

(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  
13. Dezember 2012 (13.12.2012)



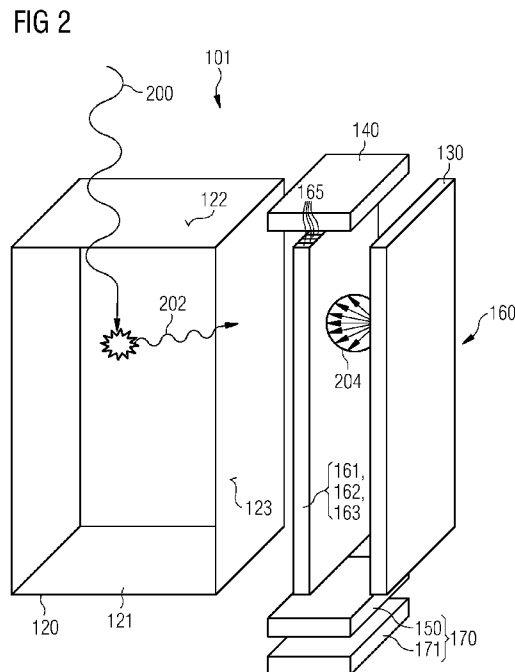
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/168058 A2**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert  
Erlangen (DE). **SPAHN, Martin** [DE/DE]; Spardorfer Straße 39a, 91054 Erlangen (DE). **WIRTH, Stefan** [DE/DE]; Beim Drudenbaum 18, 91056 Erlangen (DE).
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/059389
- (22) **Internationales Anmeldedatum:** 21. Mai 2012 (21.05.2012) (74) **Gemeinsamer Vertreter:** **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, 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.
- (30) **Angaben zur Priorität:** 10 2011 077 056.9 7. Juni 2011 (07.06.2011) DE
- (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **HEDLER, Harry** [DE/DE]; Jahnstraße 8, 82110 Germering (DE). **HUGHES, Timothy** [GB/DE]; Heiligenlohstr. 5, 91056

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** RADIATION DETECTOR AND IMAGING SYSTEM

(54) **Bezeichnung :** STRAHLUNGSEDETEKTOR UND BILDGEBENDES SYSTEM



(57) **Abstract:** The invention relates to a radiation detector (100; 101; 102; 103; 104; 105; 106), having a scintillator (120) for generating electromagnetic radiation (202) in response to the action of incident radiation (200). The scintillator (120) has two opposing end faces (121; 122) and a lateral wall (123) between the end faces (121; 122). The radiation detector has, in addition, a conversion system (160) located on the lateral wall (123) of the scintillator (120), said system comprising a plurality of channels (165). Each channel (165) has a photocathode section (130; 131; 132) for generating electrons (204) in response to the action of electromagnetic radiation (202) that is generated by the scintillator (120), said electrons being multipliable by impact processes in the channels (165). A detection system (170) for detecting electrons (204) that have been multiplied in the channels (165) of the conversion system (160) is also provided. The invention also relates to an imaging system (110) comprising a radiation detector of this type (100; 101; 102; 103; 104; 105; 106).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/168058 A2



**(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:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

---

Die Erfindung betrifft einen Strahlungsdetektor (100; 101; 2; 103; 104; 105; 106), aufweisend einen Szintillator (120) zum Erzeugen einer elektromagnetischen Strahlung (202) unter Einwirkung einer einfallenden Strahlung (200). Der Szintillator (120) weist zwei sich gegenüberliegende Stirnseiten (121; 22) und eine Seitenwand (123) zwischen den Stirnseiten (121; 122) auf. Der Strahlungsdetektor weist des Weiteren eine an der Seitenwand (123) des Szintillators (120) angeordnete Umwandlungseinrichtung (160) mit einer Mehrzahl an Kanälen (165) auf. Hierbei weist jeder Kanal (165) einen Photokathodenabschnitt (130; 131; 132) zum Erzeugen von Elektronen (204) unter Einwirkung der von dem Szintillator (120) erzeugten elektromagnetischen Strahlung (202) auf, welche durch Stoßprozesse in den Kanälen (165) vervielfachbar sind. Ferner vorgesehen ist eine Erfassungseinrichtung (170) zum Erfassen von in den Kanälen (165) der Umwandlungseinrichtung (160) 20 vervielfachten Elektronen (204). Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein bildgebendes System (110) umfassend einen solchen Strahlungsdetektor (100; 101; 102; 103; 104; 105; 6).

Beschreibung

Strahlungsdetektor und bildgebendes System

5 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Strahlungsdetektor, mit dessen Hilfe eine elektromagnetische Strahlung, insbesondere Röntgen- bzw. Gammastrahlung, erfasst werden kann. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein bildgebendes System, umfassend einen solchen Strahlungsdetektor.

10

Bildgebende Systeme der Medizintechnik spielen heutzutage eine zunehmend bedeutende Rolle. Derartige Systeme werden dazu eingesetzt, zwei- oder dreidimensionale Bilddaten von Organen und Strukturen des menschlichen Körpers zu erzeugen, was zum Beispiel zur Diagnose von Krankheitsursachen, zur Durchführung von Operationen und zur Vorbereitung therapeutischer Maßnahmen herangezogen werden kann. Die Bilddaten können auf der Grundlage von Messsignalen erzeugt werden, welche mit Hilfe eines Strahlungsdetektors gewonnen werden.

20

Dies ist zum Beispiel der Fall bei Röntgen- und Computertomographie-Systemen (CT). Bei derartigen Systemen wird der Körper bzw. ein Körperabschnitt eines zu untersuchenden Patienten mittels Röntgenstrahlung durchstrahlt, welche von einer Strahlungsquelle erzeugt wird. Der nicht absorbierte, transmittierte Strahlungsanteil wird mit einem Detektor erfasst.

Ein weiteres Beispiel ist eine Bilderzeugung mit Hilfe von Radionukliden, wie sie bei Positronen-Emissions-Tomographie-Systemen (PET) und Single-Photon-Emissions-Computer-Tomographie-Systemen (SPECT) zum Einsatz kommt. Hierbei wird dem zu untersuchenden Patienten ein Radiopharmakon injiziert, welches entweder direkt (SPECT) oder indirekt (PET) durch Emission von Positronen Gamma-Quanten erzeugt. Die Gamma-Strahlung wird mit einem entsprechenden Strahlungsdetektor erfasst.

35

Detektoren, welche zum energieaufgelösten Erfassen bzw. „Zählen“ von Strahlungsquanten einsetzbar sind, können nach unterschiedlichen Messprinzipien arbeiten. Eine Strahlungserfassung kann entweder auf direkte Weise, d.h. durch direkte Umwandlung der Strahlungsenergie in elektrische Energie, oder auf indirekte Weise erfolgen. Bei der letztgenannten Variante kommt in der Regel ein sogenannter Szintillator zum Einsatz, welcher unter Einwirkung einer zu detektierenden Strahlung angeregt wird und die Anregungsenergie unter Aussendung einer niederenergetischeren elektromagnetischen Strahlung wieder abgibt. Lediglich die von dem Szintillator ausgesendete Strahlung wird hierbei in elektrische Messsignale umgesetzt. Im medizinischen Bereich verwendete und gemäß diesen Messprinzipien arbeitende, flächig aufgebaute Detektoren (sogenannte „Flachdetektoren“) sind zum Beispiel in M. Spahn, „Flat detectors and their clinical applications“, Eur Radiol (2005), 15: 1934 - 1947, beschrieben.

Das Umsetzen der von einem Szintillator ausgehenden Strahlung in ein elektrisches Signal kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Neben einer Verwendung eines mit einer Photokathode versehenen Photomultipliers in Form einer evakuierten Elektronenröhre besteht ein derzeit gängiges Konzept darin, einen sogenannten Silizium-Photomultiplier („SiPM“) einzusetzen. Hierbei handelt es sich um eine auf einem gemeinsamen Substrat ausgebildete Matrix-Anordnung aus Lawinenphotodioden („avalanche photodiode“, APD), bei welchen durch einfallende Photonen Elektronen erzeugt, und diese lawinenartig vervielfacht werden.

Ein Nachteil von Silizium-Photomultipliern besteht jedoch darin, dass nur ein Teil der für die Bestrahlung zur Verfügung stehenden Gesamtfläche als sensitive bzw. „aktive“ Fläche genutzt werden kann. Ursache hierfür ist, dass zwischen den aktiven bzw. strahlungssensitiven Bereichen auch insensitive Bereiche existieren, in welchen Widerstände und Signalleitungen bzw. Verdrahtungsstrukturen angeordnet sind. Ein Silizium-Photomultiplier weist daher ein relativ geringes Verhält-

nis aus aktiver Fläche zu (bestrahlter) Gesamtfläche auf, welches auch als „Füllfaktor“ bezeichnet wird. Nachteilig ist des Weiteren ein im Betrieb auftretendes Rauschen, sowie eine relativ hohe Dunkelrate bzw. Dunkelzählung („dark count“),  
5 d.h. das auch ohne Bestrahlung eine Signalerzeugung stattfindet.

Ein Detektor mit Szintillator und Silizium-Photomultiplier ist üblicherweise derart ausgebildet, dass der Silizium-  
10 Photomultiplier einer Stirnseite bzw. Rückseite des Szintillators gegenüberliegt. Eine entgegen gesetzte Stirnseite bzw. Vorderseite des Szintillators ist der zu detektierenden Strahlung zugewandt. Hierdurch kann der Silizium-  
Photomultiplier nur denjenigen Anteil der in dem Szintillator umgesetzten Strahlung erfassen, welcher an dessen Rückseite austritt. Ausgehend von dem jeweiligen Anregungs- bzw. Wechselwirkungsort in dem Szintillator wird die Szintillationsstrahlung jedoch nicht nur in Richtung der Rückseite, sondern auch in andere Richtungen abgestrahlt. Darüber hinaus  
15 unterliegt die Strahlung Verlustprozessen wie Reflexion, Absorption und Streuung. Insbesondere bei Szintillatoren mit einem hohen Aspektverhältnis, d.h. einem hohen Verhältnis aus Höhe zu Breite, wie es zum Beispiel der Fall bei einem PET-System sein kann, sind die Verluste daher relativ hoch. Im  
20 Falle eines Aspektverhältnisses größer als 7:1 kann der Anteil der aus einem Szintillator austretenden Strahlung lediglich 40-60% der erzeugten Gesamtstrahlung betragen. Zur Kompensation der Verluste kann zwar eine höhere Intensität der einfallenden Strahlung vorgesehen werden, wodurch ein Patient  
25 jedoch auch einer erhöhten Strahlungsdosis ausgesetzt wird.  
30

Von Nachteil ist des Weiteren, dass sich anhand der an der Rückseite eines Szintillators austretenden Strahlung ein Wechselwirkungsort einer einfallenden Strahlung in dem Szintillator nicht oder nur sehr schwer erfassen lässt. Auch kann  
35 keine Information über die Höhe bzw. Tiefe einer Wechselwirkung in dem Szintillator gewonnen werden. Derartige Nachteile

beschränken daher die Auflösung eines mit einem solchen Detektoraufbau versehenen bildgebenden Systems.

Zur Bildverstärkung und zur Elektronenvervielfachung ist ferner der Einsatz von sogenannten Mikrokanalplatten („micro channel plate“, MCP) bekannt, welche eine Vielzahl an Kanälen aufweisen. Im Betrieb wird eine längs der Kanäle anliegende elektrische Spannung erzeugt, wodurch eintretende Elektronen innerhalb der Kanäle beschleunigt und durch Stöße mit den Kanalwänden vervielfacht werden können. Eine Verwendung einer Mikrokanalplatte in Zusammenhang mit einem Bildverstärker ist beispielsweise in US 2009/0256063 A1 beschrieben.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Lösung für eine verbesserte Strahlungserfassung im medizinischen Bereich anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch einen Strahlungsdetektor gemäß Anspruch 1 und durch ein bildgebendes System gemäß Anspruch 15 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß wird ein Strahlungsdetektor vorgeschlagen, welcher einen Szintillator zum Erzeugen einer elektromagnetischen Strahlung unter Einwirkung einer einfallenden Strahlung aufweist. Der Szintillator weist zwei sich gegenüberliegende Stirnseiten und eine Seitenwand zwischen den Stirnseiten auf. Der Strahlungsdetektor weist des Weiteren eine an der Seitenwand des Szintillators angeordnete Umwandlungseinrichtung mit einer Mehrzahl an Kanälen auf. Hierbei weist jeder Kanal einen Photokathodenabschnitt zum Erzeugen von Elektronen unter Einwirkung der von dem Szintillator erzeugten elektromagnetischen Strahlung auf, welche durch Stoßprozesse in den Kanälen vervielfachbar sind. Ferner vorgesehen ist eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen von in den Kanälen der Umwandlungseinrichtung vervielfachten Elektronen.

Im Betrieb des Strahlungsdetektors kann der Szintillator mit einer der Stirnseiten der zu detektierenden Strahlung (insbesondere Röntgen- bzw. Gammastrahlung) zugewandt sein. Die durch die einfallende Strahlung in dem Szintillator erzeugte und zu dessen Seitenwand kommende elektromagnetische Strahlung (beispielsweise sichtbares oder ultraviolettes Licht) kann unmittelbar von der an dieser Stelle angeordneten Umwandlungseinrichtung, welche als Kombination aus einer Mikrokanalplatte und einer Photokathode aufgefasst werden kann, in Elektronen umgesetzt werden. Hierbei wird die von dem Szintillator ausgesendete Strahlung zunächst von den Photokathodenabschnitten der Kanäle aufgenommen bzw. absorbiert, wodurch Elektronen freigesetzt werden, welche weiter in den Kanälen („Elektronenpfad“) vervielfacht werden können. Die Umwandlungseinrichtung kann die Szintillationsstrahlung somit auf schnelle und direkte Weise in eine Vielzahl an Elektronen umwandeln, welche mit der Erfassungseinrichtung erfasst werden können. Durch die Anordnung der Umwandlungseinrichtung an der Seitenwand des Szintillators ist die Möglichkeit gegeben, einen großen Teil der in dem Szintillator umgesetzten Strahlung zur Erzeugung von Elektronen zu nutzen. Dies gilt insbesondere bei einer möglichen Ausgestaltung des Szintillators mit einem hohen Aspektverhältnis, wodurch auch die Seitenwand im Vergleich zu den Stirnseiten einen relativ großen Flächeninhalt besitzen kann. Aufgrund dieser Eigenschaften kann sich der Strahlungsdetektor durch eine hohe Zeitauflösung und einen hohen Wirkungsgrad auszeichnen.

Von Vorteil ist des Weiteren, dass der Strahlungsdetektor gegenüber einem herkömmlichen Detektor mit Silizium-Photomultiplier ein (wesentlich) geringeres Rauschen sowie eine geringere Dunkelrate aufweisen kann. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ohne Strahlung des Szintillators keine Elektronen von den Photokathodenabschnitten erzeugt werden, und infolgedessen (im Wesentlichen) keine Elektronenvervielfachung in den Kanälen der Umwandlungseinrichtung stattfindet. Auch können die Kanäle der Umwandlungseinrichtung mit einem kleinen Abstand zueinander bzw. nebeneinander an der

Seitenwand des Szintillators angeordnet sein, wodurch ein hoher Füllfaktor (Verhältnis aus aktiver Fläche zu bestrahlter Gesamtfläche) vorliegen kann, welcher (wesentlich) höher sein kann als bei einem herkömmlichen Silizium-Photomultiplier.

5 Dies begünstigt ebenfalls einen hohen Wirkungsgrad des Strahlungsdetektors.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Erfassungseinrichtung eine an einem Ende der Kanäle angeordnete Elektrode zum Auffangen von Elektronen auf. An einem entgegen gesetzten Ende der Kanäle ist des Weiteren eine Gegenelektrode angeordnet, um eine Bewegung von Elektronen zu der Elektrode der Erfassungseinrichtung hervorzurufen. Hierdurch können die mit den Photokathodenabschnitten erzeugten Elektronen auf zuverlässige Weise in Richtung der Elektrode bewegt bzw. beschleunigt werden. Auch können die Elektronen bei der Bewegung an die Kanalwände anstoßen, wodurch eine Vielzahl (weiterer) Elektronen freisetzbar sind.

20 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Seitenwand des Szintillators flächig ausgebildet. Des Weiteren ist die Umwandlungseinrichtung in Form einer plattenförmigen Struktur an der Seitenwand des Szintillators ausgebildet. Hierdurch ist die Möglichkeit einer platzsparenden Ausgestaltung der Umwandlungseinrichtung gegeben, welche sich darüber hinaus auf relativ einfache Weise verwirklichen lässt. Insbesondere kann die Umwandlungseinrichtung (bzw. ein Teil derselben) aus einem strukturierten Substrat hervorgehen, welches an der flächigen Seitenwand des Szintillators angeordnet bzw. mit dieser verbunden werden kann.

In einer hierzu alternativen, bevorzugten Ausführungsform weist die Seitenwand des Szintillators Vertiefungen auf, durch welche die Kanäle der Umwandlungseinrichtung gebildet sind. Eine solche Ausgestaltung kann sich ebenfalls durch einen platzsparenden und einfachen Aufbau auszeichnen. Die in Form von Vertiefungen ausgebildeten Kanäle können auf geeignete Art und Weise an der Seitenwand des Szintillators ver-

geschlossen sein, beispielsweise mit Hilfe eines an der Seitenwand angeordneten Substrats bzw. Trägerelements.

5 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, welche sich auf einfache und kostengünstige Weise verwirklichen lässt, sind die Photokathodenabschnitte der Kanäle der Umwandlungseinrichtung in Form einer zusammenhängenden Photokathode ausgebildet. Hierbei ist die Photokathode vorzugsweise auf einem Trägerelement angeordnet.

10

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Seitenwand des Szintillators mit einer für die von dem Szintillator erzeugte elektromagnetische Strahlung durchlässigen Schicht versehen. Durch eine derartige Schicht, welche als Eintrittsfenster für die Kanäle der Umwandlungseinrichtung dienen kann, kann eine Reflexion der von dem Szintillator umgesetzten Strahlung an der Seitenwand minimiert bzw. unterdrückt werden. Auf diese Weise kann ein hoher Wirkungsgrad des Strahlungsdetektors weiter begünstigt werden.

20

Dies trifft ebenfalls auf eine weitere bevorzugte Ausführungsform zu, gemäß derer die Kanäle der Umwandlungseinrichtung eine Wandbeschichtung aufweisen, welche ausgebildet ist, pro Stoßprozess eines Elektrons eine Mehrzahl an Elektronen freizusetzen. Für die Wandbeschichtung wird insbesondere ein Material mit hoher Sekundärelektronenemission verwendet.

25

Die Kanäle der Umwandlungseinrichtung verlaufen vorzugsweise parallel zu einer sich zwischen den Stirnseiten erstreckenden Längsachse des Szintillators. In dieser Ausgestaltung kann die Erfassungseinrichtung im Bereich einer Stirnseite des Szintillators angeordnet werden, wodurch ein relativ kompakter Detektoraufbau möglich ist.

30

35 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Szintillator quaderförmig ausgebildet und weist vier Seitenwände zwischen den Stirnseiten auf. An jeder der vier Seitenwände ist eine Umwandlungseinrichtung mit einer Mehrzahl an Kanälen

angeordnet. Hierdurch kann ein wesentlicher Teil der in dem Szintillator erzeugten elektromagnetischen Strahlung in Elektronen umgesetzt werden, was weiter von Vorteil ist für einen hohen Wirkungsgrad des Strahlungsdetektors.

5

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Erfassungseinrichtung ausgebildet, in Kanälen unterschiedlicher Umwandlungseinrichtungen oder in Kanälen unterschiedlicher Teilabschnitte einer Umwandlungseinrichtung erzeugte bzw. vervielfachte Elektronen getrennt zu erfassen. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, den lateralen Ort einer Wechselwirkung eines mit dem Szintillator wechselwirkenden Strahlungsquants genau zu erfassen. Die Erfassungseinrichtung kann hierbei unterschiedliche Elektrodenbereiche bzw. Segmente zum separaten Auffangen von Elektronen aufweisen.

10  
15

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Strahlungsdetektor ausgebildet, eine Bewegung von Elektronen in Kanälen unterschiedlicher Umwandlungseinrichtungen oder in Kanälen unterschiedlicher Teilabschnitte einer Umwandlungseinrichtung in verschiedene Richtungen hervorzurufen. Dies kann mit entsprechenden Elektrodenanordnungen verwirklicht werden. Hierauf basierend bzw. durch (getrenntes) Erfassen der in unterschiedliche Richtungen beschleunigten Elektronen ist die Möglichkeit gegeben, die Höhe bzw. Tiefe einer Wechselwirkung in dem Szintillator genau zu erfassen.

20  
25

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Strahlungsdetektor zusätzlich dazu ausgebildet ist, einen Teil der in dem Szintillator erzeugten und an einer Stirnseite austretenden elektromagnetischen Strahlung in Elektronen umzusetzen und die Elektronen zu erfassen. Zu diesem Zweck kann der Strahlungsdetektor beispielsweise einen weiteren Photokathodenabschnitt zum Erzeugen von Elektronen unter Einwirkung der von dem Szintillator erzeugten elektromagnetischen Strahlung im Bereich der Stirnseite des Szintillators aufweisen. Die hier emittierten Elektronen können mit Hilfe einer (herkömmlichen) Mikrokanalplatte vervielfacht, und nachfolgend mit

30  
35

der Erfassungseinrichtung erfasst werden. Eine derartige Ausgestaltung kann ebenfalls von Vorteil für einen hohen Wirkungsgrad des Strahlungsdetektors sein.

