



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 23 330 T2** 2008.02.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 326 285 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 23 330.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 027 498.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **10.12.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **09.07.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **07.11.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.02.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 31/0232** (2006.01)

H01L 31/0216 (2006.01)

H01L 27/148 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2001400665 **28.12.2001** **JP**

(73) Patentinhaber:
Fujifilm Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Berendt und Kollegen, 81667 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
Uya, Shinji, Miyagi, JP

(54) Bezeichnung: **Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung**

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 betrifft eine fotoelektrische Wandlervorrichtung und insbesondere eine fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung, die zur Miniaturisierung geeignet ist.

[0002] Die meisten fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtungen verwenden eine Diode mit pn-Übergang als fotoelektrisches Wandlerelement und lesen akkumulierte Elektronen, um ein Signal zu erzeugen, das die Menge an empfangenem Licht darstellt. Wenn Licht auf eine Diode mit pn-Übergang einfällt, erfolgt eine fotoelektrische Umwandlung, um Elektronen-Loch-Paare zu erzeugen, und werden Elektronen in einem n-Typ-Bereich akkumuliert.

[0003] In einer fotoelektrischen CCD-Halbleiter-Wandlervorrichtung werden akkumulierte Elektronen durch Ladungstransferkanal-CCDs transferiert und durch einen Ausgangsverstärker verstärkt, um Bildsignale zu erlangen. In einer fotoelektrischen MOS-Halbleiter-Wandlervorrichtung werden akkumulierte Ladungen durch einen MOS-Transistor verstärkt und über eine Verdrahtungsleitung abgenommen. In beiden Fällen sind Funktionsvorrichtungen, wie beispielsweise CCDs und Transistoren, nahe einer Diode mit pn-Übergang oder einem fotoelektrischen Wandlerelement angeordnet.

[0004] Diese Funktionsvorrichtungen enthalten Dioden mit pn-Übergang, die Ladungen entsprechend der Menge an einfallendem Licht erzeugen. Es ist erwünscht, dass diese Ladungen eliminiert werden, weil sie Rauschen zu dem Lichtempfangssignal hinzufügen, das von der Diode mit pn-Übergang erhalten ist. Um die Ladungen zu eliminieren, ist ein Lichtabschirmfilm über einem Halbleitersubstrat angeordnet. Der Lichtabschirmfilm hat ein Lichttransmissionsfenster über jedem fotoelektrischen Wandlerelement und schirmt Licht ab, das sonst in die peripheren Funktionsvorrichtungen eintritt.

[0005] Eine Mikrolinse ist über dem Lichtabschirmfilm angeordnet, um zu veranlassen, dass Licht, das durch eine Empfangslinse gelaufen ist, effizient in jedes fotoelektrische Wandlerelement eintritt. Einfallendes Licht, das durch die Mikrolinse gelaufen ist, wird konvergiert und tritt in das Fenster des Lichtabschirmfilms ein. Wenn die Mikrolinse nicht existiert, wird Licht zu dem Fenster geführt, um nicht zuzulassen, dass das Licht in den Lichtabschirmfilm eintritt und ein ungültiges Einfallslight wird, um dadurch eine Effizienz einer fotoelektrischen Umwandlung zu verbessern.

[0006] Ein Beispiel des Standes der Technik wird unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben werden.

[0007] [Fig. 10A](#) ist eine schematische Querschnittsansicht, die die Struktur einer fotoelektrischen CCD-Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß dem Stand der Technik zeigt. Ein Siliziumsubstrat **10** hat eine p-Typ-Schicht **2** auf einem n-Typ-Bereich **1**. Die p-Typ-Schicht **2** hat einen n-Typ-Bereich **3**, der eine Fotodiode bildet, und einen n-Typ-Bereich **5**, der einen vertikalen Ladungstransferkanal VCCD bildet. Auf den n-Typ-Bereich **3** ist ein p+-Typ-Bereich **4** ausgebildet, um die Fotodiode zu vergraben. Ein p-Typ-Bereich **6** ist auf der Bodenfläche des n-Typ-Bereichs **5** ausgebildet, um den vertikalen Ladungstransferkanal elektrisch zu separieren, und ein p+-Typ-Bereich **7**, der als Kanalstopper fungiert, ist zwischen benachbarten Spalten ausgebildet.

[0008] Auf der Oberfläche eines Siliziumsubstrats **10** ist ein thermisch oxidiertes Siliziumoxidfilm **11** ausgebildet. Auf dem Siliziumoxidfilm **11** ist eine Ladungstransferelektrode **12** einer so genannten Doppel-Polysiliziumstruktur ausgebildet, um den vertikalen Ladungstransferkanal anzutreiben. Der obere Raum der Fotodiode ist offen hergestellt, um Licht einzuführen. Nachdem die Oberfläche der Ladungstransferelektrode **12** mit einer Siliziumoxidschicht **14** abgedeckt wird, wird ein aus Wolfram oder ähnlichem hergestellter Lichtabschirmfilm **15** ausgebildet, wobei der Lichtabschirmfilm ein Fenster über jeder Fotodiode hat.

[0009] Eine Isolierschicht **17** mit einer flachen Oberfläche ist dem Lichtabschirmfilm **15** abdeckend ausgebildet, wobei die Isolierschicht aus Bor-Phosphor-Siliziumoxid (Borophosphosilikatglas, BPSG) oder ähnlichem hergestellt ist. Farbfilter **31** sind auf der Isolierschicht **17** ausgebildet. Die Farbfilter-schicht **31** ist mit einer oberflächenplanarisierenden Schicht **32**, wie beispielsweise einer Schutzschicht, abgedeckt, und danach werden Mikrolinsen **33** auf der Oberfläche der oberflächenplanarisierenden Schicht **32** unter Verwendung von Schutzschichtmaterial oder ähnlichem ausgebildet.

[0010] Mit diesen Prozessen wird eine fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung mit Farbfiltern ausgebildet. Farbfilter werden für eine fotoelektrische Wandlervorrichtung vom Dreiplattentyp weggelassen. Auf die Fotodiode einfallendes Licht wird durch den Lichtabschirmfilm begrenzt, und nur das Licht, das durch das Fenster des Lichtabschirmfilms geführt ist, kann in die Fotodiode eintreten.

[0011] [Fig. 10B](#) ist eine Draufsicht, die ein Beispiel des Layouts einer Halbleiter-Bildaufnahmeverrichtung zeigt. Eine Anzahl von Fotodioden PD ist in Zeilen und Spalten in einer tetragonalen Matrixform angeordnet. Ein vertikaler Ladungstransferkanal VCCD ist benachbart zu jeder Fotodiodenspalte ausgebildet. Ein horizontaler Ladungstransferkanal HCCD ist mit einem Ende des vertikalen Ladungstransferka-

nals VCCDs gekoppelt.

[0012] [Fig. 10C](#) ist eine Draufsicht, die ein weiteres Beispiel des Layouts einer Halbleiter-Bildaufnahmeverrichtung zeigt. Eine Anzahl von Fotodioden PD ist um einen halben Abstand in den Zeilen- und Spaltenrichtungen unter Ausbildung eines so genannten Honigwabenlayouts angeordnet. Der VCCD erstreckt sich auf eine Zickzack-Art zwischen Pixeln der Honigwabenstruktur.

[0013] [Fig. 11](#) ist eine schematische Querschnittsansicht, die die Struktur einer weiteren fotoelektrischen CCD-Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß dem Stand der Technik. Im Vergleich mit der in [Fig. 10A](#) gezeigten Struktur sind eine Isolierschicht **18** mit einem niedrigen Brechungsindex und eine Isolierschicht **19** mit einem hohen Brechungsindex zwischen dem Lichtabschirmfilm **15** und einer Isolierschicht **17** eingefügt. Die Isolierschicht **19** mit hohem Brechungsindex hat eine in Richtung nach unten konvexe Form, um eine Linsenfunktion zur Verfügung zu stellen.

[0014] Die [Fig. 12A](#), [Fig. 12B](#), [Fig. 12C](#) und [Fig. 12D](#) zeigen die Ergebnisse von Berechnungen für einen optischen Pfad der in den [Fig. 10A](#) und [Fig. 11](#) gezeigten Strukturen. Die [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) zeigen die Berechnungsergebnisse der in [Fig. 10A](#) gezeigten Struktur, wenn einfallendes Licht unter einem Einfallswinkel zwischen 0 und 10 Grad eintritt. Die [Fig. 12C](#) und [Fig. 12D](#) zeigen die Berechnungsergebnisse der in [Fig. 11](#) gezeigten Struktur, wenn einfallendes Licht unter einem Einfallswinkel zwischen 0 und 10 Grad eintritt. Bei der in [Fig. 10A](#) gezeigten Struktur tritt, da der Einfallswinkel schräg wird, das Einfalllicht nicht nur in das Fenster des Lichtabschirmfilms ein, sondern auch in andere Bereiche, so dass die Effizienz reduziert wird.

