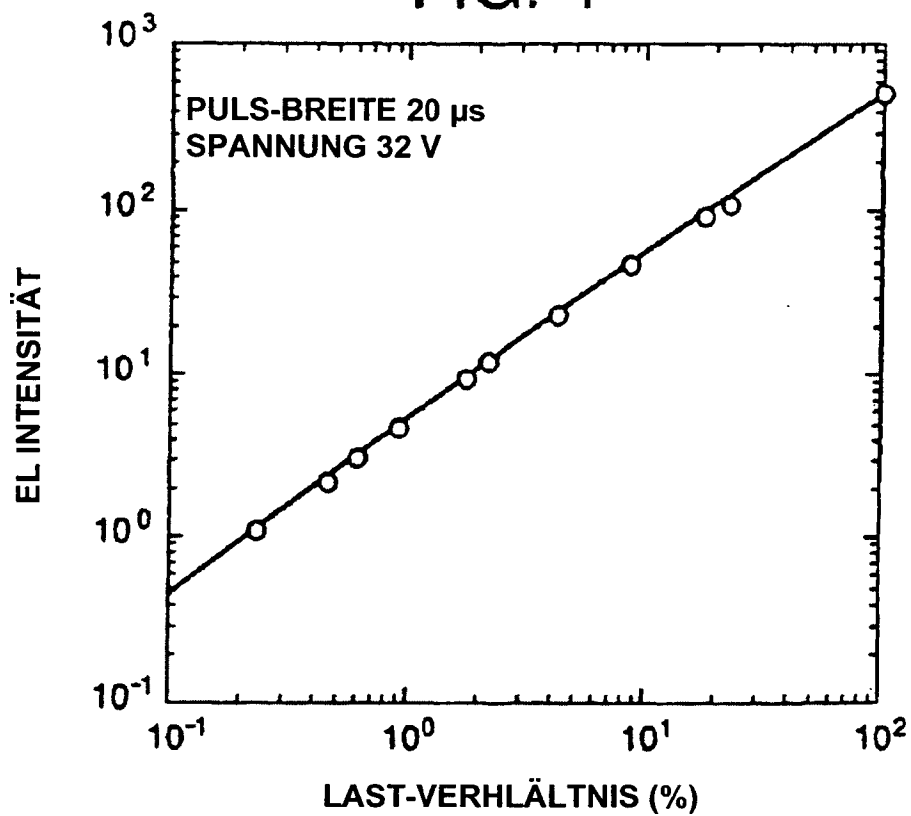


FIG. 5

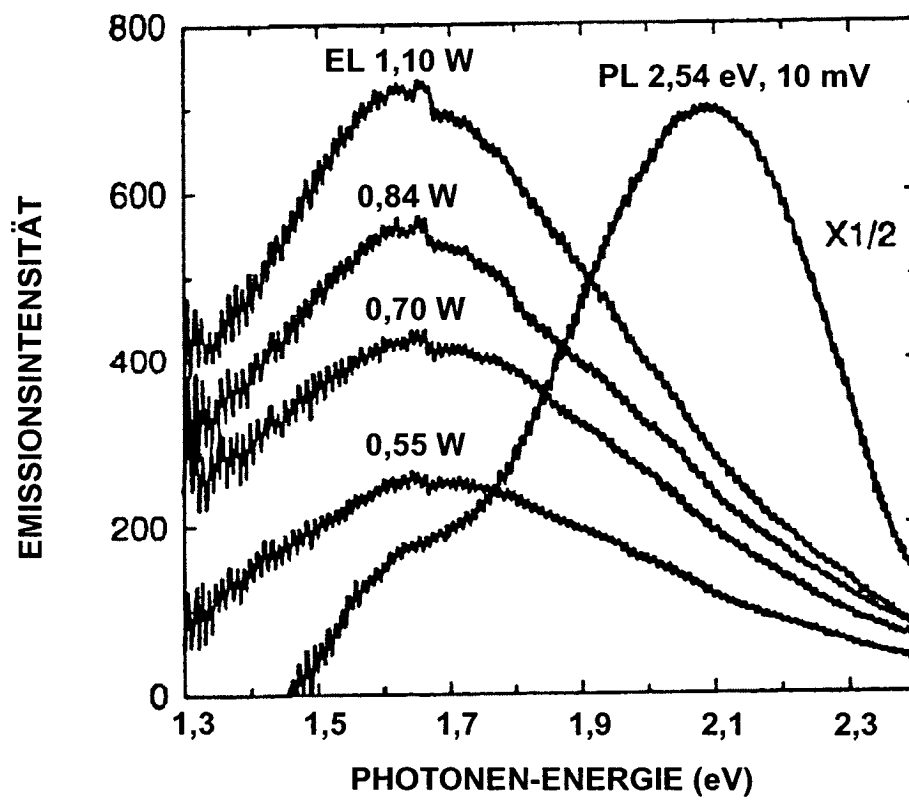


FIG. 6A

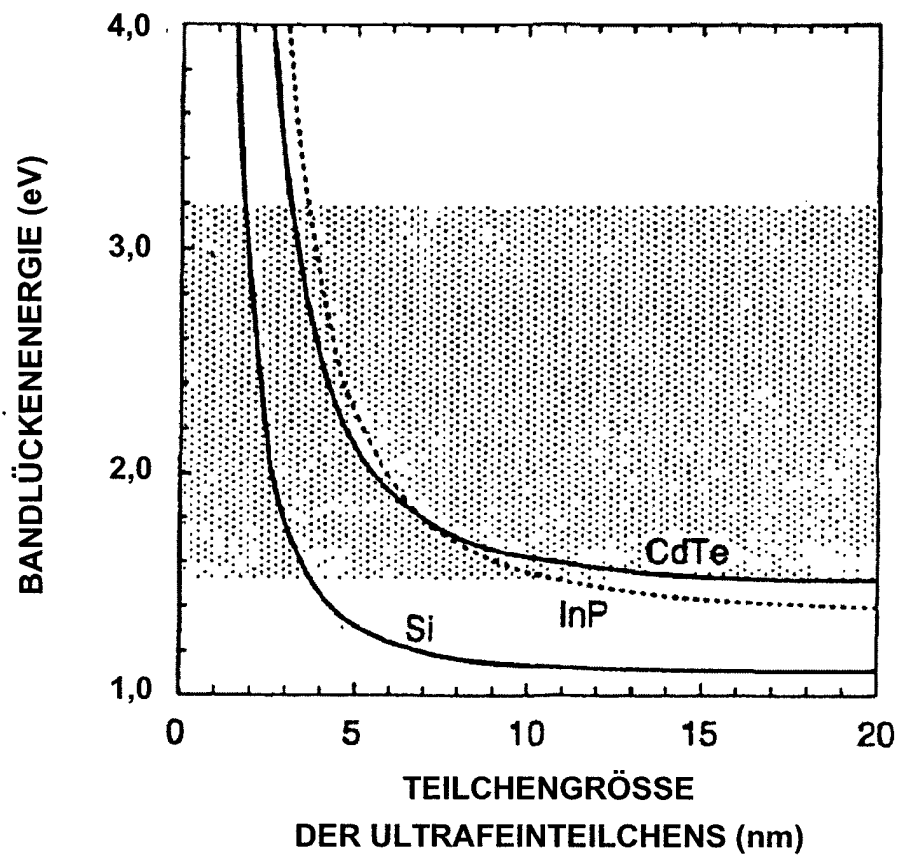


FIG. 6B

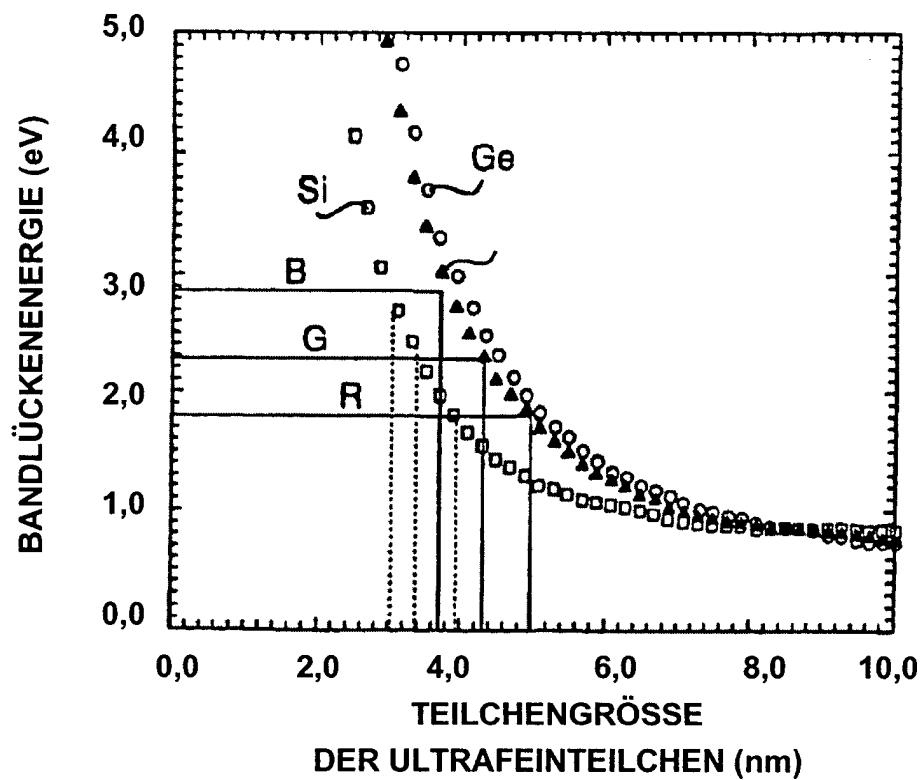


FIG. 7

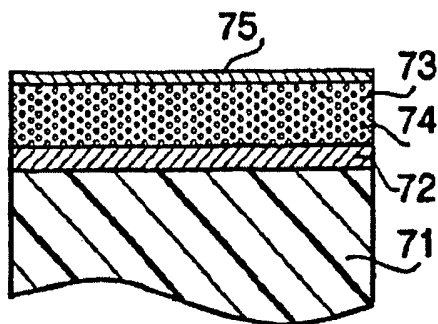
