

(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
5. Juni 2008 (05.06.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/065170 A1

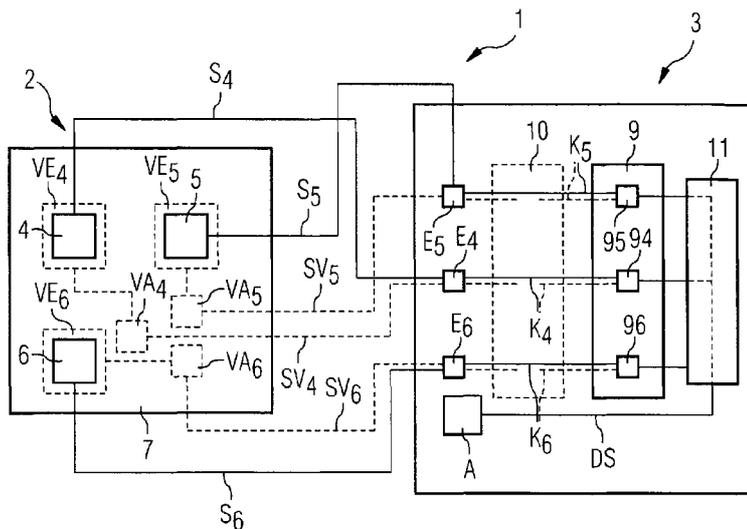
- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01J 1/42 (2006.01) G01J 3/36 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/063007
- (22) Internationales Anmeldedatum:
29. November 2007 (29.11.2007)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2006 056 579.7
30. November 2006 (30.11.2006) DE
10 2007 012 115.8 13. März 2007 (13.03.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE/DE]; Leibnizstrasse 4, 93055 Regensburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): JAEGER, Arndt [DE/DE]; Erboweg 15, 93051 Regensburg (DE). STAUSS,

- Peter [DE/DE]; Rüdigerstrasse 11, 93186 Pettendorf (DE). STREUBEL, Klaus [DE/DE]; Erlenstrasse 7, 93164 Laaber (DE). KUHLMANN, Werner [DE/DE]; Aurbacher Strasse 8, 81541 München (DE).
- (74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH; Rüdlerstrasse 55, 80339 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RADIATION DETECTOR WITH AN ADJUSTABLE SPECTRAL SENSITIVITY

(54) Bezeichnung: STRAHLUNGSDETEKTOR MIT EINSTELLBARER SPEKTRALER EMPFINDLICHKEIT



(57) Abstract: The invention specifies a radiation detector (1) having a detector arrangement (2), which has a plurality of detector elements (4, 5, 6) which are used to obtain a detector signal (DS) during operation of the radiation detector, and having a control apparatus (3), wherein the detector elements each have a spectral sensitivity distribution (400, 500, 600) and are suitable for generating signals (S4, S5, S6), at least one detector element contains a compound semiconductor material and this detector element is designed to detect radiation in the visible spectral range, the radiation detector is designed in such a manner that the sensitivity distributions of the detector elements are used to form different spectral sensitivity channels (420, 520, 620) of the radiation detector, a channel signal (K4, K5, K6) which is assigned to the respective sensitivity channel can be generated in the sensitivity channels using the detector elements, and the control apparatus is designed in such a manner that the contributions of different channel signals to the detector signal of the radiation detector are controlled differently.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/065170 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Strahlungsdetektor (1) mit einer Detektoranordnung (2), die eine Mehrzahl von Detektorelementen (4, 5, 6) aufweist, mittels derer im Betrieb des Strahlungsdetektors ein Detektorsignal (DS) erhalten wird, und mit einer Regelungsvorrichtung (3) angegeben, wobei die Detektorelemente jeweils eine spektrale Empfindlichkeitsverteilung (400, 500, 600) aufweisen und zur Signalerzeugung (S4, S5, S6) geeignet sind, zumindest ein Detektorelement ein Verbindungshalbleitermaterial enthält und dieses Detektorelement zur Detektion von Strahlung im sichtbaren Spektralbereich ausgebildet ist, der Strahlungsdetektor derart ausgebildet ist, dass mittels der Empfindlichkeitsverteilungen der Detektorelemente verschiedene spektrale Empfindlichkeitskanäle (420, 520, 620) des Strahlungsdetektors gebildet sind, in den Empfindlichkeitskanälen mittels der Detektorelemente ein dem jeweiligen Empfindlichkeitskanal zugeordnetes Kanalsignal (K4, K5, K6) erzeugt werden kann, und die Regelungsvorrichtung derart ausgebildet ist, dass die Beiträge verschiedener Kanalsignale zum Detektorsignal des Strahlungsdetektors unterschiedlich geregelt sind.

Beschreibung

STRAHLUNGSDETEKTOR MIT EINSTELLBARER SPEKTRALER EMPFINDLICHKEIT

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Strahlungsdetektor.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Strahlungsdetektor anzugeben, der variabel einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird durch einen Strahlungsdetektor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

Ein erfindungsgemäßer Strahlungsdetektor umfasst eine Detektoranordnung, die eine Mehrzahl von Detektorelementen aufweist, mittels derer im Betrieb des Strahlungsdetektors ein Detektorsignal erhalten wird. Weiterhin weist der Strahlungsdetektor eine Regelungsvorrichtung auf. Die Detektorelemente weisen jeweils eine spektrale Empfindlichkeitsverteilung auf und sind zur Signalerzeugung geeignet. Zumindest ein Detektorelement enthält dabei ein Verbindungshalbleitermaterial und dieses Detektorelement ist zur Detektion von Strahlung im sichtbaren Spektralbereich ausgebildet. Weiterhin ist der Strahlungsdetektor derart ausgebildet, dass mittels der Empfindlichkeitsverteilungen der Detektorelemente verschiedene spektrale Empfindlichkeitskanäle des Strahlungsdetektors gebildet sind. In den Empfindlichkeitskanälen kann mittels der Detektorelemente ein dem jeweiligen Empfindlichkeitskanal zugeordnetes Kanalsignal erzeugt werden. Die Regelungsvorrichtung ist weiterhin derart ausgebildet, dass die Beiträge verschiedener Kanalsignale zum Detektorsignal

des Strahlungsdetektors unterschiedlich regelbar und vorzugsweise unterschiedlich geregelt sind.

Die Regelungsvorrichtung ist mit der Detektoranordnung zweckmäßigerweise elektrisch leitend verbunden. In der Detektoranordnung erzeugte Signale können so der Regelungsvorrichtung vereinfacht zugeführt werden.

Verbindungshalbleitermaterialien sind zur Detektion von Strahlung im sichtbaren Spektralbereich besonders geeignet. Insbesondere ist dies im Vergleich zu dem Elementhalbleitermaterial Silizium zu sehen. Silizium weist im infraroten Spektralbereich eine besonders hohe Empfindlichkeit auf. Für den Fall, dass Silizium zur Detektion sichtbarer Strahlung eingesetzt werden soll, muss der infrarote Strahlungsanteil aus der auf den Detektor auftreffenden Strahlung aufwändig durch externe Filter herausgefiltert werden, um zu verhindern, dass infrarote Strahlungsanteile zum Detektorsignal beitragen.

Wird dagegen ein Verbindungshalbleitermaterial zur Detektion eingesetzt, so kann das Verbindungshalbleitermaterial vereinfacht derart gewählt werden, dass es im infraroten Spektralbereich vergleichsweise unempfindlich ist. Der Einsatz aufwändiger externer Filter für langwellige infrarote Strahlung kann so vermieden werden. Zum einen wird so der Platzbedarf und zum anderen werden die Herstellungskosten verringert, da externe Filter, wie z. B. Interferenzfilter, die Gesamtkosten des Strahlungsdetektors erheblich erhöhen können.

III-V-Verbindungshalbleitermaterialien sind zur Detektion sichtbarer Strahlung, zum Beispiel mit Wellenlängen zwischen

einschließlich 420 nm und einschließlich 700 nm, besonders geeignet, da sie im sichtbaren spektralen Bereich besonders hohe Effizienzen aufweisen können. Von den III-V-Verbindungshalbleitermaterialien eignet sich ein Verbindungshalbleitermaterial aus dem Materialsystem $\text{In}_y \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{P}$ mit $0 \leq x \leq 1$ und $0 \leq y \leq 1$, bevorzugt mit $x \neq 0$, $y \neq 0$, $x \neq 1$ und/oder $y \neq 1$ besonders. Mittels eines Verbindungshalbleitermaterials aus dem Materialsystem $(\text{In}, \text{Al}, \text{Ga})\text{P}$ kann Strahlung über den gesamten sichtbaren Spektralbereich detektiert werden. Über die Zusammensetzung und insbesondere die Wahl des Al-Gehaltes, kann die Bandlücke einer Schicht aus diesem Materialsystem eingestellt werden. Da InGaAlP im infraroten Spektralbereich nicht signifikant empfindlich ist, kann bereits über die Bandlücke eine langwellige Grenzwellenlänge, insbesondere eine Grenzwellenlänge im sichtbaren Spektralbereich, der spektralen Empfindlichkeitsverteilung des jeweiligen Detektorelements eingestellt werden. Externe Filter sind hierfür nicht erforderlich.

Die spektrale Empfindlichkeitsverteilung eines Detektorelements wird durch Abhängigkeit der Stärke des im jeweiligen Detektorelement erzeugten Signals - z. B. des Fotostroms oder davon abhängigen Größen - von der Wellenlänge der auf dieses Detektorelement einfallenden Strahlung bestimmt.

Mittels der Regelungsvorrichtung kann eine vorgegebene spektrale Verteilung der Detektorempfindlichkeit, also der spektralen Empfindlichkeitsverteilung des gesamten Strahlungsdetektors, eingestellt werden. Die Empfindlichkeitsverteilung des gesamten Strahlungsdetektors ergibt sich zum Beispiel aus der Abhängigkeit eines

Ausgangssignals des Strahlungsdetektors, welches nach dem Durchlaufen der Regelungsvorrichtung erhalten werden kann, von der Wellenlänge der einfallenden Strahlung. Über unterschiedliche Regelung der Beiträge verschiedener Kanalsignale zum gesamten Detektorsignal kann daher über die Regelungsvorrichtung eine vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung des Strahlungsdetektors eingestellt werden.

Bevorzugt ist die relative Gewichtung von Beiträgen verschiedener Kanalsignale zum Detektorsignal des Strahlungsdetektors mittels der Regelungsvorrichtung geregelt. Insbesondere kann die Regelungsvorrichtung Beiträge von Kanalsignalen zum Detektorsignal relativ zueinander verschieden gewichten. Durch die unterschiedliche Gewichtung der Beiträge von Kanalsignalen zum gesamten Detektorsignal kann die vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung des Strahlungsdetektors eingestellt werden. Hierbei können die jeweiligen Kanalsignale beziehungsweise die entsprechenden spektralen Verteilungen der Empfindlichkeitskanäle mittels der Regelungsvorrichtung gezielt abgeschwächt beziehungsweise verstärkt werden.

Nachfolgend können die unterschiedlich gewichteten Kanalsignale überlagert werden, so dass sich das Detektorsignal gemäß der vorgegebenen Verteilung der Detektorempfindlichkeit verhält. Das Detektorsignal des Strahlungsdetektors kann insbesondere mittels Überlagerung, zum Beispiel mittels Addition, von Kanalsignalen, die bevorzugt unterschiedlich gewichtet sind, gebildet sein. Zum Detektorsignal des Strahlungsdetektors kann eine Mehrzahl von Kanalsignalen beitragen. Bevorzugt werden die Kanalsignale in der Regelungsvorrichtung überlagert. Ein Kanalsignal, das für

die gewünschte Detektorempfindlichkeit nicht erforderlich ist, kann dabei unberücksichtigt bleiben. Beispielsweise kann ein Beitrag eines Kanalsignals zum Detektorsignal hierzu in der Regelungsvorrichtung unterdrückt werden.

Über die Regelungsvorrichtung können also mittels einer vorgefertigten Detektoranordnung verschiedene Empfindlichkeitsverteilungen des Strahlungsdetektors verwirklicht werden. Die resultierende Detektorempfindlichkeitsverteilung ergibt sich dann aus der unterschiedlichen Gewichtung der einzelnen Empfindlichkeitskanäle.

Besonders bevorzugt entspricht die Anzahl verschiedener Empfindlichkeitskanäle des Strahlungsdetektors der Anzahl der Detektorelemente.

Verschiedene Empfindlichkeitskanäle weisen ihr jeweiliges Empfindlichkeitsmaximum bevorzugt bei verschiedenen Wellenlängen auf.

In einer bevorzugten Ausgestaltung weist die Regelungsvorrichtung eine Mehrzahl von Eingängen auf, über die in den Detektorelementen erzeugte Signale der Regelungsvorrichtung zugeführt werden können. Bevorzugt sind verschiedenen Detektorelementen beziehungsweise verschiedenen Empfindlichkeitskanälen, insbesondere jeweils, verschiedene Eingänge zugeordnet. Mit besonderem Vorteil ist einem Detektorelement beziehungsweise einem Empfindlichkeitskanal jeweils ein eigener Eingang zugeordnet.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Regelungsvorrichtung eine Mehrzahl von Regelungsanschlüssen

auf, mittels derer Beiträge von Kanalsignalen zum Detektorsignal regelbar sind. Bevorzugt entspricht die Anzahl von Empfindlichkeitskanälen der Anzahl von Regelungsanschlüssen. Die Beiträge einzelner Kanalsignale können über die Regelungsanschlüsse mit Vorzug unabhängig voneinander eingestellt werden.