5 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist der Strahlungsdetektor zwei nebeneinander angeordnete Szintillatoren auf. Hierbei sind in einem Zwischenraum zwischen den Szintillatoren und an gegenüberliegenden Seitenwänden der Szintillatoren angeordnete und den Szintillatoren zugeordnete  
10 Umwandlungseinrichtungen mit einer Mehrzahl an Kanälen vorgesehen. Der Strahlungsdetektor weist darüber hinaus eine den Umwandlungseinrichtungen zugeordnete Erfassungseinrichtung zum Erfassen von Elektronen auf. Bei einem solchen modulartigen Aufbau des Strahlungsdetektors, welcher auch mit mehr als  
15 zwei nebeneinander angeordneten Szintillatoren verwirklicht sein kann, kann ausgenutzt werden, dass sich die Umwandlungseinrichtungen platzsparend ausgestalten lassen, wodurch auch der Zwischenraum zwischen den Szintillatoren möglichst klein gehalten werden kann. Hierdurch lässt sich ein hoher Füllfaktor und damit Wirkungsgrad erzielen.  
20

Erfindungsgemäß wird des Weiteren ein bildgebendes System vorgeschlagen, welches einen Strahlungsdetektor gemäß einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen umfasst, und  
25 bei welchem daher ebenfalls die oben beschriebenen Vorteile zu Tage treten können. Ein solches bildgebendes System kann zum Beispiel ein Röntgen- bzw. Computertomographie-System oder auch ein Positronen-Emissions-Tomographie- oder ein Single-Photon-Emissions-Computer-Tomographie-System sein. Im  
30 Hinblick auf derartige bildgebende Systeme kann vorgesehen sein, dass der oben beschriebene Detektoraufbau bzw. eine der oben beschriebenen Ausführungsformen jeweils ein einzelnes Detektorelement bzw. einen „Pixel“ eines zugehörigen Detektors darstellt, und dass eine Vielzahl derartiger Detektorelemente bzw. „Pixel“ insbesondere flächig und/oder kreis-  
35 bzw. teilkreisförmig nebeneinander angeordnet sind.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines Röntgensystems;
- 10 Figur 2 eine schematische perspektivische Darstellung von Bestandteilen eines Detektorelements, umfassend einen Szintillator und eine an einer Seitenwand des Szintillators angeordnete Umwandlungseinrichtung zum Umsetzen einer Szintillationsstrahlung in  
15 Elektronen;
- Figur 3 eine schematische Aufsichtsdarstellung eines Ausschnitts einer plattenförmigen und an einem Szintillator angeordneten Umwandlungseinrichtung;
- 20 Figur 4 eine schematische perspektivische Darstellung der Umwandlungseinrichtung von Figur 3;
- Figur 5 eine schematische Aufsichtsdarstellung eines Ausschnitts einer weiteren plattenförmigen und an einem Szintillator angeordneten Umwandlungseinrichtung;
- 25 Figur 6 eine schematische perspektivische Darstellung eines Detektorelements mit mehreren Umwandlungseinrichtungen, welches ausgebildet ist, in den unterschiedlichen Umwandlungseinrichtungen erzeugte Elektronen segmentweise zu erfassen;
- 30 Figur 7 eine schematische perspektivische Darstellung eines weiteren Detektorelements mit mehreren Umwandlungseinrichtungen, welches ausgebildet ist, in den un-

terschiedlichen Umwandlungseinrichtungen erzeugte Elektronen in verschiedene Richtungen zu bewegen;

- 5      Figur 8      eine schematische Aufsichtsdarstellung eines Ausschnitts von zwei nebeneinander angeordneten Szintillatoren und den Szintillatoren zugeordneten Umwandlungseinrichtungen, welche in einem Zwischenraum zwischen den Szintillatoren angeordnet sind;
- 10     Figur 9      eine schematische perspektivische Darstellung eines weiteren Detektorelements, welches entsprechend zu Figur 8 aufgebaut ist;
- 15     Figuren 10 bis 13 eine schematische Darstellung einer Herstellung des in Figur 8 gezeigten Aufbaus aus zwei Szintillatoren und den Szintillatoren zugeordneten Umwandlungseinrichtungen;
- 20     Figur 14     eine schematische Aufsichtsdarstellung eines Ausschnitts von zwei nebeneinander angeordneten Szintillatoren und den Szintillatoren zugeordneten Umwandlungseinrichtungen, deren Kanäle in Form von Vertiefungen in den Szintillatoren ausgebildet sind;
- 25     Figur 15     eine schematische perspektivische Darstellung der zwei Szintillatoren von Figur 14;
- 30     Figur 16     eine schematische perspektivische Darstellung eines weiteren Detektorelements, welches entsprechend zu Figur 15 aufgebaut ist; und
- 35     Figur 17     eine schematische seitliche Darstellung eines weiteren Detektorelements, welches ausgebildet ist, zusätzlich einen an einer Stirnseite eines Szintillators austretenden Anteil einer Szintillationsstrahlung in Elektronen umzusetzen.

Anhand der folgenden Figuren werden Ausführungsformen eines Detektors bzw. Detektorelements beschrieben, mit dessen Hilfe eine elektromagnetische Strahlung, insbesondere eine hochenergetische Strahlung wie Röntgen- bzw. Gammastrahlung, erfasst werden kann. Zur Herstellung der beschriebenen Ausführungsformen können aus dem Gebiet der Halbleiter- und Detektortechnik bekannte Verfahrensprozesse durchgeführt werden sowie übliche Materialien zum Einsatz kommen, so dass hierauf nur teilweise eingegangen wird.

10

Das hier beschriebene Detektorkonzept ist für den Einsatz in Zusammenhang mit bildgebenden Systemen der Medizintechnik vorgesehen. Bei derartigen Systemen werden basierend auf Messsignalen, welche mit Hilfe eines entsprechenden Strahlungsdetektors gewonnen werden, zwei- oder dreidimensionale Bilddaten von Organen und Strukturen des menschlichen Körpers erzeugt.

15

Zur beispielhaften Veranschaulichung ist in Figur 1 ein Röntgensystem 110 dargestellt, welches für die diagnostische und interventionelle Bildgebung eingesetzt werden kann. Das Röntgensystem 110 umfasst eine Strahlungsquelle 111 zum Aussenden einer Röntgenstrahlung („Röntgenstrahler“), und einen dazugehörigen, flächig aufgebauten Detektor 100 („Flachdetektor“) zum Erfassen der Strahlung. Strahlungsquelle 111 und Detektor 100 sind zueinander gegenüberliegend an den Enden einer C-förmigen Halteeinrichtung 112 angeordnet. Aufgrund dieser Ausgestaltung wird diese Anordnung auch als „C-Bogen“ oder „C-Arm“ bezeichnet.

20

25

30

Ein zu untersuchender Patient befindet sich auf einem Patientenlagerungstisch 117, und ist dabei zwischen Strahlungsquelle 111 und Detektor 100 angeordnet. Im Betrieb des Röntgensystems 110 wird der Körper bzw. ein Körperabschnitt des Patienten mit der von der Strahlungsquelle 111 erzeugten Röntgenstrahlung durchstrahlt, und wird der nicht absorbierte, transmittierte Strahlungsanteil über den Detektor 100 erfasst.

35

Die Halteeinrichtung 112 ist des Weiteren an einem mit mehreren Achsen bzw. Gelenken versehenen Roboter 113 befestigt, mit dessen Hilfe die Strahlungsquelle 111 und der Detektor 100 in eine gewünschte Position in Bezug auf den Patienten  
5 gebracht werden können. Zur Steuerung des Röntgensystems 110 sowie zum Verarbeiten und/oder Auswerten von Messsignalen des Detektors 100, insbesondere zum Erzeugen der gewünschten Bilddaten, weist das Röntgensystem 110 des Weiteren eine  
10 Steuer- bzw. Auswerteeinrichtung 114 auf. Diese ist mit einer entsprechenden Anzeigeeinrichtung bzw. einem Display verbunden, wie in Figur 1 angedeutet ist.

Neben dem Röntgensystem 110 von Figur 1 kann das nachstehend  
15 beschriebene Detektorkonzept auch im Zusammenhang mit anderen, nicht dargestellten bildgebenden Systemen zum Einsatz kommen. In Betracht kommen beispielsweise Systeme mit einem Ringtunnel („gantry“), wie zum Beispiel ein Computertomographie-System (CT). Ein solches System kann einen kreisring-  
20 oder kreiszylinderförmigen Detektor und eine rotierbare Röntgenquelle umfassen. Weitere Anwendungsbeispiele mit Ringtunnel sind Positronen-Emissions-Tomographie-Systeme (PET) und Single-Photon-Emissions-Computer-Tomographie-Systeme (SPECT).  
Hierbei wird dem zu untersuchenden Patienten ein Radiopharmakon injiziert, welches entweder direkt (SPECT) oder indirekt  
25 (PET) durch Emission von Positronen Gamma-Quanten erzeugt. Diese können ebenfalls mit einem kreisring- oder kreiszylinderförmigen Detektor erfasst werden.

30 Figur 2 zeigt in einer schematischen perspektivischen Darstellung einen prinzipiellen Aufbau eines Detektorelements 101, welches zum Erfassen einer einfallenden hochenergetischen Strahlung eingesetzt werden kann. Die weiter unten anhand der anderen Figuren beschriebenen Ausführungsformen von  
35 Detektorelementen sind basierend auf dem hier gezeigten Detektorprinzip aufgebaut, so dass die im Folgenden beschriebenen Aspekte auch auf diese Ausführungsformen zutreffen können. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass ein Strah-

lungsdetektor eines bildgebenden Systems, zum Beispiel der Detektor 100 des Systems 110 von Figur 1, eine Vielzahl von derartig aufgebauten Detektorelementen umfassen kann, wobei diese in Form von „Pixeln“ matrixartig nebeneinander angeordnet sein können. Hierbei können insbesondere flächige, aber auch kreisring- bzw. teilkreisringförmige Anordnungen vorliegen. Auf der Grundlage der von den einzelnen Pixeln bzw. Detektorelementen eines Detektors erzeugten Messsignale können die jeweils gewünschten Bilddaten erzeugt werden.

10

Wie in Figur 2 dargestellt ist, weist das Detektorelement 101 einen Szintillator 120 auf, welcher dazu dient, die zu detektierende hochenergetische Strahlung in eine niederenergetische(re) Strahlung umzuwandeln. Der Szintillator 120 ist quadr förmig ausgebildet und weist zwei sich gegenüberliegende Stirnseiten 121, 122, sowie vier in einem rechten Winkel aneinander grenzende Seitenwände 123 zwischen den beiden Stirnseiten 121, 122 auf. Die in Figur 2 nach oben gerichtete Stirnseite 122 wird im Folgenden auch als „Vorderseite“, und die nach unten gerichtete Stirnseite 121 als „Rückseite“ des Szintillators 120 bezeichnet. Vorder- und Rückseite 122, 121 sind am Umfang bzw. Rand über die Seitenwände 123 miteinander verbunden.

25

Wie des Weiteren in Figur 2 angedeutet ist, besitzt der Szintillator 120 ein hohes Aspektverhältnis, d.h. ein hohes Verhältnis aus Höhe (Abstand zwischen den Stirnseiten 121, 122) zu Breite (laterale Abmessung bzw. Abstand zwischen zwei sich gegenüberliegenden Seitenwänden 123), welches größer bzw. wesentlich größer als eins ist. Auf diese Weise kann eine hohe Absorption der zu detektierenden hochenergetischen Strahlung, welche in Figur 2 anhand eines Strahlungsquants 200 angedeutet ist, in dem Szintillator 120 erzielt werden. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass die in Figur 2, aber auch in den anderen Figuren dargestellten Komponenten und deren Abmessungen nicht maßstabsgetreu dargestellt sein können. Beispielsweise ist es möglich, dass der Szintillator

35

120 eine größere Höhe bzw. ein größeres Aspektverhältnis aufweist.

Im Betrieb des Detektorelements 101 ist der Szintillator 120 mit der Vorderseite 122 der zu detektierenden Strahlung zugewandt, so dass die Strahlung über die Vorderseite 122 in den Szintillator 120 einfallen bzw. eingekoppelt werden kann. Ein Strahlungsquant 200 (insbesondere Röntgenquant oder Gammaquant) der einfallenden Strahlung kann beim Durchgang durch den Szintillator 120 lokal eine Anregung hervorrufen. Die bei diesem Vorgang deponierte bzw. absorbierte Anregungsenergie gibt der Szintillator 120 in Form von niederenergetischeren Strahlungsquanten bzw. Photonen 202 wieder ab. Die Anzahl der emittierten Photonen 202 kann dabei proportional zur ursprünglichen Energie des mit dem Szintillatormaterial wechselwirkenden Strahlungsquants 200 sein. Auf den hierbei stattfindenden Szintillationsmechanismus wird nicht näher eingegangen. Bei der von dem Szintillator 120 erzeugten Szintillationsstrahlung kann es sich insbesondere um sichtbares oder ultraviolettes Licht handeln.

Neben einer Strahlungsemission in Richtung der Stirnseiten 121, 122 des Szintillators 120 wird ein großer Teil der in dem Szintillator 120 erzeugten Szintillationsstrahlung bzw. Photonen 202 in Richtung der Seitenwände 123 ausgesendet. Dies ist insbesondere der Fall, wenn der Szintillator 120 wie vorliegend ein hohes Aspektverhältnis aufweist, und die Seitenwände 123 folglich im Vergleich zu den Stirnseiten 121, 122 des Szintillators 120 einen relativ großen Flächeninhalt aufweisen. Das Detektorelement 101 ist wie in Figur 2 dargestellt dazu ausgebildet, den zu einer Seitenwand 123 kommenden Anteil der Szintillationsstrahlung zur Strahlungsdetektion zu nutzen. Der hier gezeigte und im Folgenden beschriebene Aufbau kann insbesondere an sämtlichen der vier Seitenwände 123 vorgesehen sein, wodurch sich eine hohe Detektionseffizienz bzw. ein hoher Wirkungsgrad erzielen lässt.

Für das Erfassen der Szintillationsstrahlung weist das Detektorelement 101 eine an der betreffenden Seitenwand 123 angeordnete Umwandlungseinrichtung 160 auf. Mit Hilfe der Umwandlungseinrichtung 160 können in Richtung der Seitenwand 123 abgestrahlte bzw. an der Seitenwand 123 aus dem Szintillator 120 austretende Photonen 202 in Elektronen 204 umgesetzt, und die Elektronen 204 weiter vervielfacht werden. Vorzugsweise weist die Umwandlungseinrichtung 160 im Wesentlichen die gleichen Außenabmessungen wie die Seitenwand 123 auf, so dass die Seitenwand 123 im Wesentlichen vollständig von der Umwandlungseinrichtung 160 „bedeckt“ sein kann.

Die Umwandlungseinrichtung 160 umfasst eine Kanalstruktur 161, 162, 163 mit einer Mehrzahl an mikroskopisch feinen Kanälen 165, welche auch als „Mikrokanal“, „Zelle“ oder „Mikrozelle“ bezeichnet werden können. Für die Umwandlungseinrichtung 160 bzw. deren Kanalstruktur 161, 162, 163 sind unterschiedliche Ausgestaltungen möglich. Beispielsweise kann es sich um eine in Form einer plattenförmigen Struktur ausgebildete Umwandlungseinrichtung 160 handeln, bei welcher die zugehörige Kanalstruktur 161, 162 ein strukturiertes und an der Seitenwand 123 angeordnetes Substrat umfassen kann, wie weiter unten in Zusammenhang mit den Figuren 3 und 5 noch näher beschrieben wird. In einer alternativen Ausgestaltung kann die Umwandlungseinrichtung 160 eine Kanalstruktur 163 umfassen, bei der die Kanäle 165 durch in der Seitenwand 123 des Szintillators 120 ausgebildete Einkerbungen bzw. Vertiefungen 125 gebildet sind, was insbesondere anhand von Figur 14 noch näher beschrieben wird.

Die Kanäle 165, welche abweichend von der beabstandeten Darstellung in Figur 2 in einer Ebene nebeneinander im Bereich der Seitenwand 123 des Szintillators 120 angeordnet sind und sich entlang der Seitenwand 123 bzw. entlang einer durch die Seitenwand 123 vorgegebenen Ebene erstrecken, verlaufen wie in Figur 2 angedeutet vorzugsweise parallel zu einer sich zwischen den Stirnseiten 121, 122 erstreckenden Längsachse des Szintillators 120. Jeder Kanal 165 einer Kanalanordnung

161, 162, 163 ist darüber hinaus mit einem internen Photokathodenabschnitt, in Figur 2 anhand einer zusammenhängenden Photokathode 130 veranschaulicht, versehen, so dass an der Seitenwand 123 austretende Photonen 202 unter Ausnutzung des photoelektrischen Effekts in den Kanälen 165 in Elektronen 204 (Photoelektronen) umgesetzt werden können. Für jedes auf die Photokathode 130 bzw. auf einen Photokathodenabschnitt auftreffende und hier absorbierte Photon 202 kann ein Elektron 204 freigesetzt werden. Die Photokathode 130 befindet sich dabei, abweichend von der beabstandeten Darstellung in Figur 2, im Bereich bzw. innerhalb der Kanäle 165. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass anstelle des Vorsehens der in Figur 2 dargestellten zusammenhängenden Photokathode 130 auch eine Ausgestaltung mit separaten internen Photokathodenabschnitten möglich ist, welche getrennt voneinander an bzw. in jedem Kanal 165 angeordnet sein können.

Die von der Photokathode 130 bzw. den Photokathodenabschnitten emittierten Elektronen 204 können des Weiteren durch Stoßprozesse in den Kanälen 165 der jeweiligen Kanalstruktur 161, 162, 163 vervielfacht, und nachfolgend erfasst werden. Zu diesem Zweck weist das Detektorelement 101 eine Elektrodenanordnung aus einer Elektrode 150 und einer hierzu korrespondierenden Gegenelektrode 140 auf, welche, abweichend von der beabstandeten Darstellung in Figur 2, an entgegen gesetzten Enden der Umwandlungseinrichtung 160 bzw. deren Kanalstruktur 161, 162, 163 angeordnet sind. An die beiden Elektroden 140, 150 wird eine elektrische Spannung (Beschleunigungsspannung) angelegt, wodurch ein entlang der Kanäle 165 anliegendes elektrisches Feld erzeugt wird, mit dessen Hilfe eine Bewegung der Elektronen 204 auf zuverlässige Weise in Richtung der Elektrode 150 hervorgerufen werden kann. Hierbei stellt die Elektrode 140 eine Kathode, und die andere Elektrode 150 eine Anode dar. Für das Anlegen der Spannung, welche insbesondere im Hochspannungsbereich liegen kann, weist das Detektorelement 101 eine geeignete, nicht dargestellte Anschlussstruktur auf.

Die in den Kanälen 165 von der Photokathode 130 bzw. den Photokathodenabschnitten emittierten Elektronen 204 (Primärelektronen) können bei der durch das elektrische Feld hervorgerufenen Bewegung bzw. Beschleunigung in Richtung der Elektrode 150 mehrfach an die (Innen-)Wände der zugehörigen Kanäle 165 stoßen, und bei jedem Stoß weitere Elektronen 204 (Sekundärelektronen) herausschlagen bzw. freisetzen, welche ihrerseits ebenfalls innerhalb der Kanäle 165 beschleunigt und durch Stöße mit den Kanalwänden weitere Elektronen 204 freisetzen können. Dieser Vorgang setzt sich über die Länge der Kanäle 165 fort, und ist daher mit einer lawinen- bzw. kaskadenartigen Zunahme von Elektronen 204 verbunden. Für eine derartige Funktionsweise weisen die Kanäle 165 kleine laterale Abmessungen, beispielsweise im Mikrometerbereich, auf.

Die gemäß diesem Prozess in den Kanälen 165 vervielfachten Elektronen 204 können zu der Elektrode 150 gelangen, welche gleichzeitig als Auffang- bzw. Ausleseelektrode („readout pad“) zum Auffangen bzw. Aufsammeln der (vervielfachten) Elektronen 204 eingesetzt wird. Die Elektrode 150 ist wie in Figur 2 angedeutet Bestandteil einer zum Erfassen von Elektronen 204 vorgesehenen Erfassungseinrichtung 170, welche zusätzlich ein Trägerelement bzw. ein Substrat 171 umfassen kann, auf welchem die Elektrode 150 angeordnet ist. Die Erfassungseinrichtung 170 kann dazu ausgebildet sein, basierend auf den mit der Elektrode 150 aufgefangenen Elektronen 204 ein entsprechendes elektrisches Ausgangssignal (zum Beispiel Spannungsabfall über einen Widerstand) zu erzeugen. Ein solches Ausgangssignal ist abhängig von der Anzahl bzw. Gesamtladung der aufgesammelten Elektronen 204, und damit von der ursprünglich in dem Szintillator 120 deponierten Anregungsenergie.

Die Erfassungseinrichtung 170 ist wie in Figur 2 angedeutet vorzugsweise im Bereich der Rückseite 121 des Szintillators 120 angeordnet, wodurch ein kompakter Detektoraufbau möglich ist. Dabei kann sich das Trägersubstrat 171 abweichend von der Darstellung in Figur 2 auch unterhalb des Szintillators

120 erstrecken, so dass das Trägersubstrat 171 ferner zum Aufliegen bzw. Abstützen des Szintillators 120 genutzt werden kann (vgl. das Ausführungsbeispiel von Figur 9).

