



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2004 026 842 B4 2007.12.27**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 026 842.8**

(22) Anmeldetag: **02.06.2004**

(43) Offenlegungstag: **05.01.2006**

(45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **27.12.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01T 1/20 (2006.01)**  
**G01T 1/29 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:

**Hoheisel, Martin, Dr., 91056 Erlangen, DE; Schild, Markus, Dr., 91074 Herzogenaurach, DE; Spahn, Martin, Dr., 91054 Erlangen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

**DE 100 48 810 C2**

**DE 198 59 995 A1**

**DE 102 44 177 A1**

**DE 102 24 227 A1**

**DE 689 05 851 T2**

**GB 23 50 767 A**

**GB 20 10 891 A**

**US 65 34 771 B1**

**EP 05 34 683 A2**

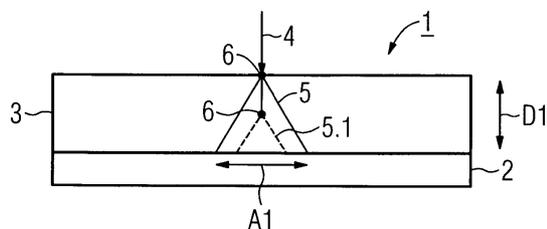
**EP 02 19 648 B1**

**WO 00/43 810 A1**

**WO 00/25 151 A1**

(54) Bezeichnung: **Röntgendetektor**

(57) Hauptanspruch: Röntgendetektor (1.3-1.6) mit einem Sensor (2.1-2.6) zur Detektion von aus einer Röntgenstrahlung (4) erzeugtem Licht und mit einem in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung (4) an dem Sensor (2.1-2.6) angeordneten Szintillator (3.3-3.11) zur Umwandlung der Röntgenstrahlung (4) in Licht, wobei der Sensor (2.1-2.6) weitgehend röntgentransparent ist, in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung (4) beidseitig jeweils lichtsensitiv ist sowie in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung (4) auf den Sensor (2.1-2.6) beidseitig jeweils ein Szintillator (3.3-3.11) zur Umwandlung der Röntgenstrahlung (4) in Licht direkt schichtartig aufgetragen ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Röntgendetektor mit einem Sensor zur Detektion von aus einer Röntgenstrahlung erzeugtem Licht und mit einem in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung an dem Sensor angeordneten Szintillator zur Umwandlung der Röntgenstrahlung in Licht; ein derartiger Röntgendetektor ist beispielsweise aus der DE 102 24 227 A1 bekannt.

**[0002]** In der Röntgendiagnostik wird durch Szintillatoren die Röntgenstrahlung üblicherweise in Licht, vorzugsweise in sichtbares oder nahe dem sichtbaren Spektralbereich liegendes Licht, umgewandelt. Ein Sensor registriert die entstehende Lichtmenge und setzt sie in eine Abbildung um. Szintillatoren werden unter anderem für Flachdetektoren, Röntgenbildverstärker und Röntgenfilm-Foliensysteme eingesetzt. Die Güte eines Szintillators ist vor allem durch die Höhe der Lichtausbeute und durch die Ortsauflösung bestimmt. Die Lichtausbeute hängt im wesentlichen von der Dicke des Szintillators ab. Die Ortsauflösung ist – wie in [Fig. 1](#) anhand eines als pulverförmige Schicht gebildeten Szintillators gezeigt – durch die von einem Lichtkegel nach dem Durchlauf des Lichts durch den Szintillator erzeugte Lichtfläche A1 bestimmt, wobei der Lichtkegel aus einem durch einen auftreffenden Röntgenstrahl erzeugten Lichtpunkt entsteht.

**[0003]** Je größer die Dicke D1 des Szintillators in einem für die Anwendung vorgesehenen Bereich ist, desto höher ist die Lichtausbeute, desto niedriger aber die Ortsauflösung wegen der mit der Dicke des Szintillators breiter werdenden Lichtfläche A1. Im Gegensatz dazu verschlechtert sich bei geringeren Dicken D1 die Lichtausbeute, aber die Ortsauflösung steigt wegen der nunmehr geringeren Lichtfläche A1.