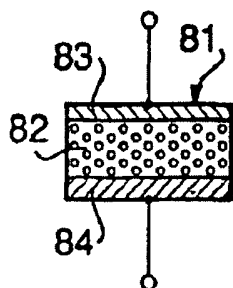


FIG. 8A

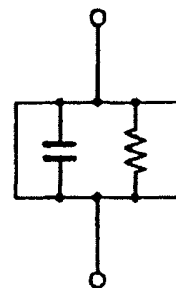
SIGNAL-
ELEKTRODEN-
SEITE (X)



ABTAST-
ELEKTRODEN-
SEITE (Y)

FIG. 8B

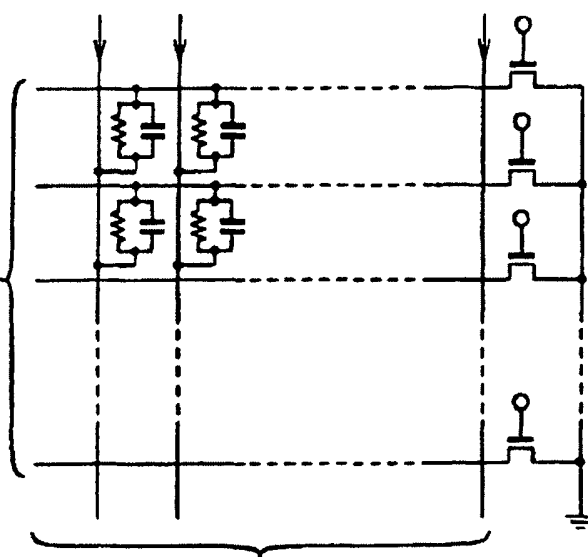
SIGNAL-
ELEKTRODEN-
SEITE (X)