[0015] Wenn jedes Pixel einer fotoelektrischen Wandlervorrichtung durch proportionales Reduzieren der Größe von Bestandteilelementen klein gemacht wird, wird erwartet, dass die Empfindlichkeit proportional zu einer Pixelgröße erhalten wird, ohne die Empfindlichkeit pro Einheitsbereich zu erniedrigen. Jedoch gibt es das Phänomen, dass, wenn die Öffnungsgröße eines Lichtabschirmfilms reduziert wird, sich die Empfindlichkeit mit einer höheren Rate als die Reduktionsrate der Pixelgröße erniedrigt. Dieses Phänomen, das sich die Empfindlichkeit mit einer höheren Rate als die Reduktionsrate eines Lichtempfangsbereichs erniedrigt, wird deutlich sichtbar, wenn der Einfallswinkel groß wird.

[0016] US 6,069,350 und US 5,986,704 offenbaren Festkörper-Bildaufnahmeverrichtungen, die im Stand der Technik bekannt sind.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0017] Eine Aufgabe dieser Aufgabe besteht darin, eine fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung zur Verfügung zu stellen, die zum Reduzieren einer Pixelgröße geeignet ist.

[0018] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, zu verhindern, dass die Empfindlichkeit einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung erniedrigt wird, wenn die Pixelgröße klein gemacht wird.

[0019] Gemäß der vorliegenden Erfindung gibt es ein Halbleitersubstrat mit einer Hauptoberfläche; eine Anzahl fotoelektrischer Wandlerelemente, die in der Hauptfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet sind; Funktionsvorrichtungen, die auf und/oder in der Hauptfläche des Halbleitersubstrats benachbart zu einer Anzahl der fotoelektrischen Wandlerelemente ausgebildet sind; wobei die Funktionsvorrichtungen Ladungstransferkanäle aufweisen, die in der Hauptfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet sind; einen Lichtabschirmfilm, der über dem Halbleitersubstrat ausgebildet ist, wobei der Lichtabschirmfilm Licht über den Ladungstransferkanälen abschirmt und Fenster zum Öffnen eines oberen Raums eines vorbestimmten Bereichs von jedem der fotoelektrischen Wandlerelemente hat; und ein Element zum Verkürzen einer effektiven Wellenlänge, das in dem Fenster über dem Halbleitersubstrat angeordnet ist, wobei das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge aus einem Transmissionsmaterial hergestellt ist, das einen Brechungsindex hat, der höher als ein Brechungsindex von Siliziumoxid ist, und eine effektive Wellenlänge von Licht verkürzt, das durch die Fenster läuft; dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung weiterhin eine Mantel-Isolierschicht aufweist, die zwischen dem Lichtabschirmfilm und dem Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ausgebildet ist, wobei die Mantel-Isolierschicht eine Innenseitenwand hat, die eine Form hat, die in Richtung zu dem fotoelektrischen Wandlerelement konvergiert, und einen Brechungsindex, der niedriger als der Brechungsindex des Elements zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ist.

[0020] Wie oben wird eine effektive Wellenlänge von Licht in einer größenreduzierten Öffnung einer fotoempfindlichen Halbleitervorrichtung verkürzt, um die Lichtempfangseffizienz einer Fotodiode zu verbessern.

[0021] Nun werden bevorzugte Ausführungsbeispiele nur anhand eines Beispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben werden.

[0022] [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) sind schematische Querschnittsansichten einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung.

[0023] [Fig. 2](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung.

[0024] [Fig. 3](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung.

[0025] [Fig. 4](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung.

[0026] [Fig. 5A](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, und [Fig. 5B](#) ist ein Diagramm, das zeigt, wie Licht an einer Schnittstelle zwischen einer Transmissionsmaterialschicht mit hohem Brechungsindex und einer Transmissionsmaterialschicht läuft.

[0027] [Fig. 6](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß einer verbesserten Modifikation des in den [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) gezeigten Ausführungsbeispiels.

[0028] [Fig. 7](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß einer verbesserten Modifikation des in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsbeispiels.

[0029] [Fig. 8](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0030] Die Vorrichtungen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) und [Fig. 7](#) und die folgende Beschreibung dieser Vorrichtungen stellen verschiedene Merkmale der Erfindung dar. Nur die Ausführungsbeispiele der [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 8](#) zeigen und beschreiben jedoch alle Merkmale der Erfindung, wie sie beansprucht ist.

[0031] [Fig. 9](#) ist eine schematische Draufsicht, die das Layout einer fotoelektrischen MOS-Wandlervorrichtung zeigt.

[0032] [Fig. 10A](#), [Fig. 10B](#) und [Fig. 10C](#) sind eine Querschnittsansicht und schematische Draufsichten, die die Struktur einer herkömmlichen fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung zeigen.

[0033] [Fig. 11](#) ist eine schematische Querschnittsansicht, die die Struktur einer herkömmlichen fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung zeigt.

[0034] [Fig. 12A](#) bis [Fig. 12D](#) sind Kurven, die die Ergebnisse von Berechnungen für einen optischen Pfad zeigen, wenn vertikales Einfallslight und schräges Einfallslight auf die in [Fig. 10A](#) und [Fig. 11](#) ge-

zeigten Strukturen angewendet werden.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0035] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in dem als Beispiel eine CCD-Halbleiter-Bildaufnahmevorrichtung genommen wird. Gleiche Elemente wie diejenigen einer herkömmlichen Vorrichtung sind durch identische Bezugszeichen dargestellt, und ihre Beschreibung ist vereinfacht, wo es geeignet ist.

[0036] [Fig. 1A](#) ist eine Querschnittsansicht, die die Struktur einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung zeigt. Ein Siliziumsubstrat **10** hat eine p-Typ-Schicht **2** auf einem n-Typ-Bereich **1**, wobei die p-Typ-Schicht **2** durch epitaxiales Aufwachsen oder eine Ionenimplantation ausgebildet ist. Die p-Typ-Schicht **2** hat darin einen n-Typ-Bereich **3**, der eine Fotodiode bildet, und einen n-Typ-Bereich **5**, der einen vertikalen Ladungstransferkanal VCCD bildet, die jeweils durch Ionenimplantation oder ähnliches ausgebildet sind.

[0037] Ein p+-Typ-Bereich **4**, der die Fotodiode vergräbt, ist auf dem n-Typ-Bereich **3** durch Ionenimplantation oder ähnliches ausgebildet. Ein p-Typ-Bereich **6** ist auf der Bodenfläche des n-Typ-Bereichs **5** durch Ionenimplantation oder ähnliches ausgebildet, um den vertikalen Ladungstransferkanal VCCD elektrisch zu trennen. Ein p+-Typ-Bereich **7**, der als Kanalstopper fungiert, ist zwischen benachbarten Spalten ausgebildet.

[0038] Das Siliziumsubstrat **10** hat einen Siliziumoxidfilm **11**, der auf der Oberfläche davon durch thermische Oxidation ausgebildet ist. Eine Ladungstransferelektrode **12** einer so genannten Doppel-Polysiliziumstruktur ist auf dem Siliziumoxidfilm **11** ausgebildet, um den vertikalen Ladungstransferkanal anzutreiben. Der obere Raum der Fotodiode ist offen hergestellt, um Licht einzuführen. Nachdem die Oberfläche der Ladungstransferelektrode **12** mit einer Siliziumoxidschicht **14** abgedeckt ist, wird ein Lichtabschirmfilm **15** ausgebildet, der aus Wolfram oder ähnlichem hergestellt ist und der ein Fenster über der Fotodiode hat.

[0039] Eine Transmissionsmaterialschicht **21** mit einem höheren Brechungsindex als Siliziumoxid, z.B. ein elektrisch isolierendes Material, wie beispielsweise Siliziumnitrid, mit einem Brechungsindex von etwa 2, ist die durch den Lichtabschirmfilm **15** ausgebildete untere Stufenstruktur vergrabend ausgebildet. Das Material der Schicht **21** muss jedoch nicht elektrisch isolierend sein. Die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex hat einen höheren Brechungsindex als Siliziumoxid, das häufig als Trans-

missionsmaterial verwendet wird, und hat eine Funktion zum Vergrößern der effektiven Fenstergröße, die durch den Lichtabschirmfilm **15** definiert ist, wie es im Folgenden beschrieben werden wird. Eine Transmissions-Isolierschicht **17**, die eine flache Oberfläche hat und aus Bor-Phosphor-Siliziumoxid (Borophosphosilikat-Glas, BPSG)-Film oder ähnlichem hergestellt ist, deckt das Siliziumsubstrat **10** ab. Das Layout von Fotodioden kann eine quadratische Matrixform sein, die in [Fig. 10B](#) gezeigt ist, oder eine Honigwabenform, die in [Fig. 10C](#) gezeigt ist. Bei dieser Struktur der CCD-Halbleiter-Bildaufnahmeverrichtung hat von den Materialien, die den optischen Pfad bilden, die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex einen höheren Brechungsindex als andere Materialien. Zusätzlich zu Siliziumnitrid kann die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex aus Kohlenstoffmaterial mit einer Diamantstruktur, Tantaloxid oder ähnlichem hergestellt sein. Wenn Siliziumnitrid verwendet wird, wird es vorzugsweise in einer amorphen Phase verwendet.