5 Durch die Anordnung der Umwandlungseinrichtung 160 an der Seitenwand 123 des Szintillators 120 ist die Möglichkeit gegeben, auf kürzestem Weg einen schnellen Zugang zu einer großen Anzahl an Szintillationsphotonen 202 zu erhalten. Hierbei kann der erste „Kontakt“ eines Photons 202 mit der Seitenwand  
10 123 bzw. einem im Bereich der Seitenwand 123 angeordneten Photokathodenabschnitt 130 zur Erzeugung eines Elektrons 204 führen, welches unmittelbar in der Umwandlungseinrichtung 160 bzw. in einem Kanal 165 derselben weiter vervielfacht werden kann. Bei einer bevorzugten Ausgestaltung mit Umwandlungseinrichtungen 160 an allen vier Seitenwänden 123 (vgl. das Ausführungsbeispiel von Figur 6) kann darüber hinaus erzielt  
15 werden, dass ein „Hin- und Herreflektieren“ der Strahlung in dem Szintillator 120, verbunden mit entsprechenden Verlustprozessen, (weitgehend) vermieden und daher ein wesentlicher Teil der Strahlung in Elektronen 204 umgesetzt wird. Auf diese Weise kann das Detektorelement 101 (sowie ein vergleichbar aufgebautes Detektorelement) einen hohen Wirkungsgrad und eine hohe Zeitauflösung aufweisen. Diese Vorteile gelten in  
20 entsprechender Weise auch für einen aus mehreren derartigen Detektorelementen aufgebauten Detektor, und damit für ein zugehöriges bildgebendes System. Hierdurch ist insbesondere die Möglichkeit gegeben, einen zu untersuchenden Patienten lediglich einer geringen Strahlungsdosis auszusetzen.

30 Die Verwendung der zur Elektronenvervielfachung eingesetzten Kanalstruktur 161, 162, 163 ermöglicht ferner, dass das Detektorelement 101 (sowie ein vergleichbar aufgebautes Detektorelement) einen geringen Rauschanteil und eine geringe Dunkelrate aufweist. Dies liegt daran, dass das Hervorrufen von  
35 Elektronenlawinen in den Kanälen 165 und damit das Erzeugen eines entsprechenden Signals in der Erfassungseinrichtung 170 (im Wesentlichen) nur dann stattfindet, wenn der Szintillator 120 eine Strahlung aussendet und die Photokathode 130 unter

Einwirkung der Szintillationsstrahlung Photoelektronen 204 erzeugt. Darüber hinaus können die Kanäle 165 relativ kleine Abstände zueinander aufweisen, wodurch ein hoher Füllfaktor (Verhältnis aus aktiver Fläche zu bestrahlter Gesamtfläche) vorliegen kann, was ebenfalls von Vorteil für die Detektionseffizienz ist.

Die oben beschriebene Funktionsweise des Detektorelements 101 erfordert das Vorliegen einer evakuierten Atmosphäre bzw. eines Vakuums (zumindest) in demjenigen Bereich, in welchem freie Elektronen 204 vorliegen, d.h. ab der Erzeugung mit Hilfe der Photokathodenabschnitte 130 bis zu der Erfassung mit Hilfe der Erfassungseinrichtung 170. Zu diesem Zweck kann beispielsweise vorgesehen sein, dass jeder Kanal 165 der Umwandlungseinrichtung 160 einzeln verschlossen bzw. abgedichtet ist, und daher unter Vakuum steht. An den entgegengesetzten Enden der Kanäle 165 kann eine Abdichtung insbesondere mit Hilfe der beiden Elektroden 140, 150 verwirklicht sein. Alternativ kann auch eine „globale“ Abdichtung sämtlicher Kanäle 165 der Umwandlungseinrichtung 160 zusammen vorgesehen sein. Hierzu kann das Detektorelement 101 zum Beispiel ein entsprechendes Gehäuse aufweisen (vgl. das Ausführungsbeispiel von Figur 9 mit dem Gehäuse 190).

Die an der Seitenwand 123 des Szintillators 120 angeordnete Umwandlungseinrichtung 160, welche als Kombination aus einer planaren bzw. zweidimensionalen Mikrokanalplatte mit „auf einer Linie“ bzw. in einer Ebene angeordneten Kanälen 165 und einer Photokathode 130 aufgefasst werden kann, kann, wie oben bereits angedeutet wurde, auf unterschiedliche Art und Weise aufgebaut sein.

Eine mögliche Ausführungsform, welche in der schematischen Aufsichtsdarstellung von Figur 3 dargestellt ist, ist eine plattenförmige Umwandlungseinrichtung 160 mit einer aus einem strukturierten Substrat ausgebildeten Kanalstruktur 161. Bei einer solchen Ausgestaltung ist die Seitenwand 123 des Szintillators 120, an welcher die Umwandlungseinrichtung 160 bzw.

deren Kanalstruktur 161 angeordnet ist, ferner flächig bzw. planar ausgebildet. Von der Kanalstruktur 161 ist in Figur 3 lediglich ein einzelner Kanal 165 veranschaulicht. Der hier gezeigte Aufbau gilt jedoch für sämtliche Kanäle 165 der Kanalstruktur 161, und ist somit in mehrfacher Weise nebeneinander an der Seitenwand 123 des Szintillators 120 vorgesehen (siehe Figur 4).

Wie in Figur 3 dargestellt ist, besitzt der Kanal 165 in der Aufsicht eine rechteckförmige Geometrie. Der Kanal 165, dessen Längsachse senkrecht zur Zeichenebene von Figur 3 verläuft, umfasst an zwei sich gegenüberliegenden Seiten jeweils eine in Form eines Stegs vorliegende Zellen- bzw. Kanalwand 166. Die Kanalwände 166, welche durch Strukturieren bzw. Erzeugen von Gräben in einem Substrat 168 hervorgehen können (siehe Figur 10), sind an einem Ende mit der Seitenwand 123 des Szintillators 120 bzw. mit einer an der Seitenwand 123 optional vorgesehenen Schicht 180 verbunden.

Die Schicht 180 stellt ein optisches Eingangs- bzw. Eintrittsfenster für den Kanal 165 dar, über welches in Richtung der Seitenwand 123 des Szintillators 120 abgestrahlte Szintillationsphotonen 202 in den Kanal 165, d.h. in einen von dem Kanal 165 umschlossenen (evakuierten) Innenraum eingekoppelt werden können. Zu diesem Zweck weist die Schicht 180 ein entsprechendes Material auf, welches durchlässig für die von dem Szintillator 120 erzeugte Szintillationsstrahlung ist. Die Schicht 180 kann darüber hinaus als Antireflexionsschicht dienen, um eine Reflexion der Szintillationsstrahlung an der Seitenwand 123 zu minimieren bzw. zu unterdrücken, und infolgedessen die Detektionseffizienz weiter zu begünstigen. Die Seitenwand 123 des Szintillators 120 kann im Wesentlichen vollständig von der Schicht 180 bedeckt sein, welche somit als Eintrittsfenster und Antireflexionsschicht für sämtliche Kanäle 165 der zugehörigen Kanalstruktur 161 dienen kann. Darüber hinaus kann die Schicht 180 gegebenenfalls für ein vakuumdichtes Verschießen der Kanäle 165 im Bereich der Seitenwand 123 des Szintillators 120 sorgen.

An einem hierzu entgegen gesetzten Ende sind die Kanalwände 166 des in Figur 3 gezeigten Kanals 165 mit einem Abschnitt 186 verbunden, welcher sich entlang sämtlicher Kanäle 165 der Kanalstruktur 161 erstrecken kann. Der Abschnitt 186 kann insbesondere in Form eines separaten Substrats bzw. Träger-  
5 elements ausgebildet sein, welches mit den Kanalwänden 166 bzw. dem zugehörigen strukturierten Ausgangssubstrat 168, aus welchem die Kanalwände 166 hervorgehen können, verbunden werden kann. Über den Abschnitt 186 kann ebenfalls ein vakuum-  
10 dichtes Verschließen der Kanäle 165 bewirkt werden.

Wie des Weiteren in Figur 3 veranschaulicht ist, ist auf der dem umschlossenen Innenraum des Kanals 165 zugewandten Seite des Trägerabschnitts 186 ein Abschnitt 131 einer Photokathode 130 angeordnet. Hierbei handelt es sich um eine reflektiv arbeitende, sogenannte Reflexionsphotokathode, welche Photo-  
15 elektronen 204 von derjenigen Seite emittiert, auf welcher auch die von dem Szintillator 120 kommende Strahlung auftrifft. Im Hinblick auf eine solche reflektive Funktionsweise kann der Photokathodenabschnitt 131 massiv und mit einer relativ großen Dicke bzw. Schichtdicke ausgebildet sein. Dies führt zu einer hohen Zuverlässigkeit und Effizienz bei der Umsetzung der von dem Szintillator 120 ausgesendeten Strah-  
20 lung in Photoelektronen 204.

In Figur 3 ist eine Ausgestaltung in Form von separaten und lediglich einzelnen Kanälen 165 zugeordneten Photokathodenabschnitten 131 auf dem Abschnitt 186 angedeutet. Vorzugweise  
30 liegen sämtliche Photokathodenabschnitte 131 der Kanäle 165 jedoch in Form einer zusammenhängenden und auf dem Abschnitt 186 angeordneten (Reflexions-)Photokathode 130 vor (vgl. das Ausführungsbeispiel von Figur 8), wodurch eine einfache und kostengünstige Herstellung ermöglicht wird. Hierbei können  
35 die Kanalwände 166 der Kanäle 165 über die Photokathode 130 mit dem Trägerabschnitt 186 verbunden sein.

In Figur 3 ist ferner dargestellt, dass der Kanal 165 an dem von dem Kanal 165 umschlossenen Innenraum vorzugsweise mit einer zusätzlichen Wandbeschichtung 181 versehen ist. Die Wandbeschichtung 181, welche sowohl auf den stegförmigen Kanalwänden 166, als auch auf der Schicht 180 angeordnet sein  
5 kann, dient dazu, ein Freisetzen einer Vielzahl an Elektronen 204 pro Stoßprozess eines Elektrons 204 zu ermöglichen, wodurch die Detektionseffizienz weiter begünstigt werden kann. Zu diesem Zweck weist die Wandbeschichtung 181 insbesondere  
10 ein Material mit hoher Sekundärelektronenemission auf.

Figur 3 veranschaulicht des Weiteren den Vorgang der in dem dargestellten Kanal 165 der Kanalstruktur 161 stattfindenden Erzeugung und Vervielfachung von Elektronen 204. Die von dem  
15 Szintillator 120 zu der Seitenwand 123 ausgesendeten Szintillationsphotonen 202 können die Schicht 180 und den hierauf angeordneten Bereich der Wandbeschichtung 181 durchdringen, in den Innenraum des Kanals 165 eintreten, weiter zu dem reflektiven Photokathodenabschnitt 131 gelangen und von diesem  
20 absorbiert werden. Hierauf basierend kann der Photokathodenabschnitt 131 Elektronen 204 emittieren. Die Elektronen 204 werden hierbei, wie in der schematischen perspektivischen Darstellung von Figur 4 gezeigt ist, mit Hilfe der beiden  
25 Elektroden 140, 150 in Richtung der Elektrode 150 beschleunigt. In Figur 4 ist eine Sicht ausgehend von dem Szintillator 120 veranschaulicht, wobei der Szintillator 120 und die Schicht 180 weggelassen sind. Die kleinen lateralen Abmessungen des Kanals 165 bewirken, dass die Elektronen 204 bei dieser Bewegung mehrfach an die Wand bzw. die hier vorgesehene  
30 Wandbeschichtung 181 stoßen können. Bei jedem Stoß können weitere Elektronen 204 herausgelöst bzw. herausgeschlagen werden, welche ihrerseits ebenfalls innerhalb des Kanals 165 beschleunigt und durch Stöße mit der Wandbeschichtung 181 weitere Elektronen 204 freisetzen können. Die auf diese Weise  
35 vervielfachten Elektronen 204 werden am Ende des Kanals 165 mit der an dieser Stelle angeordneten Elektrode 150 aufgefangen.

Figur 5 zeigt in einer schematischen Aufsichtsdarstellung eine weitere Ausführungsform einer plattenförmigen Umwandlungseinrichtung 160 mit einer Kanalstruktur 162, welche ähnlich zu der vorstehend beschriebenen Kanalstruktur 161, und ebenfalls aus einem strukturierten Substrat, ausgebildet sein kann. Auch in dieser Ausgestaltung ist die Seitenwand 123 des Szintillators 120, an welcher die Umwandlungseinrichtung 160 bzw. deren Kanalstruktur 162 angeordnet ist, flächig ausgebildet. Von der Kanalstruktur 162 ist in Figur 5 lediglich ein einzelner Kanal 165 veranschaulicht. Dieser Aufbau gilt jedoch für sämtliche Kanäle 165 der Kanalstruktur 162, und ist daher in mehrfacher Weise nebeneinander an der Seitenwand 123 des Szintillators 120 vorgesehen.

Wie in Figur 5 dargestellt ist, besitzt der Kanal 165 in der Aufsicht erneut eine rechteckförmige Geometrie. Der Kanal 165, dessen Längsachse senkrecht zur Zeichenebene von Figur 5 verläuft, umfasst zwei sich gegenüberliegende Kanalwände 166. Die Kanalwände 166 sind an einem Ende über eine weitere Kanalwand 167 miteinander verbunden. Im Hinblick auf die gesamte Kanalstruktur 162 kann sich die Kanalwand 167 entlang sämtlicher Kanäle 165 erstrecken, und können daher sämtliche Kanalwände 166 der einzelnen Kanäle 165 gemäß des in Figur 5 gezeigten Aufbaus mit der Kanalwand 167 verbunden sein. Dabei besteht die Möglichkeit, dass die Anordnung aus den Kanalwänden 166, 167 durch Erzeugen von Gräben in einem Substrat hergestellt wird, wobei Substratbereiche zwischen den Kanalwänden 166, 167 entfernt werden.

An einem der Kanalwand 167 entgegen gesetzten Ende sind die Kanalwände 166 mit der Seitenwand 123 des Szintillators 120 bzw. mit einer erneut an der Seitenwand 123 optional vorgesehenen Schicht 180 verbunden. Die Schicht 180 kann wiederum als Eintrittsfenster für den Kanal 165 bzw. die Kanäle der 165 der Kanalstruktur 162, sowie als Antireflexionsschicht dienen, und gegebenenfalls für ein vakuumdichtes Verschließen der Kanäle 165 im Bereich der Seitenwand 123 sorgen. Für wei-

tere Details zu der Schicht 180 wird auf die obigen Ausführungen zu Figur 3 verwiesen.

Wie des Weiteren in Figur 5 veranschaulicht ist, ist auf der dem umschlossenen Innenraum des Kanals 165 zugewandten Seite der Schicht 180 ein Abschnitt 132 einer Photokathode 130 angeordnet. Hierbei handelt es sich um eine semitransparente Photokathode bzw. Transmissionsphotokathode, welche transmittiv arbeitet. Dabei wird der Photokathodenabschnitt 132 an der dem Szintillator 120 zugewandten Seite bestrahlt, und erfolgt die Emission von Elektronen 204 an der hierzu entgegengesetzten Seite des Photokathodenabschnitts 132 in den von dem Kanal 165 umschlossenen Innenraum.

Auch in Figur 5 ist eine Ausgestaltung in Form von separaten und lediglich einzelnen Kanälen 165 zugeordneten Photokathodenabschnitten 132 auf der Schicht 180 angedeutet. Alternativ ist es möglich, dass sämtliche Photokathodenabschnitte 132 der Kanäle 165 in Form einer zusammenhängenden und auf der Schicht 180 angeordneten (semitransparenten) Photokathode 130 vorliegen, wodurch eine einfache und kostengünstige Herstellung ermöglicht wird. Hierbei können die Kanalwände 166 der Kanäle 165 über die Photokathode 130 mit der Schicht 180 verbunden sein.

Wie ferner in Figur 5 gezeigt ist, kann auch bei der Kanalstruktur 162 das Vorsehen einer zusätzlichen Wandbeschichtung 181 in dem von dem Kanal 165 umschlossenen Innenraum in Betracht kommen, welche sowohl auf den Kanalwänden 166, als auch auf der Kanalwand 167 angeordnet sein kann. Diese dient erneut dazu, ein Freisetzen einer Vielzahl an Elektronen 204 pro Stoßprozess eines Elektrons 204 zu ermöglichen.

Figur 5 veranschaulicht des Weiteren den Vorgang der in dem dargestellten Kanal 165 der Kanalstruktur 162 stattfindenden Erzeugung und Vervielfachung von Elektronen 204. Die von dem Szintillator 120 zu der Seitenwand 123 ausgesendeten Szintillationsphotonen 202 können die Schicht 180 durchdringen, und

von dem hier angeordneten Photokathodenabschnitt 132 absorbiert werden. Hierauf basierend kann der Photokathodenabschnitt 132 Elektronen 204 in den Innenraum des Kanals 165 emittieren, welche mit Hilfe der wiederum an den Enden der Kanalstruktur 162 angeordneten Elektroden 140, 150 (siehe Figur 1) in Richtung der Elektrode 150 beschleunigt werden. Aufgrund der kleinen lateralen Abmessungen des Kanals 165 können die Elektronen 204 bei dieser Bewegung mehrfach an die Wand bzw. die hier vorgesehene Wandbeschichtung 181 stoßen. Bei jedem Stoß können weitere Elektronen 204 freigesetzt werden, welche ihrerseits ebenfalls innerhalb des Kanals 165 beschleunigt und durch Stöße zur Elektronenvervielfachung beitragen. Die auf diese Weise vervielfachten Elektronen 204 werden am Ende des Kanals 165 mit der an dieser Stelle angeordneten Elektrode 150 aufgefangen.

Für die Detektorkomponenten der hier beschriebenen Detektorelemente (sowie möglicher Abwandlungen hiervon) können aus der Halbleiter- und Detektortechnik bekannte Materialien verwendet werden. Für den Szintillator 120 kommt die Verwendung eines anorganischen Materials bzw. eines Kristalls in Betracht. Vorzugsweise handelt es sich hierbei um einen „schnellen“ Szintillator 120, bei welchem der Szintillationsmechanismus, d.h. die Umsetzung der einfallenden hochenergetischen Strahlung in die niederenergetischere Szintillationsstrahlung in einer geringen Zeitdauer stattfindet. Ein hierfür in Betracht kommendes Material ist zum Beispiel CsF oder LSO. Im Hinblick auf eine mögliche Größe des Szintillators 120 kommen zum Beispiel laterale Abmessungen bzw. eine Breite im Bereich von einigen 100µm bis zu einigen mm, und eine Höhe im Bereich von einigen mm bis zu einigen 10mm in Betracht. Der Szintillator 120 weist dabei ein Aspektverhältnis (wesentlich) größer als eins auf, welches im Hinblick auf PET-Anwendungen beispielsweise größer als 7:1 betragen kann.

Für die Photokathode 130 bzw. die Photokathodenabschnitte 131, 132 kommen Materialien wie zum Beispiel CsI, CsTe, Cs3Sb, Diamant und GaN in Betracht. Das verwendete Photoka-

thodenmaterial ist dabei derart auf das Material des Szintillators 120 abgestimmt, dass die von dem Szintillator 120 kommende Szintillationsstrahlung in der Photokathode 130 bzw. den Abschnitten 130, 131 in freie Elektronen 204 umgesetzt werden kann. Die Photokathode 130 kann ferner, wie bereits oben angedeutet wurde, in Form einer zusammenhängenden Photokathode 130 bzw. Schicht für sämtliche Kanäle 165 der Umwandlungseinrichtung 160 ausgebildet sein, wodurch eine einfache und kostengünstige Herstellung möglich ist. Insbesondere bei einer solchen Ausgestaltung besteht die Möglichkeit, dass die Photokathode 130 auf einem (separaten) Trägerelement 186 angeordnet ist (vgl. beispielsweise Figuren 3, 8 und 14), und somit gleichzeitig als Kanalwand für die Kanäle 165 dienen kann. Alternativ ist die Möglichkeit einer Ausgestaltung in Form von separaten Photokathodenabschnitten 131, 132 möglich, welche getrennt voneinander in den Kanälen 165 an entsprechenden Abschnitten bzw. Wandabschnitten angeordnet sein können. In den Ausführungsbeispielen der Figuren 3 und 5 ist hierzu eine (mögliche) Anordnung auf dem Abschnitt 186 und auf der Schicht 180 angedeutet.