Über die Regelungsanschlüsse können beispielsweise die Verstärkungsfaktoren für Kanalsignale unterschiedlich eingestellt werden, mit denen die Kanalsignale relativ zueinander dementsprechend verstärkt oder abgeschwächt werden. Zweckmäßigerweise umfasst die Regelungsvorrichtung hierzu einen, insbesondere regelbaren, Verstärker.

Bevorzugt ist die Regelungsvorrichtung derart ausgebildet, dass die Beiträge von Kanalsignalen zum Detektorsignal extern regelbar sind. Die Regelungsanschlüsse sind hierzu zweckmäßigerweise extern ansteuerbar ausgeführt.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist die spektrale Verteilung der Detektorempfindlichkeit im Betrieb mittels der Regelungsvorrichtung einstellbar. Ein Anwender kann so die gewünschte Empfindlichkeitsverteilung des Strahlungsdetektors über die Regelungsanschlüsse einstellen.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung überlappen Empfindlichkeitskanäle spektral. Bevorzugt überlappen die Empfindlichkeitskanäle derart spektral, dass durch die überlappenden Kanäle ein spektraler Detektionsbereich des Strahlungsdetektors, vorzugsweise der sichtbare Spektralbereich, überdeckt ist. Zweckmäßigerweise weist der Strahlungsdetektor hierzu eine Mehrzahl von Empfindlichkeitskanälen im sichtbaren Spektralbereich auf.

Beispielsweise umfasst der Strahlungsdetektor eine Mehrzahl von spektralen Empfindlichkeitskanälen, welche ein Maximum der spektralen Verteilung bei einer Wellenlänge im sichtbaren Spektralbereich aufweisen.

Aufgrund der Mehrzahl von Empfindlichkeitskanälen im sichtbaren Spektralbereich kann die Detektorempfindlichkeit mittels der Regelungsvorrichtung vereinfacht gemäß einer vorgegebenen Verteilung geformt werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Regelungsvorrichtung derart ausgebildet, dass der Strahlungsdetektor als Umgebungslichtsensor mit einer spektralen Verteilung der Detektorempfindlichkeit gemäß derjenigen des menschlichen Auges betreibbar oder betrieben ist. Zweckmäßigerweise sind die Empfindlichkeitskanäle mittels der Regelungsvorrichtung hierzu unterschiedlich gewichtet, so dass sich durch Überlagerung der verschiedenen gewichteten spektralen Empfindlichkeitskanäle eine spektrale Empfindlichkeitsverteilung gemäß derjenigen des menschlichen Auges ergibt.

Das Empfindlichkeitsmaximum des helladaptierten menschlichen Auges (Tagsehen) liegt bei ungefähr 555 nm. Das Empfindlichkeitsmaximum des dunkeladaptierten menschlichen Auges (Nachtsehen) liegt dagegen in einem kurzwelligeren Bereich bei ungefähr 505 nm.

Mittels der Regelungsvorrichtung können die Empfindlichkeitskanäle derart verschieden gewichtet werden, dass der Strahlungsdetektor, je nach Einstellung der Regelungsvorrichtung, eine spektrale Empfindlichkeitsverteilung gemäß derjenigen des

helladaptierten oder des dunkeladaptierten menschlichen Auges aufweist.

Bevorzugt ist die spektrale Verteilung der Detektorempfindlichkeit mittels der Regelungsvorrichtung zwischen derjenigen des helladaptierten menschlichen Auges und des dunkeladaptierten menschlichen Auges schaltbar. Der Schaltvorgang kann beispielsweise mittels eines Hell/Dunkel-Sensors, den der Strahlungsdetektor bevorzugt umfasst, gesteuert werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist der Strahlungsdetektor als Farbsensor, insbesondere zur Detektion von drei Grundfarben, z. B. Rot, Grün und Blau, betreibbar. Zweckmäßigerweise weist der Strahlungsdetektor hierbei Empfindlichkeitskanäle auf, die spektral im Bereich der entsprechenden Grundfarben liegen. Vorzugsweise ist jeder der Grundfarben ein gesonderter Empfindlichkeitskanal zugeordnet.

Durch Abschwächung der anderen Farbkanäle, z. B. mittels eines Verstärkungsfaktors von 0 in der Regelungsvorrichtung, was einer Unterdrückung des jeweiligen Kanalsignalbeitrags entspricht, kann im verbleibenden Farbkanal die gewünschte Farbe detektiert werden. Über das Detektorsignal können dann Farbanteile in der auf den Strahlungsdetektor einfallenden Strahlung bestimmt werden. Aus diesen Farbanteilen kann z. B. der Farbort oder der Farbeindruck der einfallenden Strahlung ermittelt werden.

Bevorzugt ist der Strahlungsdetektor mittels geeigneter Regelung durch die Regelungsvorrichtung sowohl als Umgebungslichtsensor als auch als Farbsensor betreibbar.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Detektoranordnung einen Halbleiterkörper auf, der zumindest eines der Detektorelemente enthält. Der Halbleiterkörper kann eine Mehrzahl von Halbleiterschichten umfassen und insbesondere epitaktisch gewachsen sein. Die Halbleiterschichten sind zweckmäßigerweise aufeinander abgeschieden. Bevorzugt umfasst das Detektorelement einen der Signalerzeugung dienenden aktiven Bereich. Der aktive Bereich ist bevorzugt zwischen zwei Halbleiterschichten unterschiedlichen Leitungstyps - p-leitend beziehungsweise n-leitend - angeordnet. Diese Schichten sind vorzugsweise dotiert. Besonders bevorzugt ist der aktive Bereich undotiert (intrinsisch) ausgeführt. Das Detektorelement ist vorzugsweise gemäß einer Diodenstruktur ausgebildet, z. B. gemäß einer pin-Diodenstruktur. pin-Dioden zeichnen sich durch vorteilhaft geringe Ansprechzeiten aus. Der aktive Bereich enthält bevorzugt das Verbindungshalbleitermaterial. Besonders bevorzugt enthält eine Mehrzahl von Detektorelementen, insbesondere der jeweilige aktive Bereich, das Verbindungshalbleitermaterial, vorzugsweise ein Material aus dem Materialsystem (In,Ga,Al)P. Zweckmäßigerweise enthält eine Mehrzahl von für den sichtbaren Spektralbereich ausgebildeten Detektorelementen das Verbindungshalbleitermaterial.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist eine Mehrzahl von Detektorelementen monolithisch in einen gemeinsamen Halbleiterkörper integriert. Vorzugsweise ist dieser Halbleiterkörper epitaktisch gewachsen. Die Detektorelemente können gestapelt und insbesondere übereinander angeordnet sein. Eine derartige Anordnung der Detektorelemente weist einen vorteilhaft geringen Platzbedarf auf.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist der Strahlungsdetektor eine Mehrzahl separater, vorzugsweise diskreter und/oder nebeneinander angeordneter, Detektorelemente auf. Diese Elemente können jeweils einen gesonderten Halbleiterkörper mit einem aktiven Bereich umfassen. Die Einzeldetektorelemente sind vorzugsweise als diskrete Detektorchips ausgebildet. Gegenüber einer monolithisch integrierten Ausführung wie weiter oben beschrieben sind Einzelchips vereinfacht fertigbar. Eine Anordnung mit einer Mehrzahl diskreter Detektorchips ist jedoch gegenüber einer monolithischen Ausbildung raumgreifender.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist der Strahlungsdetektor drei oder mehr, bevorzugt vier oder mehr, besonders bevorzugt fünf oder mehr Empfindlichkeitskanäle, auf. Diese Empfindlichkeitskanäle können im sichtbaren Spektralbereich liegen. Je größer die Anzahl verschiedener Empfindlichkeitskanäle, desto genauer kann eine vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung des Strahlungsdetektors mittels der Regelungsvorrichtung nachgebildet werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist der Strahlungsdetektor einen oder eine Mehrzahl von schmalbandigen Empfindlichkeitskanälen auf. Eine spektrale Breite eines schmalbandigen Empfindlichkeitskanals (volle Breite auf halber Höhe, FWHM: Full width at half maximum) kann 100 nm oder weniger, bevorzugt 60 nm oder weniger, besonders bevorzugt 40 nm oder weniger, zum Beispiel 20 nm oder weniger, betragen. Durch das Vorsehen eines schmalbandigen Empfindlichkeitskanals kann der Strahlungsdetektor vereinfacht zur Detektion von genau definierten Spektrallinien eingesetzt werden. Beispielsweise

kann ein Empfindlichkeitskanal derart ausgebildet sein, dass er nur auf eine spezielle Spektrallinie anspricht. Der Strahlungsdetektor kann somit z.B. zur Echtheitsprüfung von Gegenständen, die durch diese Spektrallinie gekennzeichnet sind, wie zur Geldschein- oder Scheckkartenidentifizierung, eingesetzt werden. Diese Funktion kann zusätzlich zur Betreibbarkeit als Farbsensor beziehungsweise als Umgebungslichtsensor vorgesehen werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist ein einzelnes Kanalsignal mittels zweier, in verschiedenen Detektorelementen erzeugter Signale erhalten. Beispielsweise kann ein Kanalsignal unter Bildung der Differenz der in zwei verschiedenen Detektorelementen erzeugten Signale erhalten sein.

Ein spektraler Empfindlichkeitskanal kann dementsprechend mittels Differenzbildung aus den spektralen Empfindlichkeitsverteilungen zweier Detektorelemente erhalten werden. Besonders bevorzugt erfolgt die Differenzbildung in der Regelungsvorrichtung. Der Beitrag eines aus der Differenzbildung gewonnenen Kanalsignals zum Detektorsignal kann nachfolgend ebenfalls in der Regelungsvorrichtung geregelt werden.

Eine derartige Verarbeitung von Signalen aus verschiedenen Detektorelementen vereinfacht die Ausbildung der Detektorelemente für einen Strahlungsdetektor mit verschiedenen Empfindlichkeitskanälen. Auf eine Filterung zur Abflachung der kurzwelligen Seite der spektralen Empfindlichkeitsverteilung des jeweiligen Detektorelements für die Ausbildung eines Empfindlichkeitskanals kann verzichtet werden.

Die Verteilungen zweier, vorzugsweise beliebiger, spektraler Empfindlichkeitskanäle des Strahlungsdetektors schneiden sich zweckmäßigerweise bei einem Wert kleiner dem Maximum einer der Verteilungen, vorzugsweise kleiner den Maxima beider Verteilungen. Bevorzugt schneidet die langwellige Flanke der Verteilung mit dem Maximum bei der kleineren Wellenlänge die kurzwellige Flanke der anderen Verteilung.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung umfasst ein Detektorelement, vorzugsweise eine Mehrzahl von Detektorelementen, eine Filterschicht. Die Filterschicht absorbiert bevorzugt Strahlung in einem Wellenlängenbereich, der Wellenlängen umfasst, welche kleiner sind als die Wellenlänge eines Maximums der spektralen Empfindlichkeitsverteilung dieses Detektorelements. Die kurzwellige Flanke der spektralen Empfindlichkeitsverteilung dieses Detektorelements kann mittels der Filterschicht für einen abgegrenzten Empfindlichkeitskanal geformt werden. Bevorzugt ist die Filterschicht in den Halbleiterkörper des Detektorelements integriert. Die Filterschicht kann epitaktisch gewachsen sein und/oder ein (III-V-)Verbindungshalbleitermaterial enthalten.

Die Filterschicht kann ferner eine kurzwellige Grenzwellenlänge des jeweiligen Empfindlichkeitskanals bestimmen.

Die Ausbildung der Empfindlichkeitskanäle kann demnach bereits bei der Fertigung der Detektorelemente erzielt werden. Eine nachträgliche Signalverarbeitung, etwa die oben beschriebene Differenzbildung, ist mit Vorteil nicht

erforderlich. Das Vorsehen einer entsprechenden Filterschicht erhöht jedoch die Herstellungskosten der Detektoranordnung.

Bevorzugt ist die Regelungsvorrichtung als integrierter Schaltkreis, z. B. auf Siliziumbasis, ausgeführt. Integrierte Schaltkreise können mit variablen Funktionen ausgestattet werden und insbesondere die Verstärkung der einzelnen Kanalsignale für eine unterschiedliche Gewichtung der Signalbeiträge und gegebenenfalls die Bildung der Differenz für den Erhalt eines Empfindlichkeitskanals ausführen.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist der Strahlungsdetektor eine elektronische Steuervorrichtung auf. Diese ist vorzugsweise mit der Regelungsvorrichtung, insbesondere deren Regelungsanschlüssen, elektrisch leitend verbunden. Die Steuervorrichtung ist weiterhin mit Vorzug programmierbar ausgebildet. Mittels der Steuervorrichtung können die Einstellungen der Regelungsanschlüsse der Regelungsvorrichtung gesteuert werden. Über die Steuervorrichtung kann also der Betriebszustand des Strahlungsdetektors - z.B. als Farbsensor, als Umgebungslichtsensor oder zur Detektion vorgegebener Spektrallinien - programmiert gesteuert werden. Beispielsweise kann das Umschalten des Umgebungslichtsensors von Tag- auf Nachtempfindlichkeit tageszeitgesteuert durch die Steuervorrichtung erfolgen. Die Steuervorrichtung steuert die Regelungsanschlüsse hierzu zweckmäßigerweise dementsprechend an. Die Steuervorrichtung ist zum Beispiel als programmierbarer Mikrokontroller ausgeführt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Figuren.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Strahlungsdetektors.

Figur 2 zeigt anhand von Figur 2A eine schematische Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels der Detektoranordnung, anhand von Figur 2B Daten für die Halbleiterkörper der Detektorelemente aus Figur 2A, anhand von Figur 2C die spektralen Empfindlichkeitsverteilungen der Detektorelemente und anhand von Figur 2D die aus den Empfindlichkeitsverteilungen gewonnenen Empfindlichkeitskanäle des Strahlungsdetektors.