ABTAST-
ELEKTRODEN-
SEITE (Y)

FIG. 8C

ABTAST-
ELEKTRODEN-
SEITE (Y)



SIGNAL-
ELEKTRODEN-
SEITE (X)

FIG. 9

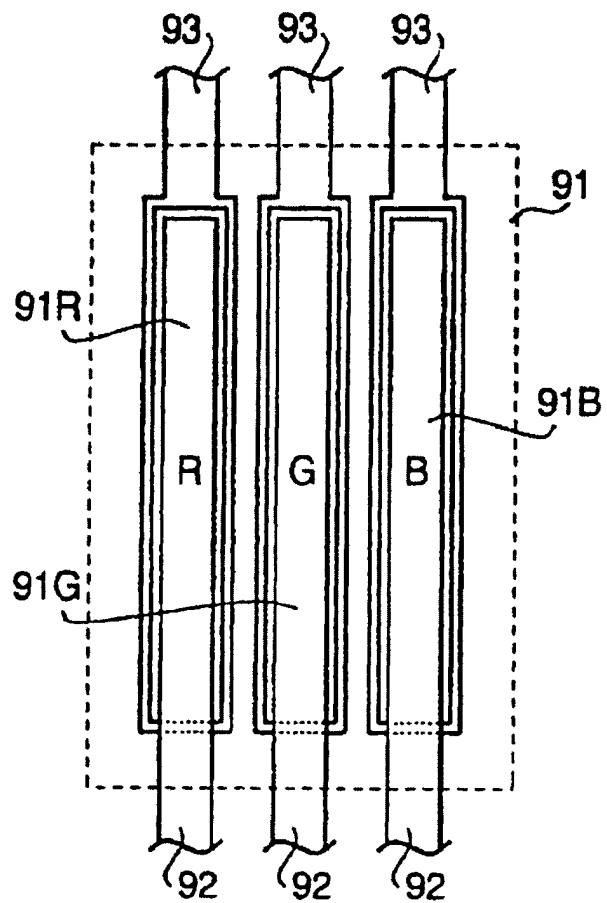


FIG. 10

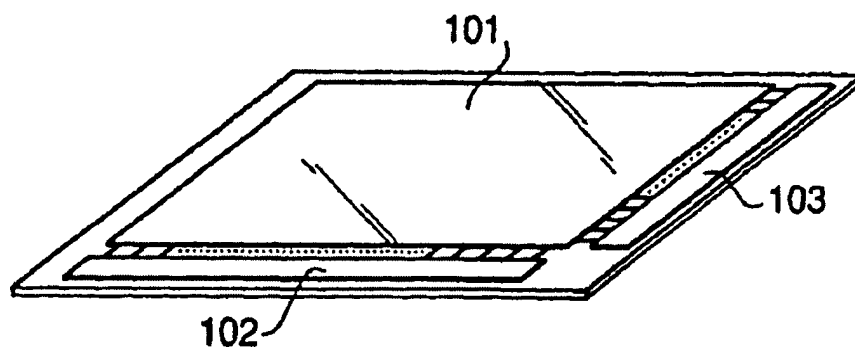


FIG. 11A

