

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum

20. Juni 2013 (20.06.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/087608 AI

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
H01L 27/146 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/075047
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
11. Dezember 2012 (11.12.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 201 1 056 369.5
13. Dezember 2011 (13.12.2011) DE
- (71) **Anmelder:** PMDTECHNOLOGIES GMBH [DE/DE];
Am Eichenhang 50, 57076 Siegen (DE).
- (72) **Erfinder:** FRANKE, Matthias; Schlesische Str. 22a,
35708 Haiger (DE). FRIEDRICH, Nils; Bruederweg 238,
57074 Siegen (DE). PRIMA, Jens; Lohhain 6, 57074
Siegen (DE).
- (74) **Anwälte:** LIEKE, Winfried et al; Postfach 61 45, Kaiser-
Friedrich-Ring 98, 65051 Wiesbaden (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
V)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

- (54) **Title:** SEMICONDUCTOR COMPONENT WITH TRENCH GATE
- (54) **Bezeichnung :** HALBLEITERBAUELEMENT MIT TRENCH GATE

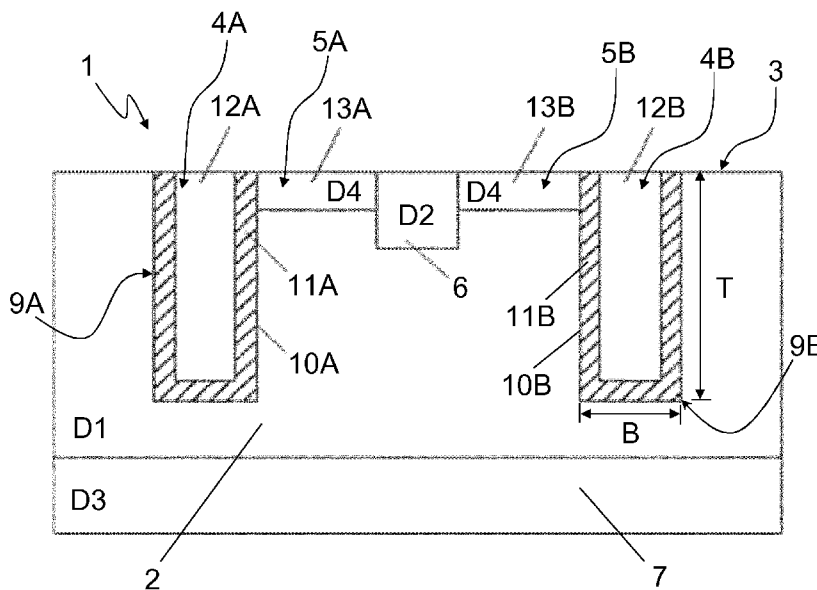


Fig. 1

(57) **Abstract:** The present invention relates to a semiconductor component (1) having a photosensitive semiconductor layer (2), wherein the photosensitive semiconductor layer (2) is doped with a first doping density (D1) of a first conduction type which brings about an effective conversion of electromagnetic radiation penetrating into the semiconductor layer (2) into electrical charge carriers, having at least two modulation gates (4A, 4B) which are arranged at a mutual spacing and are each formed by a trench gate extending from a surface (3) of the semiconductor layer (2) and perpendicular to this surface (3) into the semiconductor layer (2), and having at least two readout diodes (5A, 5B) arranged at a mutual spacing and near the surface (3) between the two modulation gates (4A, 4B). In order to provide a semiconductor component for distance detection having improved characteristics with regard to sensitivity and resolution, the invention proposes that a separating implant (6) be inserted into the semiconductor layer (2) between the two readout diodes (5A, 5B),

said implant having the same conduction type as the semiconductor layer (2), but having a second, higher doping density (D2).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/087608 AI



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement (1) mit einer photoempfindlichen Halbleiterschicht (2), wobei die photoempfindliche Halbleiterschicht (2) eine Dotierung mit einer ersten Dotierungsdichte (D1) von einem ersten Leitungstyp aufweist, die eine effektive Umwandlung von in die Halbleiterschicht (2) eindringender elektromagnetischer Strahlung in elektrische Ladungsträger bewirkt, mindestens zwei voneinander beabstandeten Modulationsgates (4A, 4B), die jeweils von einer Oberfläche (3) der Halbleiterschicht (2) und senkrecht zu dieser Oberfläche (3) in die Halbleiterschicht (2) hinein erstreckenden Trenchgate gebildet werden, und mindestens zwei im Abstand zueinander und nahe der Oberfläche (3) zwischen den beiden Modulationsgates (4A, 4B) angeordneten Auslesedioden (5A, 5B). Um ein Halbleiterbauelement zur Entfernungserfassung mit verbesserten Eigenschaften hinsichtlich Sensitivität und Auflösung bereitzustellen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass zwischen den beiden Auslesedioden (5A, 5B) ein Trennimplantat (6) in die Halbleiterschicht (2) eingebracht ist, welches den gleichen Leitungstyp wie die Halbleiterschicht (2), jedoch eine zweite, höhere Dotierungsdichte (D2) aufweist.

Halbleiterbauelement mit trench gate

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit einer photoempfindlichen Halbleiterschicht, wobei die photoempfindliche Halbleiterschicht eine Dotierung mit einer ersten Dotierungsdichte D_1 von einem ersten Leitungstyp aufweist, die eine effektive Umwandlung von in die Halbleiterschicht eindringender elektromagnetischer Strahlung in elektrische Ladungsträger bewirkt, mindestens zwei voneinander beabstandeten Modulationsgates, die jeweils von einem sich von einer Oberfläche der Halbleiterschicht und senkrecht zu dieser Oberfläche in die Halbleiterschicht hinein erstreckenden Trenchgate gebildet werden, und mindestens zwei im Abstand zueinander und nahe der Oberfläche zwischen den beiden Modulationsgates angeordneten Auslesedioden.

Halbleiterbauelemente mit einer photoempfindlichen Halbleiterschicht, in der einfallende elektromagnetische Strahlung in elektrische Ladungsträger umgewandelt wird, sowie zwei Modulationsgates und zwei Auslesedioden finden bei der Laufzeitmessung von elektromagnetischen Signalen Anwendung. Die gemessene Laufzeit wird zur Entfernungsbestimmung von Objekten verwendet. Hierzu werden intensitätsmodulierte Lichtstrahlen erfasst, die von entsprechenden Objekten reflektiert wurden, und Phasenverschiebungen gegenüber der Frequenz der Signalquelle bestimmt. Für diese Zweck werden die Modulationsgates zumeist auf der Halbleiterschicht angeordnet. Durch eine solche Anordnung der Modulationsgates über der Halbleiterschicht entsteht ein Schichtaufbau, der zu Änderungen im Brechungsindex und daraus resultierenden Reflexionsverlusten der einfallenden Lichtstrahlen führt. Solche Reflexionsverluste lassen sich konstruktionsbedingt nur mit hohem Aufwand effektiv minimieren. Des Weiteren ist die Sensitivität des Bauelements abhängig von der Ausdehnung und Stärke des angelegten elektrischen Feldes in der Halbleiterschicht. Dieses Feld beeinflusst die in der Halbleiterschicht erzeugte freie Ladungsträger und leitet sie in Richtung der Auslesedioden. Im Wesentlichen wird das elektrische Feld durch die an die Modulationsgates angelegte Modulationsspannung sowie die Auslesespannung an den Auslesedioden und die Substratdotierung bestimmt bzw. limitiert.