[0040] Ein Lichtfluss kann in einem Punkt in Bezug auf eine geometrische Optik konvergiert werden und kann durch ein Loch laufen, wie klein es auch ist. Jedoch deshalb, weil Licht eine Welle ist, breitet es sich auch in der Ebene senkrecht zu der Laufrichtung aus. In Bezug auf eine Wellenoptik gibt es eine Grenze für den Durchmesser einer Öffnung, durch welche Licht laufen kann. Die Öffnung ist allgemein mit Transmissions-Isoliermaterial, wie beispielsweise Siliziumoxid, gefüllt. Wenn die Öffnung einen Durchmesser von höchstens dreimal der Wellenlänge von Licht in Vakuum hat, wird es nötig, das Ausmaß an Licht zu berücksichtigen, das am Rand der Öffnung gebeugt wird. Allgemein wird die Lichtintensität stark gedämpft, wenn das Licht durch die Öffnung mit einem Durchmesser gleich der Wellenlänge von Licht in Vakuum läuft. Selbst dann, wenn der Durchmesser einer Öffnung etwa das Zweifache der Wellenlänge von Licht in Vakuum ist, kann eine Dämpfung nicht vernachlässigt werden.

[0041] [Fig. 1B](#) zeigt eine Verteilung von Brechungsindizes nahe dem in [Fig. 1A](#) gezeigten Lichtabschirmfilm. Licht mit einer Wellenlänge λ in Vakuum hat eine Wellenlänge $\lambda(n) = \lambda/n$ in einem Medium mit einem Brechungsindex n . Die Siliziumoxid-Transmissionsisolierschichten **11**, **17** haben einen Brechungsindex von etwa 1,5. Die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex hat einen Brechungsindex von etwa 2.

[0042] Die Wellenlängen λ_2 bei dem Brechungsindex von 2 ist etwa $3/4$ der Wellenlängen λ_1 , λ_3 bei dem Brechungsindex von 1,5. Die Wellenlänge λ_2 von Licht in der Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex ist daher kürzer als die Wellenlängen λ_1 , λ_3 von Licht in den Transmissionsisolierschichten **17**, **11**. Selbst dann, wenn der Durch-

messer der Öffnung des Lichtabschirmfilms **15** klein wird, kann ein Verhältnis des Öffnungsdurchmessers zur Wellenlänge auf hoch beibehalten werden. Anders ausgedrückt funktioniert die Transmissionsmaterialschicht mit hohem Brechungsindex zum effektiven Vergrößern des Öffnungsdurchmessers. Auf diese Weise wird es möglich, zu verhindern, dass der Transmissionsfaktor durch einen reduzierten Öffnungsdurchmesser erniedrigt wird. Ein Halbleiter, wie beispielsweise ein Siliziumhalbleiter, hat einen hohen Brechungsindex von 3 oder höher, so dass eine Wellenlänge λ_4 im Halbleitersubstrat **10** kürzer wird.

[0043] Die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex hat einen hohen Brechungsindex, so dass die Wellenlänge von Licht in der Öffnung des Lichtabschirmfilms **15** effektiv kurz gemacht wird. Wenn es ein weiteres Medium mit einem anderen Brechungsindex nahe dem Transmissionsisolierfilm **17** gibt, ist der effektive Brechungsindex ein Durchschnitt dieser Brechungsindizes. Es ist möglich, das Verhältnis des Brechungsdurchmessers der Wellenlänge zu erhöhen und die Grenze abzuschwächen, die durch dieses Verhältnis zu verursachen ist. Unter diesem Gesichtspunkt hat die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex eine Funktion zum Verkürzen einer effektiven Wellenlänge. Die Effekte eines Verkürzens der effektiven Wellenlänge werden besonders ausgeprägt, wenn der Öffnungsdurchmesser auf höchstens das Dreifache der Wellenlänge von Licht in Vakuum eingestellt wird, insbesondere auf das Zweifache oder kürzer.

[0044] [Fig. 2](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung. In [Fig. 2](#) sind gleiche Elemente wie diejenigen der in [Fig. 1](#) gezeigten Vorrichtung unter Verwendung identischer Bezugszeichen dargestellt, und ihre Beschreibung ist weggelassen. Eine Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex ist dicker als die in [Fig. 1](#) gezeigte Transmissionsmaterialschicht mit hohem Brechungsindex ausgebildet und bedeckt die gesamte Oberfläche des Siliziumsubstrats **10**. Eine Farbfilterschicht **31** aus organischem Harz ist auf einem Transmissionsisolierfilm **17** ausgebildet und eine Planarisierungsschicht **32** aus organischem Harz ist auf der Farbfilterschicht **31** ausgebildet. Ein Schutzschichtmuster ist auf der Planarisierungsschicht **32** ausgebildet und fluidisiert, um Mikrolinsen **33** auszubilden.

[0045] Licht LA, LB und LC, das auf die Mikrolinse **33** einfällt, wird durch die Brechungsfunktion der Mikrolinse fokussiert und in die Öffnung des Lichtabschirmfilms **15** konvergiert. Die effektive Wellenlänge von Licht in der Öffnung wird durch die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex verkürzt und die Grenze durch das Verhältnis des Öffnungsdurchmessers zur Wellenlänge kann abgeschwächt werden.

[0046] [Fig. 3](#) ist eine Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung. Im Vergleich mit der in [Fig. 3](#) gezeigten Struktur ist die Form des oberen Bereichs einer Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex anders. Die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex hat eine nach oben konvexe sphärische Oberfläche **22**, die in einen Isolierfilm **17** mit relativ niedrigem Brechungsindex vorsteht. Auf diese Weise wird eine konvexe Linse (innere Linse) so ausgebildet, dass einfallendes Licht fokussiert wird. Die Mikrolinse **33** und die innere Linse der Materialschicht **21** mit hohem Brechungsindex lässt zu, dass einfallendes Licht zuverlässiger in die Fotodiode eintritt.

[0047] Bei einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung unter Verwendung von primären roten (R), grünen (G) und blauen (B) Farbfiltern empfängt jedes fotoelektrische Wandlerelement Licht in einem von R-, G- und B-Wellenlängenbereichen. R hat den längsten Wellenlängenbereich, G hat den mittleren Wellenlängenbereich und B hat den kürzesten Wellenlängenbereich. Die Beziehung zwischen dem Öffnungsdurchmesser und der Wellenlänge ist bei R am ernsthaftesten, bei G weich und bei B am weichsten. Daher existiert nicht dieselbe Grenze im gesamten Wellenlängenbereich.

[0048] [Fig. 4](#) ist eine Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung. Im Vergleich mit der in [Fig. 2](#) gezeigten Struktur ist unter dem Farbfilter von Blau (B) keine Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex, sondern ein Transmissionsisolierfilm **17b** aus BPSG oder ähnlichem mit relativ niedrigem Brechungsindex vergraben. Ein Transmissionsisolierfilm **17** enthält einen Bereich **17a**, der höher als die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex und der vergrabene Bereich **17b** in der Öffnung des Lichtabschirmfilms unter dem blauen Filter ist. Die Grenze durch das Verhältnis des Öffnungsdurchmessers zur Wellenlänge ist im blauen Wellenlängenbereich aufgrund einer kurzen Wellenlänge weich, und das einfallende Licht ist selbst dann weniger beschränkt, wenn die Transmissionsmaterialschicht mit hohem Brechungsindex nicht vergraben ist. Die Transmissionsmaterialschicht mit hohem Brechungsindex kann nicht nur im blauen Wellenlängenbereich weggelassen werden, sondern auch im grünen Wellenlängenbereich. Im längsten roten Wellenlängenbereich ist es vorzuziehen, die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex auszubilden, um die effektive Wellenlänge zu verkürzen.

[0049] [Fig. 5A](#) ist eine Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Auf einem Lichtabschirmfilm **15** ist ein Siliziumoxidfilm **16** ausgebildet, der eine Öffnung umgibt. Der Siliziumoxidfilm **16** hat eine Seitenwand, die relativ zu einer Ober-

flächenisolierschicht **11** in der Öffnung geneigt ist. Eine Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex ist in die Öffnung gefüllt, die durch den Siliziumoxidfilm **16** definiert ist, und bedeckt die Oberfläche des Siliziumoxidfilms **16**. Gleich der in [Fig. 3](#) gezeigten Struktur hat die Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex eine nach oben konvexe Linseform. Die anderen Strukturen sind gleich denjenigen, die in [Fig. 3](#) gezeigt sind. Der Bereich **21** mit hohem Brechungsindex und der Bereich **16** mit niedrigem Brechungsindex, der den Bereich mit hohem Brechungsindex umgibt, haben die Struktur analog zu derjenigen eines Kerns und eines Mantels einer optischen Faser.

[0050] [Fig. 5B](#) ist ein Diagramm, das darstellt, wie Licht an einer Schnittstelle zwischen der Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex aus Siliziumnitrid oder ähnlichem und der Transmissionsmaterialschicht **16** aus Siliziumoxid oder ähnlichem läuft. Siliziumnitrid hat einen Brechungsindex von etwa 2 und Siliziumoxid hat einen Brechungsindex von etwa 1,5. An der Schnittstelle zwischen diesen Bereichen mit unterschiedlichem Brechungsindex ist ein kritischer Winkel einer Totalreflexion etwa 48,6 Grad. Licht mit einem Einfallswinkel, der größer als der kritische Winkel ist, wird total reflektiert. Ein Lichtstrahl LD läuft von der Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex in Richtung zu der Transmissionsmaterialschicht **16** und wird an der Schnittstelle total reflektiert.