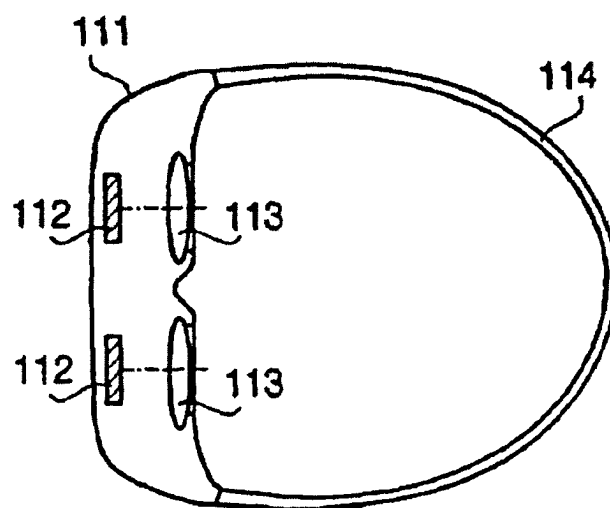


FIG. 11B

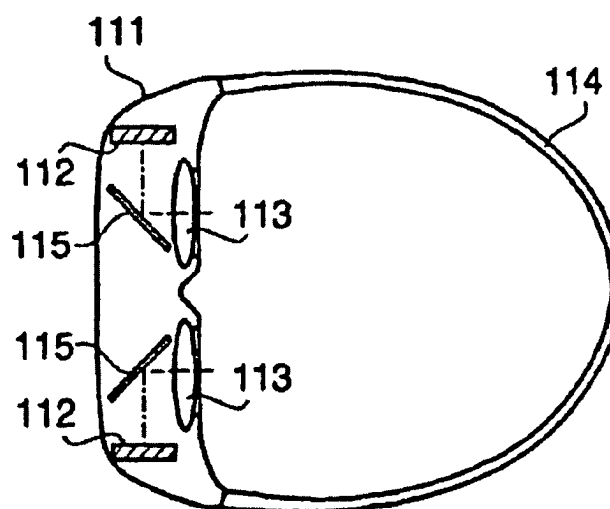


FIG. 12

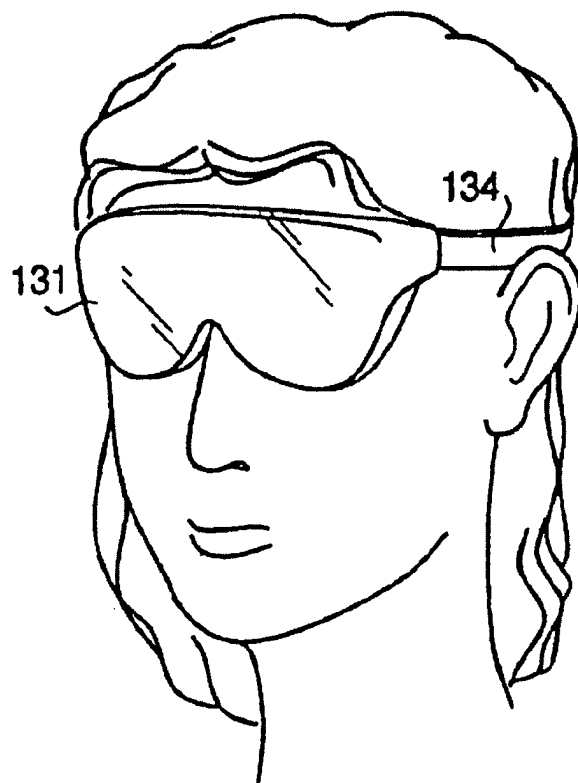


FIG. 13

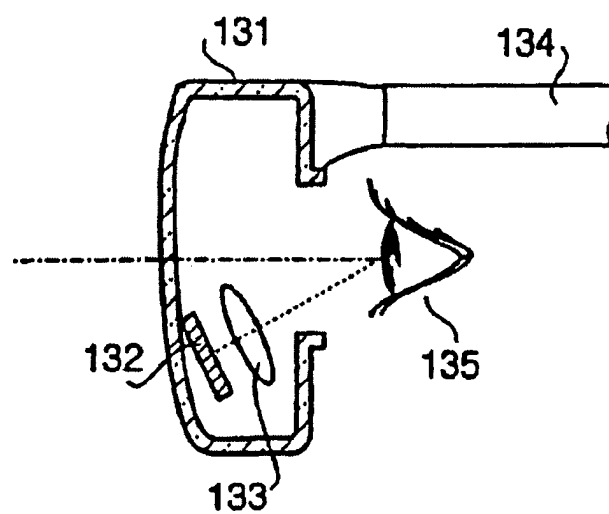


FIG. 14