30 In der US 2009/0244514 A 1, von welcher die vorliegende Erfindung als nächstgelegenen Stand der Technik ausgeht, wird vorgeschlagen, Modulationsgates in Form von Trenchgates zu verwenden. Gemäß der US 2009/0244514 A 1 wird durch einen solchen Aufbau die von Photogates

auf der photoempfindlichen Halbleiterschicht in Anspruch genommene Fläche reduziert, was zu einer Verringerung von Abschirmeffekten führt.

5 Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Halbleiterbauelement zur Entfernungserfassung mit verbesserten Eigenschaften hinsichtlich Sensitivität und Auflösung bereitzustellen.

10 Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass zwischen den beiden Auslesedioden ein Trennimplantat in die Halbleiterschicht eingebracht ist, welches den gleichen Leitungstyp wie die Halbleiterschicht, jedoch eine zweite, höhere Dotierungsdichte D_2 aufweist.

15 Bevorzugt sind insbesondere folgende Dotierungsdichten bei Verwendung von Silizium für Halbleiterschicht, Trennimplantat und Substrat: D_1 im Bereich von etwa 10^{13} bis etwa 10^{14} , D_2 von etwa 10^{16} bis etwa 10^{17} und D_3 von etwa 10^{18} bis etwa 10^{19} .

20 Zum Auslesen der in dem Halbleitermaterial durch Photonen generierten Ladungsträger liegt an den Auslesedioden eine Auslesespannung an. Durch diese Spannung wird im Bereich der Auslesedioden jeweils eine Raumladungszone in der Halbleiterschicht erzeugt. Ein zwischen den Auslesedioden in die Halbleiterschicht eingebrachtes Trennimplantat verhindert ein laterales Durchgreifen der Raumladungszone zwischen den beiden Auslesedioden. Aufgrund dieser Trennung mittels Trennimplantaten können an die Auslesedioden selbst im Falle einer räumlich sehr kompakten Bauweise des Halbleiterelements vergleichsweise hohe Spannungen angelegt werden. Eine kompaktere Bauweise wiederum erlaubt ein schnelleres Auslesen von freien Ladungsträger aufgrund kürzerer Wege. Zugleich können die zur Beeinflussung der Ladungsträger angelegten stärkeren elektrischen Felder die Halbleiterschichten vollständig durchgreifen. Die Ausdehnung der Raumladungszone, hervorgerufen durch Diffusion von Majoritätsladungsträgern, ist abhängig von der Dotierungsdichte. Je höher die Dotierungsdichte ist, desto schmaler die Raumladungszone, da aufgrund der höheren Dichte an verbleibenden Gitterionen ein stärkeres elektrisches Feld entsteht, das der Diffusion entgegenwirkt. Eine Dotierung des Trennimplantats mit dem gleichen Leitertyp wie die Halbleiterschicht jedoch mit einer höheren Dotierungsdichte führt zu unterschiedlich großen Ausdehnungen der Raumladungszone in Trennimplantat und Halbleiterschicht. Infolge einer verringerten Ausdehnung der Raumladungszone im Bereich einer höheren Dotierung unterbindet das Trennimplantat effektiv ein laterales Durchgreifen der Raumladungszone zwischen den Auslesedioden, wodurch Störeffekte minimiert sowie die Sensitivität erhöht werden und somit die Funktionsfähigkeit des Halbleiterbauelements auch bei kompakter Bauweise gewährleistet wird. Empfehlenswert ist die Verwendung des gleichen Materials für Halbleiterschicht und Trennimplantat, wobei sich beide Komponenten lediglich durch die Dotierungsdichte unterscheiden. Hierbei ist es auch zweckmäßig, dass sich das Trennimplantat in

30
35

vertikaler Richtung tiefer in die Halbleiterschicht erstreckt als die Auslesedioden, wodurch die laterale Trennung der beiden Dioden verbessert wird. Vorteilhafterweise bestehen die Halbleiterschicht und/oder das Trennimplantat aus Silizium vom p-Leitungstyp, wobei die freien, auszulesenden Es versteht sich, dass, auch wenn die Beschreibung vorliegend sich überwiegend auf Elektronen als Minoritätsladungsträger bezieht, statt dessen auch Löcher die Minoritätsladungsträger sein könnten, indem beispielsweise die Halbleiterschicht und das Trennimplantat aus einem Material vom n-Leitungstyp bestehen.

In einer Ausführungsform ist die Halbleiterschicht auf einem Halbleitersubstrat angeordnet, das denselben Leitungstyp, jedoch eine Dotierung mit einer dritten Dotierungsdichte D_3 aufweist, die höher als die erste und zweite Dotierungsdichte ist. Durch dieses hochdotierte Substrat, welches beispielsweise auf einem konstanten Potential gehalten wird, werden auch im Fall einer tiefen Verarmung der Halbleiterschicht, d.h. einer vollständigen vertikalen Ausdehnung der Raumladungszonen durch die niedrigdotierte Halbleiterschicht hindurch, eine vertikale Begrenzung der Raumladungszonen und mithin ein konstantes Basispotential der Auslesespannung sicher gestellt. Hierdurch wird ein effektiver Potentialgradient in vertikaler Richtung ermöglicht, der im gesamten Halbleiterbereich zwischen den Modulationsgates freie Ladungsträger, die durch eindringende Photonen erzeugt wurden, zu den Auslesedioden leitet.

In einer Ausführungsform unterscheiden sich die Dotierungsdichten D_1 , D_2 und D_3 jeweils um mindestens eine Größenordnung. Durch solche komponentenweisen Unterschiede in der Dotierungsdichte von mindestens einer Größenordnung kann eine effektive geometrische Ausdehnung der Raumladungszonen um die Auslesedioden durch die Halbleiterschicht gewährleistet werden, wobei sich diese Raumladungszone mit Ausnahme des Trennimplantats im Wesentlichen durch die ganze Halbleiterschicht zwischen den Modulationsgates erstreckt.

Zweckmäßig ist eine Ausführungsform, bei der das Halbleitersubstrat eine Kontaktierung aufweist, wobei das Halbleitersubstrat mittels der Kontaktierung auf einem ersten Potential gehalten werden kann. Aus der Potentialdifferenz zwischen den Potentialen der Auslesedioden und Φ_s als Basispotential resultiert eine Auslesespannung. Infolge dieser Auslesespannung ergibt sich ein vertikaler Potentialgradient, der die ganze Halbleiterschicht durchgreift und durch den freie Ladungsträger zu den Auslesedioden bewegt werden. Mittels der durch Trenchgates gebildeten Modulationsgates wird an die Halbleiterschicht zusätzlich eine Modulationsspannung angelegt. Diese Modulationsspannung ruft einen wechselnden horizontalen Potentialgradienten hervor. Durch diesen wechselnden Gradienten werden die in der Halbleiterschicht erzeugten Ladungsträger wechselweise zu einer der beiden Auslesedioden bewegt. Dieses Wirkprinzip des wechselweisen Verschiebens freier Ladungsträger zu einer der beiden Auslesedioden mittels der Überlagerung eines konstanten vertikalen Potentialgradienten mit einem wechselndem horizontalem

len Potentialgradienten wird hier als „Scheibenwischerprinzip“ bezeichnet. Ist der zeitliche Intensitätsverlauf der eindringenden elektromagnetischen Strahlung und damit der zeitliche Verlauf der Anzahl der erzeugten Ladungsträger unkorreliert mit der Frequenz der Modulationsspannung, gelangen im statistischen Mittel im Allgemeinen zu beiden Auslesedioden jeweils etwa eine gleiche Anzahl an Ladungsträgern. Weist aber zumindest ein Teil der Strahlung eine Intensitätsfrequenz auf, die mit der Frequenz der Modulationsspannung korreliert ist, ergibt sich im statistischen Mittel im Allgemeinen eine Ladungsdifferenz zwischen den Auslesedioden.