Figur 3 zeigt anhand von Figur 3A eine schematische Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels der Detektoranordnung, anhand von Figur 3B Daten für die Schichten des Halbleiterkörpers aus Figur 3A und anhand von Figur 3C die Empfindlichkeitskanäle der Detektoranordnung.

Figur 4 zeigt anhand von Figur 4A die für die spektrale Empfindlichkeitsverteilung des helladaptierten menschlichen Auges und anhand von Figur 4B die für die Empfindlichkeitsverteilung des dunkeladaptierten menschlichen Auges überlagerten Empfindlichkeitskanäle gemäß Figur 2D.

Figur 5 zeigt anhand von Figur 5A die spektralen Empfindlichkeitskanäle eines weiteren Ausführungsbeispiels der Detektoranordnung und anhand von Figur 5B Daten für Halbleiterschichten der Halbleiterkörper für Detektorelemente, deren spektrale Empfindlichkeitsverteilungen den jeweiligen Empfindlichkeitskanälen entsprechen.

Figur 6 zeigt einen Ausschnitt eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Strahlungsdetektors.

Gleiche, gleichartige und gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Weiterhin sind Einzelelemente der Figuren nicht notwendigerweise maßstabsgetreu wiedergegeben. Vielmehr können einzelne Elemente der Figuren zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Strahlungsdetektors 1.

Der Strahlungsdetektor 1 umfasst eine Detektoranordnung 2 und eine Regelungsvorrichtung 3. Die Regelungsvorrichtung 3 ist mit der Detektoranordnung 2 elektrisch leitend verbunden, so dass in der Detektoranordnung erzeugte elektrische Signale der Regelungsvorrichtung zugeführt werden können.

Die Detektoranordnung 2 umfasst eine Mehrzahl von Detektorelementen 4, 5 und 6. Die Detektorelemente sind zweckmäßigerweise zum Strahlungsempfang und zur Signalerzeugung ausgebildet. Vorzugsweise ist eine Mehrzahl von Detektorelementen zur Detektion sichtbarer Strahlung ausgebildet. Beispielsweise sind drei Detektorelemente vorgesehen, die zur Detektion sichtbarer Strahlung ausgebildet sind. Vorzugsweise sind den Detektorelementen verschiedene Detektionsbereiche, zum Beispiel verschiedenfarbige Spektralbereiche zugeordnet. So kann das Detektorelement 4 zur Detektion im blauen Spektralbereich, das Detektorelement 5 zur Detektion im grünen Spektralbereich und das Detektorelement 6 zur Detektion im roten Spektralbereich ausgebildet sein.

Eine Mehrzahl von Detektorelementen, vorzugsweise alle Detektorelemente, die zur Detektion sichtbarer Strahlung ausgebildet sind, enthalten ein Verbindungshalbleitermaterial. III-V-Halbleitermaterialien aus dem Materialsystem $\text{In}_y \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{P}$ mit $0 \leq x \leq 1$ und $0 \leq y \leq 1$, bevorzugt mit $x \neq 0$, $y \neq 0$, $x \neq 1$ und/oder $y \neq 1$ sind aufgrund der hohen erzielbaren Quanteneffizienzen und ihrer Unempfindlichkeit im infraroten Spektralbereich im Vergleich zu Si für die Ausbildung eines Strahlungsdetektors für den sichtbaren Spektralbereich besonders geeignet. Auf externe Filter zum Herausfiltern eines infraroten Anteils aus der zu detektierenden Strahlung kann bei der Detektoranordnung verzichtet werden, da die Detektorelemente selbst bereits mit einer vernachlässigbaren oder verschwindenden Empfindlichkeit im infraroten Spektralbereich ausgebildet sein können.

Die Detektorelemente 4, 5 und 6 sind auf einem gemeinsamen Träger 7 angeordnet und vorzugsweise auf diesem befestigt. Der Träger 7 kann beispielsweise mittels eines Gehäuses, insbesondere eines Bauelementgehäuses, vorzugsweise eines Gehäuses für ein oberflächenmontierbares Bauelement, gebildet sein. Elektrische Anschlüsse für die Detektorelemente sind aus Übersichtlichkeitsgründen nicht explizit dargestellt.

Figur 2A zeigt eine schematische Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels der Detektoranordnung 2. Die Detektorelemente 4, 5 und 6 sind als diskrete und nebeneinander auf dem Träger 7 angeordnete Detektorelemente ausgebildet. Beispielsweise sind die Detektorelemente als diskrete Detektorchips ausgeführt.

Die Detektorelemente 4, 5 und 6 weisen jeweils einen Halbleiterkörper 401, 501 beziehungsweise 601 auf. Vorzugsweise enthält der Halbleiterkörper jeweils eine Mehrzahl von Halbleiterschichten. Weiterhin weisen die Detektorelemente jeweils eine Strahlungseintrittsseite 402, 502 beziehungsweise 602 auf. Die Strahlungseintrittsseite ist von dem Träger 7 abgewandt.

Der Halbleiterkörper 401, 501 beziehungsweise 601 des jeweiligen Detektorelements umfasst einen aktiven Bereich 403, 503 beziehungsweise 603. Der aktive Bereich ist zwischen zwei Barrierschichten 404 und 405, 504 und 505 beziehungsweise 604 und 605 angeordnet. Die Barrierschichten zwischen denen der aktive Bereich angeordnet ist weisen bevorzugt unterschiedliche Leitungstypen (p-leitend beziehungsweise n-leitend) auf und sind hierzu zweckmäßigerweise geeignet dotiert. Der aktive Bereich umfasst eine Halbleiterfunktionsschicht, die vorzugsweise undotiert ausgeführt ist.

Die Halbleiterkörper der Detektorelemente 4, 5 und 6 sind jeweils auf einem Substrat 406, 506 beziehungsweise 606 angeordnet. Das Substrat kann mittels des Aufwachssubstrats der Halbleiterschichten für den Halbleiterkörper gebildet sein, auf dem die Halbleiterschichten epitaktisch gewachsen sind.

Weiterhin weisen die Detektorelemente 4, 5 und 6 jeweils zwei elektrische Kontakte 407 und 408, 507 und 508 beziehungsweise 607 und 608 auf. Die Kontakte 408, 508 und 608 können beispielsweise auf der von dem jeweiligen Halbleiterkörper abgewandten Seite des Substrats angeordnet sein. Die Kontakte 407, 507 und 607 können auf der von dem jeweiligen Substrat

abgewandten Seite des zugehörigen Halbleiterkörpers angeordnet sein. Die elektrischen Kontakte können als Metallisierungen ausgeführt sein.

Die elektrischen Kontakte sind zweckmäßigerweise mit dem jeweiligen aktiven Bereich elektrisch leitend verbunden, so dass durch Absorption von Anteilen aus einer auf die Detektoranordnung 2 einfallenden Strahlung 8 im aktiven Bereich erzeugte Ladungsträger aus dem jeweiligen Detektorelement abgeführt werden können und das so im Detektorelement erzeugte Signal erfasst werden kann. Die Signale der einzelnen Detektorelemente können weiterhin unabhängig voneinander erfasst werden.

Der jeweilige Halbleiterkörper 401, 501 beziehungsweise 601 weist ferner mit Vorzug eine Kontaktschicht 409, 509 beziehungsweise 609 auf. Die elektrische Anbindung des Halbleiterkörpers an den strahlungseintrittsseitigen elektrischen Kontakt 407, 507 beziehungsweise 607 kann dadurch verbessert werden. Die Kontaktschicht ist vorzugsweise dotiert, zum Beispiel p-leitend, ausgeführt.

Die Halbleiterschichten des jeweiligen Halbleiterkörpers basieren vorzugsweise auf Verbindungshalbleitermaterialien. Für den sichtbaren Spektralbereich sind III-V-Halbleitermaterialien besonders geeignet. Die aktiven Bereiche basieren vorzugsweise auf dem Materialsystem $\text{In}_y \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{P}$. Über den Al-Gehalt kann die Bandlücke der Funktionsschicht, die der jeweilige aktive Bereich umfasst beziehungsweise die den aktiven Bereich bildet, eingestellt werden.

Als (Aufwachs) Substrat ist für das Materialsystem $\text{In}_y \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{P}$ ein GaAs-Substrat besonders geeignet. Hinsichtlich guter Gitteranpassung an ein GaAs-Substrat hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, Materialien aus dem Untermaterialsystem $\text{In}_{0,5} (\text{Ga}_{1-x} \text{Al}_x)_{0,5} \text{P}$ einzusetzen. Für die jeweilige Kontaktschicht ist GaP besonders geeignet.

Mit wachsendem Al-Gehalt nimmt die Bandlücke einer Halbleiterschicht für den aktiven Bereich zu. Über die Wahl des Al-Gehalts für den aktiven Bereich kann insbesondere die langwellige Grenzwellenlänge einer spektralen Empfindlichkeitsverteilung des jeweiligen Detektorelements eingestellt werden. Langwelligere Strahlung, also Strahlung deren Wellenlänge größer als die der langwelligen Grenzwellenlänge ist, erzeugt im jeweiligen Detektorelement kein signifikantes Signal mehr. Die langwellige Grenzwellenlänge der Detektorelemente 4, 5 und 6 liegt bevorzugt jeweils im sichtbaren Spektralbereich, wobei auf externe Filter, etwa für das Filtern infraroter Strahlung, verzichtet werden kann.

Die Tabelle in Figur 2B zeigt Ausführungsbeispiele für Materialien für die Halbleiterschichten der Detektorelemente aus Figur 2A. Weiterhin sind die Schichtdicken, die jeweiligen Bandlücken (E_G), die dieser Bandlücke entsprechende Wellenlänge (λ_G) und der Leitungstyp der jeweiligen Schichten angegeben. Das Detektorelement 4 ist zur Detektion blauer Strahlung, das Detektorelement 5 zur Detektion grüner Strahlung und das Detektorelement 6 zur Detektion roter Strahlung ausgebildet.

Figur 2C zeigt eine Simulation der spektralen Empfindlichkeitsverteilungen der Detektorelemente 4, 5 und 6,

wobei eine Ausbildung der Halbleiterschichten gemäß der Tabelle in Figur 2B angenommen wurde. Dargestellt ist die Abhängigkeit der Responsivität R von der Wellenlänge λ der einfallenden Strahlung in Nanometer. Die Responsivität gibt dabei die Stärke des im jeweiligen Detektorelement erzeugten Fotostroms in Ampere pro Watt der einfallenden Strahlungsleistung an.

Die Kurve 600 gibt die spektrale Empfindlichkeitsverteilung des Detektorelements 6, die Kurve 500 diejenige des Detektorelements 5 und die Kurve 400 diejenige des Detektorelements 4 wieder. Aufgrund des geringen Al-Gehalts ist das Detektorelement 6 bereits im roten Spektralbereich empfindlich. Das Detektorelement 5 zeigt aufgrund des größeren Al-Gehalts im orangen bis grünen Spektralbereich hohe Empfindlichkeitswerte und das Detektorelement 4 ist aufgrund des wiederum gesteigerten Al-Gehalts hauptsächlich im blauen Spektralbereich empfindlich.

Der sichtbare Spektralbereich wird durch die Empfindlichkeitsverteilung des helladaptierten menschlichen Auges 700 gemäß der CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) verdeutlicht. Im sichtbaren Spektralbereich zeigen alle drei Detektorelemente eine maßgebliche Empfindlichkeit. Da zum Beispiel im blauen Spektralbereich in allen drei Detektorelementen ein signifikantes Signal erzeugt wird, ist das Erhalten von Farbanteilen aus der einfallenden Strahlung unmittelbar aus den drei Signalen der Detektorelemente erschwert. Die Empfindlichkeitsverteilungen bilden insbesondere keine deutlich getrennten Empfindlichkeitskanäle aus, sondern überdecken einander maßgeblich. So überdeckt zum Beispiel die Verteilung 600 die beiden anderen Verteilungen vollständig.

Figur 3A zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Detektoranordnung 2 anhand einer schematischen Schnittansicht.

Im Unterschied zur Detektoranordnung gemäß Figur 2A sind die Detektorelemente 4, 5 und 6 in einen gemeinsamen Halbleiterkörper 200 monolithisch integriert. Der Halbleiterkörper 200 umfasst somit die Detektorelemente 4, 5 und 6. Der Halbleiterkörper 200 ist auf einem Substrat 206 angeordnet und kann auf diesem epitaktisch gewachsen sein. Der Halbleiterkörper weist weiterhin eine Strahlungseintrittsseite 202 auf. Die Detektorelemente 4, 5 und 6 sind vorzugsweise derart angeordnet, dass die Bandlücke der Funktionsschicht des jeweiligen aktiven Bereichs 403, 503, 603 mit wachsendem Abstand von der Strahlungseintrittsseite 202 abnimmt. Im Gegensatz zu der Detektoranordnung gemäß Figur 2A mit den diskreten, nebeneinander angeordneten Detektorelementen weist eine derartige monolithisch integrierte Detektoranordnung 2 mit einer Mehrzahl von epitaktisch aufeinander gewachsenen Detektorelementen einen geringeren Platzbedarf auf. Der Herstellungsaufwand für eine derartige Ausbildung der Detektoranordnung 2 ist jedoch erhöht.