**[0004]** Zur Verkleinerung des Lichtkegels und damit der Lichtfläche A2 sowie der Verbesserung der Ortsauflösung ist zum Beispiel aus der DE 198 59 995 A1 und der EP 0 534 683 A2 die Verwendung von aus Segmenten gebildeten Szintillatoren – wie in [Fig. 2](#) gezeigt – derart bekannt, dass durch Lichtreflexion an den Innenseiten der Segmente die maximale Lichtfläche A1 auf die Austrittsfläche zwischen den gegenüberliegenden Innenseiten der Segmente begrenzt ist. Als segmentierte Szintillatoren werden zum Beispiel nadelförmig aufdampfbare Schichten wie mit Thallium dotiertes Cäsiumiodid verwendet. Eine andere Möglichkeit besteht darin, aus vielen diskreten Einzelsegmenten zusammengesetzte Szintillatoren einzusetzen.

**[0005]** Aus der DE 689 05 851 T2 ist ein Bildsensor bekannt, der eine photoempfindliche Matrix auf einem Substrat aufweist, wobei neben einer ersten Szintillatorschicht oberhalb der photoempfindlichen

Matrix auch unterhalb des Substrats eine weitere Szintillatorschicht angeordnet ist. Die Szintillatorschichten bestehen aus unterschiedlichen Materialien und sind bei der Umwandlung von Röntgenstrahlung in Licht auf unterschiedliche Energiespektren ausgelegt. Aus der GB 2 350 767 A ist ein CCD-Detektor bekannt, der neben einem auf der Vorderseite eines CCD-Sensors angeordneten Szintillator auf der Rückseite des den CCD-Sensor tragenden, gedünnten Substrats einen weiteren Szintillator aufweist.

**[0006]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, mit einfachen Mitteln einen Röntgendetektor mit erhöhter Lichtausbeute und/oder verbesserter Ortsauflösung zu erzielen.

**[0007]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Röntgendetektor gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst; vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind jeweils Gegenstand der Unteransprüche.

**[0008]** Der erfindungsgemäße Röntgendetektor bietet durch die doppelte Szintillatorschicht, die beidseitig eines röntgentransparenten und beidseitig lichtsensitiven Sensors direkt schichtartig aufgetragen ist, den Vorteil einer erhöhten Lichtausbeute und/oder verbesserten Ortsauflösung und damit einer verbesserten Abbildung im Vergleich zu einseitig des Sensors angebrachten Szintillatoren.

**[0009]** Wird ausgehend von einem Röntgendetektor mit nur auf einer Seite des Sensors aufgetragenem Szintillator und einer definierten Schichtdicke D1 erfindungsgemäß übergegangen auf einen Sensor mit jeweils beidseitig direkt schichtartig aufgetragenem Szintillator der jeweils nur halben Schichtdicke D2, so ist bei gleicher Lichtausbeute eine deutlich verbesserte Ortsauflösung erzielbar. Bei beidseitig direkt schichtartig angebrachten Szintillatoren jeweils der ganzen Dicke D1 des einzelnen einseitigen Szintillators ist bei gleicher Ortsauflösung eine höhere Lichtausbeute erreichbar.

**[0010]** Auf für eine Kostenersparnis zweckmäßige Weise sind jeweils als pulverförmige Schichten auf den Sensor aufgebrachte Szintillatoren vorgesehen. Unter Verwendung dieser pulverförmigen Szintillatoren kann mit der beidseitigen Schicht bei deutlich sparsamerer Herstellung eine vergleichbare Lichtausbeute und Ortsauflösung wie bei einseitig aus Segmenten gebildeten Szintillatoren gleicher Gesamtschichtdicke erzielt werden.

**[0011]** Materialien, zum Beispiel Keramiken, mit für die Umwandlung von Röntgenstrahlung in Licht neuartig verbesserten Eigenschaften, wie zum Beispiel geringes Nachleuchten, lassen sich für eine erfindungsgemäße, mit im Vergleich zu einer entsprechenden segmentierten Schicht wesentlich geringeren Kosten herstellbare pulverförmige Schicht nut-

zen, da sie durch die zweiseitige Anbringung eine ausreichend hohe Ortsauflösung und Lichtausbeute bieten.