In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform bestehen die Trenchgates jeweils aus einem sich von der Oberfläche der Halbleiterschicht und senkrecht zu dieser Oberfläche in die Halbleiterschicht hinein erstreckenden Kanal, wobei die Kanalwände mit einer elektrisch isolierenden Schicht ausgekleidet sind und in dem Kanal ein elektrisch leitendes Material angeordnet ist. Die vertikale Erstreckung der Modulationsgates in Form von Trenchgates ermöglicht es ein starkes, in vertikaler Richtung tief reichendes elektrisches Feld zu erzeugen, durch das auch in tiefen Bereichen der Halbleiterschicht freie Ladungsträger von dem Potentialgradienten der Modulationsspannung beeinflusst werden. Zugleich wird durch die Anordnung der Modulationsgates in der Halbleiterschicht eine Reduktion der eingekoppelten Lichtmenge durch oberhalb der Schicht befindliche Strukturen, insbesondere durch Polysilizium- bzw. Metallstrukturen, vermieden. Dies eröffnet die Möglichkeit einer unabhängigen Anpassung der Einkopplung des Lichts in die Halbleiterschicht, wodurch eine sehr hohe Quanteneffizienz erreichbar ist. Darüber hinaus bieten die vertikalen Trenchgates mit den dazwischen angeordneten Auslesedioden den Vorteil, dass bei Anordnung mehrerer erfindungsgemäßer Halbleiterelemente nebeneinander eine effektive Abschirmung gegen Übersprechen der Photoladungsträger zwischen den einzelnen Halbleiterelementen herbeigeführt wird. Insbesondere vorteilhaft ist eine solche effektive Abschirmung im Fall einer gemeinsamen, alle Halbleiterelemente verbindenden, einstückigen Halbleiterschicht.

Erfindungsgemäße Modulationsgates werden beispielsweise in eine aus dotiertem Silizium bestehende Halbleiterschicht geätzt. Anschließend werden die Kanalwände oxidiert bzw. eine dünne Oxidschicht an den Wänden abgeschieden. Die daraus resultierende Isolationsschicht an den Kanalwänden besteht zweckmäßigerweise aus Siliziumoxid. Der verbleibende Innenraum des Kanals wird mit einem elektrisch leitenden Material, bevorzugt mit Polysilizium teilweise oder vollständig verfüllt und im Bereich der Oberfläche der Halbleiterschicht kontaktiert. Aber auch andere elektrisch leitende Materialien wie beispielweise Wolfram sind für das Verfüllen des Kanals denkbar.

In einer Ausführungsform beträgt das Aspektverhältnis der Trenchgates aus Tiefe zu Breite mindestens 5:1, vorzugsweise mindestens 10:1, jedoch höchstens 100:1. Insbesondere bevorzugt ist ein Aspektverhältnis zwischen etwa 15:1 und etwa 25:1. Hierdurch wird eine tiefe vertikale

Erstreckung der Modulationsgates und damit des Potentialgradienten der Modulationsspannung sichergestellt bei gleichzeitig kompakter und effizienter Bausweise, da die Modulationsgates sehr schmal ausgebildet werden können und somit nur einen geringen Teil der Oberfläche beanspruchen. Die Dicke der Halbleiterschicht beträgt dabei etwa $5\ \mu\text{m}$ bis etwa $50\ \mu\text{m}$, beispielweise etwa $5\ \mu\text{m}$ bis etwa $20\ \mu\text{m}$ und insbesondere etwa $8\ \mu\text{m}$ bis etwa $15\ \mu\text{m}$.

In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Auslesedioden pn-Dioden, wobei die pn-Dioden jeweils ein in die Halbleiterschicht eingebrachtes, hochdotiertes Halbleiterimplantat mit einer vierten Dotierungsdichte D_4 von einem zweiten Leitungstyp aufweisen. Aufgrund der unterschiedlichen Leitungstypen von Halbleiterimplantat und Halbleiterschicht bzw. Trennimplantat ergibt sich infolge einer Diffusion der jeweiligen Majoritätsladungsträger im Grenzbereich zwischen diesen Komponenten eine Raumladungszone in Form eines pn-Übergangs. Bei Anlegen einer Auslese-
spannung an die Auslesedioden und gleichzeitigem Anlegen einer Modulationsspannung an die Modulationsgates beeinflussen diese Spannungen wechselseitig die optisch generierten Ladungsträger im selben Bereich der Halbleiterschicht. Die für die freien Ladungsträger in der Halbleiterschicht zwischen den Modulationsgates wirksame Feldrichtung ergibt sich durch vektorielle Addition des vertikalen Feldes, d.h. des Auslesefeldes, und des lateralen Feldes, d.h. des Modulationsfeldes. Mithin wird der Kontrast des Halbleiterbauelements, d.h. das Verhältnis der Sensitivität für elektromagnetische Strahlung mit modulierter Intensitätsfrequenz zur Sensitivität für Strahlung mit zufälliger Intensitätsfrequenz, bestimmt durch die geometrischen Abmessungen der Anordnung, d.h. die Dicke der Halbleiterschicht und den Abstand zwischen den Modulationsgates, sowie die angelegten Auslese- und Modulationsspannungen. Die Überlagerung der elektrischen Felder nach Maßgabe eines „Scheibenwischerprinzips“ erfolgt aufgrund der vertikalen Erstreckung der Modulationsgates in einem vergleichsweise großen Querschnitt der Halbleiterschicht, der durch die elektrischen Felder vollständig durchgriffen wird. Dadurch wird eine störende Ladungsträgerdiffusion bei der Messung minimiert und ein hoher Kontrast auch für hohe Modulationsfrequenzen erreicht. Die geringe Dotierung dieser Schicht gewährleistet ein ausreichend tiefes Eindringen des elektrischen Feldes und damit einhergehend eine effektive Trennung der Photoladungsträger.

Gemäß einer Ausführungsform, ist zwischen Modulationsgate und benachbarter Auslesediode, jeweils ein Separationsgate angeordnet. Ein solches Separationsgate minimiert das Überkoppeln des Modulationssignals der Modulationsgates auf die Auslesedioden. Diese Minimierung einer Überkopplung erlaubt es die an den Modulationsgates angelegte Modulationsspannung zu erhöhen und somit sowohl die Ansprechgeschwindigkeit als auch die Sensitivität des Bauelements zu verbessern.

Diese Separationsgates, einschließlich der mit Bezug auf Separationsgates beschriebenen Ergänzungen und Varianten, können selbstverständlich auch dann in vorteilhafter Weise zur Vermeidung einer Überkopplung zwischen Modulationsgates und Auslesedioden verwendet werden, wenn kein Trennimplantat zwischen den Auslesedioden vorgesehen ist.

5

Zweckmäßigerweise sind in einer Ausführungsform die Separationsgates von der photoempfindlichen Halbleiterschicht, den Modulationsgates und den Auslesedioden elektrisch isoliert. Durch die elektrische Isolation wird sichergestellt, dass die Separationsgates das Auslesen der Photoelektronen durch die Auslesedioden nicht stören. Zweckmäßigerweise erfolgt die Isolation mittels einer Isolationsschicht aus Siliziumoxid.