Die in den Detektorelementen 4, 5 und 6 erzeugten Signale können über den Detektorelementen zugeordnete elektrische Kontakte unabhängig voneinander erfasst werden. Dem Detektorelement 4 sind dabei die Kontakte 210 und 211, dem Detektorelement 5 die Kontakte 211 und 212 und dem Detektorelement 6 die Kontakte 212 und 213 zugeordnet. Die dem jeweiligen Detektorelement zugeordneten Kontakte sind mit dem aktiven Bereich dieses Detektorelements elektrisch

leitend verbunden. Zwei benachbarte Detektorelemente weisen jeweils einen gemeinsamen Kontakt auf. Die Kontakte können als Metallisierungen ausgeführt sein.

Der Halbleiterkörper 200 weist weiterhin eine Filterschicht 214 auf, die monolithisch in den Halbleiterkörper integriert ist und insbesondere epitaktisch gewachsen sein kann. Die Filterschicht 214 ist bevorzugt strahlungseintrittsseitig im Halbleiterkörper angeordnet und absorbiert besonders bevorzugt Strahlung in einem Wellenlängenbereich, der Wellenlängen kleiner als die der Bandlücke eines aktiven Bereichs, insbesondere der Bandlücke des strahlungsausstrittseitig angeordneten aktiven Bereichs 403, entsprechende Wellenlänge umfasst. In dem gefilterten Wellenlängenbereich wird in den aktiven Bereichen ein dementsprechend vermindertes Signal erzeugt. Die Filterschicht 214 dient als Fensterschicht zum signalerzeugenden Bereich der Detektoranordnung.

Figur 3B zeigt eine Tabelle, die Daten für die in Figur 3A entsprechend gekennzeichneten Schichten enthält, welche der Simulation für die spektrale Empfindlichkeitsverteilung der Detektoranordnung 2 zugrunde gelegt wurden (vergleiche Figur 3C).

Die Empfindlichkeitsverteilungen 400, 500 und 600 der Detektorelemente 4, 5 beziehungsweise 6 sind in Figur 3C dargestellt. Im Gegensatz zu den Empfindlichkeitsverteilungen aus Figur 2C sind bereits durch die Empfindlichkeitsverteilungen der Detektorelemente deutliche, spektral voneinander getrennte Empfindlichkeitskanäle ausgebildet. Die Empfindlichkeitsverteilungen überlappen insbesondere nur teilweise miteinander. Das Erhalten von

Informationen über Farbanteile in der einfallenden Strahlung unmittelbar aus den in den Detektorelementen erzeugten Signalen ist so gegenüber der Detektoranordnung gemäß Figur 2 vereinfacht. Die Herstellungskosten sind jedoch dementsprechend erhöht.

Da in dem strahlungseintrittsseitigen Detektorelement 4 bereits ein Großteil an kurzwelliger Strahlung absorbiert wird, trägt diese in den nachgeordneten Detektorelementen 5 und 6 nur vermindert zur Signalerzeugung bei. Daher erzeugen die Detektorelemente 5 und 6 im kurzwelligen Bereich ein geringeres Signal als bei der in Figur 2A gezeigten Detektoranordnung mit einer Mehrzahl diskreter nebeneinander angeordneter Detektorelemente. Gegebenenfalls kann jedoch auch bei den diskreten Detektorelementen gemäß Figur 2 über das Vorsehen geeigneter Filterschichten, vorzugsweise auf (In,Ga,Al)P-Basis oder (Al)GaAs Basis, die kurzwellige Flanke der jeweiligen Empfindlichkeitsverteilung für einen ausgeprägten Empfindlichkeitskanal durch entsprechende Filterung kurzwelliger Strahlung unterdrückt werden. Entsprechende Filterschichten sind vorzugsweise in den Detektorelementen 5 und 6 für mittel- und längerwellige Strahlung zwischen der Strahlungseintrittsseite und dem aktiven Bereich des jeweiligen Halbleiterkörpers angeordnet.

Sind, entsprechend der Darstellung in Figur 2A, keine derartigen Filterschichten vorgesehen, so kann, um bei einer Empfindlichkeitsverteilung gemäß Figur 2C getrennte Empfindlichkeitskanäle zu erhalten beispielsweise die Differenz aus zwei Empfindlichkeitsverteilungen gebildet werden.

Figur 2D zeigt die aus einer derartigen Differenzbildung gewonnenen Empfindlichkeitskanäle zur Farbdetektion der spektralen Grundfarben Rot, Grün und Blau. Weiterhin ist noch die Empfindlichkeitsverteilung 700 des helladaptierten menschlichen Auges dargestellt, um den sichtbaren Spektralbereich zu verdeutlichen.

Der langwellige Empfindlichkeitskanal 620 ist aus der Differenz der langwelligen Empfindlichkeitsverteilungen 600 und der mittelwelligen Empfindlichkeitsverteilungen 500 gemäß Figur 2C gebildet, der mittelwellige Empfindlichkeitskanal 520 ist durch die Differenz der mittel- und kurzwelligen Empfindlichkeitsverteilungen 500 und 400 gebildet. Der kurzwellige Empfindlichkeitskanal 420 ist durch die spektrale Empfindlichkeitsverteilung des Detektorelements 4 gebildet, die nicht modifiziert ist.

Im Betrieb der Detektorelemente 4, 5 beziehungsweise 6 - z.B. gemäß den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 2 oder 3 - in den Detektorelementen erzeugte Signale können der Regelungsvorrichtung 3 zugeführt werden (vergleiche Figur 1). Empfindlichkeitskanäle können bereits durch entsprechende Formung der spektralen Empfindlichkeitsverteilungen der Detektorelemente vorgegeben sein (vergleiche zum Beispiel Figur 3C). Alternativ können der Regelungsvorrichtung Signale zugeführt werden, die noch keinem vorgebildeten Empfindlichkeitskanal zugeordnet sind (vergleiche die breiten Verteilungen 500 und 600 aus Figur 2C).

Die Regelungsvorrichtung weist eine Mehrzahl von Eingängen auf (vergleiche die Eingänge E_4 , E_5 beziehungsweise E_6). Zweckmäßigerweise werden die in den Detektorelementen erzeugten Signale S_4 , S_5 beziehungsweise S_6 jeweils einem

gesonderten Eingang der Regelungsvorrichtung zugeführt. Bevor die Signale der Regelungsvorrichtung zugeführt werden, können sie noch vorverstärkt werden. In diesem Fall ist der Träger 7 bevorzugt als Vorverstärker, besonders bevorzugt als Verstärkerchip, zum Beispiel auf Siliziumbasis, ausgeführt. Den Detektorelementen 4, 5 und 6 ist in diesem Falle mit Vorzug jeweils ein Verstärkereingang VE_4 , VE_5 beziehungsweise VE_6 zugeordnet (vergleiche die gestrichelt dargestellten Elemente des Trägers 7 in Figur 1).

Im Falle diskreter Detektorelemente, wie zum Beispiel im Zusammenhang mit Figur 2 beschrieben, sind die einzelnen Detektorelemente vorzugsweise jeweils auf einem gesonderten Eingang des Verstärkerchips angeordnet und mit diesem Eingang elektrisch leitend verbunden. Besonders geeignet ist für diese Verbindung eine elektrisch leitende Verbindungsschicht, zum Beispiel eine (Silber)Leitkleberschicht.

Da in den Detektorelementen üblicherweise Signale einer geringen Stärke - zum Beispiel in der Größenordnung von nA oder μ A - erzeugt werden, ist eine kurze Verbindungsstrecke zum Verstärker über eine Verbindungsschicht, beispielsweise mit einer Dicke von 1 μ m oder weniger, vorzugsweise von 500 μ m oder weniger, besonders geeignet. Die Strecke, über die das störungsanfällige "schwache" Signal äußeren elektromagnetischen Störungen ausgesetzt ist, wird durch eine leitende Schichtverbindung vorteilhaft gering gehalten.

Über den jeweiligen Detektorelementen zugeordnete Ausgänge des Verstärkerchips kann das vorverstärkte Signal dem jeweiligen Eingang der Regelungsvorrichtung 3 zugeführt werden (vergleiche die Ausgänge VA_4 , VA_5 und VA_6 sowie die vorverstärkten Signale SV_4 , SV_5 und SV_6).

Die Variante, in der die Signale der Detektoranordnung vorverstärkt werden, ist durch die gestrichelte Linienführung bis zur Regelungsvorrichtung angedeutet. Dabei ist jedem Detektorelement vorzugsweise genau ein Verstärkereingang (VE_i , $i = 4, 5, 6$) und/oder Verstärkerausgang (VA_i , $i = 4, 5, 6$) zugeordnet.

Die Regelungsvorrichtung 3 weist eine Regelungseinheit 9 auf. Die Regelungseinheit 9 ist vorzugsweise als Verstärker ausgebildet, in dem Kanalsignale K_4 , K_5 und K_6 aus verschiedenen Empfindlichkeitskanälen jeweils mit unterschiedlichen Verstärkungsfaktoren verstärkt werden können. Die Regelungseinheit 9 weist Regelungsanschlüsse 94, 95 und 96 auf, über die die Verstärkungsfaktoren für die Kanalsignale aus den Empfindlichkeitskanälen unabhängig voneinander eingestellt werden können.

Falls die Detektoranordnung noch keine vorgebildeten Empfindlichkeitskanäle aufweist (vergleiche Figur 2C), kann die Regelungseinheit derart ausgebildet sein, dass die in den Detektorelementen erzeugten Signale in der Regelungsvorrichtung 3 derart verarbeitet werden, dass Kanalsignale, die einem Empfindlichkeitskanal zugeordnet sind, ausgebildet werden. Die Empfindlichkeitskanäle werden in der Regelungsvorrichtung bevorzugt durch ein Element dieser Vorrichtung ausgebildet, bevor die Signale der Regelungseinheit zugeführt werden.

Beispielsweise kann eine Differenzbildungseinheit 10 in der Regelungsvorrichtung vorgesehen sein, die Differenzen aus den von der Detektoranordnung erhaltenen Signalen bildet, wodurch die Kanalsignale ausgebildet werden (vergleiche Figur 2D).

In der Regelungseinheit 9 können die relativen Gewichtungen der Kanalsignale zueinander unterschiedlich eingestellt werden.

Die unterschiedlich gewichteten Kanalsignale können nachfolgend in der Überlagerungseinheit 11 der Regelungsvorrichtung 3 überlagert werden. Vorzugsweise addiert die Überlagerungseinheit 11 die unterschiedlich gewichteten Kanalsignale nach dem Durchgang durch die Regelungseinheit 9. Dies ist durch die gestrichelte Linienführung in der Überlagerungseinheit angedeutet.

Die unterschiedlich gewichteten Kanalsignale werden in der Überlagerungseinheit 11 zum Detektorsignal DS des Strahlungsdetektors überlagert, insbesondere aufaddiert. Dieses Detektorsignal DS kann an einem Ausgang A der Regelungsvorrichtung 3 erfasst werden, der mit der Überlagerungseinheit 11 leitend verbunden ist.

Die Regelungsvorrichtung 3 ist mit Vorteil als integrierter Schaltkreis, vorzugsweise auf Si-Basis, ausgebildet. Hierdurch wird eine kleine und kompakte Bauform des Strahlungsdetektors 1 vereinfacht.

Durch die Überlagerung von unterschiedlich gewichteten Kanalsignalen kann ein Strahlungsdetektor mit unterschiedlichen Empfindlichkeitsverteilungen - der Abhängigkeit des Ausgangssignals DS am Ausgang A von der Wellenlänge - realisiert werden.

Beispielsweise kann ein Strahlungsdetektor durch unterschiedliche Gewichtung der Kanalsignale mittels der

Regelungseinheit 9 als Umgebungslichtsensor ausgebildet sein, der eine Empfindlichkeitsverteilung gemäß derjenigen des menschlichen Auges aufweist. Dies ist für die Empfindlichkeitskanäle gemäß Figur 2D in den Figuren 4A und 4B dargestellt.

In Figur 4A sind die Empfindlichkeitskanäle für eine Empfindlichkeitsverteilung gemäß derjenigen des helladaptierten menschlichen Auges überlagert. Signale aus den einzelnen Empfindlichkeitskanälen werden hierzu relativ zueinander abgeschwächt beziehungsweise verstärkt. Die dargestellte überlagerte Empfindlichkeitsverteilung 701 ergibt sich durch eine Verstärkung des Empfindlichkeitskanals 620 um den Faktor 0,9, des Empfindlichkeitskanals 520 um den Faktor 1,2 und des Empfindlichkeitskanals 420 um den Faktor 0,25. Die aufaddierte Empfindlichkeitsverteilung 701 entspricht im Wesentlichen der des helladaptierten menschlichen Auges 700.

In Figur 4B wird der langwellige Empfindlichkeitskanal 620, der dem roten Spektralbereich zugeordnet ist, unterdrückt, was einem Verstärkungsfaktor von 0 entspricht. Der Empfindlichkeitskanal 520, der dem grünen Spektralbereich zugeordnet ist, wird mit einem Faktor von 0,7 und der Empfindlichkeitskanal 420, der dem blauen Spektralbereich zugeordnet ist, mit einem Faktor von 1,3 verstärkt. Die aufaddierte Verteilung 703 entspricht näherungsweise der des dunkeladaptierten menschlichen Auges 702. Für die Verteilung des dunkeladaptierten menschlichen Auges kann beispielsweise die entsprechende Verteilung gemäß der CIE von 1951 herangezogen werden.

Die spektrale Verteilung der Detektorempfindlichkeit ist vorzugsweise über die Regelungsanschlüsse 94, 95 und 96 zwischen derjenigen des helladaptierten menschlichen Auges (Verteilung 700, Figur 4A) und derjenigen des dunkeladaptierten menschlichen Auges (Verteilung 702, Figur 4B) umschaltbar. Der Schaltvorgang kann beispielsweise mittels eines Hell/Dunkel-Sensors (nicht explizit dargestellt), den der Strahlungsdetektor bevorzugt umfasst, gesteuert werden. Auch die Empfindlichkeitskanäle der monolithischen Detektoranordnung (vergleiche Figur 3) können entsprechend verschieden gewichtet und für die jeweils gewünschte Verteilung überlagert werden.