Für die in den Ausführungsformen der Figuren 3 und 5 gezeigten Kanalwände 166, 167 der jeweiligen Kanalstruktur 161, 162 bzw. für das zugehörige Ausgangssubstrat, aus welchen die Kanalstrukturen 161, 162 (oder auch anders aufgebaute plattenförmige Kanalstrukturen) und damit deren Kanalwände 166, 167 gebildet sein können, kommt zum Beispiel ein Halbleitermaterial wie insbesondere Silizium, oder auch ein Glasmaterial in Betracht. Derartige Materialien bieten den Vorteil einer einfachen Strukturierung, und ermöglichen eine hohe Formstabilität. Des Weiteren ist die Möglichkeit gegeben, derartige Materialien zuverlässig mit einer Wandbeschichtung 181 mit hoher Sekundärelektronenemission zu versehen. Das Ausbilden der Wandbeschichtung 181 kann beispielsweise im Rahmen einer chemischen Gasphasenabscheidung („chemical vapor deposition“, CVD) erfolgen, was insbesondere nach einer Strukturierung des jeweiligen Substrats zur Ausbildung von Gräben für die Kanäle 165 durchgeführt werden kann. Möglich ist es auch, eine sol-

che Wandbeschichtung 181 gegebenenfalls wegzulassen, oder nur in einem Teilbereich eine Wandbeschichtung 181 vorzusehen. Für die Kanäle 165, deren Länge gleich der Höhe des Szintillators 120 sein kann, können laterale Abmessungen im Bereich von zum Beispiel einigen 10µm bis zu einigen 100µm vorgesehen sein.

Der in Figur 3 gezeigte Abschnitt 186 kann ein separates Trägerelement aus zum Beispiel Aluminiumoxid sein, welches mit der Photokathode 130 bzw. Photokathodenabschnitten 131 beschichtet und an der Kanalstruktur 161 (oder einer anders ausgestalteten Kanalstruktur) angeordnet ist. Alternativ ist die Möglichkeit gegeben, dass der Abschnitt 186 kein separates Element ist, sondern einen (verbleibenden) Abschnitt eines Ausgangssubstrats darstellt, welches für die Herstellung der Kanäle 165 und Kanalwände 166 einer Strukturierung unterzogen wurde. In dieser Hinsicht kann der Abschnitt 186 (ebenfalls) ein Halbleitermaterial wie insbesondere Silizium, oder auch ein Glasmaterial aufweisen.

Die als Eintrittsfenster dienende Schicht 180 kann zum Beispiel Siliziumoxid (SiO<sub>x</sub>) oder Siliziumnitrid aufweisen, oder auch in Form eines Glasfensters ausgebildet sein. Derartige Materialien können vollkommen transparent für die von dem Szintillator 120 ausgesendete Szintillationsstrahlung sein. Da derartige Materialien des Weiteren zur Emission von (Sekundär-)Elektronen 204 geeignet sein können, kann hierbei, entgegen der in Figur 3 gezeigten Ausgestaltung, gegebenenfalls auch ein (teilweises) Weglassen der Wandbeschichtung 181 auf der Schicht 180 vorgesehen sein.

Im Hinblick auf eine Verwendung als Antireflexionsschicht an der Seitenwand 123 des Szintillators 120 kann ferner in Betracht kommen, die Schicht 180 mit einer Dicke auszubilden, welche einem Viertel der Wellenlänge der Szintillationsstrahlung oder einem Vielfachen davon entspricht („Lambda-Viertel-Schicht“). Hierdurch kann eine Strahlungsreflexion (weitgehend) unterdrückt werden. Bei Verwendung von LSO als Szintil-

latormaterial, bei dem die Szintillationsstrahlung eine Wellenlänge von ca. 420nm besitzt, kann die Schicht 180 zum Beispiel eine Dicke von 55nm aufweisen. Eine derartige Schichtdicke lässt sich zuverlässig und genau verwirklichen, indem  
5 die Schicht 180 zum Beispiel als (dünne) Siliziumoxidschicht ausgebildet ist. Bei Einsatz von LSO als Szintillatormaterial mit einem Brechungsindex von 1,82 und Siliziumoxid als Material der Schicht 180 mit einem Brechungsindex von 1,48 kann auf diese Weise zum Beispiel eine Reflexion an der Seitenwand  
10 123 (Grenzfläche) von kleiner als 1% erzielt werden.

Die Schicht 180 kann ferner in Form eines auf die Seitenwand 123 aufgebondeten Glasfensters, oder in Form einer Beschichtung der Seitenwand 123 aus insbesondere Siliziumoxid oder  
15 Siliziumnitrid ausgebildet sein. Alternativ ist auch die Möglichkeit gegeben, dass die Schicht 180 im Rahmen einer Herstellung der Kanalstrukturen 161, 162 (oder auch anders aufgebauter plattenförmiger Kanalstrukturen) hergestellt wird. Beispielsweise kann vorgesehen sein, auf einem Ausgangssubstrat eine Schicht 180 zu erzeugen, wobei nachfolgend durch  
20 Strukturieren des Substrats in dem Substrat an die Schicht 180 heranreichende Kanäle 165 ausgebildet werden, so dass die Schicht 180 ein Eintrittsfenster für die Kanäle 165 darstellt. Nachfolgend kann ein solches, mit der Schicht 180  
25 versehenes strukturiertes Substrat entsprechend des in den Figuren 3 und 5 gezeigten Aufbaus an der Seitenwand 123 eines Szintillators 120 angeordnet werden.

Alternativ ist auch die Möglichkeit gegeben, die (optionale)  
30 Schicht 180 wegzulassen. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, ein strukturiertes Substrat einer Kanalstruktur, zum Beispiel die Kanalstrukturen 161, 162 der Figuren 3 und 5, direkt an der Seitenwand 123 des Szintillators 120 anzuordnen. In dieser Hinsicht kann ferner in Betracht kommen, dass  
35 eine Wandbeschichtung 181 bzw. ein Teil derselben direkt auf der Seitenwand 123, oder auch eine semitransparente Photokathode 130 bzw. ein Photokathodenabschnitt 132 direkt auf der Seitenwand 123 des Szintillators 120 angeordnet werden.

Die zum Beschleunigen und Erfassen von Elektronen 204 eingesetzten Elektroden 140, 150 können flächig, und aus einem elektrisch leitfähigen bzw. metallischen Material ausgebildet sein. Die Erfassungseinrichtung 170 bzw. deren Trägersubstrat 171 kann insbesondere in Form eines Halbleiter- bzw. Siliziumsubstrats ausgebildet sein, auf welchem die zum Auffangen von Elektronen 204 vorgesehene Elektrode 150 angeordnet ist. Die Erfassungseinrichtung 170 kann darüber hinaus auch in Form einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung („application specific integrated circuit“, ASIC) vorliegen. Auf diese Weise kann die Erfassungseinrichtung 170 nicht nur zum Erfassen bzw. Auslesen einer Gesamtladung einer Elektronenlawine sowie zum Erzeugen eines hierauf basierenden Ausgangssignals, sondern auch zur (wenigstens teilweisen) Aufarbeitung bzw. Auswertung derselben ausgebildet sein.

Anhand der folgenden Figuren werden weitere mögliche Ausgestaltungen von Detektorelementen beschrieben. Dabei wird darauf hingewiesen, dass im Hinblick auf bereits beschriebene Details, welche sich auf gleichartige oder übereinstimmende Aspekte und Komponenten, eine Funktionsweise, einsetzbare Materialien, Größenabmessungen, mögliche Vorteile usw. beziehen, auf die vorstehenden Ausführungen Bezug genommen wird. In gleicher Weise können Aspekte, welche in Bezug auf einzelne Ausführungsformen von Detektorelementen nachfolgend beschrieben werden, auch bei anderen der nachstehend beschriebenen Ausführungsformen von Detektorelementen zutreffen.

Figur 6 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung von Bestandteilen eines weiteren Detektorelements 102, welches einen quaderförmigen Szintillator 120 und jeweils eine Umwandlungseinrichtung 160 an jeder der vier Seitenwände 123 des Szintillators 120 aufweist. Eine Umwandlungseinrichtung 160 kann hierbei entsprechend den vorstehend beschriebenen Ansätzen aufgebaut sein. Wie des Weiteren in Figur 6 angedeutet ist, umfasst das Detektorelement 102 zwei im Bereich der Stirnseiten 121, 122 des Szintillators 120 angeordnete Elekt-

roden 140, 150 zum Erzeugen eines elektrischen Feldes, wodurch in den Umwandlungseinrichtungen 160 erzeugte Elektronen 204 in Richtung der Elektrode 150 beschleunigt, und mit der Elektrode 150 aufgefangen werden können. Die Elektrode 150  
5 ist hierbei Komponente einer Erfassungseinrichtung 170 und kann auf einem Trägersubstrat 171 derselben angeordnet sein. Die beiden Elektroden 140, 150 sind ferner, entsprechend der den Szintillator 120 umfangsseitig umgebenden Umwandlungseinrichtungen 160, mit einer rahmenförmigen Struktur versehen.

10 Das Detektorelement 102 kann insbesondere dazu ausgebildet sein, die in den unterschiedlichen Umwandlungseinrichtungen 160 erzeugten bzw. vervielfachten Elektronen 204 getrennt zu erfassen. Zu diesem Zweck weist die Elektrode 150, wie in Fi-  
15 gur 6 angedeutet ist, vier Segmente bzw. Elektrodenbereiche 155 auf, welche den einzelnen Umwandlungseinrichtungen 160 zugeordnet sind, und über welche von den einzelnen Umwandlungseinrichtungen 160 „stammende“ Elektronen 204 separat voneinander erfasst werden können. Hierauf basierend können  
20 anhand der mit den einzelnen Elektrodenbereichen 155 erfassten Ladungsmengen entsprechende Ausgangssignale erzeugt werden.

Das getrennte und segmentweise Erfassen von mittels unterschiedlicher Umwandlungseinrichtungen 160 erzeugter Elektro-  
25 n 204 bietet die Möglichkeit, den lateralen Ort der Wechselwirkung („x/y-Position“) eines den Szintillator 120 anregenden Strahlungsquants 200 auf einfache und genaue Weise zu bestimmen. Dabei kann ausgenutzt werden, dass der Zeitpunkt  
30 bzw. die zeitliche Entwicklung und/oder die Größe der mit den Elektrodenbereichen 155 gewonnenen Ladungssignale von der Nähe der Wechselwirkung zu den jeweiligen Seitenwänden 123, an welchen die Umwandlungseinrichtungen 160 angeordnet sind, abhängt. Zur Bestimmung des lateralen Wechselwirkungsorts kön-  
35 nen beispielsweise Summen- und/oder Differenzsignale aus den einzelnen Signalen gebildet werden. Insbesondere bei einer möglichen Ausgestaltung der Erfassungseinrichtung 170 in Form

eines ASIC-Schaltkreises kann dies durch die Erfassungseinrichtung 170 selbst durchgeführt werden.

Das Ermöglichen eines Ermitteln eines lateralen Wechselwirkungsorts in einem Szintillator 120 erweist sich als günstig für ein bildgebendes System, bei dem der zugehörige Detektor aus einer Mehrzahl derartig aufgebauter Detektorelemente 102 aufgebaut ist. Neben einem hohen Wirkungsgrad und einer hohen Zeitauflösung kann der betreffende Detektor hierdurch selbst bei relativ großen lateralen Szintillatorabmessungen eine hohe laterale Ortsauflösung besitzen.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen ist die Erfassungseinrichtung 170 mit der Auffangelektrode bzw. Anode 150 im Bereich der Rückseite 121 des Szintillators 120, und die als Kathode dienende Elektrode 140 im Bereich der Vorderseite 122 des Szintillators 120 vorgesehen (siehe Figuren 2 und 6). Alternativ ist jedoch auch eine hierzu symmetrische Ausgestaltung mit der Erfassungseinrichtung 170 im Bereich der Vorderseite 122 und der Elektrode 140 im Bereich der Rückseite 121 möglich. Dabei kann die zu detektierende hochenergetische Strahlung (ohne Wechselwirkung) durch die Erfassungseinrichtung 170 transmittiert werden und anschließend in den Szintillator 120 einfallen, wobei erneut die oben beschriebenen Prozesse auftreten können.

Eine weitere mögliche Variante besteht in einem Vorsehen einer Kathoden-Anoden-Struktur und von Erfassungseinrichtungen 170 an beiden Stirnseiten 121, 122 des Szintillators 120, und einem Hervorrufen von Bewegungen von Elektronen 204 unterschiedlicher Umwandlungseinrichtungen 160 in verschiedene bzw. einander entgegengesetzte Richtungen. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, auch die Höhe bzw. Tiefe einer Wechselwirkung in dem Szintillator 120 zu erfassen.

Zur beispielhaften Veranschaulichung zeigt Figur 7 ein weiteres Detektorelement 103, welches einen quaderförmigen Szintillator 120, und jeweils eine gemäß den oben beschriebenen

Ansätzen aufgebaute Umwandlungseinrichtung 160 an jeder der vier Seitenwände 123 des Szintillators 120 aufweist. Das Detektorelement 103 weist darüber hinaus eine spiegelsymmetrische Elektrodenanordnung zum Hervorrufen unterschiedlicher  
5 Elektronenbewegungen auf.

Die Elektrodenanordnung umfasst zwei L-förmige Elektroden 141, 152 im Bereich der Vorderseite 122, und zwei weitere L-förmige Elektroden 142, 151 im Bereich der Rückseite 121 des  
10 Szintillators 120. Entsprechend der den Szintillator 120 umfangsseitig umgebenden Umwandlungseinrichtungen 160 bilden sowohl die Elektroden 141, 152, als auch die Elektroden 142, 151 jeweils eine rahmenförmige Struktur. Die Elektroden 141, 142, 151, 152 sind darüber hinaus auf Trägersubstraten 171 im  
15 Bereich der beiden Stirnseiten 121, 122 des Szintillators 120 angeordnet, und können Komponenten von an den beiden Stirnseiten 121, 122 vorgesehenen Erfassungseinrichtungen 170 sein.

Die übereinander angeordneten Elektroden 141, 151 bilden wie in Figur 7 gezeigt ein Elektrodenpaar, mit dessen Hilfe Elektronen 204 von zwei der vier rechtwinklig zueinander verlaufenden bzw. aneinandergrenzenden Umwandlungseinrichtungen 160 (links und in der Zeichenebene vorne) in einer ersten  
25 Richtung bzw. in Richtung der Elektrode 151 beschleunigt werden können. Dies ist in Figur 7 anhand eines nach unten gerichteten Pfeils, welcher gleichzeitig die Richtung eines mit den Elektroden 141, 151 erzeugbaren elektrischen Felds darstellen kann, angedeutet. Hierbei dient die Elektrode 141 als  
30 Kathode, und die andere Elektrode 151 als Anode und Auffangelektrode.

Auch die beiden anderen übereinander angeordneten Elektroden 142, 152 bilden ein Elektrodenpaar, mit dessen Hilfe Elektronen 204 der beiden anderen Umwandlungseinrichtungen 160  
35 (rechts und in Bezug auf die Zeichenebene nach hinten versetzt) in einer hierzu entgegengesetzten, zweiten Richtung in Richtung der Elektrode 152 beschleunigt werden können.

Dies ist in Figur 7 anhand eines nach oben gerichteten Pfeils, welcher gleichzeitig die Richtung eines mit den Elektroden 142, 152 erzeugbaren elektrischen Felds darstellen kann, angedeutet. Hierbei fungiert die Elektrode 142 als Kathode, und die andere Elektrode 152 als Anode und Auffang-  
5 elektrode.

Das Beschleunigen und Erfassen von Elektronen 204 bzw. Elektronenlawinen in unterschiedlichen Richtungen bietet die Möglichkeit, die Höhe bzw. Tiefe („z-Position“) einer Wechselwirkung eines den Szintillator 120 anregenden Strahlungsquants 200 zu ermitteln. Dabei kann ausgenutzt werden, dass der Zeitpunkt bzw. die zeitliche Entwicklung und/oder die Größe der über die Auffangelektroden 151, 152 erfassten Ladungsmengen abhängig ist von der Nähe der Wechselwirkung zu der Vorder- bzw. Rückseite 122, 121 des Szintillators 120. Auch hierbei können entsprechende Summen- und/oder Differenzsignale aus einzelnen, mit den beiden Auffangelektroden 151, 152 bzw. Erfassungseinrichtungen 170 gewonnenen Messsignalen  
10 gebildet werden.  
15  
20

Bei dem Detektorelement 103 von Figur 7 kann alternativ vorgesehen sein, entgegen der Darstellung in Figur 7 mit dem Elektrodenpaar 141, 151 eine nach oben in Richtung der Elektrode 141 bzw. Vorderseite 122 des Szintillators 120, und mit dem Elektrodenpaar 142, 152 eine nach unten in Richtung der Elektrode 142 bzw. Rückseite 121 des Szintillators 120 gerichtete Elektronenbewegung zu erzeugen, was abhängig von der an den Elektrodenpaaren 141, 151 bzw. 142, 152 jeweils angelegten Spannung festgelegt werden kann. Bei einer solchen „spiegelsymmetrischen“ Funktionsweise vertauschen sich auch die oben angegebenen Funktionen der Elektroden 141, 142, 151, 152 als Kathode und (Auffang-)Anode. In dieser Hinsicht kann ferner vorgesehen sein, das Detektorelement 103 für eine flexible Betriebsweise auszubilden, in welcher sämtliche Elektroden 141, 142, 151, 152 wahlweise als Kathode oder Anode betrieben werden können. Dabei ist es auch möglich, die Elektroden 141, 142, 151, 152 derart „anzusteuern“, dass mit den  
25  
30  
35

Elektrodenpaaren 141, 151 und 142, 152 Elektronenbewegungen jeweils in der gleichen Richtung hervorgerufen werden.

Anstelle ein Detektorelement mit lediglich einem einzelnen Szintillator 120 auszubilden, sind auch modulartige Ausgestaltungen von Detektorelementen mit mehreren nebeneinander angeordneten Szintillatoren 120 möglich, welche gemäß den oben aufgezeigten Ansätzen aufgebaut sein können. Den einzelnen Szintillatoren 120 zugeordnete Umwandlungseinrichtungen 160 zum Umwandeln von Szintillationsstrahlung in (vervielfachte) Elektronen 204 können hierbei in Zwischenräumen zwischen den Szintillatoren 120, und an gegenüberliegenden Seitenwänden 123 der Szintillatoren 120 angeordnet sein. Ein mögliches Ausführungsbeispiel wird anhand der folgenden Figuren näher beschrieben.

Figur 8 zeigt eine schematische Aufsichtsdarstellung auf zwei nebeneinander angeordnete (quaderförmige) Szintillatoren 120 und den Szintillatoren 120 zugeordnete Umwandlungseinrichtungen 160, welche in einem Zwischenraum zwischen den Szintillatoren 120 an gegenüberliegenden Seitenwänden 123 der Szintillatoren 120 angeordnet sind. Die Umwandlungseinrichtungen 160 weisen den anhand von Figur 3 beschriebenen plattenförmigen Aufbau mit der Kanalstruktur 161 auf. Hierbei sind stegförmige Kanalwände 166 der Kanäle 165 an einem Ende mit der Seitenwand 123 des zugehörigen Szintillators 120 bzw. mit der an der Seitenwand 123 optional vorgesehenen Schicht 180 (Eintrittsfenster) verbunden.

An einem hierzu entgegen gesetzten Ende der Kanalwände 166 ist ein beidseitig mit einer reflektiv arbeitenden Photokathode 130 versehenes Trägerelement 186 vorgesehen, welches den beiden Umwandlungseinrichtungen 160 bzw. Kanalstrukturen 161 zugeordnet ist. Durch das beschichtete Trägerelement 186 sind die Kanäle 165 der beiden Kanalstrukturen 161 an dieser Stelle verschlossen, und ist jeder Kanal 165 der beiden Kanalstrukturen 161 mit einem zugehörigen Photokathodenabschnitt 131 versehen. Aufgrund der gemeinsamen Nutzung des

beidseitig mit den Photokathoden 130 beschichteten Trägerelements 186 für beide Umwandlungseinrichtungen 160 wird ein einfacher und kostengünstiger Detektoraufbau ermöglicht.

5 Figur 9 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung eines Detektorelements 104, welches entsprechend zu Figur 8  
aufgebaut ist und zwei nebeneinander angeordnete Szintillato-  
ren 120 und zugehörige Umwandlungseinrichtungen 160, ein-  
schließlich des mit Photokathoden 130 versehenen Trägerele-  
10 ments 186, in dem Zwischenraum zwischen den Szintillatoren  
120 aufweist. Das Detektorelement 104 weist darüber hinaus  
die oben beschriebenen Komponenten, d.h. Elektroden 140, 150  
an den Enden der Kanäle 165 zum Beschleunigen und Auffangen  
von Elektronen 204, und ein Trägersubstrat 171 bzw. eine Er-  
15 fassungseinrichtung 170 auf, welche den Szintillatoren 120  
zugeordnet sind. Hierbei können die beiden Szintillatoren 120  
auf dem Trägersubstrat 171 aufgesetzt bzw. abgestützt sein.  
Die Elektrode 150 kann zum gemeinsamen, oder alternativ zum  
separaten bzw. segmentweisen Auffangen von Elektronen 204 der  
20 einzelnen Umwandlungseinrichtungen 160 ausgebildet sein.  
Hierzu kann die Elektrode 150 vergleichbar zu dem in Figur 6  
gezeigten Ausführungsbeispiel den einzelnen Umwandlungsein-  
richtungen 160 zugeordnete Elektrodenbereiche umfassen, oder  
auch in getrennte Elektroden unterteilt sein (nicht darge-  
25 stellt).

In Figur 9 ist des Weiteren ein Vorliegen eines auf dem Trä-  
gersubstrat 171 angeordneten Gehäuses 190 angedeutet, welches  
die Szintillatoren 120 umgibt. Das Gehäuse 190 kann dazu ge-  
30 nutzt werden, für sämtliche Kanäle 165 der Umwandlungsein-  
richtungen 160 ein (globales) Vakuum bzw. eine evakuierte Um-  
gebung bereitzustellen. Das Gehäuse 190 kann ferner zum Tra-  
gen der Elektrode 140 eingesetzt werden.