10

Eine erfindungsgemäße Ausführungsform des Halbleiterbauelements ist so ausgestaltet, dass die Halbleiterschicht durch diejenige Oberfläche beleuchtbar ist, an der die Auslesedioden und das Trennimplantat angeordnet sind. Alternativ kann die auf die Strahlung empfindliche Halbleiterschicht auch durch das Halbleitersubstrat beleuchtet werden, auf welchem die Halbleiterschicht angeordnet ist (Rückseitenbeleuchtung). Dies erfordert selbstverständlich die Verwendung eines für die interessierende Strahlung hinreichend transparenten (zurückgedünnten) Substrates. Die substratseitige Beleuchtung ermöglicht auch komplexere Strukturen nahe der Oberfläche der Halbleiterschicht, welche bei oberflächenseitiger Beleuchtung zu einer großen Abschattung führen würden.

15

20

In einer Ausführungsform wird das Halbleitersubstrat auf einem ersten Potential gehalten, während die Differenz zwischen den Potentialen der Modulationsgates entsprechend einer Modulationsfrequenz um das Potential des Halbleitersubstrates variiert. Hierdurch wird ein entsprechend der Modulationsfrequenz wechselnder horizontaler Potentialgradient in der Halbleiterschicht zwischen den Modulationsgates erzeugt. In der Folge werden die durch die eindringende elektromagnetische Strahlung erzeugten freien Ladungsträger entsprechend der Modulationsfrequenz abwechselnd in lateraler Richtung zu einer der beiden Auslesedioden hinbewegt.

25

30

Zweckmäßig ist ein Verfahren zum Betrieb eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements, bei welchem an den Auslesedioden jeweils eine gleiche konstante Auslesespannung anliegt und die Modulationsspannung an den Modulationsgates im Gegentakt variiert. Diese Modulationsspannung erzeugt in der Halbleiterschicht ein sich zeitlich veränderndes elektrisches Feld in horizontaler Richtung. Die in der Halbleiterschicht erzeugte Anzahl an Ladungsträgern ist direkt proportional zur Intensität der eindringenden elektromagnetischen Strahlung. Abhängig von der anliegenden Modulationsspannung werden diese Ladungsträger aufgrund des Potentialgradienten entweder der einen oder der anderen Auslesediode zugeführt. Ladungsträger, die durch unkorrelierte Strahlung erzeugt werden, verteilen sich im statistischen Mittel im Allgemeinen zu gleichen

35

Teilen auf beide Auslesedioden. Anders sieht es aus, falls ein Lichtsignal eine fest vorgegebene intensitätsmodulierte Frequenz aufweist, die mit der Modulationsfrequenz der Modulationsgates korreliert ist. In diesem Fall werden die Ladungsträger aufgrund des durch die Modulationsspannung hervorgerufenen korrelierten Potentialgradienten im Allgemeinen überwiegend zu einer der beiden Auslesedioden gelenkt. Aus der Differenz der von den beiden Auslesedioden jeweils ausgelesenen Ladungsmengen kann die Phasenverschiebung zwischen angelegter Modulationsspannung und modulierter Intensitätsfrequenz des empfangenen Lichtsignals ermittelt werden. Sind die Phasenbeziehung zwischen Modulationsspannung und Lichtsignal bei dessen Emission sowie die relative Position des Emitters zum erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement bekannt, so stellt die ermittelte Phasenverschiebung ein Maß dar für die Entfernung eines das Lichtsignal reflektierenden Körpers.

In einer Ausführungsform sind Auslese- und Modulationsspannung so eingestellt, dass eine tiefe vertikale Felddurchgreifung in der Halbleiterschicht zwischen den Trenchgates bewirkt wird. Eine solche tiefe Felddurchgreifung führt zu einer vollständigen Verarmung der niedrigdotierten Halbleiterschicht, d.h. die Raumladungszonen der Auslesedioden dehnen sich mit Ausnahme des Trennimplantats über den gesamten Zwischenraum zwischen den Modulationsgates aus. Der Betrieb im Zustand vollständiger Verarmung ermöglicht ein schnelles und quantitativ präzises Ansprechen des Halbleiterbauelements auf eindringende Photonen bzw. die von diesen erzeugten Ladungsträger, welche im Wesentlichen die einzigen freien Ladungsträger im photoempfindlichen Bereich darstellen.

Bei einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ermöglicht die Beschaltung der Auslesedioden ein direktes Auslesen der in der Halbleiterschicht erzeugten Photoströme. Hierbei kann die zeitlich variierende Verteilung der Ladungsträger auf die Auslesedioden direkt nachvollzogen werden. Insbesondere kann der zeitliche Verlauf von solchen Ladungsträgerverteilungen schnell erfasst bzw. präzise aufgelöst werden, die auf einer hochfrequenten Intensitätsmodulation beruhen und sich daher rasch ändern. Durch das direkte Auslesen der Photoströme ohne akkumulativen Zwischenschritt wird also eine präzise Entfernungserfassung auch bei hochfrequenten Modulationsspannungen sichergestellt. Derartige hochfrequente Modulationsspannungen sind insbesondere für die Erfassung schnell bewegter Objekte vorteilhaft, die aufgrund ihrer hohen Geschwindigkeit rasch ihre Entfernung ändern. Da in diesem Fall infolge schneller Positionsänderungen nur vergleichsweise kurze Messintervalle zur Verfügung stehen, ist ein schnelles Ansprechverhalten bei gleichzeitig hohe Sensitivität, wie sie durch die vorliegende Erfindung bereitgestellt werden, vorteilhaft. Weiterhin bietet ein direktes Auslesen der Auslesedioden den Vorteil, dass die Dioden nicht als Integrationskapazitäten dienen müssen und mithin einen kleinen Querschnitt haben können, so dass sie entsprechend wenig Pixelfläche beanspruchen.

Zweckmäßigerweise weist ein Pixel zur Entfernungsmessung eine photoempfindliche Pixelfläche mit mindestens einem Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9 auf. Bei der Anordnung eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements in einem Pixel erfolgt die Beschaltung der einzelnen Komponenten durch eine entsprechende Ausleseelektronik des Pixels. Ein solches Pixel ermöglicht es einen Bildpunkt zu ermitteln, der eine punktuelle Entfernungsinformation aufgrund des Differenzsignals zwischen den beiden Auslesedioden und/oder eine punktuelle Intensitätsinformation basierend auf dem entsprechenden Summensignal umfasst.

Gemäß der Erfindung weist ein Sensor zur dreidimensionalen Bilderfassung eine Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Pixeln nach Anspruch 13 auf, sowie eine Abbildungsoptik zur Projektion einfallender elektromagnetischer Strahlung auf eine von der photoempfindlichen Pixelflächen gebildete Sensorfläche. Mit Hilfe eines solchen erfindungsgemäßen Sensors wird es ermöglicht eine Mehrzahl von Bildpunkten basierend auf den Messsignalen einer Mehrzahl von erfindungsgemäßen Pixeln mittels einer sensorinternen Auswertungselektronik zu einem dreidimensionalen Gesamtbild zusammenzusetzen. Hierbei ist es zweckmäßig, wenn der Sensor außerdem einen Emitter zum Emittieren intensitätsmodulierter elektromagnetischer Strahlung aufweist. Wird diese intensitätsmodulierte Strahlung von einem Umgebungsobjekt zum Sensor zurückgeworfen, kann aus der Phasenverschiebung zwischen reflektierter Strahlung und einer mit der Intensitätsfrequenz des Emitters korrelierten Frequenz der Modulationsspannung an den Modulationsgates für einzelne Bildpunkt jeweils die entsprechende Entfernung der abgebildeten Objektpunkte ermittelt werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen und den dazugehörigen Figuren. Es zeigen:

Figur 1 ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement mit Trennimplantat,
Figur 2 ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement mit Separationsgates und
Figur 3 eine schematische Darstellung der elektrischen Feldrichtung in dem Halbleiterbauelement aus Figur 1.