Neben der Möglichkeit, den Strahlungsdetektor 1 als Umgebungslichtsensor zu betreiben, kann dieser selbstverständlich auch als Farbsensor zur Detektion der den Empfindlichkeitskanälen entsprechenden Grundfarben - in den Ausführungsbeispielen die Farben Rot, Grün und Blau - eingesetzt werden. Über das Detektorsignal können dann Farbanteile in der auf den Strahlungsdetektor einfallenden Strahlung bestimmt werden. Aus diesen Farbanteilen kann z. B. der Farbort oder der Farbeindruck der einfallenden Strahlung ermittelt werden. Signalbeiträge aus Empfindlichkeitskanälen, die nicht der zu detektierenden Farbe zugeordnet sind, können hierfür durch entsprechende Einstellung der Regelungsanschlüsse unterdrückt werden.

Weiterhin kann eine vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung des Strahlungsdetektors über entsprechende Regelung an den Regelungsanschlüsse eingestellt werden. Der Strahlungsdetektor ist insgesamt platzsparend ausgebildet und vorteilhaft variabel einsetzbar.

Figur 5A zeigt die spektrale Empfindlichkeitsverteilung einer Detektoranordnung mit einer Vielzahl von separaten spektralen Empfindlichkeitskanälen 801... 809. Die Empfindlichkeitskanäle sind dabei durch die spektralen Empfindlichkeitsverteilungen entsprechender Detektorelemente gebildet. Hierzu weisen die Detektorelemente entsprechende Filterschichten auf, die zwischen der Strahlungseintrittsseite und dem aktiven Bereich des jeweiligen Halbleiterkörpers angeordnet sind. Beispielsweise können 9 Detektorelemente analog zur Darstellung in Figur 2A nebeneinander angeordnet sein, wobei zusätzlich zu der in Figur 2A gezeigten Schichtstruktur eine Filterschicht zwischen der Strahlungseintrittsseite und dem jeweiligen aktiven Bereich vorgesehen ist.

Für die Empfindlichkeitsverteilung der Detektorelemente wurden dabei Daten entsprechend der Tabelle in Figur 5B verwendet.

Die aktiven Bereiche basieren jeweils auf dem Materialsystem $\text{In}_y \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{P}$. Die jeweilige Filterschicht basiert entweder auf demselben Materialsystem oder besteht aus GaP.

Die spektralen Empfindlichkeitsverteilungen der Detektorelemente weisen jeweils ein Maximum bei einer Wellenlänge λ_{max} im sichtbaren Spektralbereich auf.

Weiterhin sind die einzelnen Empfindlichkeitskanäle schmalbandig ausgeführt und weisen insbesondere zumindest teilweise spektrale Breiten von 60 nm oder weniger, bevorzugt von 40 nm oder weniger, besonders bevorzugt von 30 nm oder weniger oder sogar von 20 nm oder weniger auf.

Diese Vielzahl von Empfindlichkeitskanälen erleichtert, aufgrund der feineren Aufteilung von Kanälen über den sichtbaren Spektralbereichs, zum einen das genaue Nachbilden einer vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung und zum anderen auch die Detektion spezieller Spektrallinien, zum Beispiel zur Echtheitsprüfung von Scheckkarten oder Geldscheinen.

Für die Detektion spezieller Spektrallinien werden die nicht zur Detektion dieser Spektrallinie benötigten Empfindlichkeitskanäle zweckmäßigerweise unterdrückt.

Weiterhin ist in Figur 5A die spektrale Empfindlichkeitsverteilung 702 des dunkel adaptierten menschlichen Auges dargestellt. Eine mit den Verstärkungsfaktoren für die einzelnen Empfindlichkeitskanäle aus der Tabelle in Figur 5B aufsummierte Empfindlichkeitsverteilung 703 verläuft sehr genau gemäß derjenigen des dunkeladaptierten menschlichen Auges 702.

Die dargestellten Kanäle 801 ... 809 sind auch zur Farbdetektion geeignet, wobei eine Farbinformation bevorzugt aus einer Mehrzahl von Kanalsignalen erhalten wird.

Bevorzugt erfolgt die Einstellung des Betriebszustandes des Strahlungsdetektors - als Farbsensor, als Umgebungslichtsensor für das hell adaptierte Auge, als Umgebungslichtsensor für das dunkel adaptierte Auge oder gegebenenfalls als Spektralliniensensor - programmgesteuert, z.B. über einen programmierbaren Mikrokontroller. Der Mikrokontroller ist zweckmäßigerweise mit den Regelungsanschlüssen 94, 95, 96 der Regelungsvorrichtung 9 elektrisch leitend verbunden.

Figur 6 zeigt eine Teilansicht des Strahlungsdetektors 1 gemäß Figur 1, in der zusätzlich zu dem Strahlungsdetektor gemäß Figur 1 ein derartiger Mikrokontroller 12 mit den Regelungsanschlüssen 94, 95, 96 der Regelungsvorrichtung 9 elektrisch leitend verbunden ist. Die weiteren Elemente des Strahlungsdetektors, die in Figur 1 dargestellt sind, sind in Figur 6 der Übersichtlichkeit wegen nicht explizit dargestellt, können aber selbstverständlich vorgesehen sein. Die Regelungsanschlüsse sind mittels des Mikrokontrollers zweckmäßigerweise unabhängig voneinander steuerbar. Beispielsweise sind die Regelungsanschlüsse 94, 95 und 96 jeweils mit einem gesonderten elektrischen Kontakt 124, 125 beziehungsweise 126 des Mikrokontrollers 12 elektrisch leitend verbunden.

Der Mikrokontroller 12 ist vorzugsweise derart programmiert, dass er die Regelungsanschlüsse gemäß fest vorgegebenen Betriebszuständen des Strahlungsdetektors - z. B. als Farbsensor, als Umgebungslichtsensor für das hell adaptierte Auge, als Umgebungslichtsensor für das dunkel adaptierte Auge oder als Spektralliniensensor - ansteuert. Ein Benutzer kann dann über entsprechendes Ansprechen des Mikrokontrollers frei zwischen den vorgegebenen Betriebszuständen umschalten. Eine benutzerseitig aufwändige Ermittlung der für den jeweiligen Betriebszustand geeignetsten Einstellung der Regelungsanschlüsse relativ zueinander kann so vermieden werden. Diese Einstellungen können vielmehr bereits werksseitig durch entsprechende Programmierung des Mikrokontrollers durchgeführt werden.

Alternativ oder ergänzend kann der Mikrokontroller den Betriebszustand zeitlich steuern, z.B. hinsichtlich der Tageszeit. Beispielsweise kann der Mikrokontroller derart

programmiert sein, dass er ab einer bestimmten Tageszeit, vorzugsweise nach Einsetzen der Dämmerung, beim Betrieb des Strahlungsdetektor als Umgebungslichtsensor nur noch die Detektion gemäß dem dunkel adaptierten menschlichen Auge zulässt. Bevorzugt ist der Mikrokontroller vom Benutzer programmierbar, so dass ein Umschalten zwischen Betriebszuständen, insbesondere ein zeitgesteuertes Umschalten, des Strahlungsdetektors benutzerseitig voreingestellt werden kann.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Prioritäten der deutschen Patentanmeldungen 10 2006 056 579.7 vom 30. November 2006 und 10 2007 012 115.8 vom 13. März 2007, deren gesamter Offenbarungsgehalt hiermit explizit durch Rückbezug in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Strahlungsdetektor (1) mit einer Detektoranordnung (2), die eine Mehrzahl von Detektorelementen (4, 5, 6) aufweist, mittels derer im Betrieb des Strahlungsdetektors ein Detektorsignal (DS) erhalten wird, und einer Regelungsvorrichtung (3), wobei
 - die Detektorelemente jeweils eine spektrale Empfindlichkeitsverteilung (400, 500, 600) aufweisen und zur Signalerzeugung (S_4 , S_5 , S_6) geeignet sind,
 - zumindest ein Detektorelement ein Verbindungshalbleitermaterial enthält und dieses Detektorelement zur Detektion von Strahlung im sichtbaren Spektralbereich ausgebildet ist,
 - der Strahlungsdetektor derart ausgebildet ist, dass mittels der Empfindlichkeitsverteilungen der Detektorelemente verschiedene spektrale Empfindlichkeitskanäle (420, 520, 620) des Strahlungsdetektors gebildet sind,
 - in den Empfindlichkeitskanälen mittels der Detektorelemente ein dem jeweiligen Empfindlichkeitskanal zugeordnetes Kanalsignal (K_4 , K_5 , K_6) erzeugt werden kann, und
 - die Regelungsvorrichtung derart ausgebildet ist, dass die Beiträge verschiedener Kanalsignale zum Detektorsignal des Strahlungsdetektors unterschiedlich geregelt sind.
2. Strahlungsdetektor nach Anspruch 1, bei dem die Regelungsvorrichtung Beiträge von Kanalsignalen zum Detektorsignal relativ zueinander verschieden gewichtet.
3. Strahlungsdetektor nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Detektorsignal des Strahlungsdetektors mittels Überlagerung von Kanalsignalen gebildet ist.

4. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Regelungsvorrichtung eine Mehrzahl von Eingängen (E_4 , E_5 , E_6) aufweist, über die in den Detektorelementen erzeugte Signale der Regelungsvorrichtung zugeführt werden, und verschiedenen Eingängen verschiedene Detektorelemente zugeordnet sind.

5. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Regelungsvorrichtung eine Mehrzahl von Regelungsanschlüssen (94, 95, 96) aufweist, mittels derer Beiträge von Kanalsignalen zum Detektorsignal regelbar sind.

6. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein einzelnes Kanalsignal mittels zweier, in verschiedenen Detektorelementen erzeugter Signale erhalten ist.

7. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Kanalsignal unter Bildung der Differenz (10) der in zwei verschiedenen Detektorelementen erzeugten Signale erhalten ist.

8. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem Empfindlichkeitskanäle spektral überlappen.

9. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Empfindlichkeitskanäle derart überlappen, dass

der sichtbare Spektralbereich überdeckt ist.

10. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Regelungsvorrichtung derart ausgebildet ist, dass der Strahlungsdetektor als Umgebungslichtsensor mit einer spektralen Verteilung der Detektorempfindlichkeit gemäß derjenigen des menschlichen Auges (700, 702) betreibbar ist.

11. Strahlungsdetektor nach Anspruch 10, bei dem die spektrale Verteilung der Detektorempfindlichkeit mittels der Regelungsvorrichtung zwischen der des helladaptierten menschlichen Auges (700) und des dunkeladaptierten menschlichen Auges (702) schaltbar ist.

12. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, der als Farbsensor, insbesondere zur Detektion von drei Grundfarben, z.B. Rot, Grün und Blau, betreibbar ist.

13. Strahlungsdetektor nach Anspruch 12 und Anspruch 10 oder einem auf den Anspruch 10 rückbezogenen Anspruch, der mittels der Regelungsvorrichtung sowohl als Umgebungslichtsensor als auch als Farbsensor betreibbar ist.

14. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, die Detektoranordnung einen, insbesondere epitaktisch gewachsenen, Halbleiterkörper (200, 401, 501, 601) aufweist, der zumindest eines der Detektorelemente enthält.

15. Strahlungsdetektor nach Anspruch 14, bei dem das Detektorelement einen der Signalerzeugung

dienenden aktiven Bereich (403, 503, 603) aufweist, der das Verbindungshalbleitermaterial enthält.

16. Strahlungsdetektor nach Anspruch 14 oder 15, bei dem eine Mehrzahl von Detektorelementen monolithisch in einen gemeinsamen Halbleiterkörper (200) integriert ist.

17. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, der eine Mehrzahl separater, nebeneinander angeordneter Detektorelemente aufweist.

18. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Mehrzahl von Detektorelementen das Verbindungshalbleitermaterial enthält.

19. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Mehrzahl von Detektorelementen zur Detektion von Strahlung im sichtbaren Spektralbereich ausgebildet ist.