**[0012]** Zweckmäßigerweise ist ein durch eine organische Photodiode gebildeter Sensor vorgesehen.

**[0013]** Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen gemäß Merkmalen der Unteransprüche werden im Folgenden anhand schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele in der Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

**[0014]** [Fig. 1](#) in Seitenansicht einen Röntgendetektor mit einem Sensor und einer einseitigen pulverförmigen Szintillatorschicht nach dem Stand der Technik;

**[0015]** [Fig. 2](#) in Seitenansicht einen Röntgendetektor mit einem Sensor und einer einseitigen segmentierten Szintillatorschicht nach dem Stand der Technik;

**[0016]** [Fig. 3](#) in Seitenansicht einen Röntgendetektor mit einem Sensor und einer einseitigen nadelförmigen Szintillatorschicht nach dem Stand der Technik;

**[0017]** [Fig. 4](#) in Seitenansicht einen erfindungsgemäßen Röntgendetektor mit einem Sensor und jeweils beidseitiger pulverförmiger Szintillatorschicht;

**[0018]** [Fig. 5](#) den Röntgensdetektor gemäß [Fig. 4](#) mit jeweils beidseitiger Szintillatorschicht geringerer Dicke;

**[0019]** [Fig. 6](#) in Seitenansicht einen erfindungsgemäßen Röntgendetektor mit einem Sensor und jeweils beidseitiger nadelförmiger Szintillatorschicht;

**[0020]** [Fig. 7](#) in Seitenansicht einen erfindungsgemäßen Röntgendetektor mit mehreren hintereinander angeordneten Szintillator-Sensor-Baueinheiten.

**[0021]** [Fig. 1](#) zeigt einen bekannten Röntgendetektor **1** mit einem einseitigen als pulverförmige Schicht ausgebildeten Szintillator **3** der Dicke  $D_1$  zur Umwandlung von Röntgenstrahlung **4** in Licht und mit einem Sensor **2** zur Detektion des Lichtes. An Wechselwirkungspunkten **6** der Röntgenstrahlung **4** mit dem Szintillator **3** entsteht das Licht und breitet sich auf dem Weg durch den Szintillator in Form von Lichtkegeln **5**; **5.1** aus. Das Licht in Form von Lichtkegeln **5**; **5.1** trifft auf der einen Seite des Sensors auf. Der maximale Lichtkegel **5** trifft in einer Ausdehnung der Fläche **A1** auf und bestimmt dadurch die Ortsauflösung.

**[0022]** [Fig. 2](#) zeigt einen ebenfalls bekannten Röntgendetektor **1.1**, der gegenüber dem bekannten

Röntgendetektor **1** mit pulverförmiger Schicht gemäß [Fig. 1](#) dahingehend verbessert ist, dass der Szintillator **3.1** aus einer segmentierten Schicht zum Beispiel mit diskreten Einzelsegmenten der Dicke  $D_1$  besteht.

**[0023]** Dies ergibt eine bessere Ortsauflösung, da das Licht **5.2** nach seiner Umwandlung aus der Röntgenstrahlung **4** durch Reflexion an den Innenseiten der Segmente derart lokalisiert wird, dass die Fläche des Lichtkegels **A2** die Fläche eines Einzelsegmentes nicht überschreitet und somit trotz gleicher Szintillatordicke  $D_1$  eine wesentlich geringere Fläche einnimmt.

**[0024]** [Fig. 3](#) zeigt einen weiteren Röntgendetektor **1.2** aus dem Stand der Technik mit einem Sensor **2**, bei dem im Unterschied zur pulverförmigen Schicht und zur aus diskreten Einzelsegmenten zusammengesetzten Schicht der Szintillator **3.2** aus einer nadelförmig aufgedampften Schicht der Dicke  $D_1$  gebildet ist. Die Schicht kann aus einem nadelförmig aufwachsenden Kristall wie zum Beispiel  $\text{CsI(Tl)}$  bestehen.

**[0025]** [Fig. 4](#) zeigt einen erfindungsgemäßen Röntgendetektor **1.3** mit in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung auf beiden Seiten eines röntgentransparenten Sensors **2.1** angebrachten Szintillatoren **3.3** und **3.4** jeweils der in [Fig. 1](#) für einen einseitigen Szintillator angenommenen Dicke  $D_1$ . In vorteilhafter Weise sind jeweils als pulverförmige Schichten auf den Sensor **2.1** aufgebrachte Szintillatoren **3.3** und **3.4** vorgesehen. Die Röntgenstrahlung **4** wird durch die Szintillatoren **3.3** und **3.4** in Licht umgewandelt, wobei lediglich der maximale Lichtkegel **5** gezeigt ist. Im Vergleich zu einem aus dem Stand der Technik bekannten Röntgendetektor **1** mit einem einseitigen Szintillator **3** der Dicke  $D_1$  ([Fig. 1](#)) erzielt der erfindungsgemäße Röntgendetektor **1.3** auf Grund der Szintillatorgesamtdicke  $D_1 + D_1$  eine entsprechend höhere Lichtausbeute bei gleichguter Ortsauflösung, da die von dem Licht erzeugte Fläche **A1** unverändert bleibt. Für die Szintillatoren **3.3** und **3.4** können auch unterschiedliche Schichtdicken vorgesehen sein.