35 Entsprechend den oben beschriebenen Ansätzen können auch bei  
dem Detektorelement 104 Umwandlungseinrichtungen 160 an sämt-  
lichen vier Seitenwänden 123 der Szintillatoren 120 angeord-  
net sein. Zugehörige Elektroden 140, 150 können hierbei zum

Beschleunigen und Auffangen von Elektronen 204 der beiden Szintillatoren 120 ausgebildet sein und, vergleichbar zu Figur 6, pro Szintillator 120 jeweils einen rahmenförmigen Abschnitt umfassen. Die Elektrode 150 kann auch hier gegebenenfalls den einzelnen Umwandlungseinrichtungen 160 zugeordnete Elektrodenbereiche umfassen, oder auch in getrennte Elektroden unterteilt sein, um insbesondere einen lateralen Wechselwirkungsort in den Szintillatoren 120 erfassen zu können. Möglich ist auch eine Ausgestaltung vergleichbar zu Figur 7, d.h. dass eine (pro Szintillator 120) rahmenförmige Kathoden-Anoden-Struktur und Erfassungseinrichtungen 170 an beiden Stirnseiten 121, 122 der Szintillatoren 120 vorgesehen werden, wodurch Elektronen 204 unterschiedlicher Umwandlungseinrichtungen 160 eines Szintillators 120 in verschiedene Richtungen beschleunigt werden können, und durch Erfassen derselben eine „Wechselwirkungstiefe“ in den Szintillatoren 120 ermittelt werden kann.

Diese Ansätze gelten in entsprechender Weise auch für derartige Ausgestaltungen des Detektorelements 104, bei denen das Detektorelement 104 mehr als die zwei gezeigten, nebeneinander angeordneten Szintillatoren 120 aufweist. Dabei können die Szintillatoren 120 beispielsweise pixel- bzw. matrixförmig in Form von Zeilen und Spalten nebeneinander, und auf dem Trägersubstrat 171 angeordnet, sowie erneut von einem entsprechenden Gehäuse 190 umgeben sein. Auch in einer solchen Ausgestaltung können Umwandlungseinrichtungen 160 an sämtlichen vier Seitenwänden 123 der Szintillatoren 120 angeordnet sein, wobei Umwandlungseinrichtungen 160 (jeweils) in einem Zwischenraum zwischen zwei Szintillatoren 120 gemäß dem anhand der Figuren 8 und 9 veranschaulichten Aufbau vorliegen können.

Eine plattenförmige Umwandlungseinrichtung 160, beispielsweise mit der in Figur 3 gezeigten Kanalstruktur 161, kann auf platzsparende, einfache und kostengünstige Weise an einer Seitenwand 123 eines Szintillator 120 verwirklicht werden. Dies trifft insbesondere auf die in Figur 8 gezeigte Ausges-

taltung zu, bei welcher das beidseitig mit Photokathoden 130 beschichtete Trägerelement 186 für zwei Umwandlungseinrichtungen 160 genutzt wird.

5 Zur beispielhaften Veranschaulichung sind in den Figuren 10 bis 13 in einer schematischen Aufsichtsdarstellung Schritte zur Herstellung des in Figur 8 gezeigten Aufbaus dargestellt. Gemäß Figur 10 wird für jede der Umwandlungseinrichtungen 160 ein planares Ausgangssubstrat 168, beispielsweise ein dünnes  
10 Siliziumsubstrat, bereitgestellt, in welchem Kanäle 165 (bzw. Gräben als „Vorläufer“ der späteren Kanäle 165) erzeugt werden. Diese sind durch Kanalwände 166 voneinander getrennt. Hierzu kann beispielsweise ein Trockenätzprozess durchgeführt werden. Die Gräben bzw. Kanäle 165 erstrecken sich senkrecht  
15 zur Zeichenebene der Figuren 10 bis 13, und grenzen ferner an einer parallel zur Zeichenebene verlaufenden „Ober- und Unterseite“ an entsprechende plattenförmige Abschnitte des Substrats 168, durch welche die Kanalwände 166 verbunden sind, an.

20 Wie ferner in Figur 11 gezeigt ist, wird ein Trägerelement 186 bereitgestellt, bei dem es sich beispielsweise um ein Substrat oder eine Platte aus Aluminiumoxid handeln kann. Auf beiden Seiten des Trägerelements 186 wird ein Photokathodenmaterial für jeweils eine Photokathode 130 abgeschieden.  
25 Hierbei kann beispielsweise GaN mittels eines CVD-Verfahrens abgeschieden werden.

Des Weiteren werden die Szintillatoren 120 an den Seitenwänden 123 mit einer als Eintrittsfenster dienenden Schicht 180  
30 versehen, wie in Figur 12 anhand eines Szintillators 120 und der Beschichtung zweier Seitenwände 123 des Szintillators 120 angedeutet ist. Als Szintillatormaterial kommt beispielsweise LSO in Betracht. Bei der Schicht 180 handelt es sich zum Bei-  
35 spiel um eine Siliziumoxidschicht mit einer Schichtdicke von 55nm, was mit einem geeigneten Beschichtungsverfahren verwirklicht werden kann.

Nachfolgend werden, wie in Figur 13 angedeutet ist, zwei derartig beschichtete Szintillatoren 120, und dazwischen zwei strukturierte Substrate 168 und der mit den Photokathoden 130 versehene Träger 186 in der in Figur 13 veranschaulichten Anordnung zueinander positioniert, und miteinander verbunden bzw. „zusammengeklemmt“. Auf diese Weise sind die an den Seitenwänden 123 der Szintillatoren 120 vorgesehenen Umwandlungseinrichtungen 160 bzw. deren Kanalstrukturen 161 im Wesentlichen fertig gestellt.

10

Hieran anschließend können die oben genannten „ober- und unterseitigen“ Abschnitte der Substrate 168, welche parallel zur Zeichenebene der Figuren 10 bis 13 verlaufen und über welche die Kanalwände 166 verbunden sind, entfernt werden, so dass die entgegen gesetzten Enden der Kanäle 165 freigelegt sind. Dies kann zum Beispiel durch chemisch mechanisches Polieren (CMP) erfolgen. Des Weiteren können in diesen Bereichen und damit an den Enden der Kanäle 165 Elektroden 140, 150 (oder entsprechende Elektrodenabschnitte) vorgesehen werden, und kann dieser Aufbau auf einem entsprechenden Trägersubstrat 171 angeordnet werden, so dass eine Struktur entsprechend zu Figur 9 vorliegen kann.

15

20

Im Hinblick auf eine Ausgestaltung mit einer Mehrzahl an insbesondere matrixförmig zueinander angeordneten Szintillatoren 120 können die oben genannten Schritte in analoger Weise durchgeführt werden. Hierbei können zwei aneinandergrenzende Szintillatoren 120 jeweils in der anhand von Figur 13 veranschaulichten Art und Weise verbunden werden. Für am Rand der Matrix angeordnete Szintillatoren 120 kann des Weiteren in Betracht kommen, die zugehörigen, außen liegenden Seitenwände 123 unbeschichtet zu lassen, oder hieran strukturierte Substrate 168 und lediglich einseitig mit einer Photokathode 130 beschichtete Trägerelemente 186 anzuordnen.

25

30

35

Eine modulartige Ausgestaltung eines Detektorelements mit mehreren nebeneinander angeordneten Szintillatoren 120 kann auch mit Umwandlungseinrichtungen 160 verwirklicht werden,

bei denen eine von der Kanalstruktur 161 von Figur 3 abweichende, anders aufgebaute Kanalstruktur zum Einsatz kommt. Insbesondere kann auch die in Figur 5 gezeigte Kanalstruktur 162 mit der semitransparenten Photokathode 130 verwendet werden. Hierbei ist ebenfalls die Möglichkeit gegeben, dass zwei  
5 derartige Kanalstrukturen 162 ähnlich zu dem in Figur 8 gezeigten Aufbau jeweils in einem Zwischenraum zwischen zwei Szintillatoren 120 an deren gegenüberliegenden Seitenwänden 123 angeordnet sind.

10

Bei einer solchen Ausgestaltung kann ferner in Betracht kommen, zwei in einem Zwischenraum vorgesehene Kanalstrukturen 162 zu einer gemeinsamen, beidseitigen Kanalstruktur „zusammenzufassen“. Beispielsweise kann die in Figur 5 gezeigte Kanalwand 167 als Mittelsteg fungieren, an dessen gegenüberliegenden Seiten der in Figur 5 gezeigte Aufbau mit den Kanälen 165 „spiegelsymmetrisch“ vorgesehen ist, so dass von der Kanalwand 167 sich „seitlich“ erstreckende Kanalwände 166 entgegen dem „einseitigen“ Aufbau von Figur 5 an beiden gegenüberliegenden Seiten der Kanalwand 167 vorgesehen sein können. Hierbei besteht ebenfalls die Möglichkeit, dass die Anordnung aus der Kanalwand 167 und den sich beidseitig hiervon erstreckenden Kanalwänden 166 durch Erzeugen von Gräben in einem Substrat hergestellt wird, wobei Substratbereiche zwischen  
20 den Kanalwänden 166, 167 entfernt werden.

25

Des Weiteren sind bei Verwendung der Kanalstruktur 162 oder auch anders aufgebaute Kanalstrukturen ebenfalls die oben beschriebenen Ausgestaltungen möglich, bei denen zum Beispiel  
30 Umwandlungseinrichtungen 160 an sämtlichen Seitenwänden 123 eines Szintillators 120, eine Matrixanordnung aus mehreren Szintillatoren 120, und/oder eine Elektrodenstruktur aus Elektroden 140, 150 mit rahmenförmigen Abschnitten pro Szintillator 120 vorgesehen sind. In Betracht kommt ferner ein  
35 getrenntes bzw. segmentweises Erfassen von Elektronen 204 unterschiedlicher Umwandlungseinrichtungen 160 gemäß dem in Figur 6 gezeigten Ansatz, und ein Hervorrufen unterschiedlicher Elektronenbewegungen gemäß dem in Figur 7 gezeigten Ansatz.

Derartige Ausführungsformen können mit entsprechend ausgestalteten Elektrodenanordnungen (separate Elektrodenbereiche, Elektrodenpaare für unterschiedliche Umwandlungseinrichtungen) verwirklicht werden. Für weitere Details hierzu wird auf die obigen Ausführungen Bezug genommen.

Wie bereits oben angedeutet wurde, ist das hier beschriebene Detektorkonzept, eine Umwandlungseinrichtung 160 an (wenigstens) einer Seitenwand 123 eines Szintillators 120 vorzusehen, nicht auf plattenförmige Umwandlungseinrichtungen 160 mit einer ein strukturiertes Substrat umfassenden Kanalstruktur (zum Beispiel die Kanalstruktur 161 oder 162) beschränkt.

In einer alternativen Ausgestaltung kann eine Umwandlungseinrichtung 160 eine Kanalstruktur 163 umfassen, bei der die Kanäle 165 durch in der Seitenwand 123 eines Szintillators 120 ausgebildete Aussparungen bzw. Vertiefungen 125 gebildet sind, und der Szintillator 120 folglich eine Seitenwand 123 mit einer strukturierten Oberfläche aufweist. Hierdurch ist ein besonders platzsparender, einfacher und kostengünstiger Aufbau möglich, was insbesondere für modulartige Ausgestaltungen mit mehreren Szintillatoren 120 von Vorteil ist. Eine mögliche Ausführungsform wird anhand der folgenden Figuren näher beschrieben.

Figur 14 zeigt eine schematische Aufsichtsdarstellung auf zwei nebeneinander angeordnete Szintillatoren 120, welche gemäß diesem Ansatz aufgebaute Umwandlungseinrichtungen 160 bzw. Kanalstrukturen 163 an den Seitenwänden 123 umfassen. Eine perspektivische Darstellung, anhand derer erneut der (im Wesentlichen) quaderförmige Aufbau der Szintillatoren 120 deutlich wird, ist ferner in Figur 15 gezeigt.

Hierbei weisen die sich gegenüberliegenden Seitenwände 123 der Szintillatoren 120 Vertiefungen 125 auf, durch welche Kanäle 165 gebildet sind. Die Vertiefungen 125 und damit die Kanäle 165, welche parallel zu einer sich zwischen den Stirnseiten 121, 122 erstreckenden Längsachse des jeweiligen Szin-

tillators 120 verlaufen, können in der Aufsicht eine elliptische bzw. ovalförmige Geometrie aufweisen. Alternativ sind auch andere Formen für die Vertiefungen 125 und damit die Kanäle 165, wie zum Beispiel eine Rechteck- oder Dreieckform, möglich (nicht dargestellt).

In einem Zwischenraum zwischen den Szintillatoren 120 ist des Weiteren das oben anhand der Figuren 3 und 8 beschriebene, beidseitig mit reflektiv arbeitenden Photokathoden 130 versehene Trägerelement 186 angeordnet. Auf diese Weise sind die Vertiefungen 125 und damit Kanäle 165 der Umwandlungseinrichtungen 160 an den Seitenwänden 123 der zugehörigen Szintillatoren 120 verschlossen. Des Weiteren sind den Kanälen 165 hierdurch entsprechende Abschnitte der Photokathode 130 zugeordnet, mit deren Hilfe in Richtung der jeweiligen Seitenwand 123 eines Szintillators 120 abgestrahlte und in die Kanäle 165 eintretende Szintillationsphotonen 202 in der oben beschriebenen Art und Weise in Photoelektronen 204 umgesetzt werden können.

Wie des Weiteren in Figur 14 gezeigt ist, sind die Vertiefungen 125 der Szintillatoren 120 ferner vorzugsweise mit einer Wandbeschichtung 181, beispielsweise aus Siliziumoxid, versehen. Diese dient wie bei den anhand der Figuren 3 und 5 beschriebenen Ausführungsbeispielen dazu, ein Freisetzen einer Vielzahl an Elektronen 204 pro Stoßprozess eines Elektrons 204 mit der Kanalwand zu ermöglichen. Hierzu weist die Wandbeschichtung 181 insbesondere ein Material mit hoher Sekundärelektronenemission auf.

Figur 14 veranschaulicht des Weiteren den Vorgang einer in einem Kanal 165 der Kanalstruktur 163 stattfindenden Erzeugung und Vervielfachung von Elektronen 204. Die von dem Szintillator 120 in Richtung der Seitenwand 123 ausgesendeten Szintillationsphotonen 202 können die (semitransparente) Wandbeschichtung 181 durchdringen und in den Innenraum des Kanals 165 eintreten, weiter zu der reflektiven Photokathode 130 gelangen und von dieser absorbiert werden. Hierauf basie-

rend kann die Photokathode 130 Elektronen 204 in den Innenraum des Kanals 165 emittieren, wobei durch Stöße mit der Wandbeschichtung 181 Elektronen 204 freigesetzt werden, welche ihrerseits ebenfalls innerhalb des Kanals 165 durch Stöße mit der Wandbeschichtung 181 zur Elektronenvervielfachung beitragen können. Dabei ist vorgesehen, die Elektronen 204 erneut längs der Kanäle 165 zu beschleunigen, wobei an den Enden der Kanäle 165 entsprechende Elektroden 140, 150 vorgesehen sein können.

10

Zur Veranschaulichung ist in Figur 16 ein entsprechend den Figuren 14 und 15 aufgebautes Detektorelement 105 dargestellt. Das Detektorelement 105 weist erneut die oben beschriebenen Komponenten, d.h. Elektroden 140, 150 zum Beschleunigen und Auffangen von Elektronen 204, und ein Trägersubstrat 171 bzw. eine Erfassungseinrichtung 170 auf. Hierbei können die beiden Szintillatoren 120 auf dem Trägersubstrat 171 aufgesetzt bzw. abgestützt sein. Die Elektrode 150 kann zum gemeinsamen, oder alternativ zum separaten bzw. segmentweisen Auffangen von Elektronen 204 der einzelnen Umwandlungseinrichtungen 160 ausgebildet sein. Hierzu kann die Elektrode 150 wiederum vergleichbar zu dem in Figur 6 gezeigten Ausführungsbeispiel den einzelnen Umwandlungseinrichtungen 160 zugeordnete Elektrodenbereiche umfassen, oder auch in getrennte Elektroden unterteilt sein (nicht dargestellt).

25

In Figur 16 ist des Weiteren ein Vorliegen eines auf dem Trägersubstrat 171 angeordneten Gehäuses 190 angedeutet, welches dazu genutzt werden kann, um für sämtliche Kanäle 165 der Umwandlungseinrichtungen 160 ein (globales) Vakuum bereitzustellen. Das Gehäuse 190 kann ferner zum Tragen der Elektrode 140 eingesetzt werden.

30

Entsprechend den oben beschriebenen Ansätzen können auch bei dem Detektorelement 105 Umwandlungseinrichtungen 160 mit Kanalstrukturen 163 an sämtlichen vier Seitenwänden 123 der Szintillatoren 120 angeordnet sein. Zugehörige Elektroden 140, 150 können hierbei zum Beschleunigen und Auffangen von

35

Elektronen 204 der beiden Szintillatoren 120 ausgebildet sein und, vergleichbar zu Figur 6, pro Szintillator 120 jeweils einen rahmenförmigen Abschnitt umfassen. Die Elektrode 150 kann auch hier gegebenenfalls den einzelnen Umwandlungseinrichtungen 160 zugeordnete Elektrodenbereiche umfassen, oder auch in getrennte Elektroden unterteilt sein, um insbesondere einen lateralen Wechselwirkungsort in den Szintillatoren 120 erfassen zu können. Möglich ist auch eine Ausgestaltung vergleichbar zu Figur 7, d.h. dass eine (pro Szintillator 120 rahmenförmige) Kathoden-Anoden-Struktur und Erfassungseinrichtungen 170 an beiden Stirnseiten 121, 122 der Szintillatoren 120 vorgesehen werden, wodurch Elektronen 204 unterschiedlicher Umwandlungseinrichtungen 160 eines Szintillators 120 in verschiedene Richtungen beschleunigt werden können, und durch Erfassen derselben eine „Wechselwirkungstiefe“ in den Szintillatoren 120 ermittelt werden kann.

Diese Ansätze gelten in entsprechender Weise auch für Ausgestaltungen mit nur einem Szintillator 120, oder mit mehr als zwei Szintillatoren 120, welche insbesondere matrixförmig auf dem Trägersubstrat 171 angeordnet sein können. Auch hierbei können Umwandlungseinrichtungen 160 mit Kanalstrukturen 163 an sämtlichen vier Seitenwänden 123 der Szintillatoren 120 angeordnet sein, wobei Umwandlungseinrichtungen 160 (jeweils) in einem Zwischenraum zwischen zwei Szintillatoren 120 gemäß dem anhand von Figur 14 veranschaulichten Aufbau vorliegen können. Bei einer Ausgestaltung mit nur einem Szintillator 120, welcher eine Umwandlungseinrichtung 160 bzw. Kanalstruktur 163 an (wenigstens) einer Seitenwand 123 aufweist, oder für den Fall einer außen liegenden Seitenwand 123 eines Szintillators 120 einer Szintillator-Anordnung bzw. -Matrix kann vorgesehen sein, die an der jeweiligen Seitenwand 123 ausgebildeten Vertiefungen 125 bzw. Kanäle 165 mit einem lediglich einseitig mit der Photokathode 130 beschichteten Trägerelement 186 zu verschließen.

Auch für die in Figur 14 gezeigte Umwandlungseinrichtung 160 mit der Kanalstruktur 163 sind Abwandlungen vorstellbar. Bei-

spielsweise kann vorgesehen sein, die Vertiefungen 125 bzw. einen Teilbereich derselben mit semitransparenten Photokathoden bzw. Photokathodenabschnitten zu versehen, so dass eine Funktionsweise vergleichbar zu der Kanalstruktur 162 von Figur 5 vorliegen kann. Auch bei einer derartigen Ausgestaltung kann in Betracht kommen, die Vertiefungen 125 bzw. Kanäle 165 an der Seitenwand 123 mit einem entsprechenden Substrat bzw. Trägerelement 186 zu verschließen. Eine zur Elektronenvervielfachung eingesetzte Wandbeschichtung 181 kann hierbei angrenzend an einen Photokathodenabschnitt einer Vertiefung 125, und auch auf dem zum Verschließen vorgesehenen Trägerelement 186 angeordnet sein. Im Hinblick auf eine gemeinsame Nutzung eines solchen Trägerelements 186 für Umwandlungseinrichtungen 160 mit Kanalstrukturen 163 an sich gegenüberliegenden Seitenwänden 123 von zwei Szintillatoren 120 kann das Trägerelement 186 beidseitig mit einer Wandbeschichtung 181 versehen sein.

Eine Umwandlungseinrichtung 160 mit einer der oben beschriebenen Kanalstrukturen 161, 162, 163 (sowie möglicher Abwandlungen hiervon) kann aufgrund der nebeneinander in einer Ebene an einer Seitenwand 123 eines Szintillators 120 angeordneten Kanäle 165 relativ platzsparend und mit einer relativ kleinen Breite bzw. Dicke ausgebildet sein. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, bei modulartigen Ausgestaltungen mit mehreren nebeneinander angeordneten Szintillatoren 120, wie in den Figuren 9 und 16 veranschaulicht, auch den Zwischenraum zwischen zwei Szintillatoren 120 relativ klein zu halten. Beispielsweise kann der Zwischenraum bzw. Abstand zwischen zwei Szintillatoren 120 kleiner als 100µm sein. Auf diese Weise kann ein Detektorelement mit mehreren (insbesondere matrixförmig angeordneten) Szintillatoren 120 einen sehr hohen Füllfaktor (Verhältnis aus aktiver Fläche, d.h. sämtlicher „sensitiver“ Vorderseiten 122 der Szintillatoren 120 zu bestrahlter Gesamtfläche) aufweisen, welcher größer als 98% sein kann.