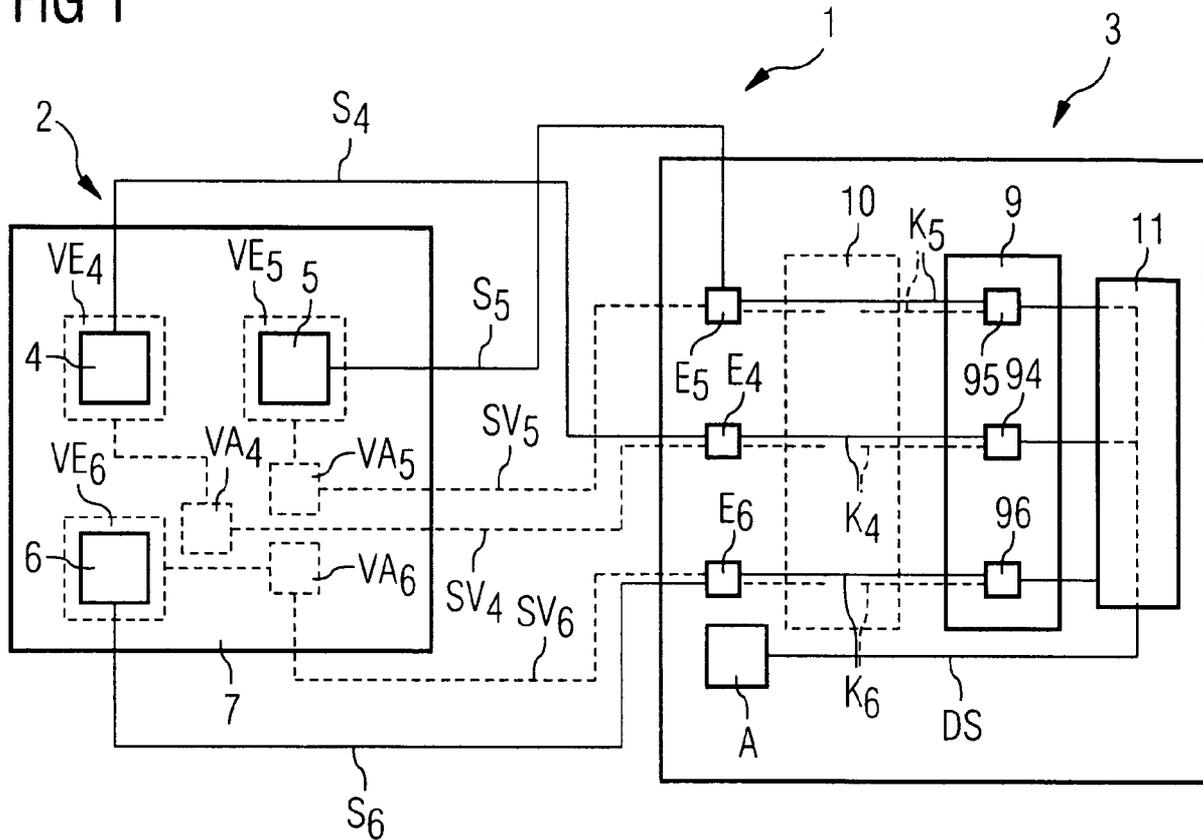
20. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, der drei oder mehr, bevorzugt vier oder mehr, besonders bevorzugt fünf oder mehr Empfindlichkeitskanäle aufweist.

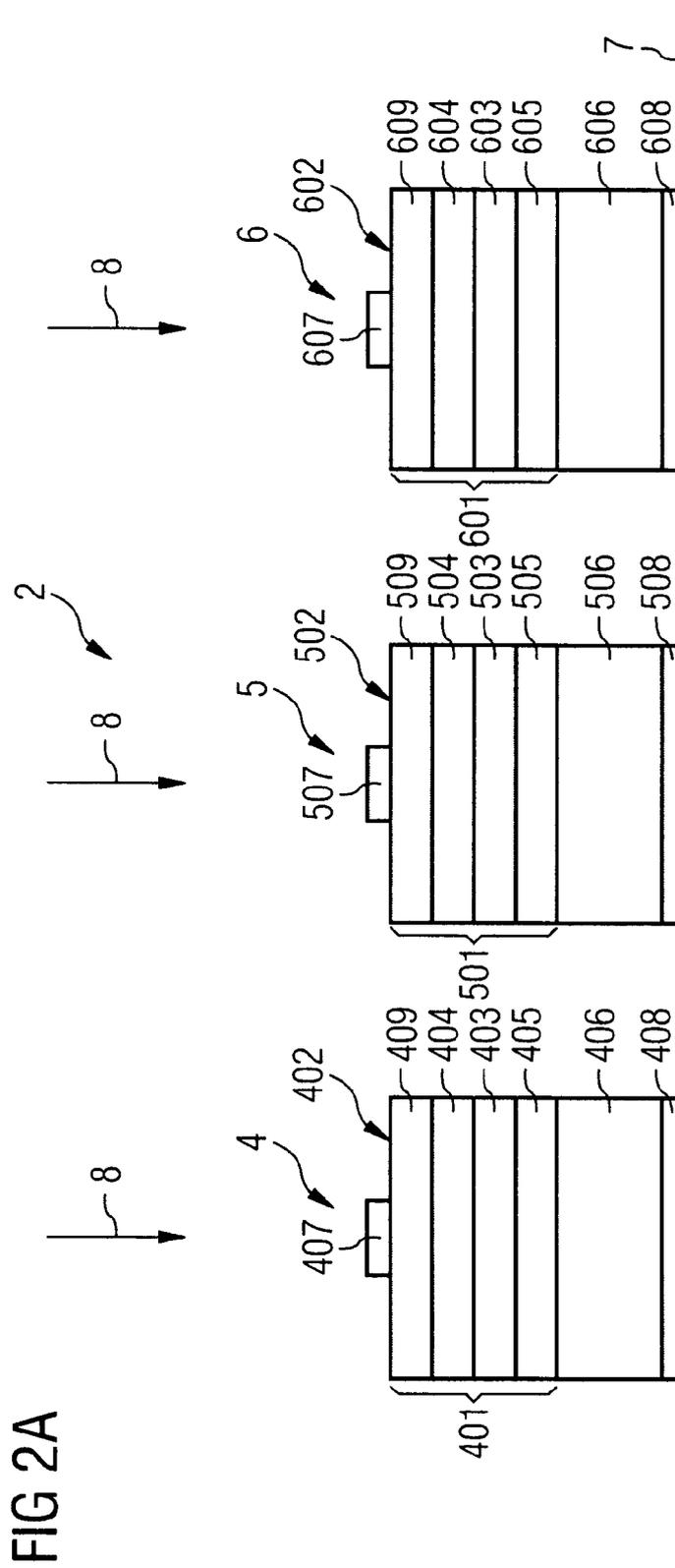
21. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, der einen oder eine Mehrzahl von schmalbandigen Empfindlichkeitskanälen (801... 809) aufweist.

22. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Verbindungshalbleitermaterial ein III-V-Halbleitermaterial, bevorzugt ein Verbindungshalbleitermaterial aus dem Materialsystem (In,Al,Ga)P, ist.

23. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Regelungsvorrichtung als integrierter Schaltkreis ausgeführt ist.

FIG 1





3/13

FIG 2B

	Material	D [nm] ≈	E _G [eV] ≈	λ _G [nm] ≈	Leitungstyp
Kontaktschicht 409, 509, 609	GaP	100	2,73	454	p
Aktiver Bereich 603	In _{0,5} (Ga _{0,8} Al _{0,2}) _{0,5} P	600	2,02	614	intrinsisch
Aktiver Bereich 503	In _{0,5} (Ga _{0,5} Al _{0,5}) _{0,5} P	750	2,22	559	intrinsisch
Aktiver Bereich 403	In _{0,5} (Ga _{0,2} Al _{0,8}) _{0,5} P	600	2,40	517	intrinsisch
Barriereschicht 404, 504, 604	In _{0,5} Al _{0,5} P	300	2,52	492	p
Barriereschicht 405, 505, 605	In _{0,5} Al _{0,5} P	300	2,52	492	n