**[0026]** [Fig. 5](#) zeigt einen grundsätzlich in gleicher Weise wie in [Fig. 4](#) aufgebauten erfindungsgemäßen Röntgendetektor **1.4** mit einem Sensor **2.2** und beidseitig auf den Sensor aufgebrachten pulverförmigen Szintillatoren **3.5** und **3.6** mit gegenüber [Fig. 4](#) um die Hälfte reduzierter Dicke  $D_2$ . Bei unveränderter Lichtausbeute ergibt sich nunmehr eine wesentliche Verbesserung der Auflösung, da die vom Lichtkegel **5.3** abgedeckte Fläche **A3** wesentlich kleiner ist. Die Szintillatoren **3.5** und **3.6** können unterschiedlich dick sein.

**[0027]** [Fig. 6](#) zeigt einen weiteren erfindungsgemäßen Röntgendetektor **1.5** mit einem röntgentransparenten und beidseitig lichtempfindlichen Sensor **2.3**,

bei dem anstelle einer pulverförmigen Schicht beidseitig jeweils ein in vorteilhafter Weise aus in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung orientierten Nadeln gebildeter Szintillator **3.7** und **3.8** vorgesehen ist.

**[0028]** **Fig. 7** zeigt einen weiteren erfindungsgemäßen Röntgendetektor **1.6** mit drei Szintillator-Sensor-Baueinheiten **3.9; 2.4; 3.10; 2.5; 3.11; 2.6**. In vorteilhafter Weise ist dabei der Sensor **2.5; 2.6** zumindest einer Baueinheit, im gezeigten Fall zweier Baueinheiten **3.10; 2.5; 3.11; 2.6**, weitgehend röntgentransparent und in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung **4** beidseitig jeweils lichtsensitiv sowie mit je einem Szintillator **3.9; 3.10; 3.11** versehen, wobei jeweils der Szintillator **3.9; 3.10** einer ersten Baueinheit **3.9; 2.4; 3.10; 2.5** nicht nur deren Sensor **2.4; 2.5** sondern auch dem Sensor **2.5; 2.6** der nächstfolgenden Baueinheit **3.10; 2.5; 3.11; 2.6** zugeordnet ist. Die verschiedenen Szintillator-Sensor-Baueinheiten **3.9; 2.4; 3.10; 2.5; 3.11; 2.6** können unterschiedlich dick sein.

**[0029]** In für eine aufwandsarme Herstellung zweckmäßiger Weise werden die Szintillatoren als jeweils auf den Sensor aufgedampfte Schicht gebildet. Der röntgentransparente und beidseitig licht-sensitive Sensor besitzt vorzugsweise eine Dicke im  $\mu\text{m}$ -Bereich. Er ist in vorteilhafter Weise durch eine organische Photodiode gebildet. Es können auch Sensoren aus anderen Materialien vorgesehen sein.

**[0030]** Eine weitere vorteilhafte Ausführung der Erfindung sieht beidseitig einen jeweils aus in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung orientierten Segmenten gebildeten Szintillator vor. Zweckmäßigerweise sind die Szintillatoren aus diskreten Einzelsegmenten gebildet. Es können auch Szintillatoren aus auf beiden Seiten voneinander verschiedenen Materialien und mit auf beiden Seiten voneinander verschiedenen Dicken verwendet werden.

**[0031]** Die Erfindung lässt sich wie folgt kurz zusammenfassen: Zur Verbesserung der Ortsauflösung und Erhöhung der Lichtausbeute ist bei einem Röntgendetektor mit einem Sensor zur Detektion von aus einer Röntgenstrahlung erzeugtem Licht der Sensor weitgehend röntgentransparent und in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung beidseitig jeweils lichtsensitiv sowie mit einem Szintillator zur Umwandlung der Röntgenstrahlung in Licht versehen.

### Patentansprüche

1. Röntgendetektor (**1.3-1.6**) mit einem Sensor (**2.1-2.6**) zur Detektion von aus einer Röntgenstrahlung (**4**) erzeugtem Licht und mit einem in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung (**4**) an dem Sensor (**2.1-2.6**) angeordneten Szintillator (**3.3-3.11**) zur Umwandlung der Röntgenstrahlung (**4**) in Licht, wobei der Sensor (**2.1-2.6**) weitgehend röntgentransparent

ist, in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung (**4**) beidseitig jeweils lichtsensitiv ist sowie in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung (**4**) auf den Sensor (**2.1-2.6**) beidseitig jeweils ein Szintillator (**3.3-3.11**) zur Umwandlung der Röntgenstrahlung (**4**) in Licht direkt schichtartig aufgetragen ist.