[0051] Bei der gezeigten Struktur wird dann, wenn der Winkel θ_1 zwischen vertikalem Einfallslight und der geneigten Oberfläche $90 - 48,6 = 41,4$ oder kleiner ist, das vertikale Einfallslight total reflektiert. Um diese Bedingung zu erfüllen, wird der Winkel θ_2 zwischen der Schnittfläche und der Substratfläche auf 48,6 Grad oder größer eingestellt.

[0052] [Fig. 6](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß einer verbesserten Modifikation des in [Fig. 5A](#) gezeigten Ausführungsbeispiels. Es gibt eine hohe Wahrscheinlichkeit, das Licht, das in Richtung zu der Schnittfläche zwischen der Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex und der Siliziumoxidschicht **16** läuft und an der Schnittfläche total reflektiert wird, auch an der Schnittfläche zwischen der Oberflächenisolierschicht **11** und der Transmissionsmaterialschicht **21** mit hohem Brechungsindex total reflektiert wird. Um dies zu vermeiden, ist zwischen der Transmissionsmaterialschicht **21** und der Oberflächenisolierschicht **11** ein Antireflexionsfilm **18** ausgebildet, der einen Brechungsindex in der Mitte zwischen Siliziumnitrid und Siliziumoxid hat, wie z.B. Siliziumoxynitrid. Der Antireflexionsfilm mit einem mittleren Brechungsindex an der Schnittfläche zwischen zwei Medien ausgebildet ist, wird der kritische Winkel einer Totalreflexion groß

und erniedrigt sich der Reflexionsfaktor. Es ist daher für einfallendes Licht möglich, effizienter in die Fotodiode einzutreten.

[0053] **Fig. 7** ist eine schematische Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß einer verbesserten Modifikation des in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiels. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist ein Antireflexionsfilm **18** in der Öffnung ausgebildet. Dieser Antireflexionsfilm **18** reduziert die Menge an Licht, die an der Oberflächenisolierschicht **11** reflektiert wird, so dass mehr Licht in die Fotodiode eintreten kann.

[0054] Eine Totalreflexion tritt dann auf, wenn Licht von einem Medium mit hohem Brechungsindex in ein Medium mit niedrigerem Brechungsindex läuft.

[0055] **Fig. 8** ist eine Querschnittsansicht einer fotoelektrischen Halbleiter-Wandlervorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Oberflächenisolierschicht **11** in Kontakt mit der Transmissionsmaterialschiicht **21** mit hohem Brechungsindex, die in der Struktur der **Fig. 7** gezeigt ist, entfernt. Das bedeutet, dass eine Öffnung durch die Oberflächenisolierschicht **11** ausgebildet ist und eine Transmissionsmaterialschiicht **21b** mit hohem Brechungsindex in diese Öffnung eingefüllt ist. Die Transmissionsmaterialschiicht **21** mit hohem Brechungsindex enthält den Bereich **21a** gleich dem in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsbeispiel und den Bereich **21b** in Kontakt mit der Substratoberfläche. Der Antireflexionsfilm in der in **Fig. 7** gezeigten Struktur wird nicht verwendet. Von Siliziumnitrid und Halbleitersubstrat in direktem Kontakt hat das Halbleitersubstrat einen höheren Brechungsindex. Daher tritt eine Totalreflexion von Licht, das von der Siliziumnitridschicht läuft, nicht auf. Es ist für einfallendes Licht möglich, effizient in eine Fotodiode einzutreten. Ebenso ist eine dielektrische Schicht **16** mit einem niedrigeren Brechungsindex als demjenigen der Schicht **21** mit hohem Brechungsindex gleich der Schicht **16** in **Fig. 6** vorgesehen.

[0056] Eine fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung ist nicht auf einen CCD-Typ beschränkt.

[0057] **Fig. 9** ist eine schematische Draufsicht, die das Layout einer fotoelektrischen MOS-Wandlervorrichtung zeigt. In einer fotoelektrischen MOS-Wandlervorrichtung ist eine MOS-Transistorschaltung MOS zum Lesen und Verstärken von Ladungen benachbart zu einer Fotodiode PD ausgebildet. Ein Ausgangssignal wird von der MOS-Transistorschaltung MOS zu einer Busleitung BL gelesen.

[0058] Ebenso ist in einer fotoelektrischen MOS-Wandlervorrichtung ein Lichtabschirmfilm mit Öffnungen entsprechend Fotodioden auf der Oberflä-

che eines Halbleitersubstrats ausgebildet und bedeckt den peripheren Bereich von Fotodioden. Die Strukturen gleich den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen können auf jede Öffnung des Lichtabschirmfilms angewendet werden.

[0059] Die vorliegende Erfindung ist in Verbindung mit den bevorzugten Ausführungsbeispielen beschrieben worden. Die Erfindung ist nicht nur auf die obigen Ausführungsbeispiele beschränkt. Es ist für Fachleute auf dem Gebiet offensichtlich, dass verschiedene Modifikationen, Verbesserungen, Kombinationen und ähnliches innerhalb des Schutzbereichs der folgenden Ansprüche durchgeführt werden können.

Patentansprüche

1. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung, die folgendes aufweist:
ein Halbleitersubstrat (**10**) mit einer Hauptfläche;
eine Anzahl fotoelektrischer Wandlerelemente (**3**), die in der Hauptfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet sind;
Funktionsvorrichtungen (**4, 5, 6, 7**), die auf und/oder in der Hauptfläche des Halbleitersubstrats benachbart zu einer Anzahl der fotoelektrischen Wandlerelemente ausgebildet sind; wobei die Funktionsvorrichtungen Ladungstransferkanäle (**5**) aufweist, die in der Hauptfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet sind;
einen Lichtabschirmfilm (**15**), der über dem Halbleitersubstrat ausgebildet ist, wobei der Lichtabschirmfilm Licht über den Ladungstransferkanälen (**5**) abschirmt und Fenster zum Öffnen eines oberen Raums eines vorbestimmten Bereichs von jedem der fotoelektrischen Wandlerelemente hat; und
ein Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge (**21**), das in dem Fenster über dem Halbleitersubstrat angeordnet ist, wobei das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge aus Transmissionsmaterial hergestellt ist, das einen Brechungsindex hat, der höher als ein Brechungsindex von Siliziumoxid ist, und das eine effektive Wellenlänge von Licht verkürzt, das durch die Fenster läuft; **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung weiterhin eine Mantelisolierschicht (**16**) aufweist, die zwischen dem Lichtabschirmfilm (**15**) und dem Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge (**21**) ausgebildet ist, wobei die Mantelisolierschicht eine Innenseitenwand hat, die eine Form hat, die in Richtung zu dem fotoelektrischen Wandlerelement konvergiert, und einen Brechungsindex, der niedriger als der Brechungsindex des Elements zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ist.

2. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 1, die weiterhin eine Isolierschicht (**17**) aufweist, die auf dem Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ausgebildet ist und einen

Brechungsindex hat, der niedriger als der Brechungsindex des Elements zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ist.

3. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Isolierschicht (17) aus Siliziumoxid hergestellt ist.

4. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, die weiterhin eine Mikrolinse (33) aufweist, die über dem Lichtabschirmfilm (15) und dem Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge (21) für jedes der fotoelektrischen Wandlerelemente ausgebildet ist.

5. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Mikrolinse (33) einen Brennpunkt in einer Mitte des Fensters hat.

6. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, die weiterhin folgendes aufweist:

eine Transmissionsisolierschicht (17), die unter der Mikrolinse und über dem Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ausgebildet ist, wobei die Transmissionsisolierschicht einen Brechungsindex hat, der niedriger als der Brechungsindex des Elements zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ist; und ein Farbfilter (31), das zwischen jeder der Mikrolinsen und der Transmissionsisolierschicht angeordnet ist.

7. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge (21) eine flache obere Oberfläche hat.

8. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 3 oder 6, wobei eine obere Oberfläche des Elements zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge (21) eine nach oben konvexe Oberfläche über den fotoelektrischen Wandlerelement hat, die Isolierschicht eine flache Oberfläche hat und das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge eine Funktion einer konvexen Linse hat.

9. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge (21) eine nach oben konvexe Oberfläche über dem fotoelektrischen Wandlerelement hat und das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge eine Funktion einer konvexen Linse hat.

10. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei die konvexe Linse einen Brennpunkt in einer Mitte des Fensters hat.

11. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wo-

bei die Mantelisolierschicht (16) aus Siliziumoxid hergestellt ist.

12. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, die weiterhin eine Oberflächenisolierschicht (11) aufweist, die zwischen der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats und dem Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ausgebildet ist, wobei die Oberflächenisolierschicht einen Brechungsindex hat, der niedriger als der Brechungsindex des Elements zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ist.

13. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Oberflächenisolierschicht (11) aus Siliziumoxid hergestellt ist.

14. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, die weiterhin einen Antireflexionsfilm (18) aufweist, der zwischen dem Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge (21) und der Oberflächenisolierschicht (11) ausgebildet ist, wobei der Antireflexionsfilm einen Brechungsindex hat, der niedriger als der Brechungsindex des Elements zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ist und höher als der Brechungsindex der Oberflächenisolierschicht ist.

15. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge direkt auf der Hauptfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet ist.

16. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge aus Siliziumnitrid hergestellt ist.

17. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 16, wobei das Siliziumnitrid aus einer amorphen Phase ist.

18. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge aus Kohlenstoffmaterial einer Diamantstruktur oder Tantaloxid hergestellt ist.

19. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Lichtabschirmfilm (15) aus Wolfram hergestellt ist.

20. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Substrat ein Siliziumsubstrat ist; und wobei die Ladungstransferkanäle (5) in der Hauptfläche des Siliziumsubstrats benachbart zu einer Anzahl der fotoelektrischen Wandlerelemente ausgebildet sind;

und wobei die Vorrichtung weiterhin folgendes aufweist

eine erste Siliziumoxidschicht (**11**), die die Hauptfläche des Siliziumsubstrats bedeckt;

Ladungstransferelektroden (**12**), die auf der ersten Siliziumoxidschicht ausgebildet sind und aus Polysilizium hergestellt sind, wobei die Ladungstransferelektroden Potentiale der Ladungstransferkanäle steuern;

eine zweite Siliziumoxidschicht (**14**), die Oberflächen der Ladungstransferelektroden bedeckt;

wobei der Lichtabschirmfilm (**15**) die zweite Siliziumoxidschicht bedeckt, wobei der Lichtabschirmfilm Licht über den Ladungstransferkanälen abschirmt; und wobei die Vorrichtung weiterhin folgendes aufweist:

eine Transmissionsisolierschicht (**17**) in direktem Kontakt mit einer oberen Oberfläche des Elements zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge, ausgebildet über dem Siliziumsubstrat und den Lichtabschirmfilm bedecken, wobei die Transmissionsisolierschicht einen Brechungsindex hat, der niedriger als ein Brechungsindex des Elements zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge ist;

ein Farbfilter (**31**), das über der Transmissionsisolierschicht ausgebildet ist und für jedes der fotoelektrischen Wandlerelemente angeordnet ist; und

eine Mikrolinse (**33**), die über jedem der Farbfilter für jedes der fotoelektrischen Wandlerelemente angeordnet ist.

21. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 20, wobei das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge aus Siliziumnitrid hergestellt ist.

22. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, die weiterhin einen Siliziumoxynitrid-Antireflexionsfilm (**18**) aufweist, der zwischen der Hauptfläche des Siliziumsubstrats und dem Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge angeordnet ist.

23. Fotoelektrische Halbleiter-Wandlervorrichtung nach Anspruch 20, 21 oder 22, wobei das Element zum Verkürzen der effektiven Wellenlänge aus Kohlenstoffmaterial einer Diamantstruktur oder Tantaloxid hergestellt ist.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