Die oben beschriebenen Detektorelemente sind dazu ausgebildet, die zu (wenigstens) einer Seitenwand 123 eines Szintillators 120 ausgesendete Szintillationsstrahlung mittels einer Umwandlungseinrichtung 160 in vervielfachte Elektronen 204 umzusetzen und die Elektronen 204 zu erfassen. Möglich ist jedoch auch eine „Erweiterung“ der Detektorelemente dahingehend, dass zusätzlich auch ein zu einer oder beiden Stirnseiten 121, 122 eines Szintillators 120 ausgesendeter Teil der Strahlung in Elektronen 204 umgesetzt wird, welche erfasst werden. Hierdurch lässt sich gegebenenfalls ein relativ hoher Wirkungsgrad erzielen.

Zur beispielhaften Veranschaulichung zeigt Figur 17 eine schematische seitliche Darstellung eines weiteren Detektorelements 106, welches für eine derartige Funktionsweise ausgebildet ist. Das Detektorelement 106 weist einen quaderförmigen Szintillator 120 auf, an dessen Seitenwand 123 eine gemäß den oben aufgezeigten Ansätzen ausgebildete Umwandlungseinrichtung 160 angeordnet ist. Über Elektroden 140, 150 kann ein elektrisches Feld erzeugt werden, wodurch in der Umwandlungseinrichtung 160 umgesetzte und vervielfachte Elektronen 204 zu der Elektrode 150 beschleunigt und von dieser aufgefangen werden können. Die Elektrode 150 ist wie in Figur 17 angedeutet Bestandteil einer zum Erfassen von Elektronen 204 vorgesehenen Erfassungseinrichtung 170, welche zusätzlich ein Substrat 171 umfassen kann, auf welchem die Elektrode 150 angeordnet ist.

Darüber hinaus ist an der Rückseite 121 des Szintillators 120 ein zusätzlicher semitransparenter Photokathodenabschnitt 139 angeordnet, mit dessen Hilfe an dieser Stelle austretende Szintillationsphotonen 202 in Elektronen 204 umgesetzt werden können. Unterhalb der Photokathode 139 ist des Weiteren eine Mikrokanalplatte 169 angeordnet, in welcher die von der Photokathode 139 kommenden Elektronen 204 weiter vervielfacht, und nachfolgend von der unterhalb der Mikrokanalplatte 169 angeordneten Elektrode 150 erfasst werden können. Wie in Figur 17 gezeigt ist, kann die Elektrode 150 für ein getrenntes

Erfassen der von der Umwandlungseinrichtung 160 und von der Mikrokanalplatte 169 kommenden Elektronen 204 ausgebildet sein, und zu diesem Zweck der Mikrokanalplatte 169 und der Umwandlungseinrichtung 160 zugeordnete Elektrodenbereiche  
5 158, 159 aufweisen.

Die Mikrokanalplatte 169 ist mit einer Vielzahl an Kanälen versehen, innerhalb derer die Elektronen 204, wie in den Kanälen 165 der Umwandlungseinrichtung 160, durch Stoßprozesse  
10 mit den Kanalwänden lawinenartig vervielfacht werden können. Im Betrieb wird zwischen den Hauptflächen bzw. Hauptseiten, d.h. zwischen Vorder- und Rückseite der Mikrokanalplatte 169, zwischen denen sich auch deren Kanäle erstrecken, eine elektrische Spannung (Beschleunigungsspannung) angelegt, wodurch  
15 ein elektrisches Feld entlang der Kanäle vorliegt. Dies kann an der Rückseite der Mikrokanalplatte 169 mit Hilfe der Elektrode 150, und an der Vorderseite der Mikrokanalplatte 169 mit Hilfe einer zusätzlichen Elektrode bzw. Dynode erfolgen (nicht dargestellt).

20 Das in Figur 17 dargestellte Konzept, (auch) die an einer Stirnseite eines Szintillators 120 austretende Szintillationsstrahlung in Elektronen 204 umzusetzen und diese zu vervielfachen, kann bei sämtlichen der oben beschriebenen Ausgestaltungen von Detektorelementen (zum Beispiel mit Umwandlungseinrichtungen 160 an sämtlichen vier Seitenwänden 123, modulartige Ausgestaltungen mit mehreren Szintillatoren 120, usw.) vorgesehen werden. Darüber hinaus ist es möglich, auch  
25 die zu beiden Stirnseiten 121, 122 eines Szintillators 120 ausgesendete Szintillationsstrahlung zu erfassen, wobei der in Figur 17 gezeigte Aufbau mit einer Mikrokanalplatte 169 und einer Erfassungseinrichtung 170 an beiden Stirnseiten 121, 122 vorgesehen werden kann.

35 Die anhand der Figuren erläuterten Ausführungsformen stellen bevorzugte bzw. beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung dar. Neben den beschriebenen und abgebildeten Ausführungsformen sind weitere Ausführungsformen vorstellbar, welche weite-

re Abwandlungen und/oder Kombinationen von beschriebenen Merkmalen umfassen können. Auch können die anhand der Figuren erläuterten Detektoren bzw. Detektorelemente neben den gezeigten und beschriebenen Strukturen auch weitere, nicht dargestellte Strukturen umfassen. Des Weiteren ist es möglich, für ein Detektorelement bzw. dessen Komponenten andere als die oben angegebenen Materialien zu verwenden, sowie ein Detektorelement bzw. dessen Komponenten mit anderen als den angegebenen Abmessungen auszubilden.

10

In gleicher Weise kann ein Detektorelement bzw. können dessen Komponenten mit anderen Geometrien ausgebildet sein, welche von den in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispielen abweichen. Andere Geometrien können zum Beispiel für Elektroden zum Beschleunigen und Auffangen von Elektronen, sowie für Elektrodenanordnungen zum Hervorrufen von Elektronenbewegungen in entgegengesetzte Richtungen in Betracht kommen. Auch kann eine als „zweidimensionales Kanalsystem“ ausgebildete Umwandlungseinrichtung 160 mit in einer Ebene an einer Seitenwand eines Szintillators 120 angeordneten bzw. entlang laufenden Kanälen 165 andere als die oben beschriebenen Formen aufweisen.

15  
20

Dies ist insbesondere der Fall, wenn ein Szintillator 120 anstelle einer Quaderform eine andere Form mit zwei sich gegenüberliegenden Stirnseiten und (wenigstens) einer Seitenwand zwischen den Stirnseiten aufweist, wobei die Stirnseiten über die Seitenwand miteinander verbunden sind. Ein mögliches Beispiel ist ein Szintillator 120 mit einer Zylinder- bzw. Kreiszyylinderform. Eine an der Seitenwand (Mantel) eines solchen Szintillators 120 angeordnete Umwandlungseinrichtung 160 kann hierbei entsprechend der Form der Seitenwand des Szintillators 120 in einer gekrümmten Ebene bzw. Fläche angeordnete Kanäle 165 umfassen. Hierbei kann zum Beispiel eine Figur 14 entsprechende Ausgestaltung mit einer rillenförmigen Kanalstruktur 163 vorgesehen sein, wobei die Seitenwand des Szintillators 123 eine strukturierte Oberfläche umfasst, und die Kanäle 165 in Form von in der Seitenwand des Szintilla-

25

30

35

tors 120 ausgebildeten Einkerbungen bzw. Vertiefungen vorliegen. In dieser Ausgestaltung kann zum Verschließen der Kanäle 165 ein gekrümmtes bzw. kreisförmiges Trägerelement 186 zum Einsatz kommen. Dieses kann ferner auf der den Kanälen 165 zugewandten Seite mit einer Photokathode 130 versehen sein. 5 Zum Beschleunigen und Auffangen von Elektronen eingesetzte Elektroden 140, 150 können hierbei gekrümmt bzw. kreisförmig ausgebildet sein. Hierbei kann ferner vorgesehen sein, dass die Kanäle 165 entlang des gesamten Umfangs des Szintillators 120 angeordnet sind, um eine zu der Seitenwand abgestrahlte Szintillationsstrahlung auf effiziente Weise in Elektronen umzusetzen. 10

Im Hinblick auf einen Szintillator 120 mit zwei sich gegenüberliegenden Stirnseiten und mehreren dazwischen befindlichen Seitenwänden kann ferner vorgesehen sein, nur an einer einzelnen Seitenwand eine Umwandlungseinrichtung 160, oder nur an einem Teil der Seitenwände Umwandlungseinrichtungen 160 anzuordnen, so dass eine oder mehrere Seitenwände nicht zur Umsetzung einer Szintillationsstrahlung in vervielfachte 20 Elektronen genutzt werden. Möglich ist es auch, bei einem Szintillator 120 mit einer oder mehreren zwischen zwei Stirnseiten angeordneten Seitenwänden eine oder mehrere Seitenwände nicht vollständig, sondern lediglich in einem Teilbereich mit einer Umwandlungseinrichtung 160 zu versehen. 25

Im Hinblick auf eine zum Auffangen von vervielfachten Elektronen eingesetzte Elektrode 150, 151, 152 kann ferner vorgesehen sein, dass anstelle einer flächigen Ausgestaltung mit 30 einem oder gegebenenfalls mehreren Elektrodenbereichen eine solche Elektrode in Form von separaten Einzelelektroden ausgebildet ist, welche jeweils einem einzelnen oder mehreren Kanälen 165 einer Umwandlungseinrichtung 160 zugeordnet sind.

Ferner ist die Möglichkeit gegeben, Elektronen unterschiedlicher Teilabschnitte von einer einzelnen bzw. ein und derselben Umwandlungseinrichtung 160 getrennt zu erfassen. Hierbei kann insbesondere eine in verschiedene Elektrodenbereiche un-

terteilte Elektrode 150 zum Einsatz kommen. Eine solche Ausgestaltung ist zum Beispiel für das oben beschriebene Ausführungsbeispiel mit einem kreiszylinderförmigen Szintillator 120 und einer an der Seitenwand angeordneten, (in der Aufsicht) gekrümmten bzw. kreisförmigen Umwandlungseinrichtung 160 möglich. Hierbei kann eine kreisringförmige Auffangelektrode 150 vorgesehen sein, welche beispielsweise in vier Elektrodenbereiche unterteilt ist, um von vier (nebeneinander angeordneten) Abschnitten der Umwandlungseinrichtung 160 erzeugte und vervielfachte Elektronen getrennt zu erfassen. Hierauf basierend bzw. durch Auswerten der über die Elektrodenbereiche gewonnenen verschiedenen Ladungssignale („Summen- und/oder Differenzbildung“) kann ein lateraler Wechselwirkungsort in dem kreiszylinderförmigen Szintillator 120 ermittelt werden.

In gleicher Weise ist es denkbar, Elektronen unterschiedlicher Teilabschnitte von einer einzelnen Umwandlungseinrichtung 160 in verschiedene bzw. entgegen gesetzte Richtungen zu beschleunigen, sowie getrennt zu erfassen, was mit Hilfe einer an der Umwandlungseinrichtung 160 angeordneten, entsprechenden Elektrodenanordnung möglich ist. Für das oben beschriebene Ausführungsbeispiel mit einem kreiszylinderförmigen Szintillator 120 und einer an der Seitenwand angeordneten, (in der Aufsicht) gekrümmten bzw. kreisförmigen Umwandlungseinrichtung 160 können zum Beispiel an beiden Stirnseiten des Szintillators 120 entsprechende kreisringförmige Kathoden-Anoden-Strukturen und Erfassungseinrichtungen 170 vorgesehen sein, mit deren Hilfe Elektronen eines (zum Beispiel halbkreisringförmigen) Abschnitts der Umwandlungseinrichtung 160 in eine Richtung und Elektronen eines anderen (halbkreisringförmigen) Abschnitts in eine hierzu entgegen gesetzte Richtung abgelenkt werden. Hierauf basierend bzw. durch Auswerten von Ladungssignalen („Summen- und/oder Differenzbildung“), welche mit Hilfe der an den verschiedenen Stirnseiten angeordneten (Auffang-)Anoden gewonnen werden können, kann eine „Wechselwirkungstiefe“ in dem kreiszylinderförmigen Szintillator 120 ermittelt werden.

Hinsichtlich des oben insbesondere anhand der Figuren 8 und 14 aufgezeigten Ansatzes, in einem Zwischenraum zwischen zwei Szintillatoren 120 angeordnete Komponenten für zwei Umwandlungseinrichtungen 160 gemeinsam zu nutzen, sind auch andere Ausgestaltungen möglich. Beispielsweise kann das in Figur 8 gezeigte Trägerelement 186 wie die Kanalwände 166 aus einem gemeinsamen Ausgangssubstrat ausgebildet werden, und somit als Mittelsteg der sich „seitlich“ hiervon erstreckenden Kanalwände 166 dienen. In dieser Ausgestaltung kann ferner vorgesehen sein, dass anstelle der durchgehenden Photokathoden 130 separate Photokathodenabschnitte der Kanäle 165 beidseitig an dem „Mittelsteg“ 186, entsprechend dem in Figur 3 dargestellten Aufbau mit den Photokathodenabschnitten 131, angeordnet sind.

Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

## Patentansprüche

1. Strahlungsdetektor (100; 101; 102; 103; 104; 105; 106),  
aufweisend:  
5 einen Szintillator (120) zum Erzeugen einer elektromagnetischen Strahlung (202) unter Einwirkung einer einfallenden Strahlung (200), wobei der Szintillator (120) zwei sich gegenüberliegende Stirnseiten (121; 122) und eine Seitenwand (123) zwischen den Stirnseiten (121;  
10 122) aufweist;  
eine an der Seitenwand (123) des Szintillators (120) angeordnete Umwandlungseinrichtung (160) mit einer Mehrzahl an Kanälen (165), wobei jeder Kanal (165) einen Photokathodenabschnitt (130; 131; 132) zum Erzeugen von  
15 Elektronen (204) unter Einwirkung der von dem Szintillator (120) erzeugten elektromagnetischen Strahlung (202) aufweist, welche durch Stoßprozesse in den Kanälen (165) vervielfachbar sind; und  
eine Erfassungseinrichtung (170) zum Erfassen von in den  
20 Kanälen (165) der Umwandlungseinrichtung (160) vervielfachten Elektronen (204).
2. Strahlungsdetektor nach Anspruch 1,  
wobei die Erfassungseinrichtung (170) eine an einem Ende  
25 der Kanäle (165) angeordnete Elektrode (150; 151; 152) zum Auffangen von Elektronen (204) aufweist, und wobei der Strahlungsdetektor eine an einem entgegen gesetzten Ende der Kanäle (165) angeordnete Gegenelektrode (140;  
30 141; 142) zum Hervorrufen einer Bewegung von Elektronen (204) zu der Elektrode (150; 151; 152) der Erfassungseinrichtung (170) aufweist.
3. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
35 wobei die Seitenwand (123) des Szintillators (120) flächig ausgebildet ist, und wobei die Umwandlungseinrichtung (160) in Form einer plattenförmigen Struktur an der Seitenwand (123) des Szintillators (120) ausgebildet

ist.

4. Strahlungsdetektor nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
wobei die Seitenwand (123) des Szintillators (120) Ver-  
5 tiefungen (125) aufweist, durch welche die Kanäle (165)  
der Umwandlungseinrichtung (160) gebildet sind.
5. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
10 wobei die Photokathodenabschnitte (131; 132) der Kanäle  
(165) der Umwandlungseinrichtung (160) in Form einer zu-  
sammenhängenden Photokathode (130) ausgebildet sind.
6. Strahlungsdetektor nach Anspruch 5,  
15 wobei die Photokathode (130) auf einem Trägerelement  
(186) angeordnet ist.
7. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
20 wobei die Seitenwand (123) des Szintillators (120) mit  
einer für die von dem Szintillator (120) erzeugte elekt-  
romagnetische Strahlung (202) durchlässigen Schicht  
(180) versehen ist.
- 25 8. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
wobei die Kanäle (165) der Umwandlungseinrichtung (160)  
eine Wandbeschichtung (181) aufweisen, welche ausgebil-  
det ist, pro Stoßprozess eines Elektrons (204) eine  
30 Mehrzahl an Elektronen (204) freizusetzen.
9. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
wobei die Kanäle (165) der Umwandlungseinrichtung (160)  
35 parallel zu einer sich zwischen den Stirnseiten (121;  
122) erstreckenden Längsachse des Szintillators (120)  
verlaufen.

10. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei der Szintillator (120) quaderförmig ausgebildet  
ist und vier Seitenwände (123) zwischen den Stirnseiten  
(121; 122) aufweist, und wobei an jeder der vier Seiten-  
wände (123) eine Umwandlungseinrichtung (160) mit einer  
Mehrzahl an Kanälen (165) angeordnet ist.
11. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei die Erfassungseinrichtung (170) ausgebildet ist,  
in Kanälen (165) unterschiedlicher Umwandlungseinrich-  
tungen (160) oder in Kanälen (165) unterschiedlicher  
Teilabschnitte einer Umwandlungseinrichtung (160) er-  
zeugte Elektronen (204) getrennt zu erfassen.
12. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei der Strahlungsdetektor ausgebildet ist, eine Bewe-  
gung von Elektronen (204) in Kanälen (165) unterschied-  
licher Umwandlungseinrichtungen (160) oder in Kanälen  
(165) unterschiedlicher Teilabschnitte einer Umwand-  
lungseinrichtung (160) in verschiedene Richtungen her-  
vorzurufen.
13. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei der Strahlungsdetektor zusätzlich ausgebildet ist,  
einen Teil der in dem Szintillator (120) erzeugten und  
an einer Stirnseite (121; 122) austretenden elektromag-  
netischen Strahlung (202) in Elektronen (204) umzusetzen  
und die Elektronen (204) zu erfassen.
14. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
aufweisend:  
zwei nebeneinander angeordnete Szintillatoren (120);  
in einem Zwischenraum zwischen den Szintillatoren (120)  
und an gegenüberliegenden Seitenwänden (123) der Szin-

- tillatoren (120) angeordnete und den Szintillatoren (120) zugeordnete Umwandlungseinrichtungen (160) mit einer Mehrzahl an Kanälen (165); und
- 5 eine den Umwandlungseinrichtungen (160) zugeordnete Erfassungseinrichtung (170) zum Erfassen von Elektronen (204).
15. Bildgebendes System (110), umfassend einen Strahlungsdetektor (100; 101; 102; 103; 104; 105; 106) nach einem
- 10 der vorhergehenden Ansprüche.