In Figur 1 ist ein Querschnitt senkrecht zur Längsrichtung der Kanäle 9A, 9B durch ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement 1 mit Trennimplantat 6 dargestellt. Zu sehen ist eine epitaktische photoempfindliche Halbleiterschicht 2, die auf einem Halbleitersubstrat 7 angeordnet ist. Die Halbleiterschicht 2 besteht aus einem niedrigdotierten Siliziummaterial mit Dotierungsdichte D1 vom p-Leitungstyp. Das Substrat 7 besteht ebenfalls aus einem Siliziummaterial vom p-Leitungstyp, allerdings mit einer hohen Dotierungsdichte D3. In die Halbleiterschicht 2 hinein erstrecken sich von deren Oberfläche 3 aus und senkrecht zu dieser zwei Modulationsgates 4A,

4B in Form von Trenchgates mit Kanälen 9A, 9B. In der abgebildeten Ausführungsform verlaufen die beiden Kanäle 9A, 9B parallel zueinander durch das Halbleitersubstrat 2. Diese Trenchgates 4A, 4B weisen jeweils den gleichen gestreckten, rechteckigen Querschnitt mit Tiefe T und Breite B auf. Die Innenwände 10A, 10B der Kanäle 9A, 9B sind mit einer Isolierschicht 11A, 11B bestehend aus Siliziumoxid ausgekleidet. Der verbleibende Kanalinnenraum mit rechteckigem Querschnitt ist mit Polysilizium ausgefüllt. Zwischen den beiden Modulationsgates 4A, 4B sind im Bereich der Oberfläche 3 der Halbleiterschicht 2 zwei voneinander beabstandete Auslesedioden 5A, 5B angeordnet, die jeweils ein hochdotiertes Halbleiterimplantat 13A, 13B vom n-Ladungstyp aufweisen. Jedes dieser Halbleiterimplantate 13A, 13B grenzt jeweils direkt an den Kanäle 9A, 9B eines Modulationsgates 4A, 4B an. Der Raum zwischen den beiden Auslesedioden 5A, 5B ist vollständig ausgefüllt durch ein in die Halbleiterschicht 2 eingebrachtes Trennimplantat 6. Dieses Trennimplantat 6 erstreckt sich in vertikaler Richtung weiter in die Halbleiterschicht 2 hinein als die Halbleiterimplantate 13A, 13B der Auslesedioden 5A, 5B. Dabei beträgt die Ausdehnung des Trennimplantats 6 in vertikaler Richtung nach unten etwa die doppelte Länge verglichen mit den Auslesedioden 5A, 5B. Das Trennimplantat 6 besteht aus einem hochdotierten Siliziummaterial vom p-Leitungstyp. Nicht gezeigt sind die elektrischen Kontaktierungen der einzelnen Komponenten, d.h. die Kontaktierungen 15A, 15B der beiden Auslesedioden 5A, 5B, die Kontaktierungen 16A, 16B der beiden Modulationsgates 4A, 4B, sowie die Kontaktierung des Halbleitersubstrats 8.

Figur 2 stellt einen Querschnitt senkrecht zur Längsrichtung der Kanäle 9A, 9B durch ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement 1 mit Trennimplantat 6 und zwei Separationsgates 14A, 14B dar. Das Halbleiterbauelement 1 besteht wiederum aus einer niedrigdotierten epitaktischen Siliziumschicht 2 vom p-Leitungstyp, die auf einem hochdotierten Siliziumsubstrat 7 ebenfalls vom p-Leitungstyp aufgebracht ist. Von der Oberfläche 3 der Halbleiterschicht 2 erstrecken sich zwei parallel durch die Halbleiterschicht 2 verlaufende Kanäle 9A, 9B senkrecht zur Oberfläche 3 nach unten. Die Innenwände 10A, 10B der Kanäle 9A, 9B sind mit einer isolierenden Schicht 11A, 11B aus Siliziumoxid ausgekleidet. Dabei ragen die Isolationsschichten 11A, 11B jeweils über die Oberfläche 3 der Halbleiterschicht 2 hinaus und erstrecken sich zwischen den Trenchgates 4A, 4B auf der Oberfläche 3 der Halbleiterschicht 2 aufeinander zu. Diese Abschnitte der Isolationsschicht 11A, 11B auf der Oberfläche 3 sind derart voneinander beabstandet, dass in horizontaler Richtung ein freier, unbeschichteter Bereich zwischen diesen gebildet wird. Unterhalb dieses unbeschichteten Bereich sind zwei Auslesedioden 5A, 5B in der Halbleiterschicht 2 angeordnet, zwischen denen sich ein Trennimplantat 6 befindet. Die beiden Auslesedioden 5A, 5B weisen jeweils ein Halbleiterimplantat 13A, 13B bestehen aus einem hochdotierten Halbleitermaterial vom n-Leitungstyp auf. Zwischen den Halbleiterimplantaten 13A, 13B ist bündig an diese das Trennimplantat 6 bestehend aus hochdotiertem Silizium vom p-Leitungstyp angeordnet. Das Trennimplantat 6 erstreckt sich etwa doppelt so weit wie die beiden Halbleiterimplantate 13A,

13B in vertikaler Richtung in die Siliziumschicht 2 hinein. In dieser Ausführungsform sind die beiden Halbleiterimplantate 13A, 13B von den Kanalwänden 10A, 10B jeweils beabstandet. Wobei der Abstand von den Kanalwänden 10A, 10B jeweils mit der Länge der Erstreckung der Isolationsschicht 11A, 11B auf der Oberfläche 3 der Halbleiterschicht 2 übereinstimmt. Der verbleibende Innenraum der Kanäle 9A, 9B ist mit Polysilizium ausgefüllt. Zwischen den beiden Modulationsgates 4A, 4B ist auf der Isolationsschicht 11A, 11B, die sich oberhalb der Halbleiteroberfläche 3 erstreckt, jeweils ein Separationsgate 14A, 14B angeordnet. Die Separationsgates 14A, 14B enden horizontal jeweils auf selber Höhe mit der Isolationsschicht 11A, 11B. Dabei sind die Separationsgates 14A, 14B von den Modulationsgates 4A, 4B aus Polysilizium beabstandet. Nicht gezeigt sind die elektrischen Kontaktierungen der einzelnen Komponenten, d.h. die Kontaktierungen 15A, 15B beiden Auslesedioden 5A, 5B, die Kontaktierungen 16A, 16B der beiden Modulationsgates 4A, 4B, sowie die Kontaktierung des Halbleitersubstrats 8.