FIG.1A

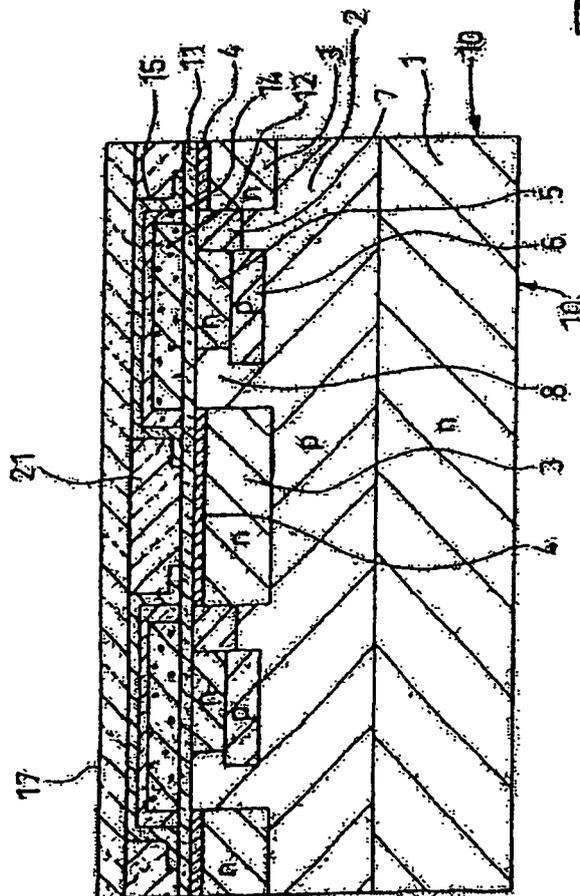


FIG.1B

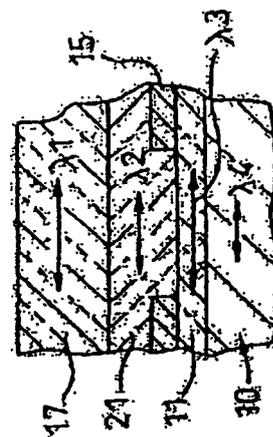


FIG.2

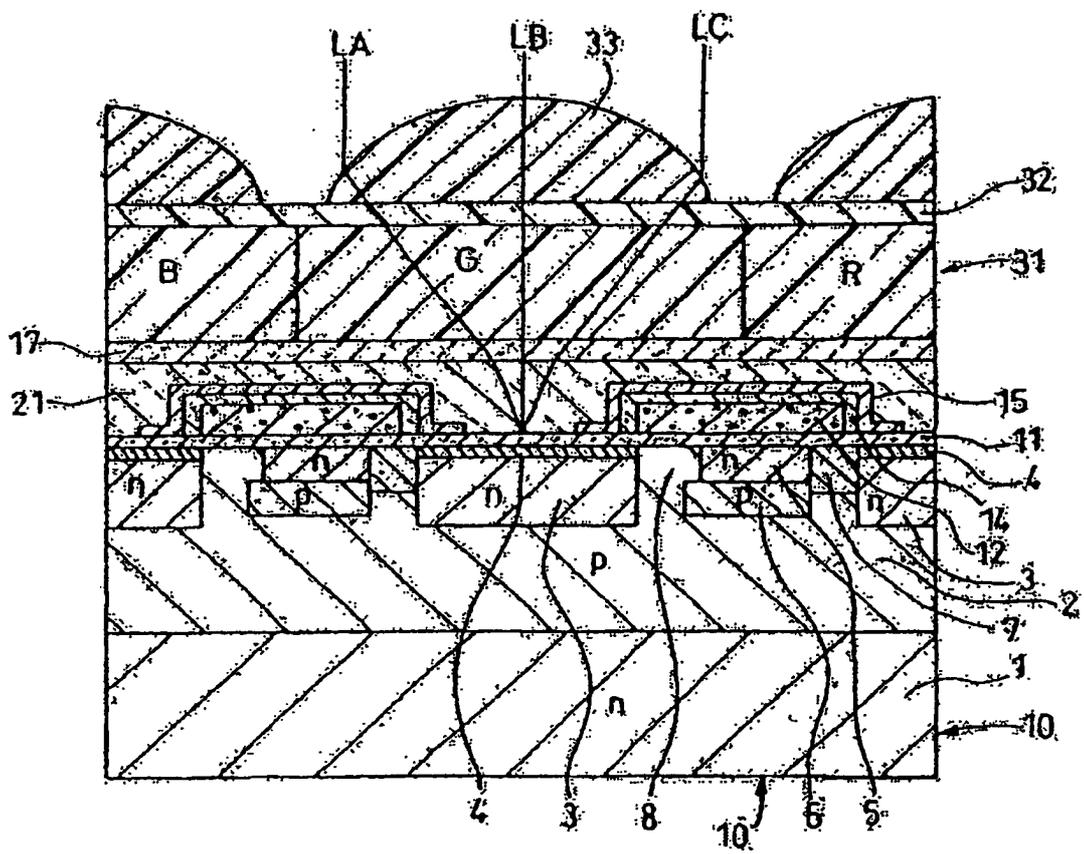


FIG.3

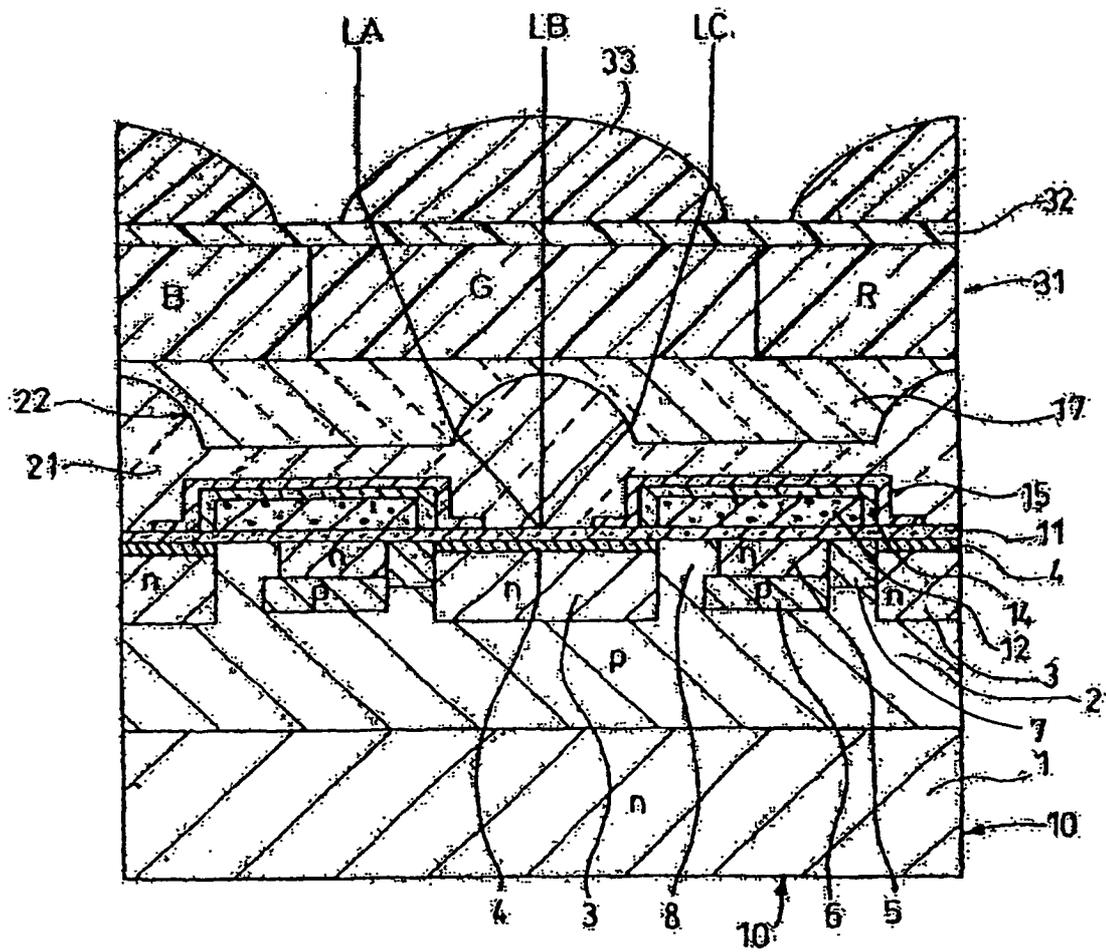


FIG.4

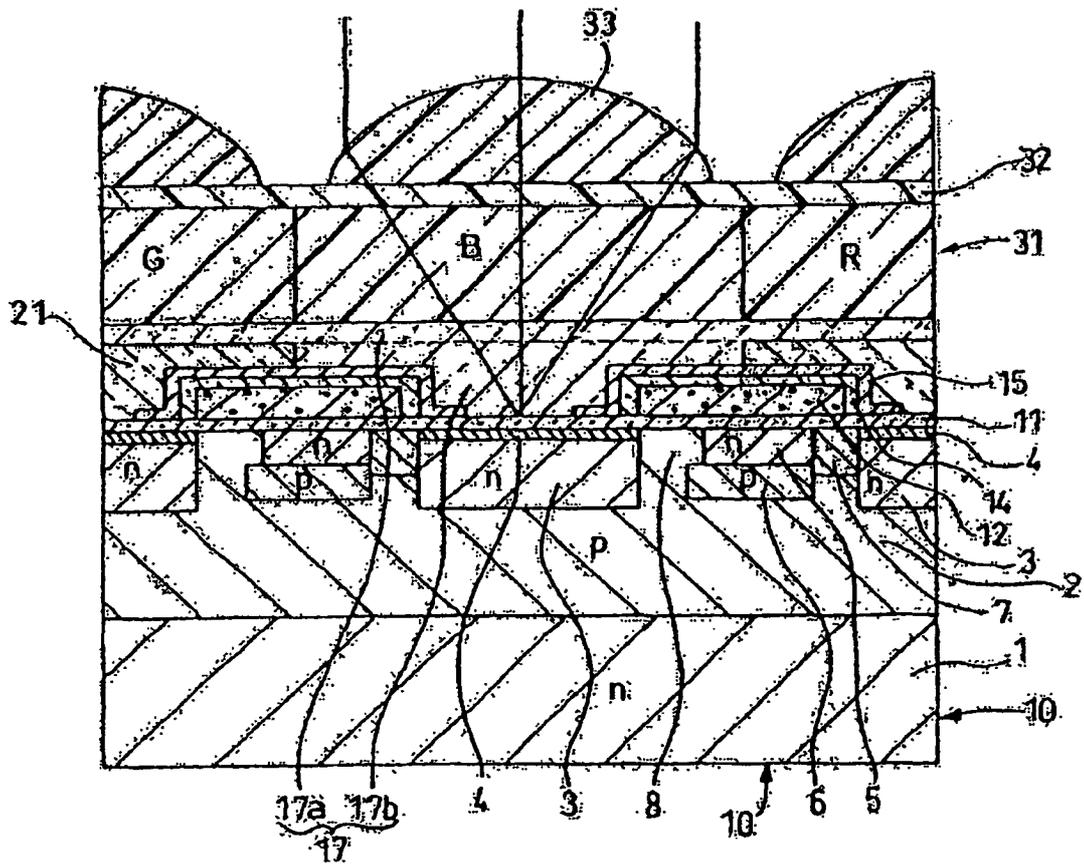


FIG.5A

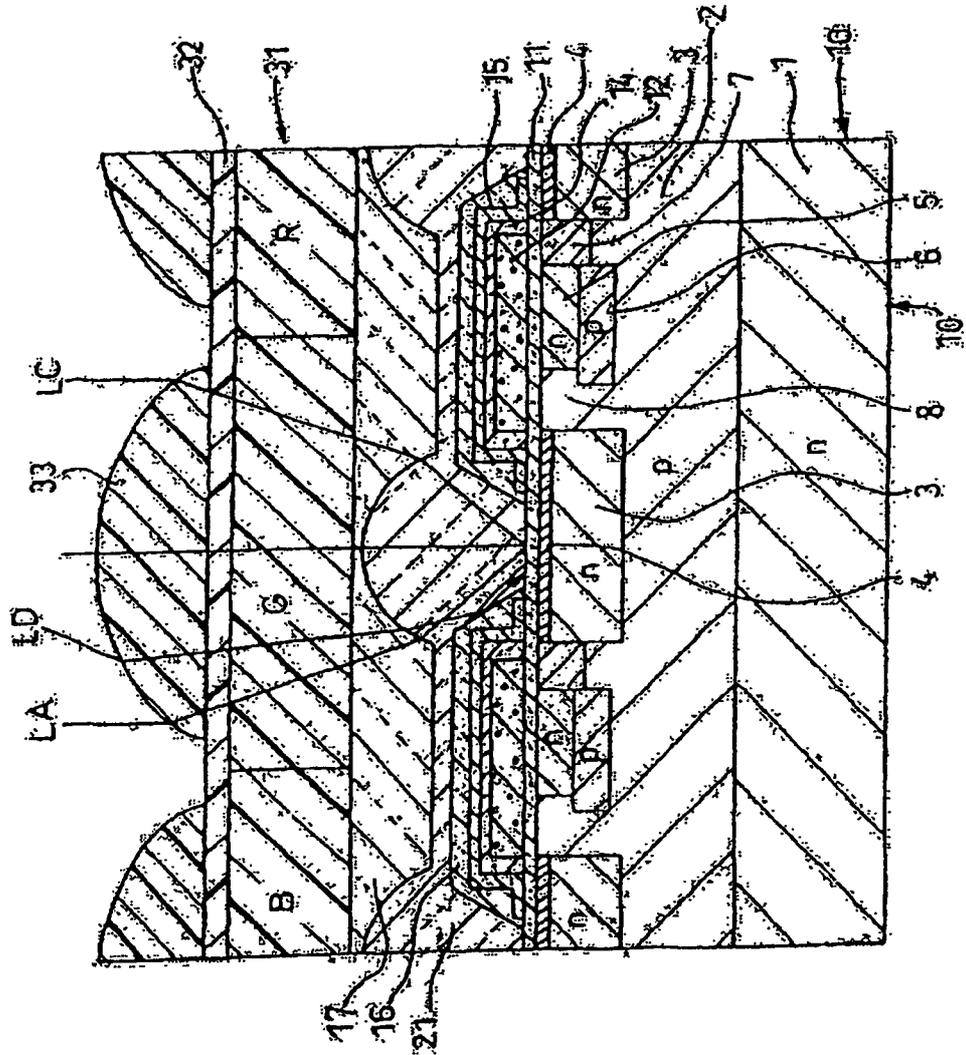


FIG.5B

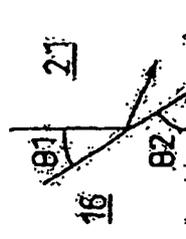