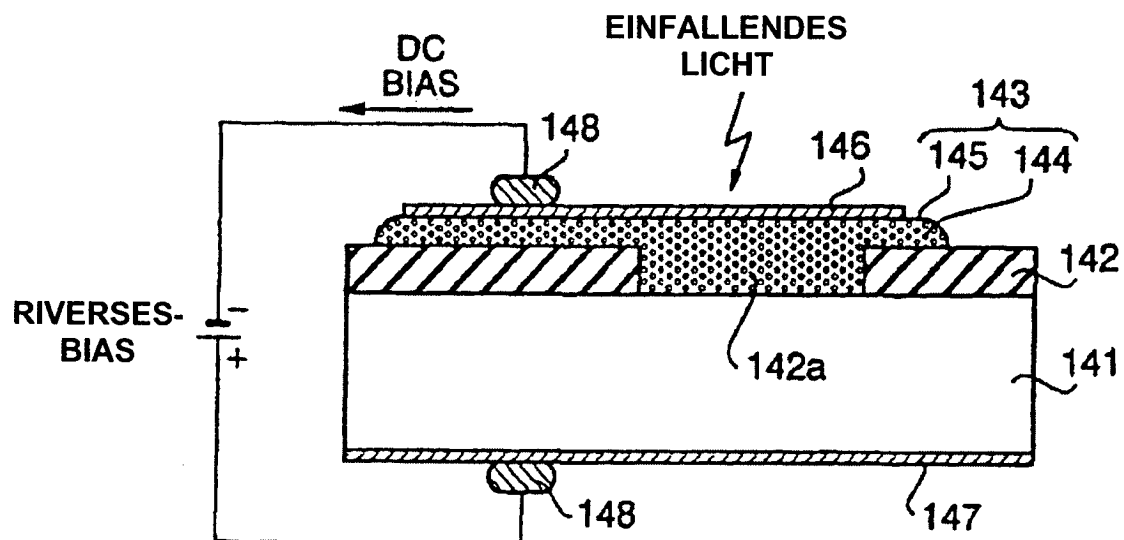


FIG. 15

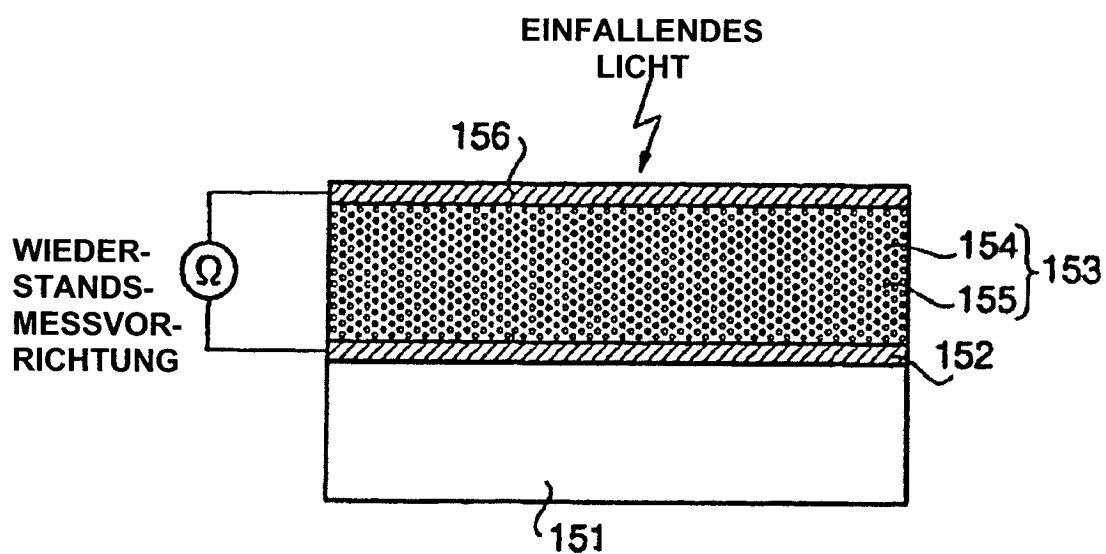


FIG. 16

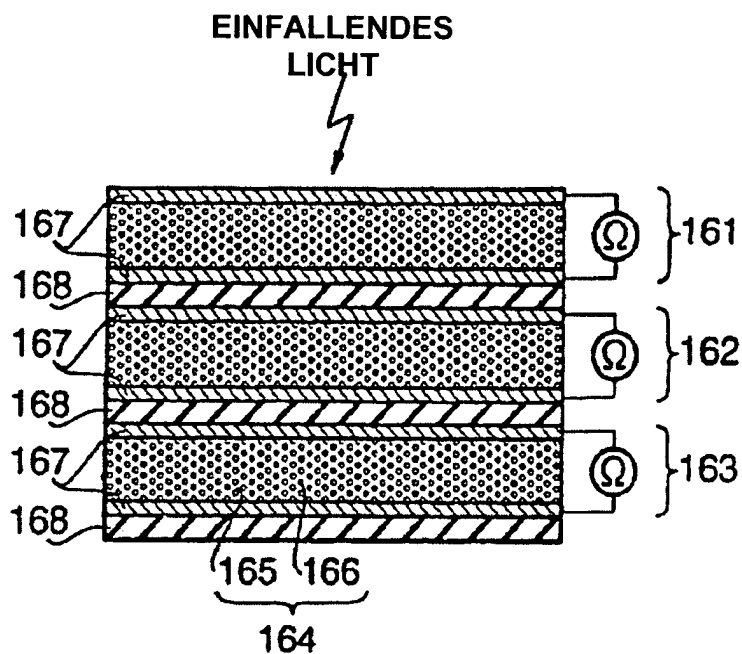


FIG. 17

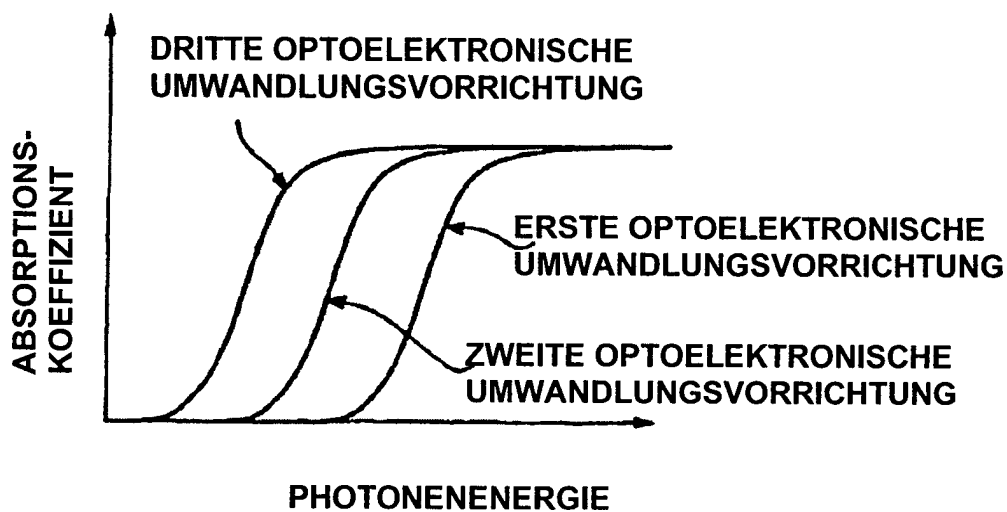


FIG. 18A

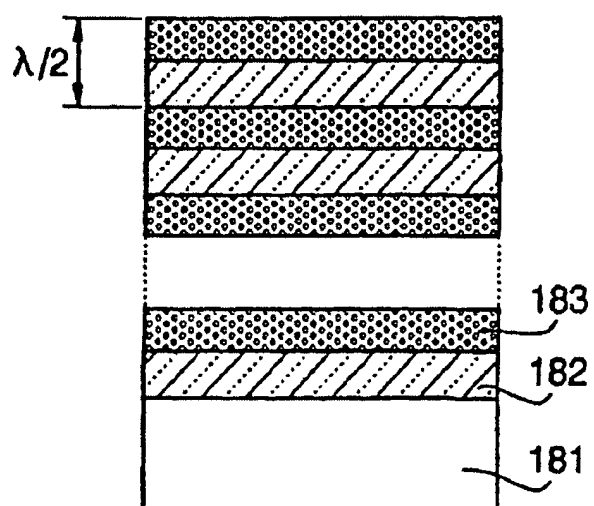