In Figur 3 ist ein Querschnitt senkrecht zur Längsrichtung der Kanäle 9A, 9B durch das erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements aus Figur 1 zu sehen, in dem schematisch die Feldrichtung des elektrischen Feldes zwischen den Modulationsgates 4A, 4B eingezeichnet ist. Dieses Feld, dargestellt durch drei lange schräg nach oben links in Richtung Auslesediode 5A verlaufende Pfeile, setzt sich auf Höhe der Modulationsgates 4A, 4B zusammen aus der Überlagerung von lateraler Modulationsspannung V_{Mod} und vertikaler Auslesespannung V_A . Im Bereich unterhalb der Modulationsgates 4A, 4B dominiert im Wesentlichen die vertikale Auslesespannung V_A , dargestellt durch drei kurze senkrechte Pfeile. Die resultierende Feldrichtung erinnert anschaulich an einen Scheibenwischer. Im abgebildeten Fall wird das Siliziumsubstrat 7 über eine Kontaktierung 8 auf einem konstanten Potential Φ_s gehalten. Vorzugsweise ist des Substrat 7 über die Kontaktierung 8 geerdet, d.h. es gilt $\Phi_s=0$ Volt. Währenddessen werden die Auslesedioden 5A und 5B jeweils über die Kontaktierungen 15A und 15B auf dem gleichen positiven Potential $\Phi_A=\Phi_B>0$ gehalten. Mithin liegt an beiden Auslesedioden 5A, 5B die gleiche positive Auslesespannung V_A an, die sich aus der Differenz zwischen den Potentialen Φ_A bzw. Φ_B und dem Potential Φ_s ergibt, d.h. $V_A=\Phi_A-\Phi_s=\Phi_B-\Phi_s>0$ Volt. Die Modulationsgates 4A und 4B werden jeweils über die Kontaktierungen 16A und 16B auf ein Potential Φ_{ModA} und Φ_{ModB} gehalten. Zum dargestellten Zeitpunkt ist des Weiteren das Potential Φ_{ModA} des Modulationsgates 4A, das zeitlich im Gegenteil mit dem Potential Φ_{ModB} des Modulationsgate 4B variiert, gerade größer als Φ_{ModB} , d.h. es gilt $\Phi_{ModA}>\Phi_{ModB}$. Entsprechend dem „Scheibenwischerprinzip“ weist die elektrische Feldrichtung daher nach links oben zur Auslesediode 5A hin. Somit wird bei der dargestellten momentanen Ausrichtung des elektrischen Feldes erzeugte Photoelektronen nahezu ausschließlich über die Auslesediode 5A ausgelesen.

Für Zwecke der ursprünglichen Offenbarung wird daraufhingewiesen, dass sämtliche Merkmale, wie sie sich aus der vorliegenden Beschreibung, den Zeichnungen und den abhängigen Ansprü-

chen für einen Fachmann erschließen, auch wenn sie konkret nur im Zusammenhang mit bestimmten weiteren Merkmalen beschrieben wurden, sowohl einzeln als auch in beliebiger Zusammenstellung mit anderen der hier offenbarten Merkmale oder Merkmalsgruppen kombinierbar sind, soweit dies nicht ausdrücklich ausgeschlossen wurde oder technische Gegebenheiten derartige Kombinationen unmöglich oder sinnlos machen. Auf die zusammenfassende, explizite Darstellung sämtlicher denkbarer Merkmalskombinationen und die Betonung der Unabhängigkeit der einzelnen Merkmale voneinander wird hier nur der Kürze und der Lesbarkeit der Beschreibung wegen verzichtet.

Bezugszeichenliste

	1	Halbleiterbauelement
	2	Photoempfindliche Halbleiterschicht
5	3	Oberfläche der photoempfindlichen Halbleiterschicht
	4A, 4B	Modulationsgate A bzw. B
	5A, 5B	Auslesediode A bzw. B
	6	Trennimplantat
	7	Halbleitersubstrat
10	8	Kontaktierung des Halbleitersubstrats
	9A, 9B	Kanal
	10A, 10B	Kanalwand
	11A, 11B	Isolierende Schicht
	12A, 12B	Elektrisch leitendes Material
15	13A, 13B	Halbleiterimplantat
	14A, 14B	Separationsgate
	15A, 15B	Kontaktierung der Auslesediode
	16A, 16B	Kontaktierung des Modulationsgate
	D1	Erste Dotierungsdichte
20	D2	Zweite Dotierungsdichte
	D3	Dritte Dotierungsdichte
	D4	Vierte Dotierungsdichte
	T	Kanaltiefe
	B	Kanalbreite
25	Φ_A, Φ_B	Potential der Auslesediode A bzw. B
	$\Phi_{M_{dA}}, \Phi_{M_{dB}}$	Potential an Modulationsgate A bzw. B
	Φ_s	Substratpotential
	V_A	Auslesespannung
30	V_{M_d}	Modulationsspannung

Patentansprüche

1. Halbleiterbauelement (1) mit einer photoempfindlichen Halbleiterschicht (2), wobei die photoempfindliche Halbleiterschicht (2) eine Dotierung mit einer ersten Dotierungsdichte (D1) von
5 einem ersten Leitungstyp aufweist, die eine effektive Umwandlung von in die Halbleiterschicht (2) eindringender elektromagnetischer Strahlung in elektrische Ladungsträger bewirkt,
mindestens zwei voneinander beabstandeten Modulationsgates (4A,4B), die jeweils von einem sich von einer Oberfläche (3) der Halbleiterschicht (2) und senkrecht zu dieser Oberfläche (3) in die Halbleiterschicht (2) hinein erstreckenden Trenchgate gebildet werden,
10 und mindestens zwei im Abstand zueinander und nahe der Oberfläche (3) zwischen den beiden Modulationsgates (4A,4B) angeordneten Auslesedioden (5A,5B),
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den beiden Auslesedioden (5A,5B) ein Trennimplantat (6) in die Halbleiterschicht (2) eingebracht ist, welches den gleichen Leitungstyp wie
15 die Halbleiterschicht (2), jedoch eine zweite, höhere Dotierungsdichte (D2) aufweist.
2. Halbleiterbauelement (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterschicht (2) auf einem Halbleitersubstrat (7) angeordnet ist, das denselben Leitungstyp, jedoch eine Dotierung mit einer dritten Dotierungsdichte (D3) aufweist, die höher als die erste (D1) und zweite (D2) Dotierungsdichte ist.
20
3. Halbleiterbauelement (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Dotierungsdichten D1, D2 und D3 jeweils um mindestens eine Größenordnung unterscheiden.
- 25 4. Halbleiterbauelement (1) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleitersubstrat (7) eine Kontaktierung (8) aufweist, wobei das Halbleitersubstrat (7) mittels der Kontaktierung (8) auf einem ersten Potential (Os) gehalten werden kann.
- 30 5. Halbleiterbauelement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Trenchgates (4A,4B) jeweils aus einem sich von der Oberfläche (3) der Halbleiterschicht (2) und senkrecht zu dieser Oberfläche (3) in die Halbleiterschicht (2) hinein erstreckenden Kanal (9A,9B) bestehen, wobei die Kanalwände (10A,10B) mit einer elektrisch isolierenden Schicht (11A.1 1B) ausgekleidet sind und in dem Kanal (9A,9B) ein elektrisch leitendes Material (12A.12B) angeordnet ist.
35
6. Halbleiterbauelement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Aspektverhältnis der Trenchgates (4A,4B) aus Tiefe (T) zu Breite (B) mindestens 5:1, vorzugsweise mindestens 10:1, jedoch höchstens 100:1 beträgt.