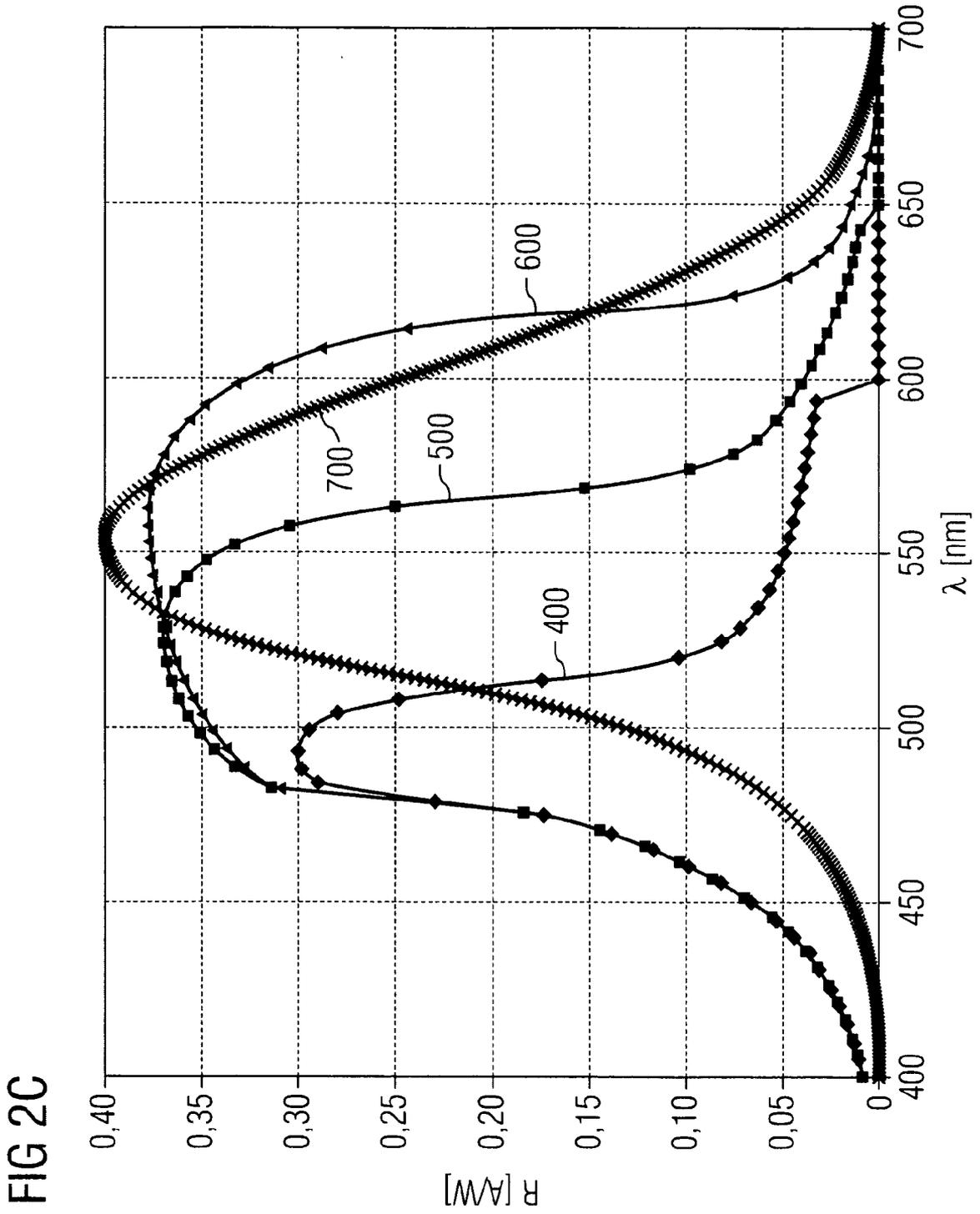


FIG 2D

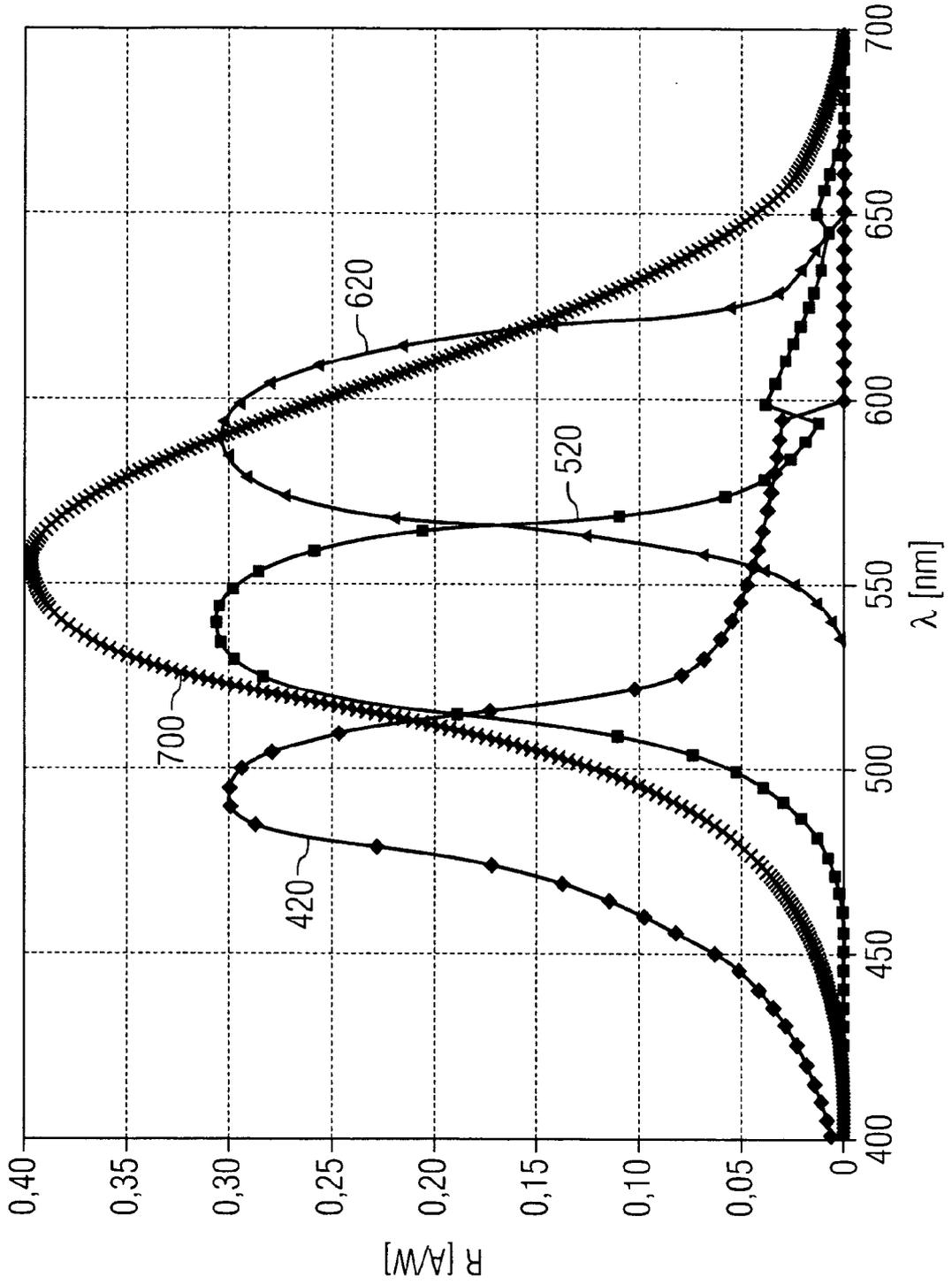
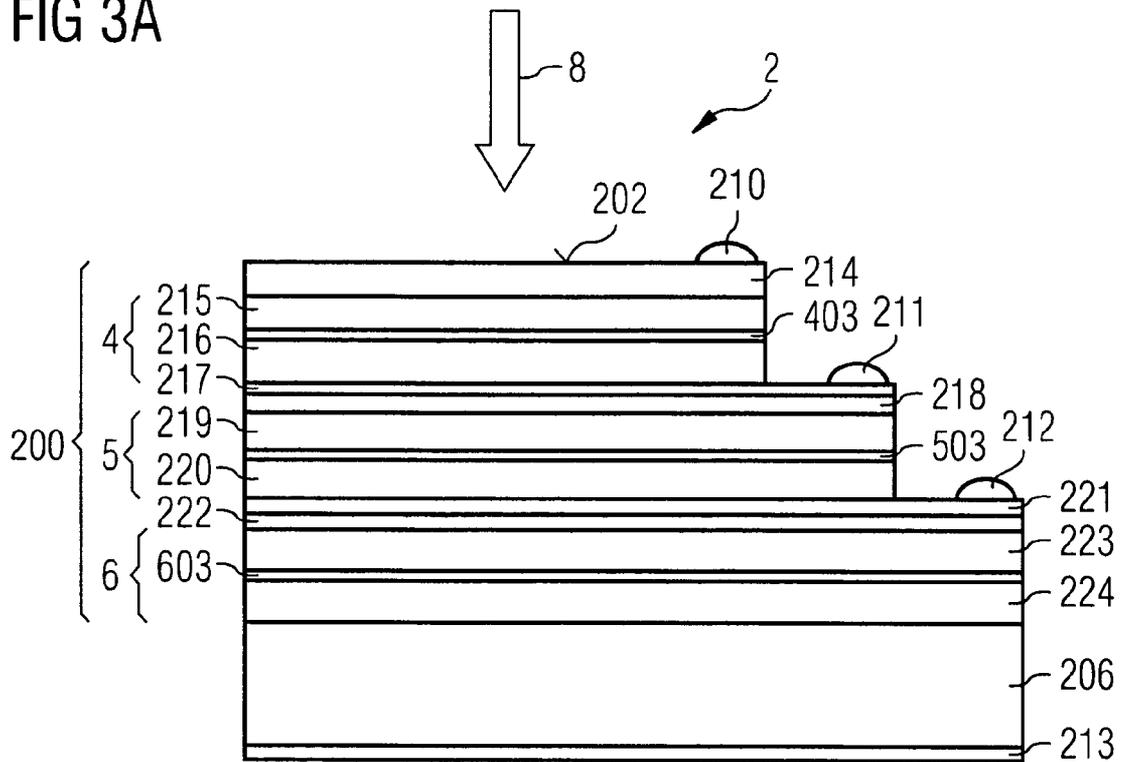


FIG 3A



7/13

FIG 3B

Schicht	Material	D [nm] ≈	E_G [eV] ≈	λ_G [nm] ≈	Leitungstyp
224	$\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{P}$	500	2,52	492	n-leitend
603	$\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{0,8}\text{Al}_{0,2})_{0,5}\text{P}$	1000	2,02	614	intrinsisch
223	$\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{P}$	300	2,52	492	p-leitend
222	$\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{0,6}\text{Al}_{0,4})_{0,5}\text{P}$	200	2,15	577	p-leitend
221	$\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$	200	2,00	620	p-leitend
220	$\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{P}$	300	2,52	492	p-leitend
503	$\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{0,5}\text{Al}_{0,5})_{0,5}\text{P}$	1400	2,22	559	intrinsisch
219	$\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{P}$	300	2,52	492	n-leitend
218	$\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{0,35}\text{Al}_{0,65})_{0,5}\text{P}$	150	2,31	538	n-leitend
217	$\text{Al}_{0,7}\text{Ga}_{0,3}\text{As}$	50	2,05	605	n-leitend
216	$\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{P}$	300	2,52	492	n-leitend
403	$\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{0,2}\text{Al}_{0,8})_{0,5}\text{P}$	600	2,40	517	intrinsisch
215	$\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{P}$	300	2,52	492	p-leitend
214	GaP	100	2,73	454	p-leitend