FIG.6

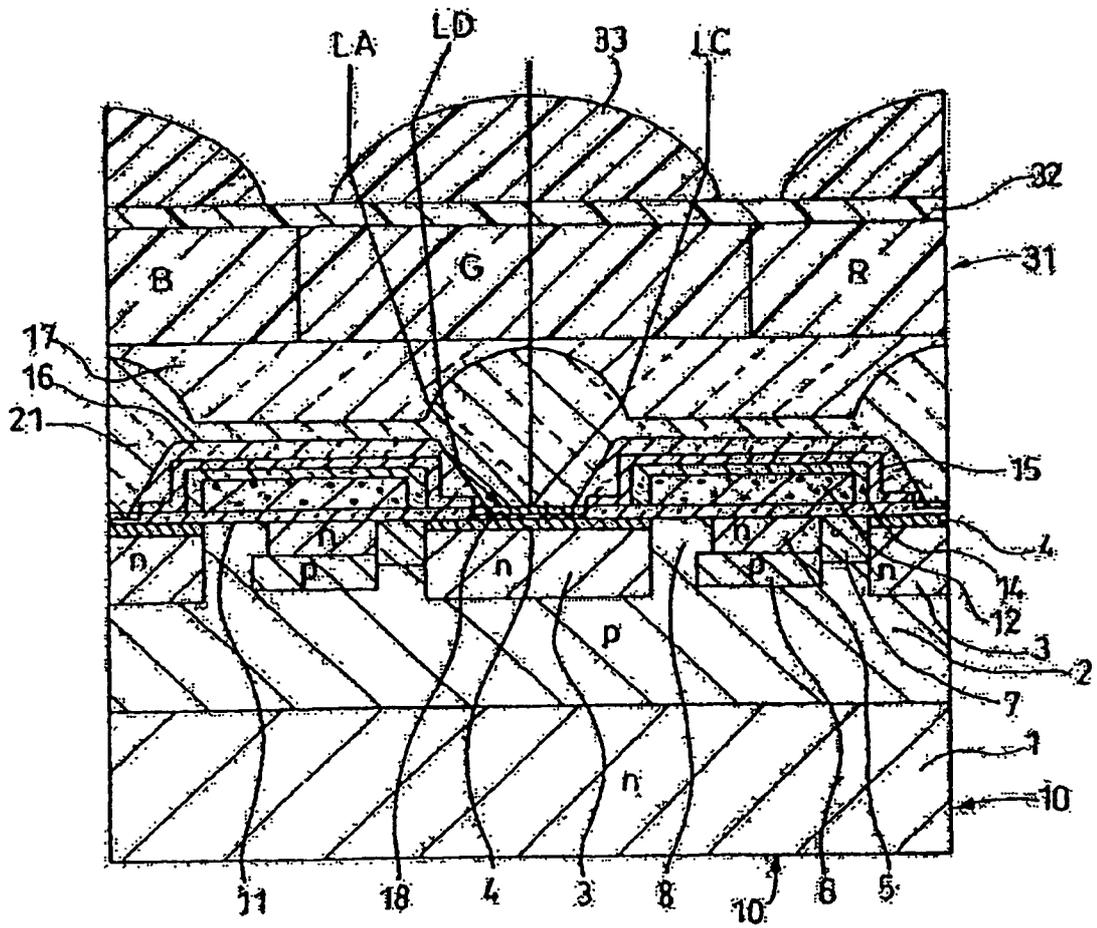


FIG.7

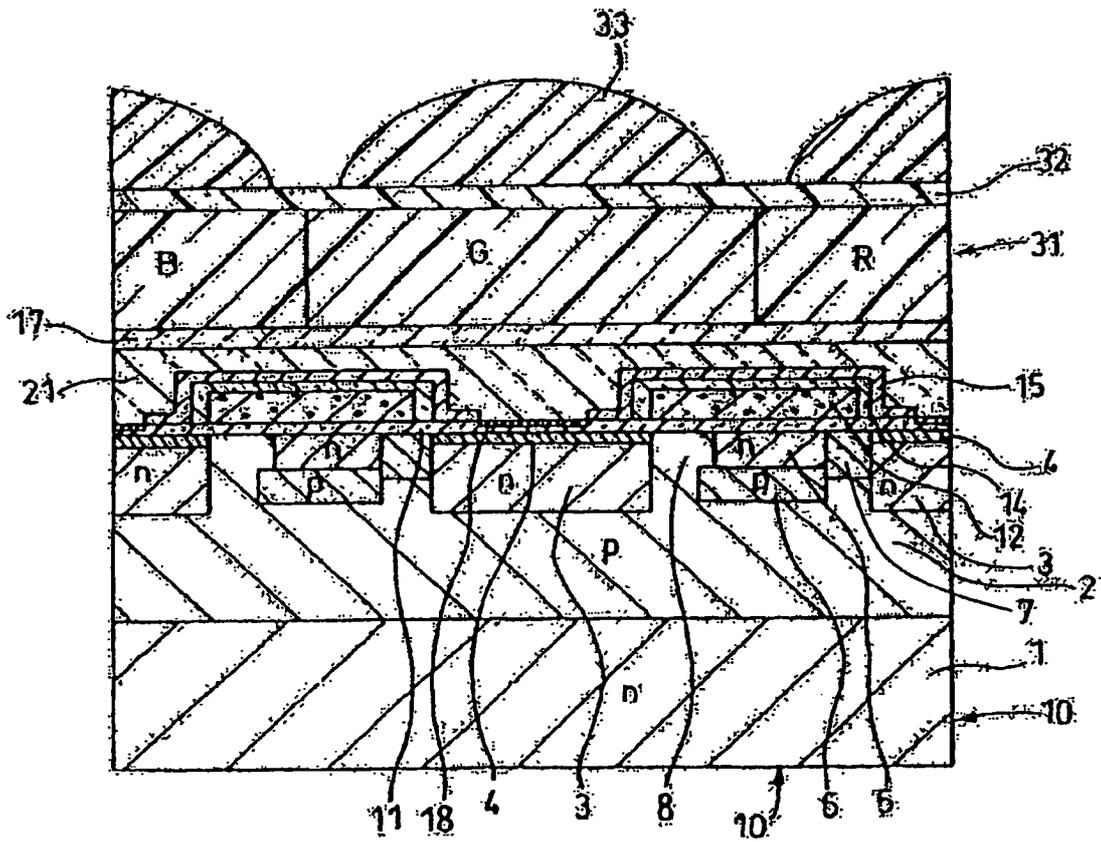


FIG.8

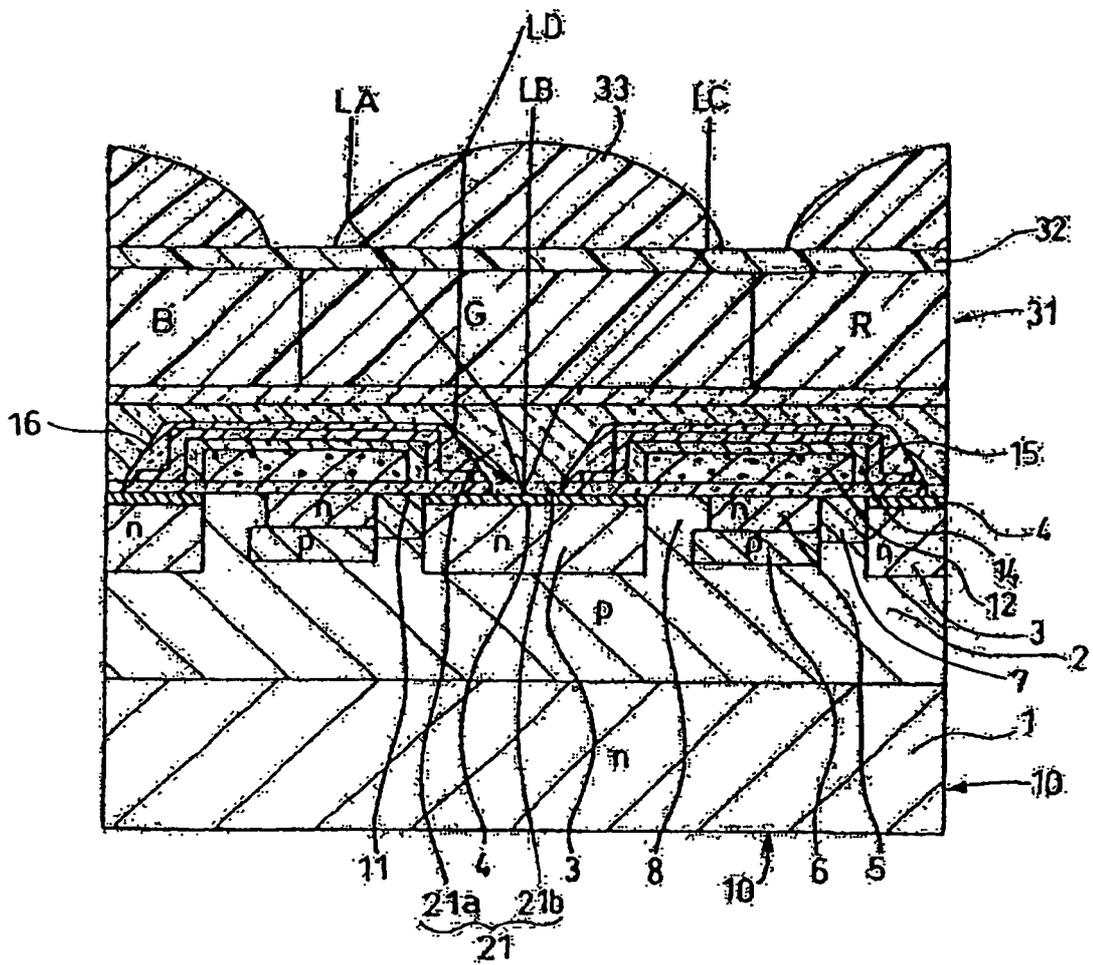


FIG.9

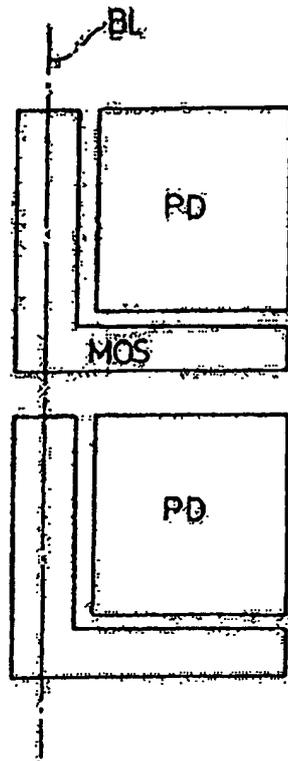


FIG. 10B
ZUGEHÖRIGER
STAND DER TECHNIK

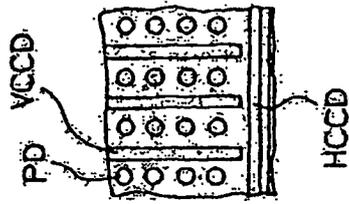


FIG. 10C
ZUGEHÖRIGER
STAND DER TECHNIK

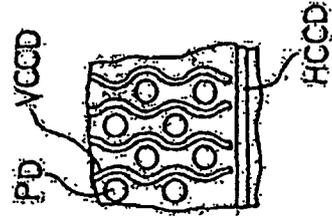