7. Halbleiterbauelement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auslesedioden (5A,5B) pn-Dioden sind, wobei die pn-Dioden jeweils ein in die Halbleiterschicht (2) eingebrachtes, hochdotiertes Halbleiterimplantat (13A,13B) mit einer vierten Dotierungsdichte (D4) von einem zweiten Leitungstyp aufweisen.
- 5
8. Halbleiterbauelement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Modulationsgate (4A,4B) und benachbarter Auslesediode (5A,5B), jeweils ein Separationsgate (14A,14B) angeordnet ist.
- 10
9. Halbleiterbauelement (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Separationsgates (14A,14B) von der photoempfindlichen Halbleiterschicht (2), den Modulationsgates (4A,4B) und den Auslesedioden (5A,5B) elektrisch isoliert sind.
- 15
10. Verfahren zum Betrieb eines Halbleiterbauelement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleitersubstrat (7) auf einem ersten Potential (O_s) gehalten wird, während die Differenz zwischen den Potentialen ($O_{M_o,dA}$, $O_{M_o,dB}$) der Modulationsgates (4A,4B) entsprechend einer Modulationsfrequenz um das Potential (O_s) des Halbleitersubstrates (7) variiert.
- 20
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass an den Auslesedioden (5A,5B) jeweils eine gleiche konstante Auslesespannung (V_A) anliegt und die Modulationsspannung ($V_{M_o,d}$) an den Modulationsgates (4A,4B) im Gentakt variiert.
- 25
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschaltung der Auslesedioden (5A, 5B) ein direktes Auslesen der in der Halbleiterschicht (2) erzeugten Photoströme ermöglicht.
- 30
13. Pixel zur Entfernungsmessung, dadurch gekennzeichnet, dass es eine photoempfindliche Pixelfläche mit mindestens einem Halbleiterbauelement (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist.
- 35
14. Sensor zur dreidimensionalen Bilderfassung, dadurch gekennzeichnet, dass er eine Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Pixeln nach Anspruch 13 aufweist sowie eine Abbildungsoptik zur Projektion einfallender elektromagnetischer Strahlung auf eine von den photoempfindlichen Pixelflächen gebildete Sensorfläche.