2. Röntgendetektor (**1.3-1.6**) nach Anspruch 1, der einen jeweils als pulverförmige Schicht auf den Sensor (**2.1-2.6**) aufgebrachten Szintillator (**3.3-3.6; 3.9-3.11**) aufweist.

3. Röntgendetektor (**1.3-1.6**) nach Anspruch 1, der einen jeweils als auf den Sensor (**2.1-2.6**) aufgedampfte Schicht gebildeten Szintillator (**3.3-3.11**) aufweist.

4. Röntgendetektor (**1.3-1.6**) nach Anspruch 1, der einen jeweils aus in der Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung (**4**) orientierten Segmenten gebildeten Szintillator (**3.7; 3.8**) aufweist.

5. Röntgendetektor (**1.3-1.6**) nach einem der Ansprüche 3 oder 4, der einen jeweils aus in der Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung orientierten Nadeln gebildeten Szintillator (**3.7; 3.8**) aufweist.

6. Röntgendetektor (**1.3-1.6**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, der einen durch eine organische Photodiode gebildeten Sensor (**2.1-2.6**) aufweist.

7. Röntgendetektor (**1.6**) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 mit mehreren in Sandwichbauweise hintereinander angeordneten Szintillator-Sensor-Baueinheiten (**3.9; 2.4; 3.10; 2.5; 3.11; 2.6**), wobei der Sensor (**2.5; 2.6**) zumindest einer Baueinheit (**3.10; 2.5; 3.11; 2.6**) weitgehend röntgentransparent und in Auftreffrichtung der Röntgenstrahlung (**4**) beidseitig jeweils lichtsensitiv sowie mit je einem Szintillator (**3.9-3.11**) versehen ist, wobei jeweils der Szintillator (**3.9**) einer ersten Baueinheit (**3.9; 2.4**) nicht nur deren Sensor (**2.4; 2.5**) sondern auch dem Sensor (**2.5; 2.6**) der nächstfolgenden Baueinheit (**3.10; 2.5; 3.11; 2.6**) zugeordnet ist.

8. Medizinische Anlage mit einem Röntgendetektor (**1.3-1.6**) nach einem der Ansprüche 1–7.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

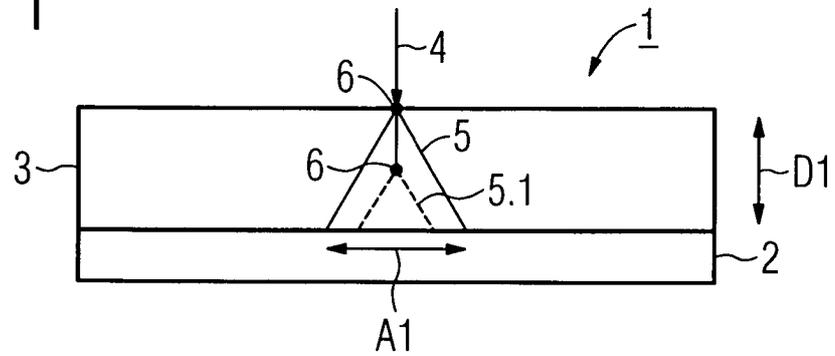


FIG 2

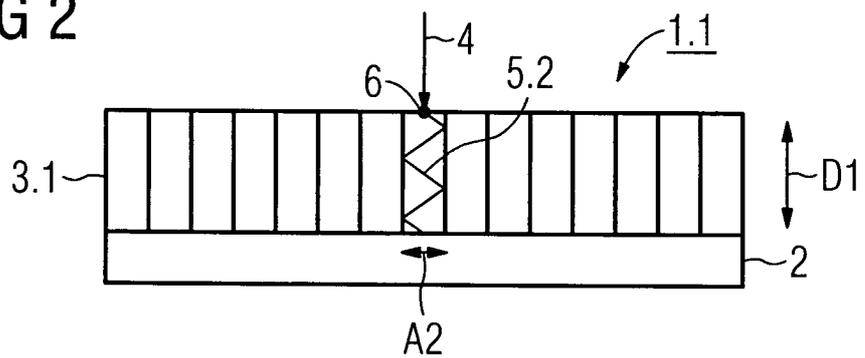


FIG 3