FIG 1

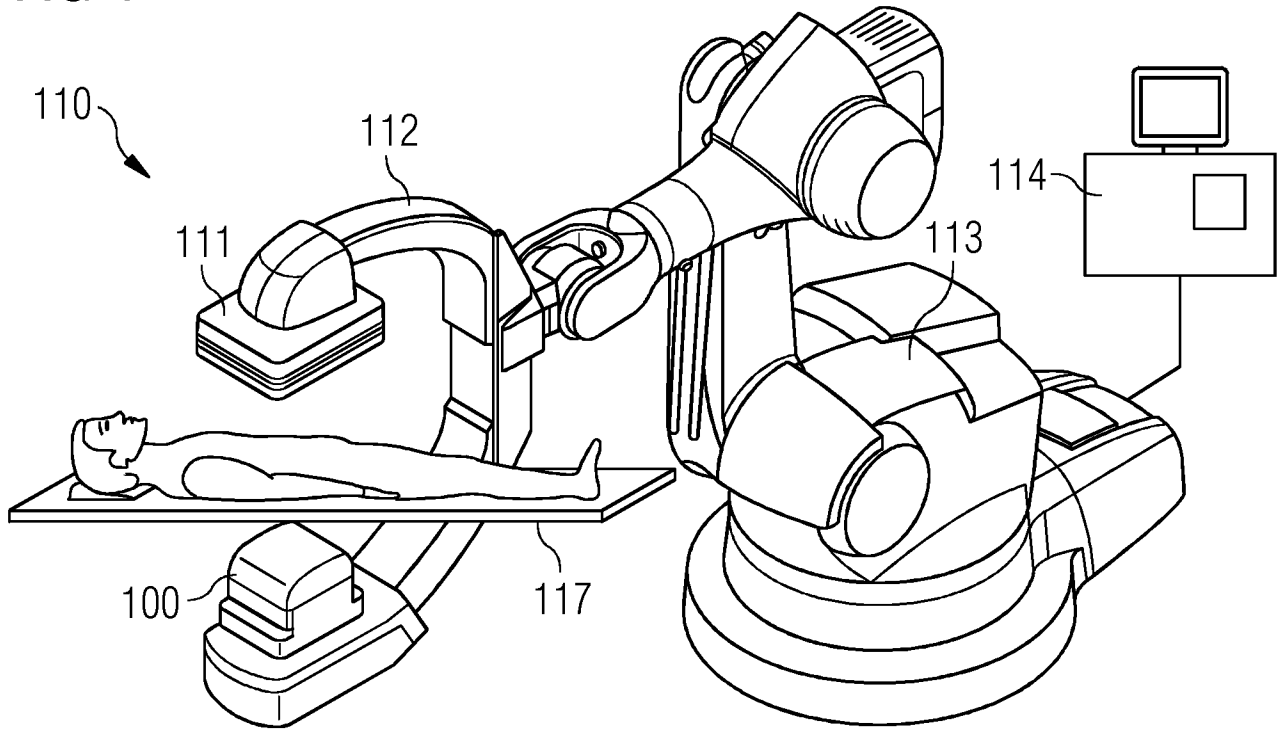


FIG 2

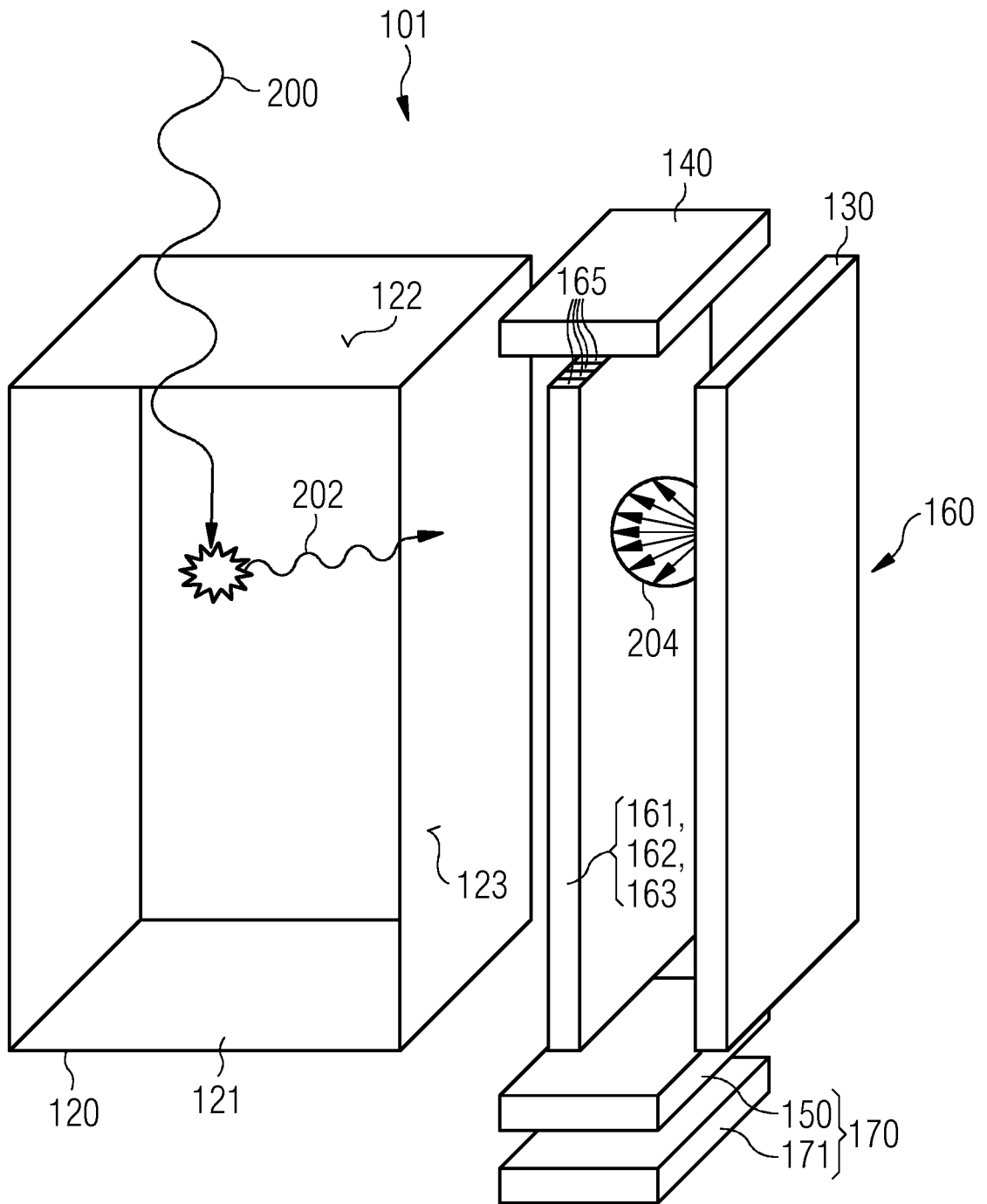


FIG 3

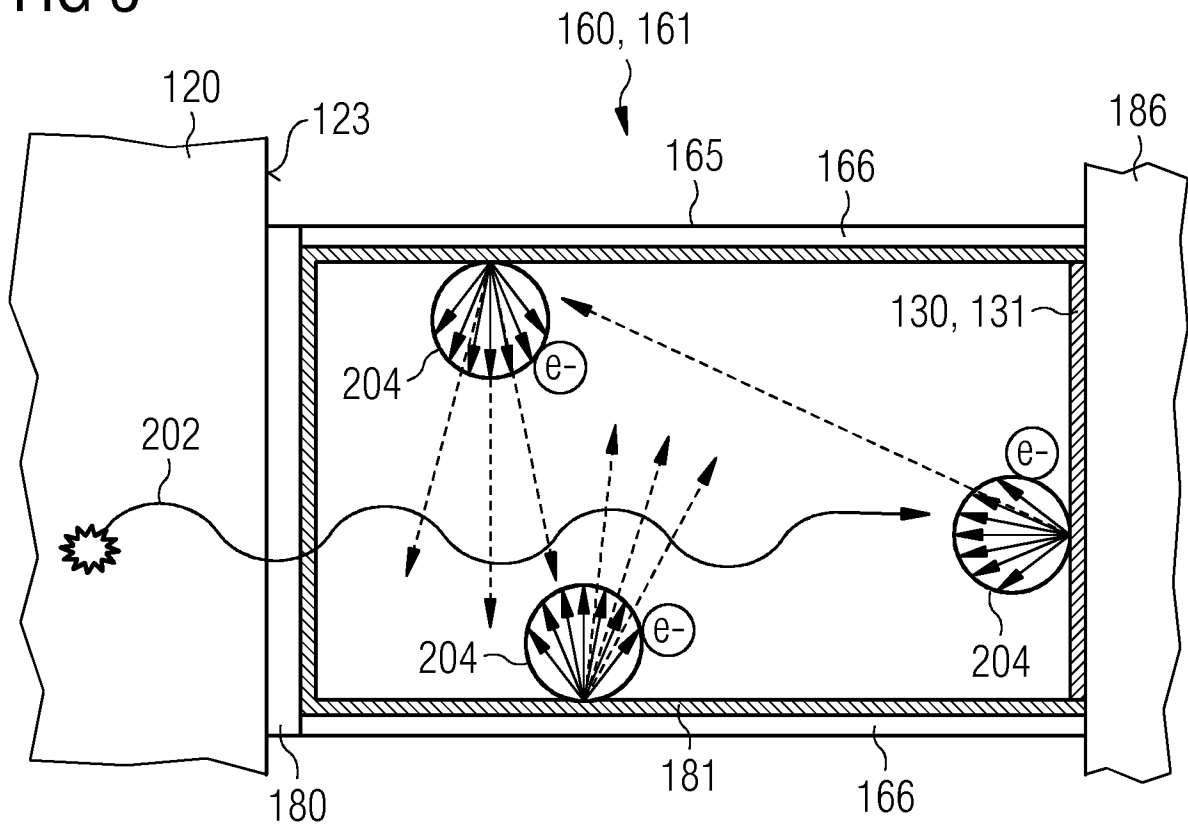


FIG 5

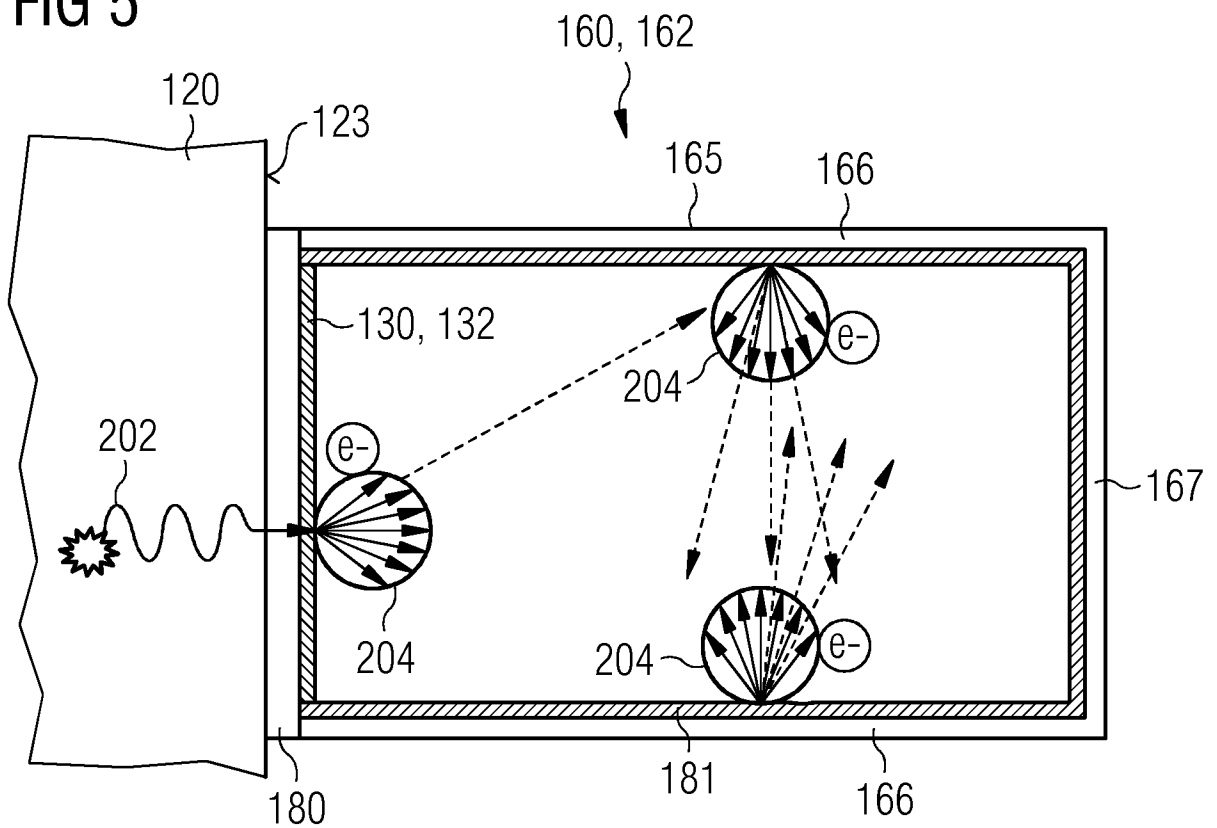


FIG 4

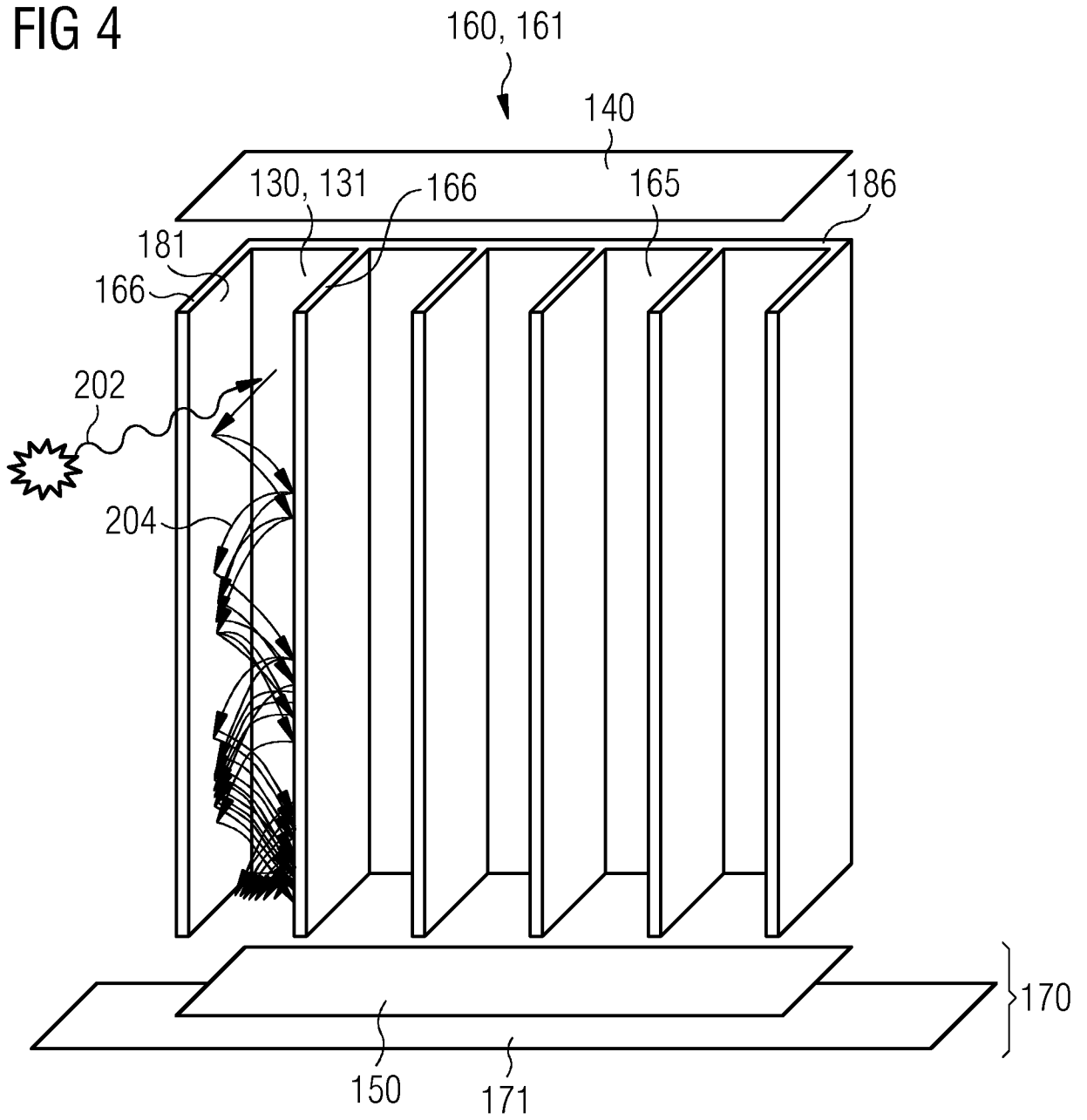


FIG 6

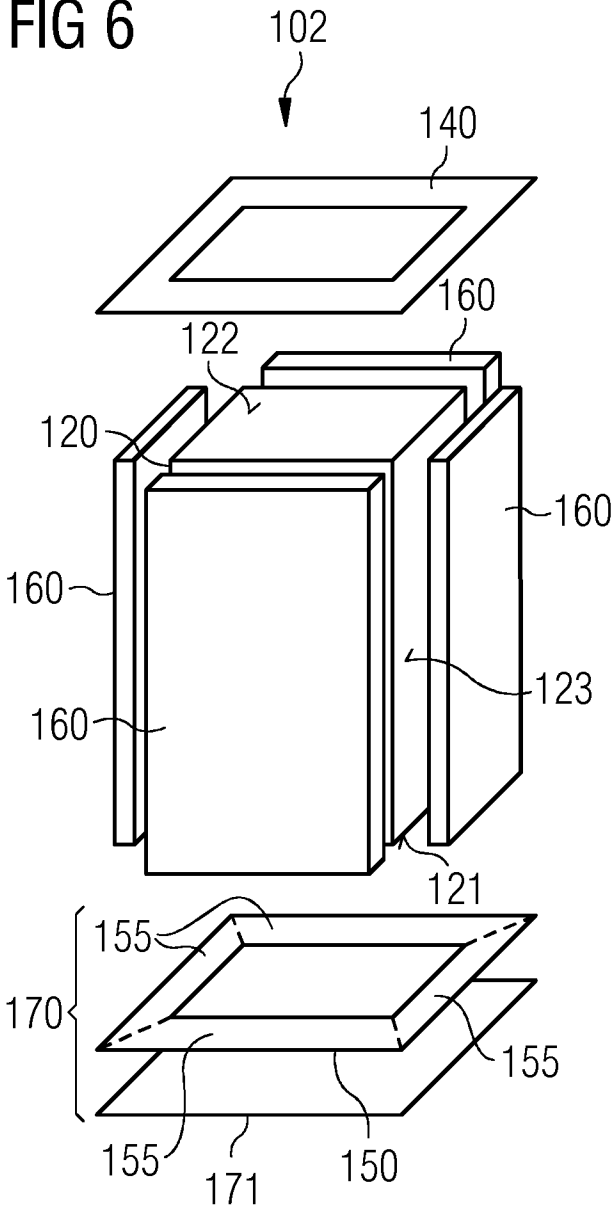


FIG 7

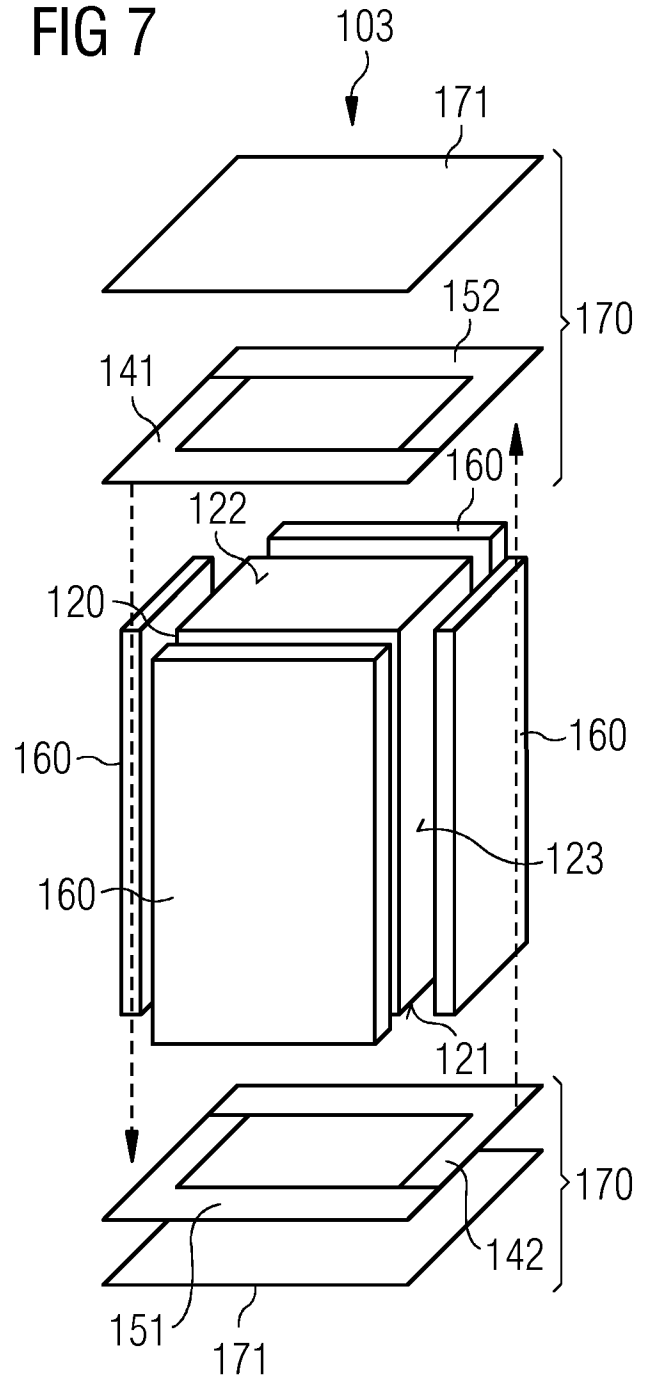


FIG 8

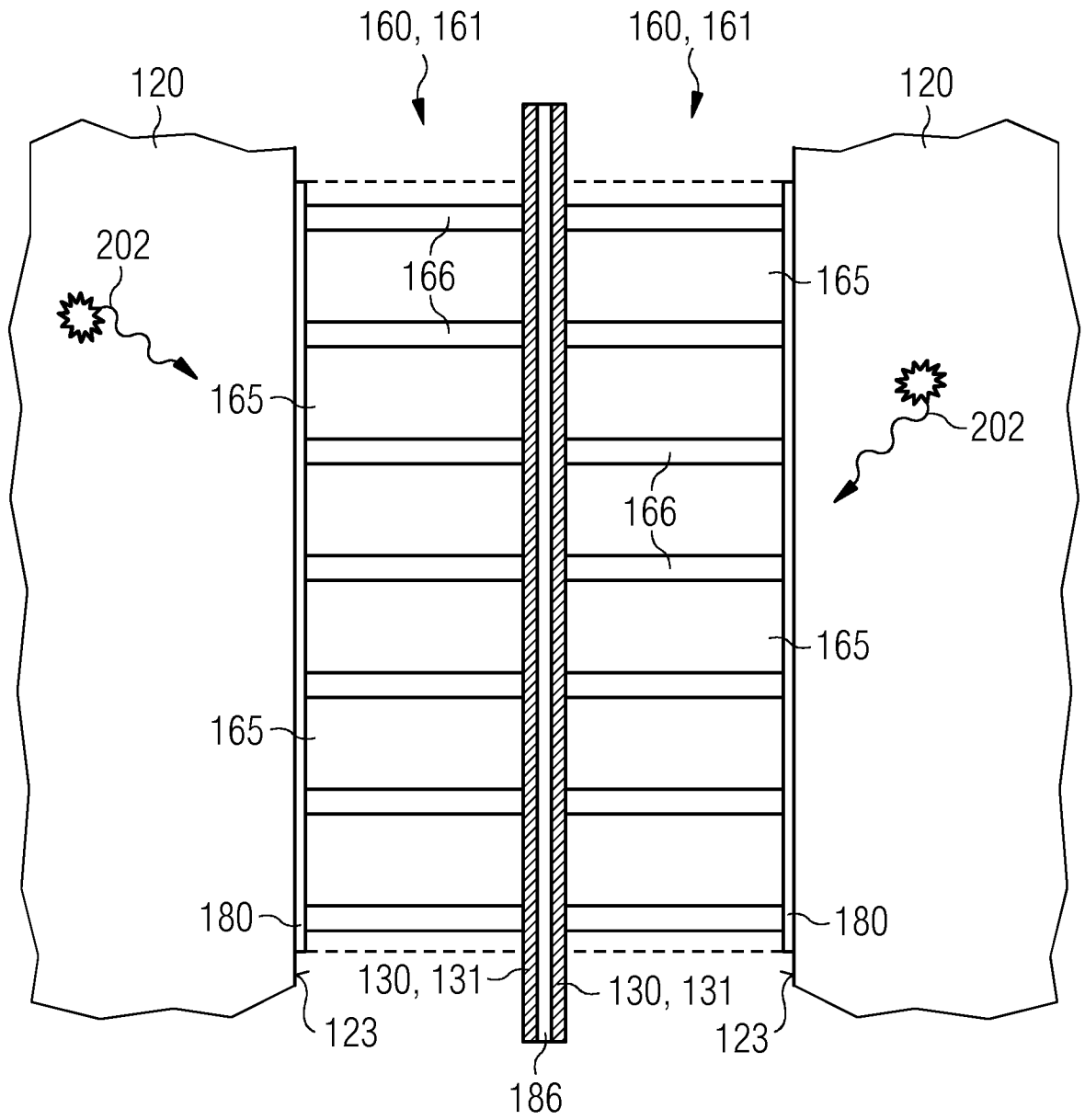


FIG 9