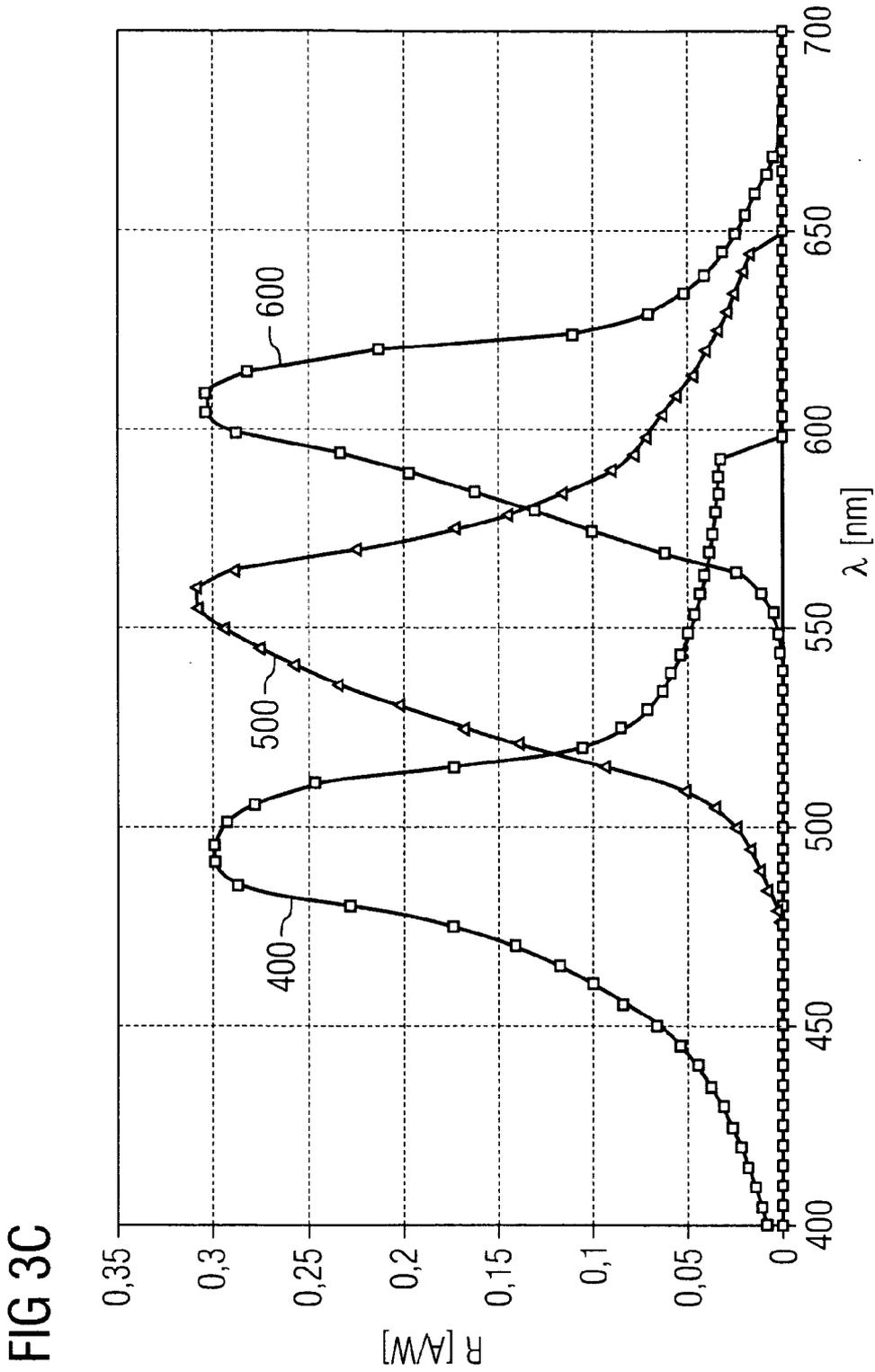


FIG 4A

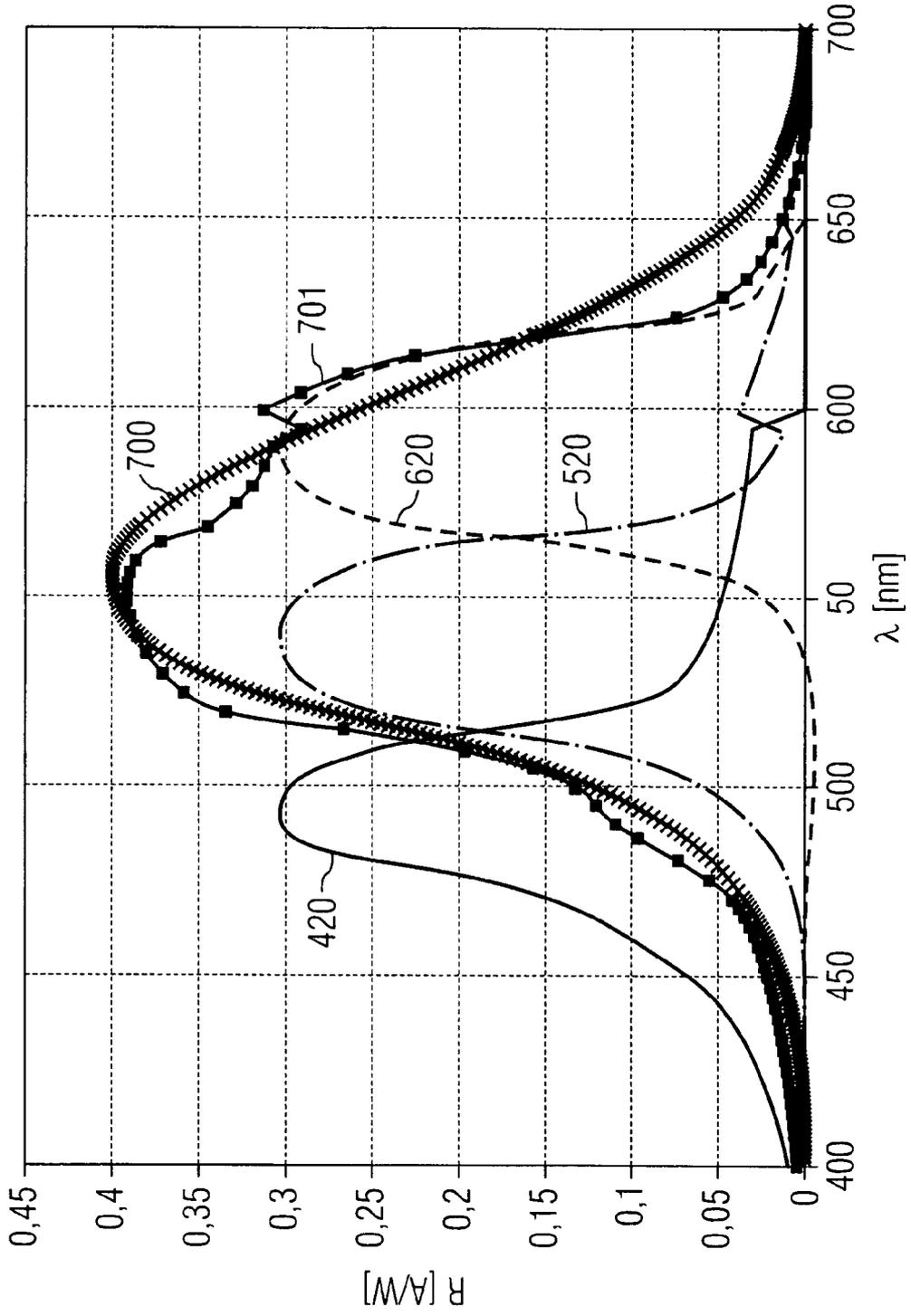


FIG 4B

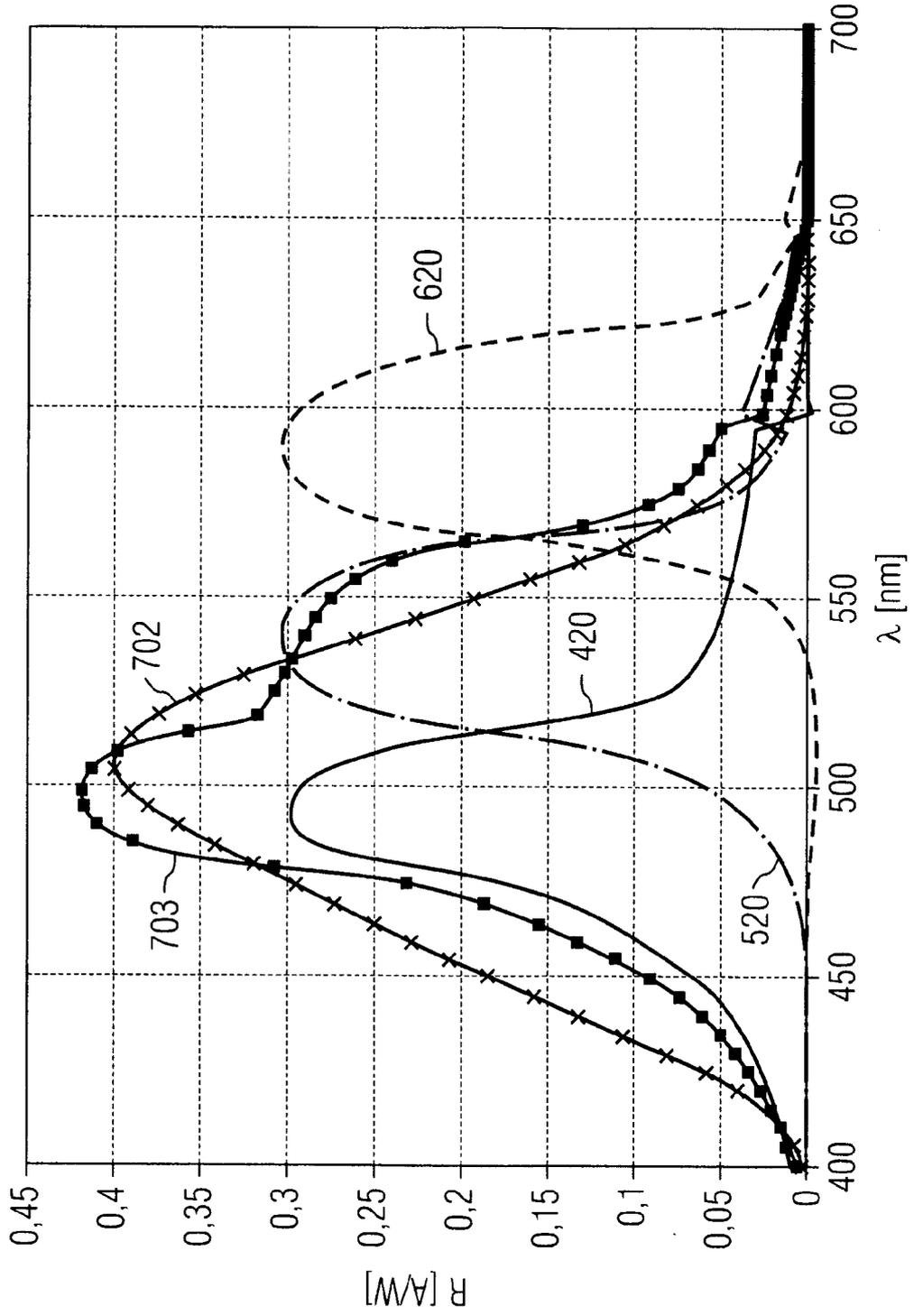


FIG 5A

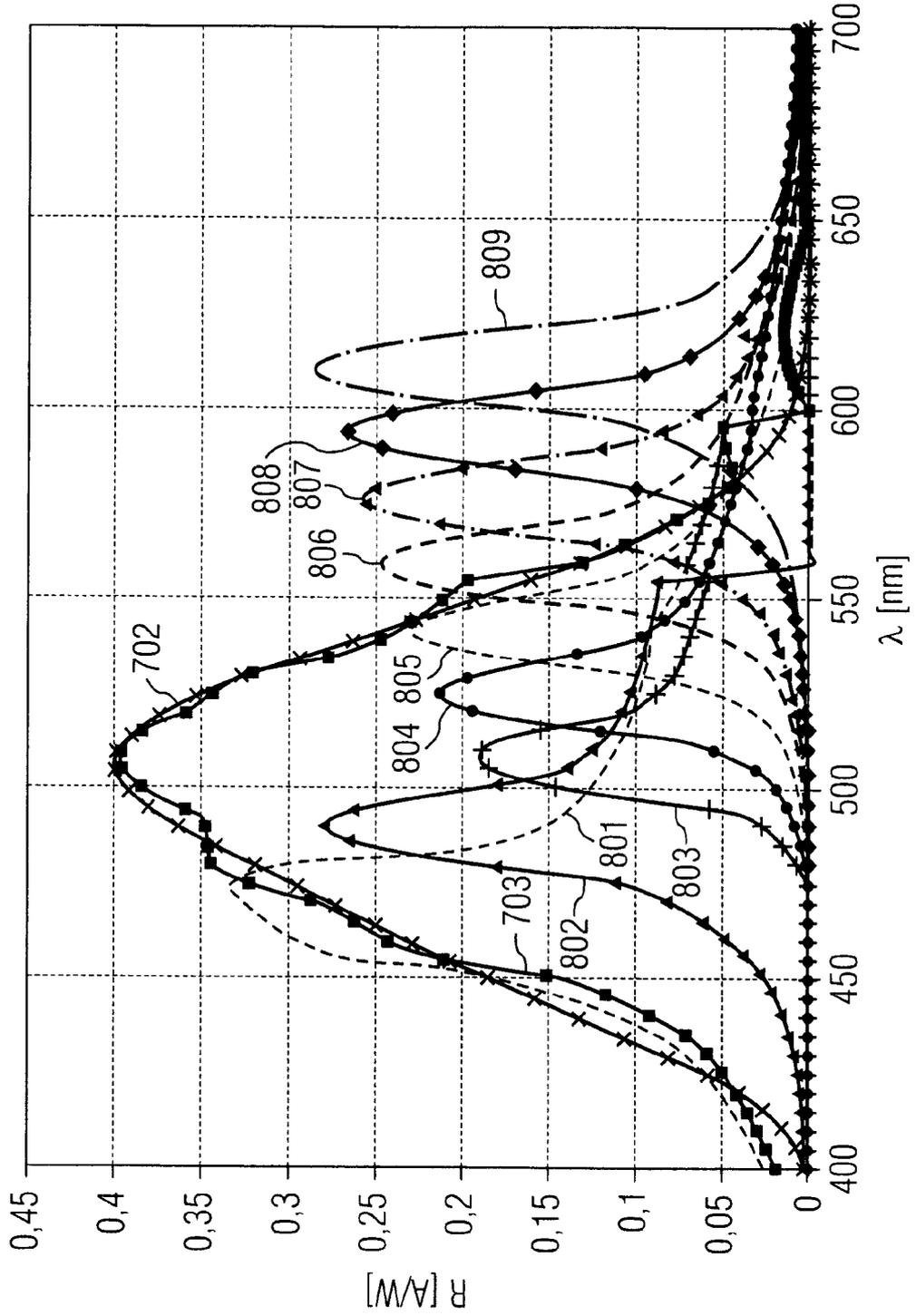
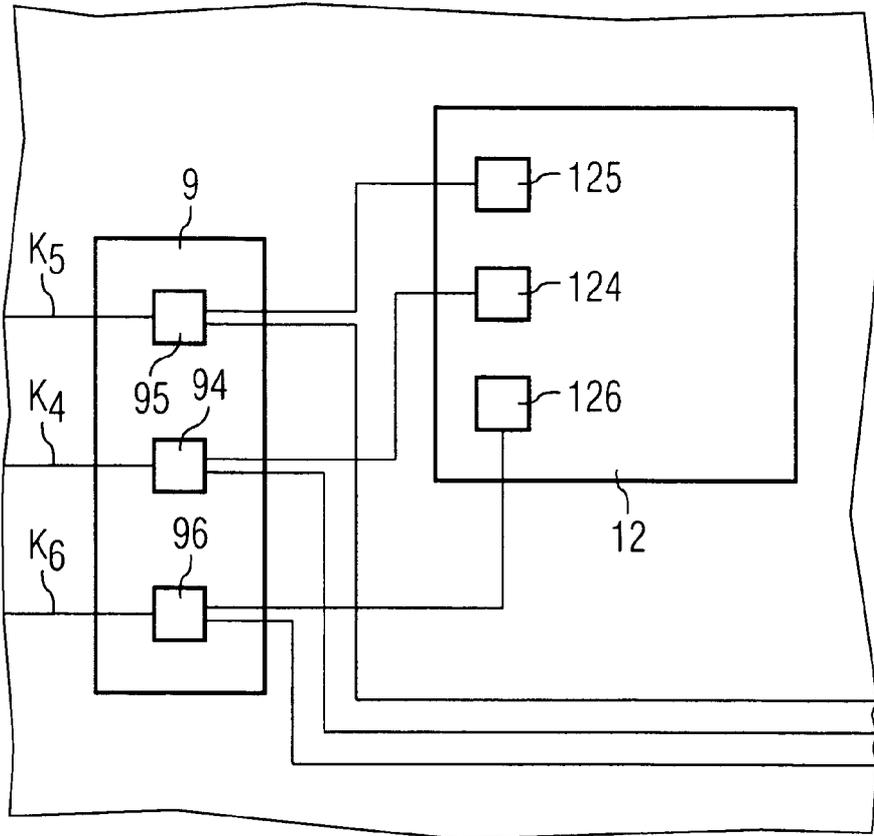


FIG 5B

Verteilung	Aktiver Bereich (In _{0,5} (Al _x Ga _{1-x}) _{0,5} P)		Filterschicht (GaP oder (In _{0,5} (Al _x Ga _{1-x}) _{0,5} P)		λ_{max} [nm]	Verstärkungsfaktor der jeweiligen Verteilung für die Summenbildung zu der Verteilung 703
	Al-Gehalt x	Dicke [nm]	Material	Dicke [nm]		
801	1,0	1000	GaP	1000	475	0,7
802	0,9	1000	x=1,0	1000	490	0,75
803	0,8	1000	x=0,9	1000	510	1,05
804	0,7	1000	x=0,8	1000	525	0,5
805	0,6	1000	x=0,7	1000	545	0
806	0,5	1000	x=0,6	1000	560	0
807	0,4	1000	x=0,5	1000	575	-0,25
808	0,3	1000	x=0,4	1000	595	-0,12
809	0,2	1000	x=0,3	1000	610	0

FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/063007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01J1/42 G01J3/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01J

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 practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 521 069 A (MAZET GMBH [DE]) 6 April 2005 (2005-04-06) paragraphs [0007] - [0011], [0022]; figures 1,4	1,2,4,5, 8,9
Y	EP 1 643 565 A (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 5 April 2006 (2006-04-05) paragraphs [0059] - [0061], [0074] - [0077]; figures 1,2,4	1-23
Y	DE 101 01 457 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE]) 18 July 2002 (2002-07-18) paragraphs [0006] - [0010], [0017] - [0021]; figures 2a,2b,4	1-23
Y	DE 29 20 773 A1 (SIEMENS AG) 4 December 1980 (1980-12-04) page 3, line 20 - page 5, line 12	1-23
	-/--	

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 document 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

Date of mailing of the international search report

4 März 2008

12/03/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hambach, Dirk

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/063007

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/222359 A1 (NIXON ROBERT H [US] ET AL) 11 November 2004 (2004-11-11) paragraphs [0131] - [0133] -----	10,11
A	US 5 818 977 A (TANSLEY BRIAN [CA]) 6 October 1998 (1998-10-06) column 1, lines 10-18 column 7, lines 5-30 -----	10,11
A	JP 04 280678 A (NIPPON ELECTRIC CO) 6 October 1992 (1992-10-06) abstract; figure 1 -----	17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2007/063007

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1521069	A	06-04-2005	US 2005072908 A1	07-04-2005
EP 1643565	A	05-04-2006	DE 102005001280 A1 JP 2006108675 A US 2007241260 A1	13-04-2006 20-04-2006 18-10-2007
DE 10101457	A1	18-07-2002	NONE	
DE 2920773	A1	04-12-1980	NONE	
US 2004222359	A1	11-11-2004	NONE	
US 5818977	A	06-10-1998	CA 2171574 A1	13-09-1997
JP 4280678	A	06-10-1992	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01J1/42 G01J3/36

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01J

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 521 069 A (MAZET GMBH [DE]) 6. April 2005 (2005-04-06) Absätze [0007] - [0011], [0022]; Abbildungen 1,4	1,2,4,5, 8,9
Y	EP 1 643 565 A (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 5. April 2006 (2006-04-05) Absätze [0059] - [0061], [0074] - [0077]; Abbildungen 1,2,4	1-23
Y	DE 101 01 457 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE]) 18. Juli 2002 (2002-07-18) Absätze [0006] - [0010], [0017] - [0021]; Abbildungen 2a,2b,4	1-23
Y	DE 29 20 773 A1 (SIEMENS AG) 4. Dezember 1980 (1980-12-04) Seite 3, Zeile 20 - Seite 5, Zeile 12	1-23
	-/--	

 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 älteres Dokument, 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 anderen 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

4. März 2008

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/03/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hambach, Dirk

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2004/222359 A1 (NIXON ROBERT H. [US] ET AL) 11. November 2004 (2004-11-11) Absätze [0131] - [0133] -----	10, 11
A	US 5.818.977 A (TANSLEY BRIAN [CA]) 6. Oktober 1998 (1998-10-06) Spalte 1, Zeilen 10-18 Spalte 7, Zeilen 5-30 -----	10, 11
A	JP 04 280678 A (NIPPON ELECTRIC CO) 6. Oktober 1992 (1992-10-06) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	17

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/063007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1521069	A	06-04-2005	US 2005072908 A1	07-04-2005
EP 1643565	A	05-04-2006	DE 102005001280 A1	13-04-2006
			JP 2006108675 A	20-04-2006
			US 2007241260 A1	18-10-2007
DE 10101457	A1	18-07-2002	KEINE	
DE 2920773	A1	04-12-1980	KEINE	
US 2004222359	A1	11-11-2004	KEINE	
US 5818977	A	06-10-1998	CA 2171574 A1	13-09-1997
JP 4280678	A	06-10-1992	KEINE	