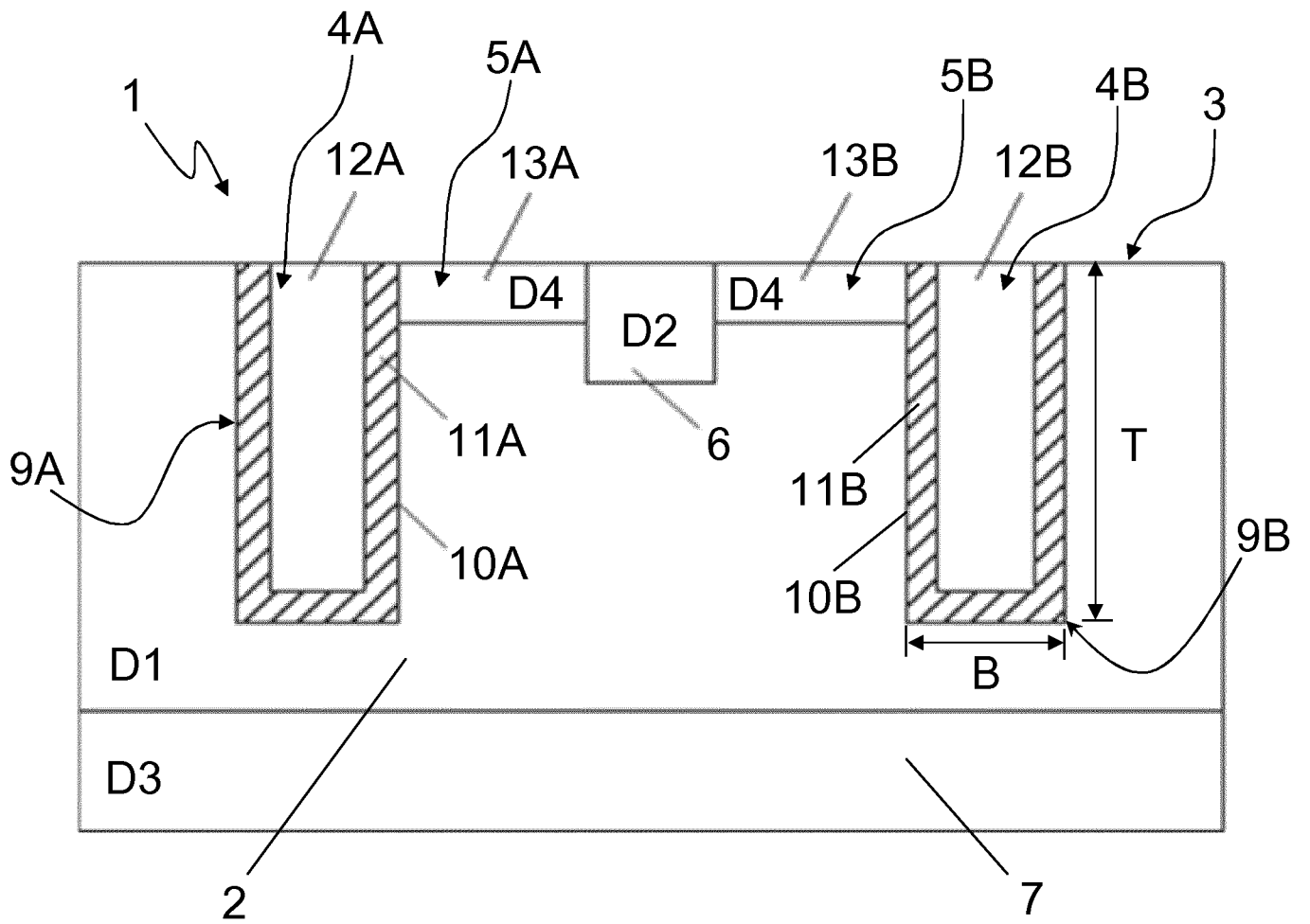


Fig. 1

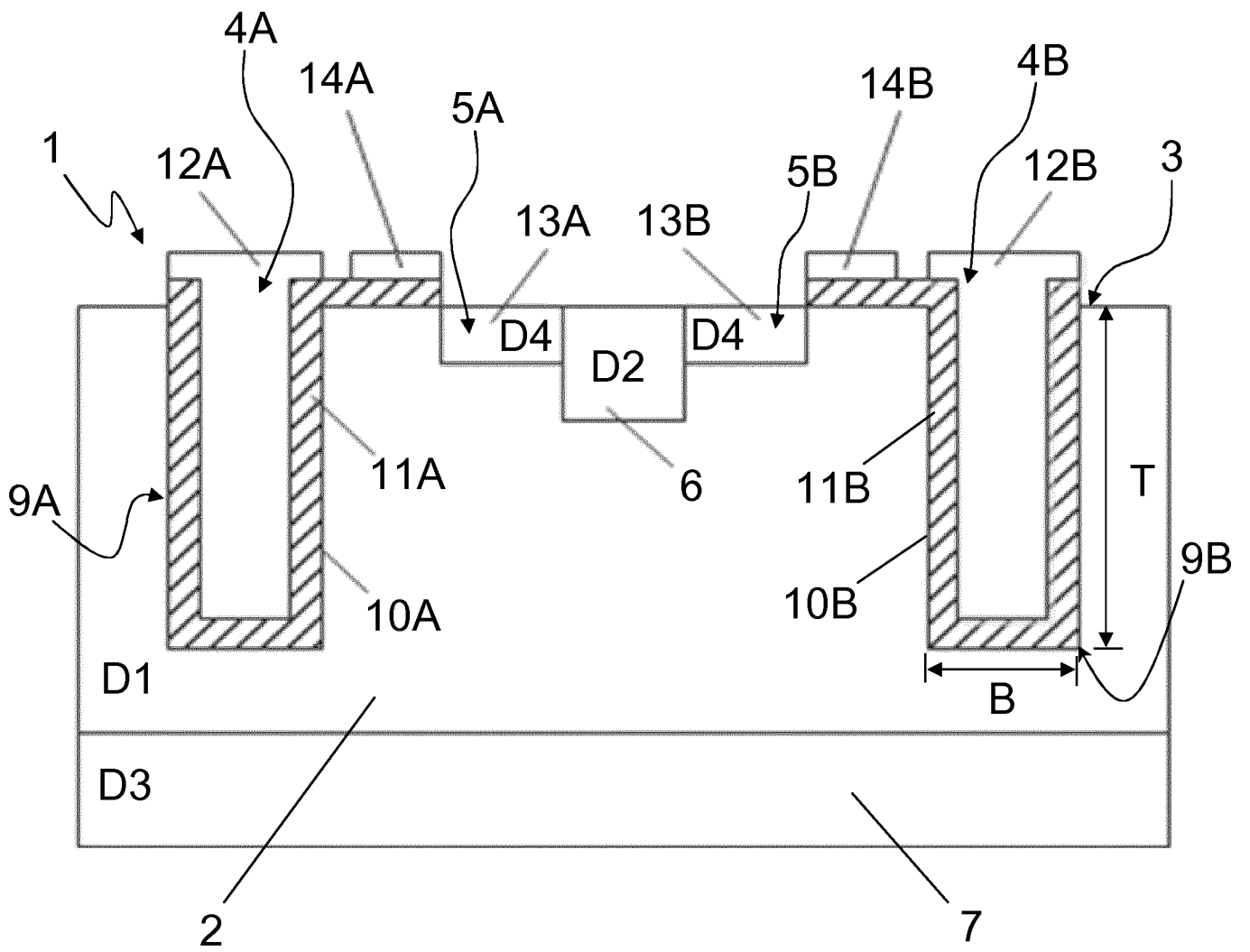


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/075047

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L27/146
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) onto both national Classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (Classification System followed by Classification Symbols)
H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal , WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
X	US 2007/052056 AI (DOI TAKASHI [JP] ET AL) 8 March 2007 (2007-03-08) paragraphs [0021] - [0042] figures 1,2	1,5-9
Y	----- US 2002/050593 AI (FUKUNAGA NAOKI [JP] ET AL) 2 May 2002 (2002-05-02) paragraphs [0056] , [0062] - [0066] , [0070] figure 2	2-4
Y	----- US 2010/108864 AI (OHTA KAZUNOBU [JP] ET AL) 6 May 2010 (2010-05-06) paragraphs [0103] - [0136] , [0280] figure 1	2-4
X	----- US 2010/108864 AI (OHTA KAZUNOBU [JP] ET AL) 6 May 2010 (2010-05-06) paragraphs [0103] - [0136] , [0280] figure 1	1,5,6,8,9
	----- -/- .	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general State of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 May 2013

Date of mailing of the international search report

15/05/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Markmann , Markus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/075047

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
X	US 2008/265352 AI (AKIYOSHI MUTOH [JP]) 30 October 2008 (2008-10-30) paragraphs [0107] - [0118], [0121] - [0136] figures 1,2,4-8 -----	1,5,6
A	EP 2 216 817 AI (ST MICROELECTRONICS CROLLES 2 [FR] ; ST MICROELECTRON ICS GRENOBLE [FR]) 11 August 2010 (2010-08-11) paragraphs [0029] - [0031] figure 4 -----	1
A	EP 1 551 062 A2 (DONGBU ELECTRONICS CO LTD [KR]) 6 July 2005 (2005-07-06) paragraphs [0045] - [0049] figure 3 -----	2-4

Box No. II Observation^ where certain Claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain Claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent Claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report Covers all searchable Claims.
2. As all searchable Claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report Covers only those Claims for which fees were paid, specifically Claims Nos.:

1-9

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the Claims; it is covered by Claims Nos.:

Remark on Protest

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.



The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.



No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1, 5-9

Separating implant.

2. Claims 2-4

Highly doped Substrate.

3. Claims 10-14

Distance measurement.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2012/075047

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007052056 AI	08-03-2007	JP 2007096271 A US 2007052056 AI	12-04-2007 08-03-2007

US 2002050593 AI	02-05-2002	JP 2002203954 A US 2002050593 AI	19-07-2002 02-05-2002

US 2010108864 AI	06-05-2010	CN 101728406 A JP 4862878 B2 JP 2010109136 A TW 201025582 A US 2010108864 AI	09-06-2010 25-01-2012 13-05-2010 01-07-2010 06-05-2010

US 2008265352 AI	30-10-2008	CN 101281922 A JP 4384198 B2 JP 2008258316 A KR 20080090295 A US 2008265352 AI	08-10-2008 16-12-2009 23-10-2008 08-10-2008 30-10-2008

EP 2216817 AI	11-08-2010	EP 2216817 AI US 2010193845 AI	11-08-2010 05-08-2010

EP 1551062 A2	06-07-2005	AT 408900 T EP 1551062 A2 JP 4171723 B2 JP 2005197646 A KR 20050069083 A US 2005139752 AI US 2007246745 AI	15-10-2008 06-07-2005 29-10-2008 21-07-2005 05-07-2005 30-06-2005 25-10-2007

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L27/146
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal , WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2007/052056 AI (DOI TAKASHI [JP] ET AL) 8. März 2007 (2007-03-08)	1,5-9
Y	Absätze [0021] - [0042] Abbildungen 1, 2	2-4
Y	US 2002/050593 AI (FUKUNAGA NAOKI [JP] ET AL) 2. Mai 2002 (2002-05-02)	2-4
	Absätze [0056] , [0062] - [0066] , [0070] Abbildung 2	
X	US 2010/108864 AI (OHTA KAZUNOBU [JP] ET AL) 6. Mai 2010 (2010-05-06)	1, 5, 6, 8, 9
	Absätze [0103] - [0136] , [0280] Abbildung 1	
	----- -/- .	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. Mai 2013	15/05/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Markmann , Markus
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2008/265352 AI (AKIYOSHI MUTOH [JP]) 30. Oktober 2008 (2008-10-30) Absätze [0107] - [0118], [0121] - [0136] Abbildungen 1,2,4-8 -----	1,5,6
A	EP 2 216 817 AI (ST MICROELECTRONICS CROLLES 2 [FR] ; ST MICROELECTRONICS GRENOBLE [FR]) 11. August 2010 (2010-08-11) Absätze [0029] - [0031] Abbildung 4 -----	1
A	EP 1 551 062 A2 (DONGBU ELECTRONICS CO LTD [KR]) 6. Juli 2005 (2005-07-06) Absätze [0045] - [0049] Abbildung 3 -----	2-4

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
1-9

4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1, 5-9

Trennimplantat

2. Ansprüche: 2-4

Hochdotiertes Substrat

3. Ansprüche: 10-14

Entfernungsmessung

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/075047

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007052056 AI	08-03-2007	JP 2007096271 A US 2007052056 AI	12-04-2007 08-03-2007
US 2002050593 AI	02-05 -2002	JP 2002203954 A US 2002050593 AI	19-07-2002 02-05-2002
US 2010108864 AI	06-05 -2010	CN 101728406 A JP 4862878 B2 JP 2010109136 A TW 201025582 A US 2010108864 AI	09-06-2010 25-01-2012 13-05-2010 01-07-2010 06-05-2010
US 2008265352 AI	30-10 -2008	CN 101281922 A JP 4384198 B2 JP 2008258316 A KR 20080090295 A US 2008265352 AI	08-10-2008 16-12-2009 23-10-2008 08-10-2008 30-10-2008
EP 2216817 AI	11-08 -2010	EP 2216817 AI US 2010193845 AI	11-08-2010 05-08-2010
EP 1551062 A2	06-07 -2005	AT 408900 T EP 1551062 A2 JP 4171723 B2 JP 2005197646 A KR 20050069083 A US 2005139752 AI US 2007246745 AI	15-10-2008 06-07-2005 29-10-2008 21-07-2005 05-07-2005 30-06-2005 25-10-2007