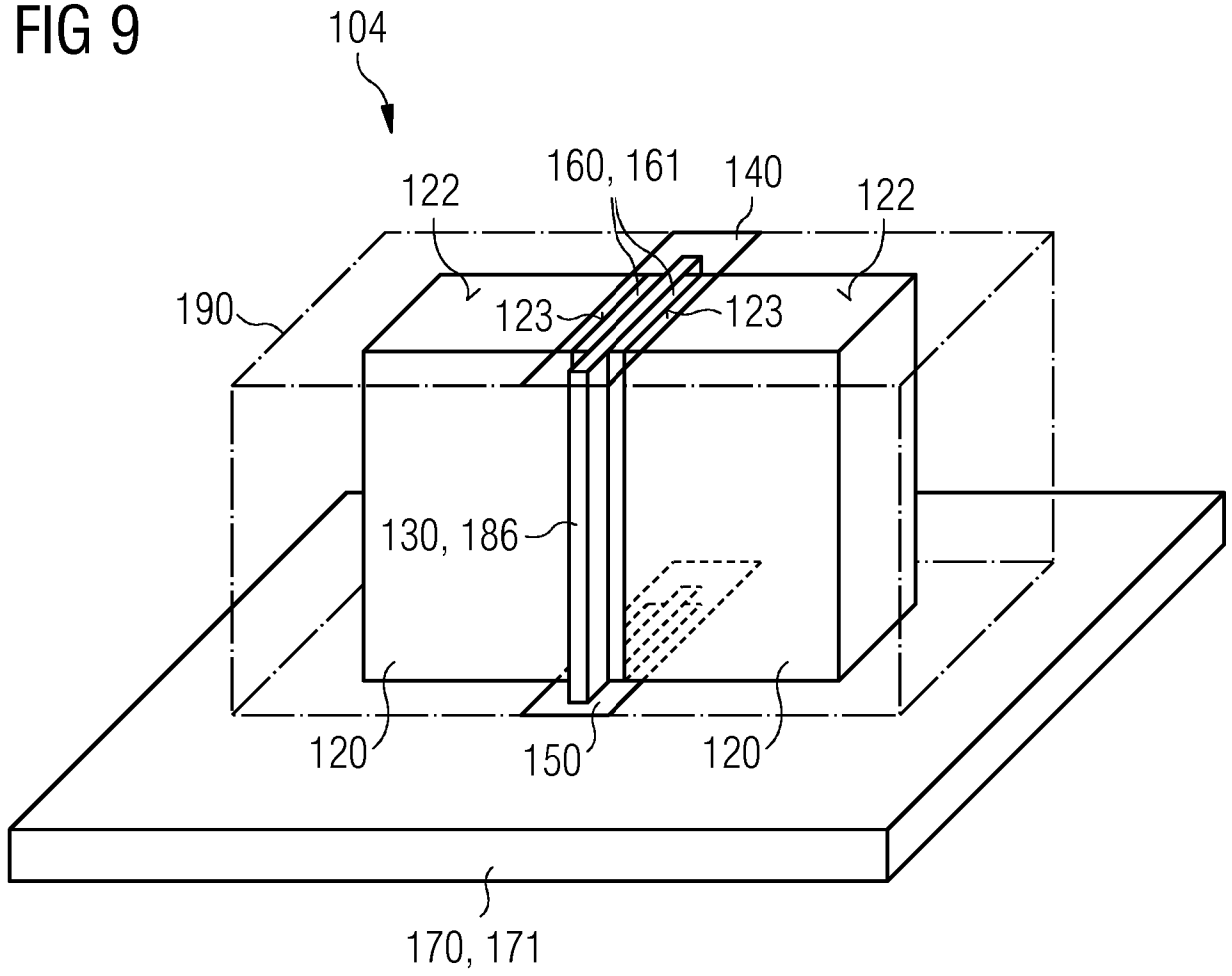


FIG 10

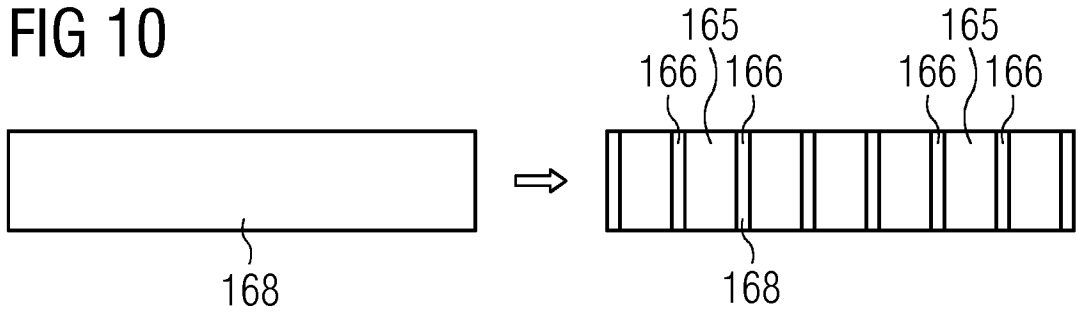


FIG 11

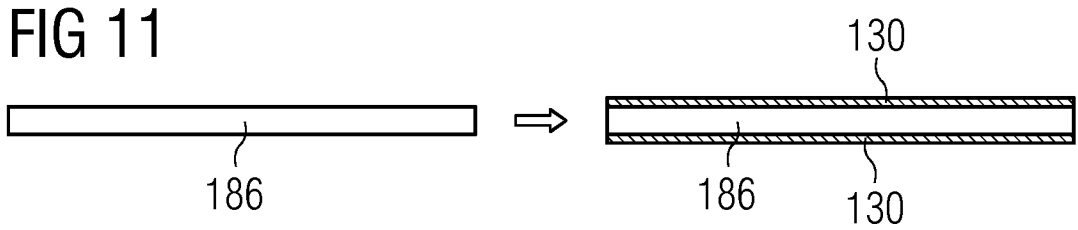


FIG 12

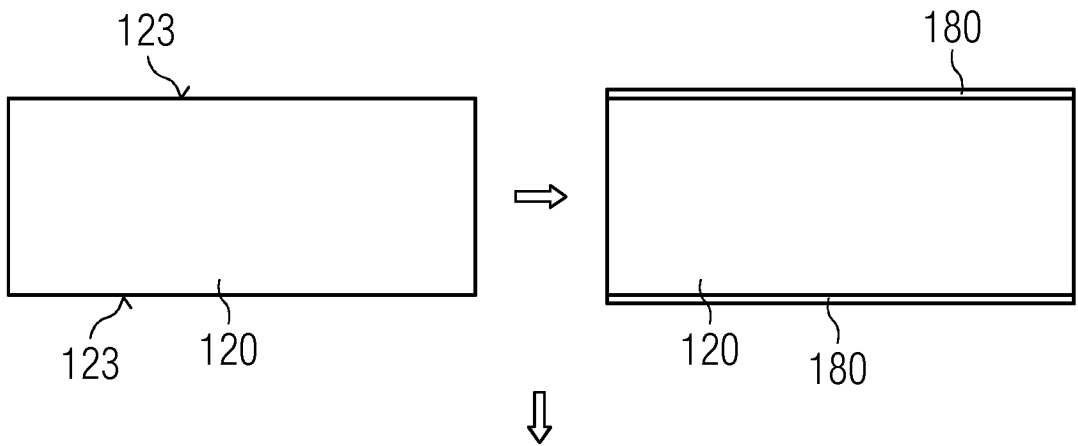


FIG 13

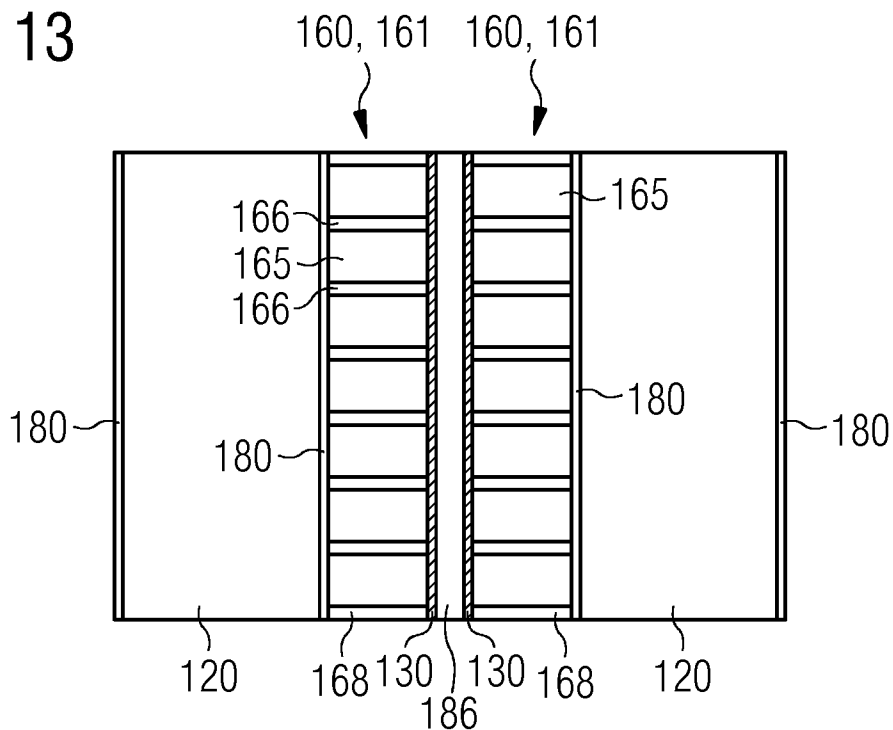


FIG 14

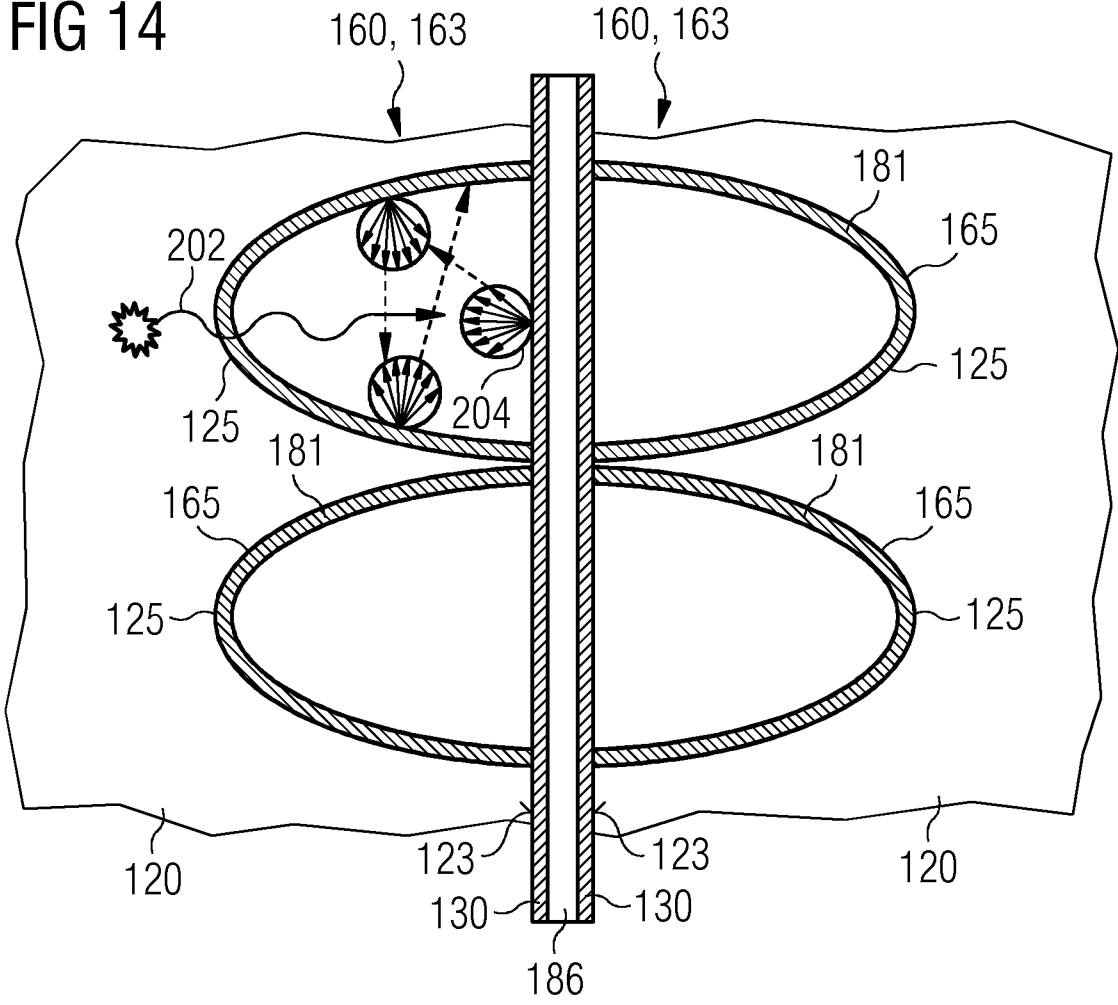


FIG 15

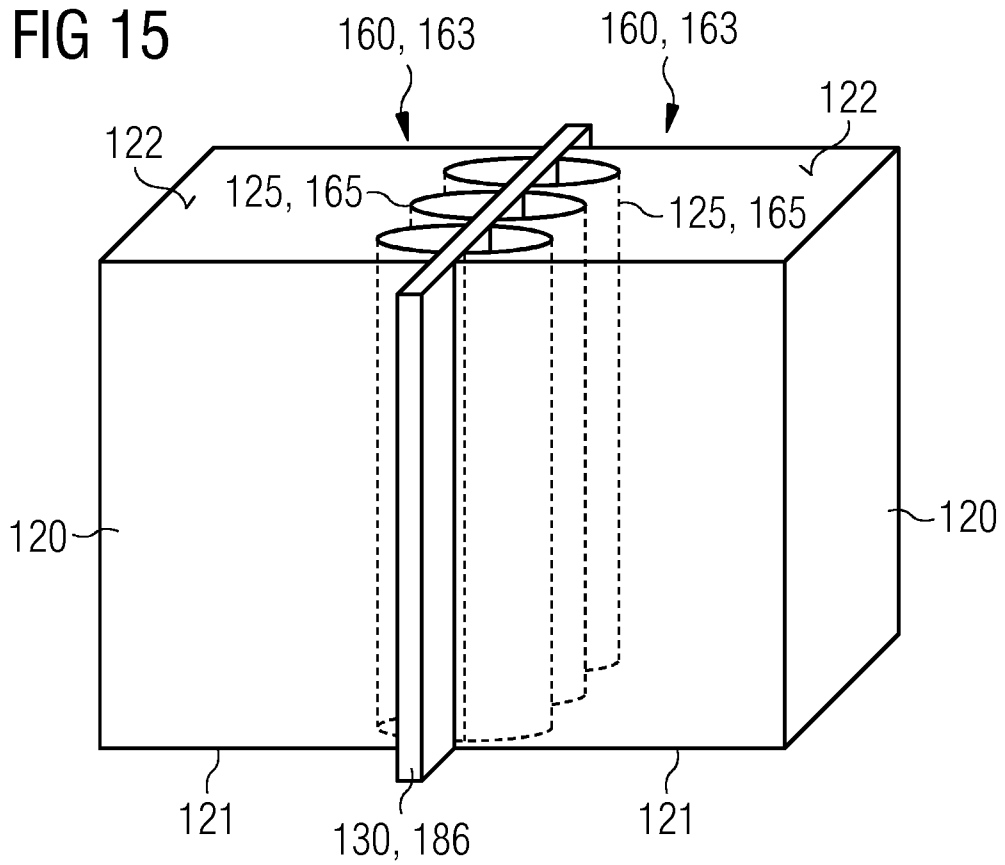


FIG 16

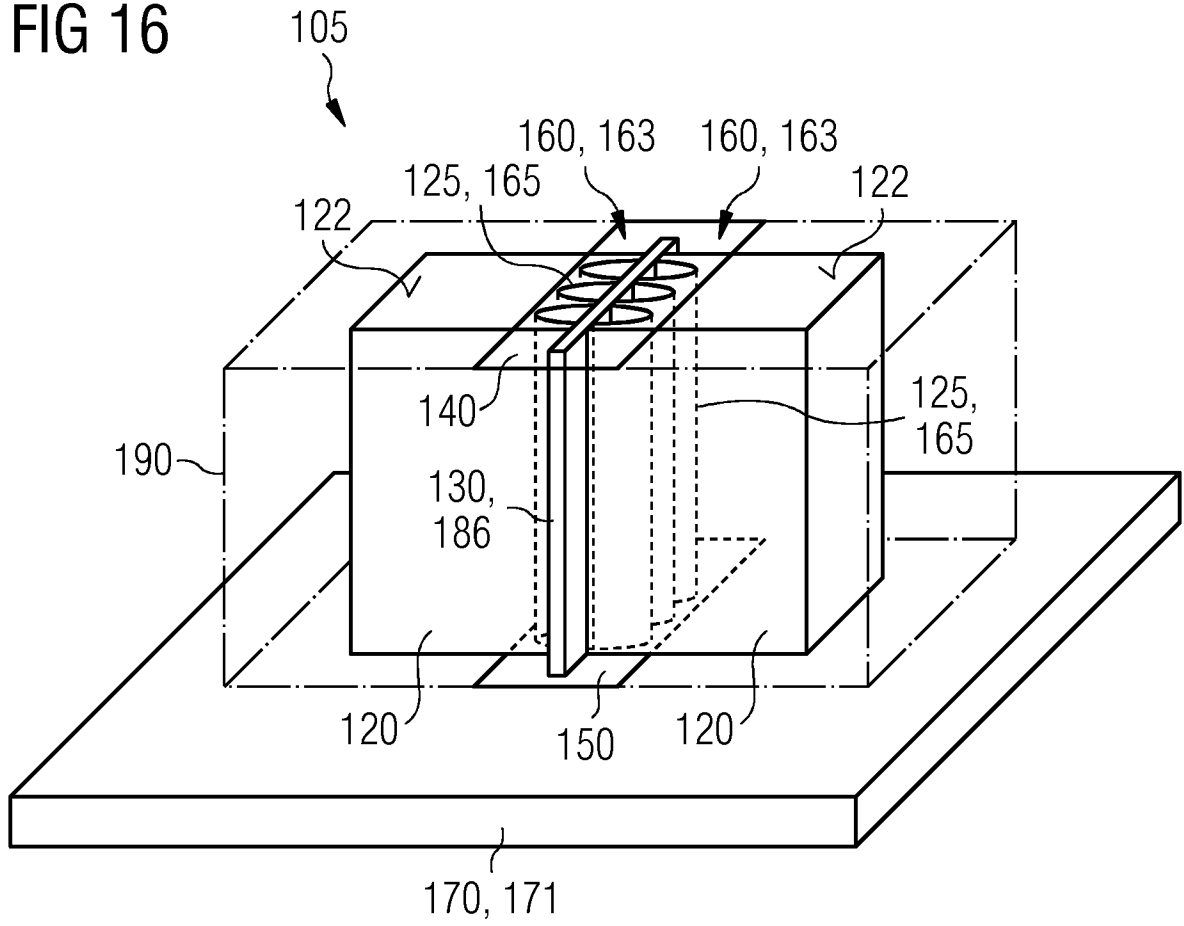


FIG 17