FIG. 18B

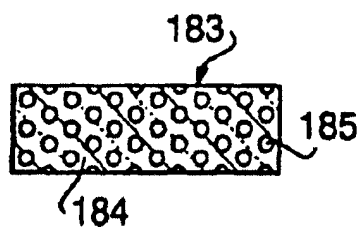


FIG. 19A

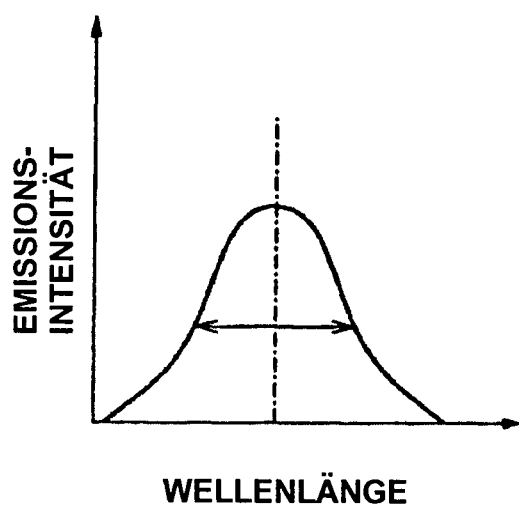


FIG. 19B

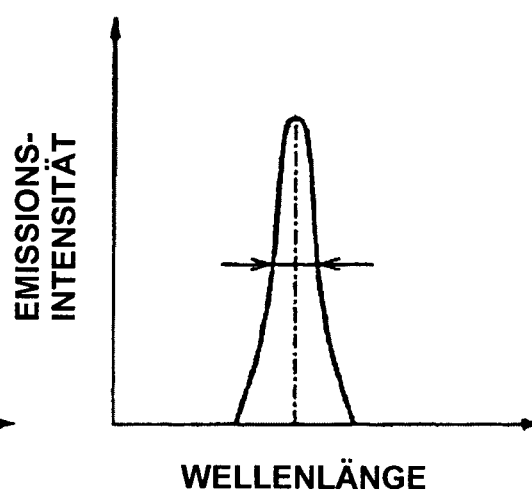


FIG. 20

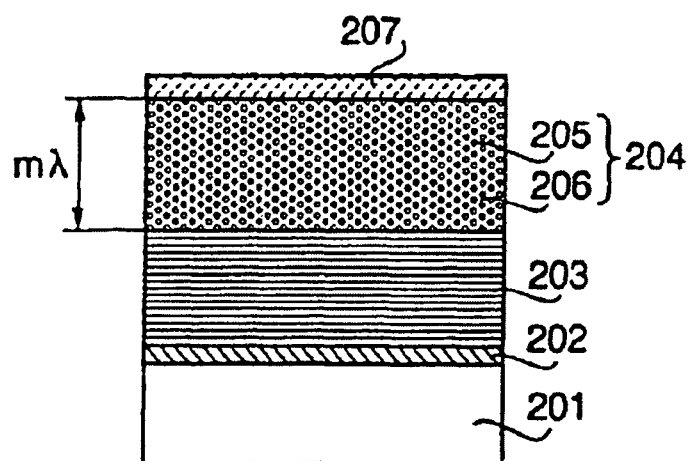