FIG. 10A
ZUGEHÖRIGER
STAND DER TECHNIK

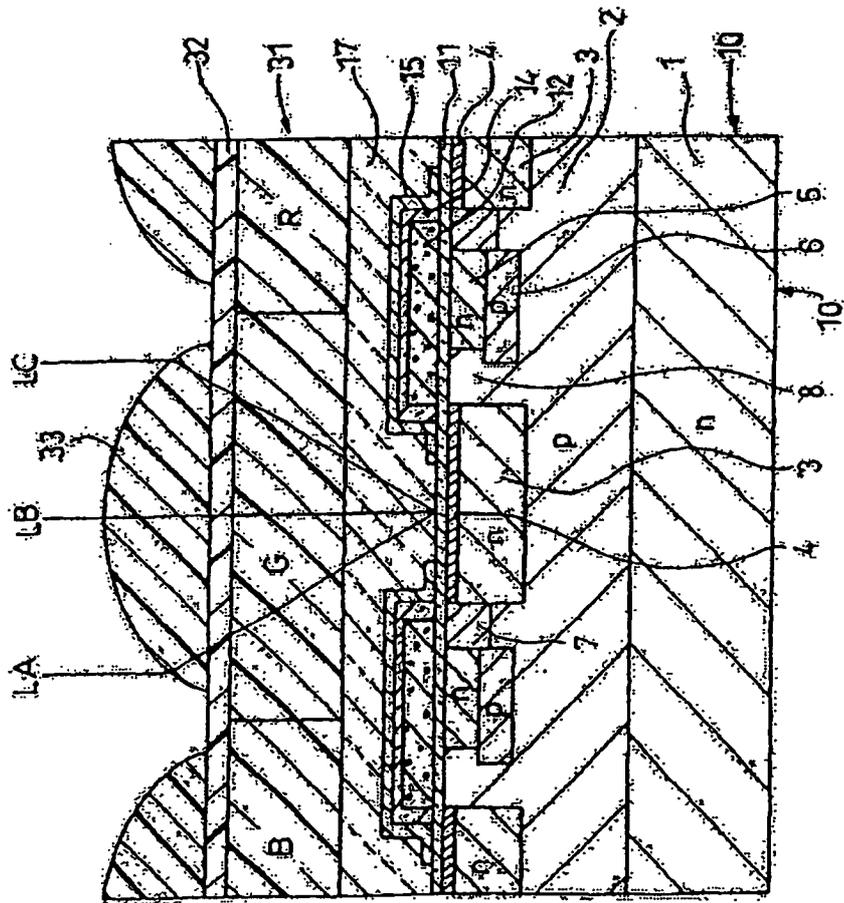


FIG.11
ZUGEHÖRIGER
STAND DER TECHNIK

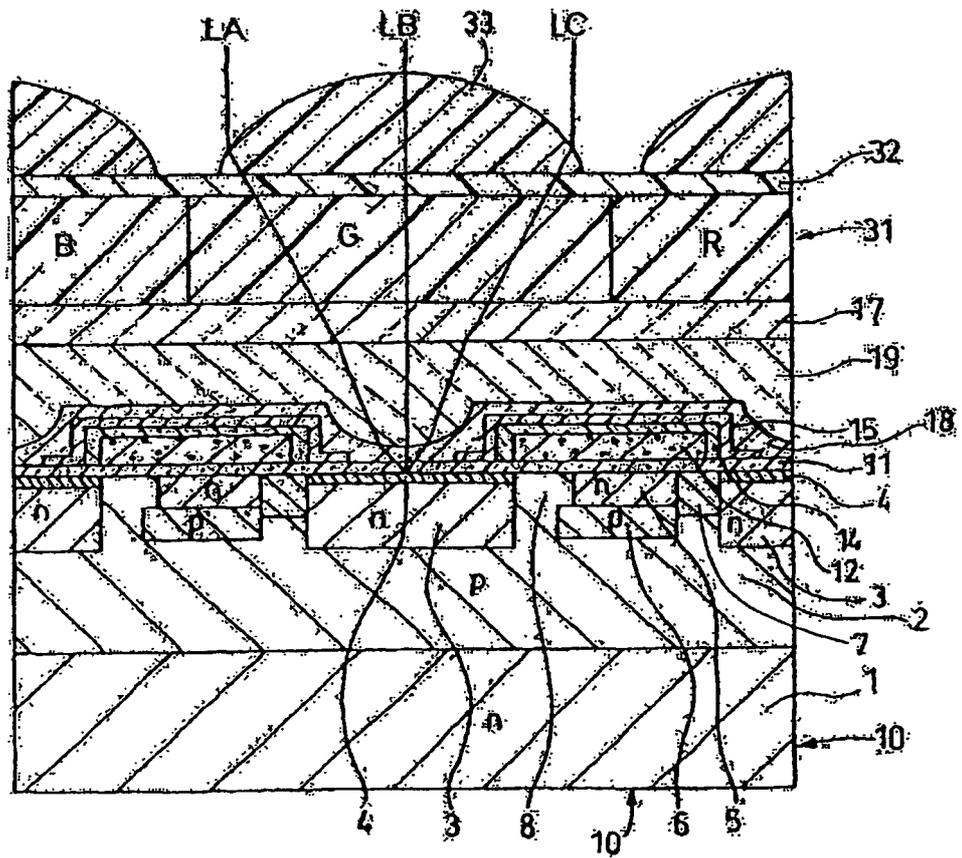


FIG.12A

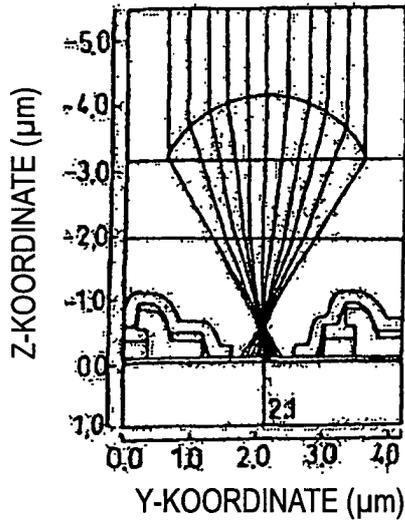


FIG.12C

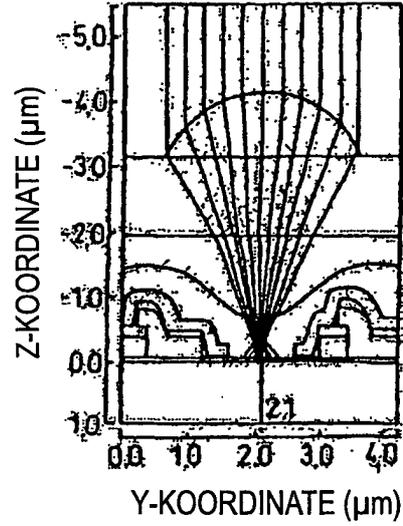


FIG.12B

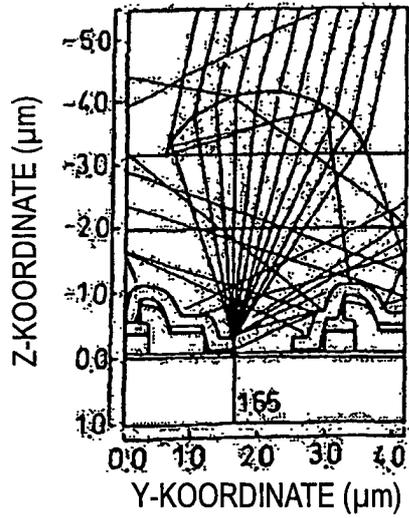


FIG.12D