FIG. 21A

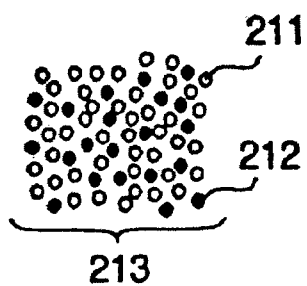


FIG. 21B

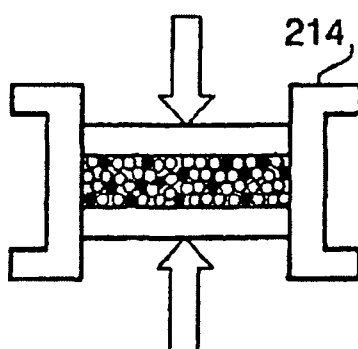


FIG. 21C



FIG. 22

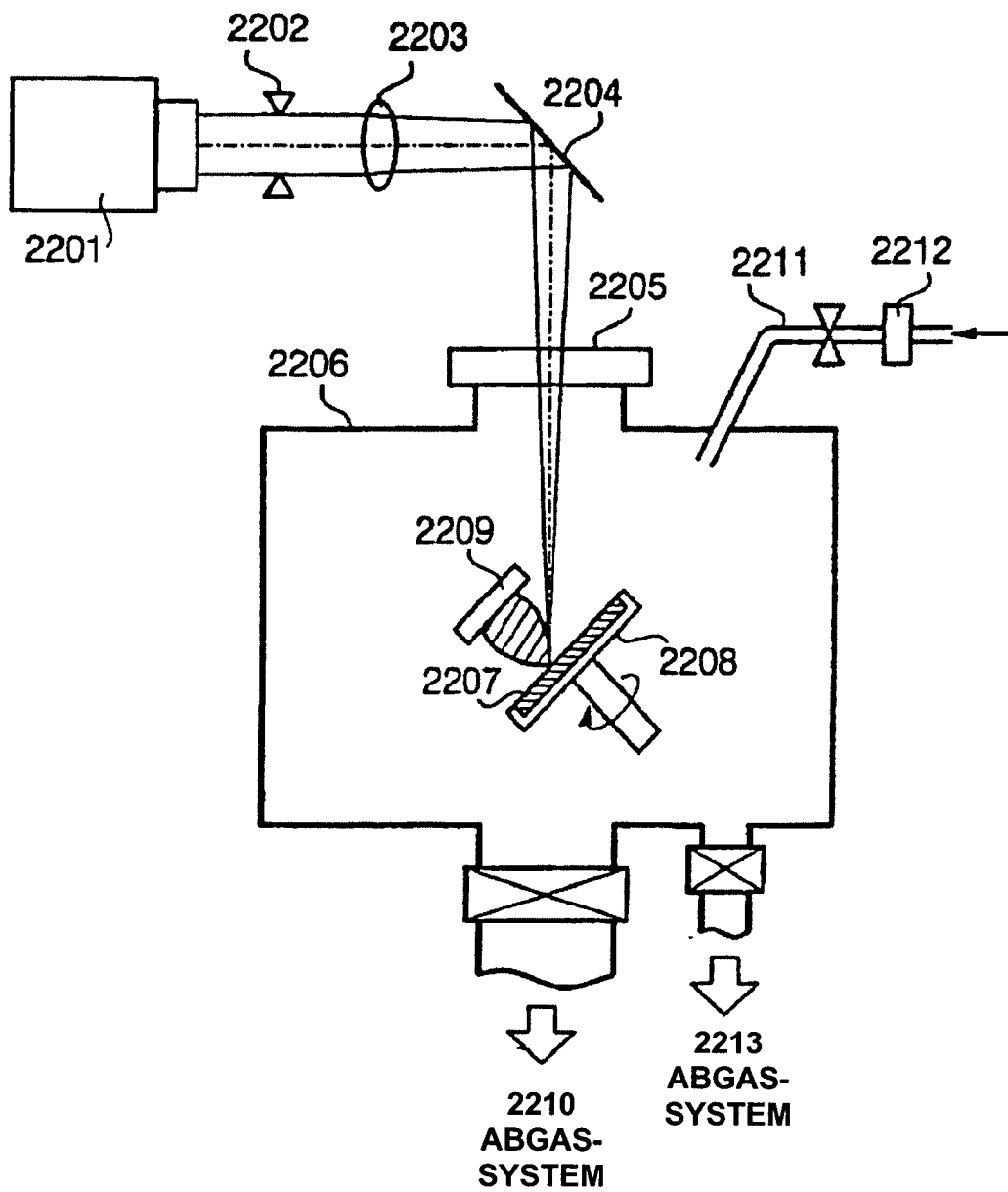
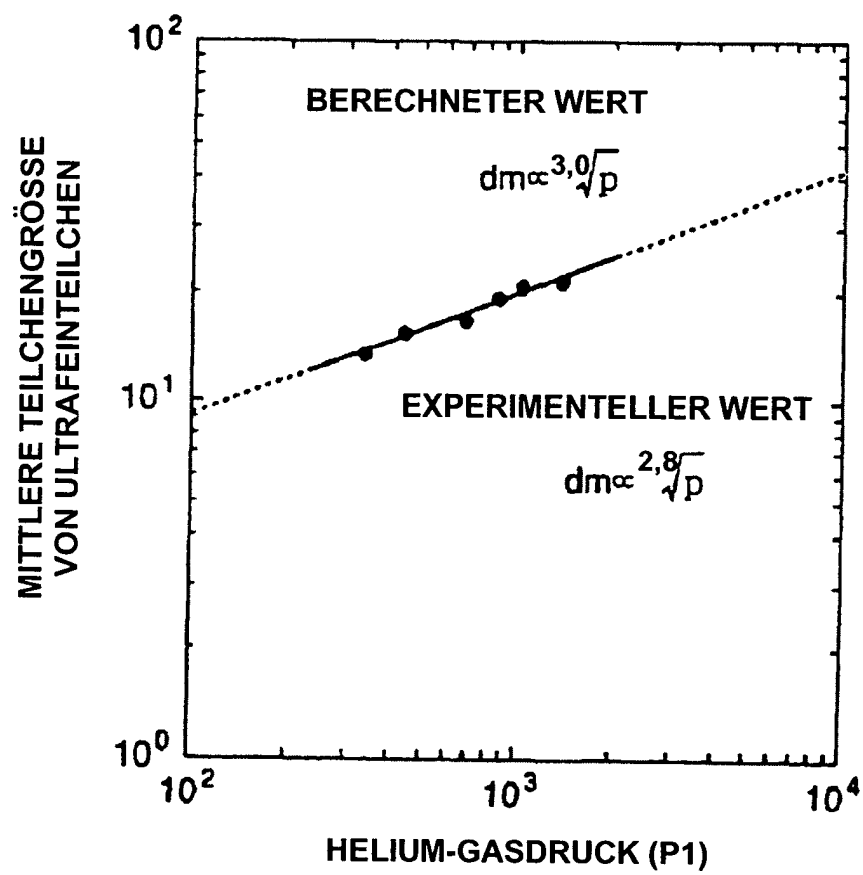


FIG. 23



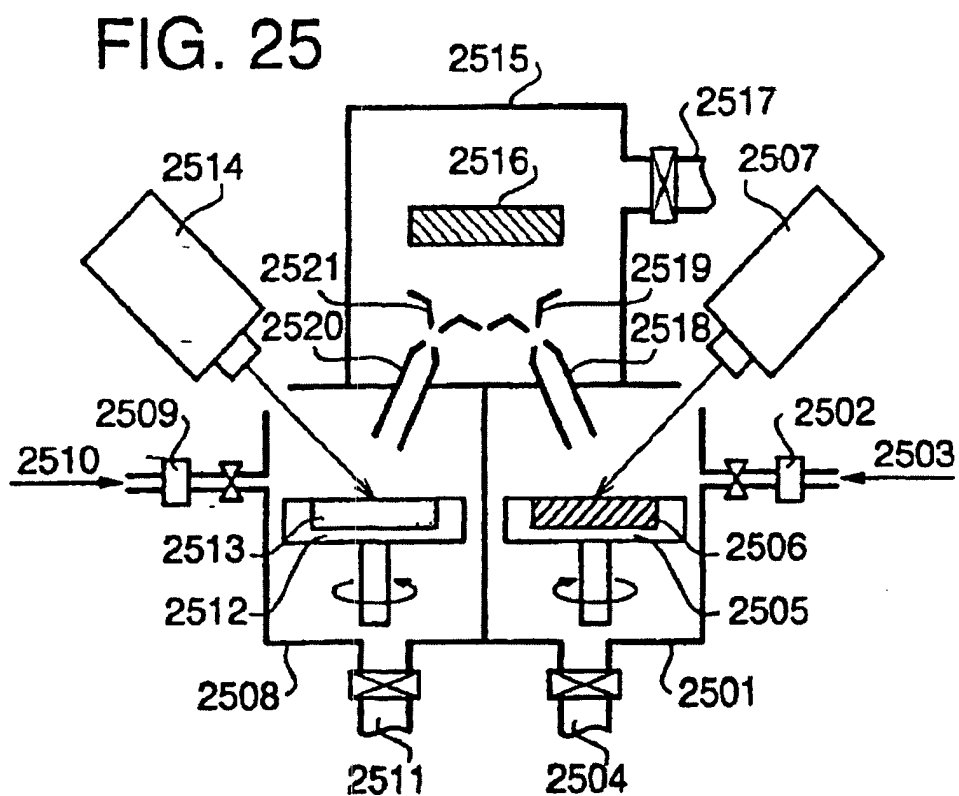
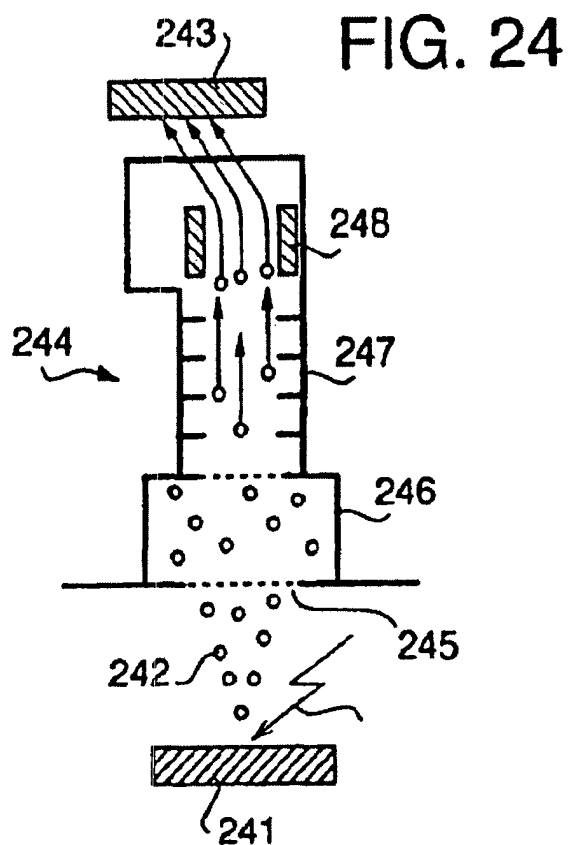


FIG. 26

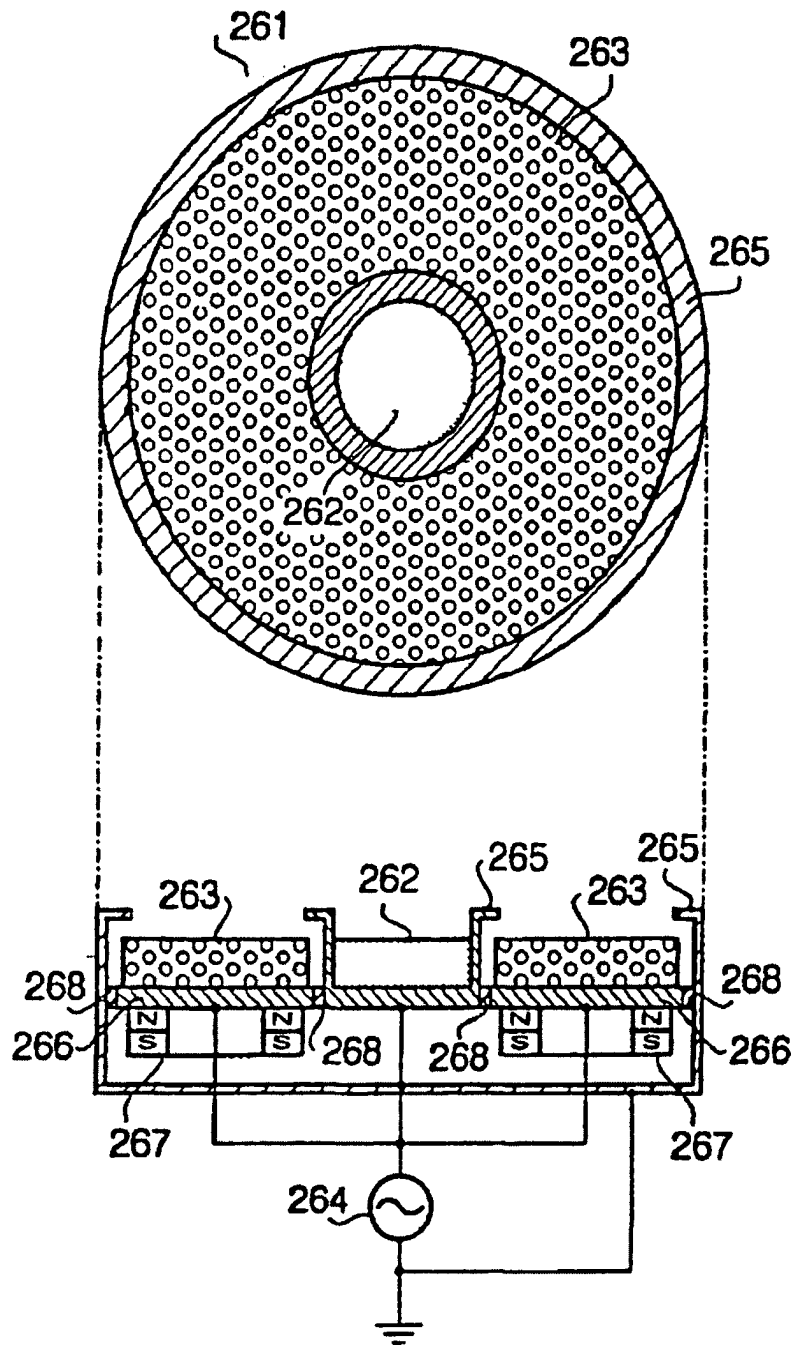


FIG. 27

