PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

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

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 98/59260**
G01T 1/20, 7/00	**A2**	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 30. Dezember 1998 (30.12.98)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/03813

(22) Internationales Anmeldedatum: 22. Juni 1998 (22.06.98)

(30) Prioritätsdaten:

197 26 884.6	24. Juni 1997 (24.06.97)	DE
198 25 610.8	8. Juni 1998 (08.06.98)	DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: FRAUNHOFER–GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D–80636 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: SCHMITT, Peter [DE/DE]; Vogelherd 60, D–91058 Erlangen (DE). HANKE, Randolf [DE/DE]; Junkersstrasse 14, D–90766 Fürth (DE). BAUER, Norbert [DE/DE]; Volckamerstrasse 14, D–91058 Erlangen (DE). MAISL, Michael [DE/DE]; Beethovenstrasse 2–4, D–66132 Saarbrücken (DE).

(74) Anwalt: SCHOPPE, Fritz; Schoppe & Zimmermann, Postfach 71 08 67, D–81458 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

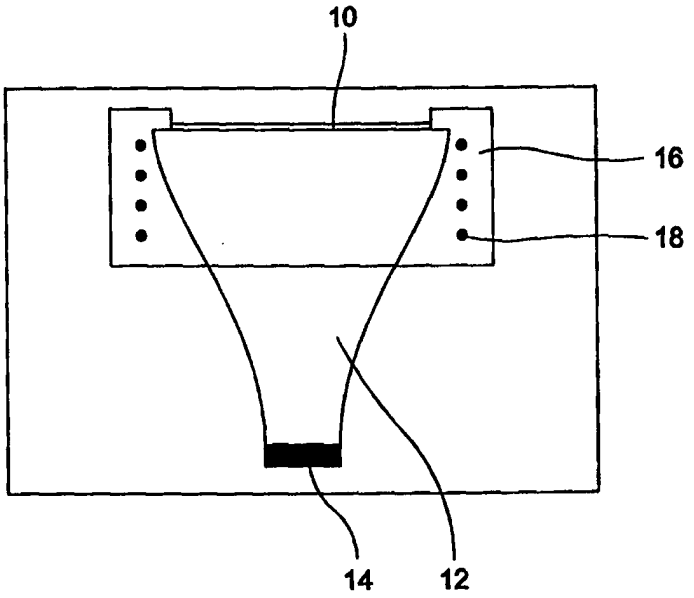
Veröffentlicht
Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

(54) Title: FIBRE OPTIC X–RAY CAMERA

(54) Bezeichnung: FIBEROPTISCHE RÖNTGENKAMERA

(57) Abstract

The invention relates to a device for detecting x–radiation, comprising a scintillator (10) for converting the x–radiation incident upon the same into light, a detecting device (14) for detecting the light produced by said scintillator (10), and a fibre optic system (12) for feeding the light produced by the scintillator (10) to said detecting device (14). The inventive device for detecting x–radiation also has a heating device (18) for heating at least one section of the fibre optic system (12) to a predetermined temperature during the x–radiation process.



(57) Zusammenfassung

Eine Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung umfaßt einen Szintillator (10) zum Umwandeln einer auf denselben einfallenden Röntgenstrahlung in Licht, eine Erfassungseinrichtung (14) zur Erfassung des durch den Szintillator (10) erzeugten Lichts und eine Fiberoptik (12) zum Zuführen des durch den Szintillator (10) erzeugten Lichts zu der Erfassungseinrichtung (14). Die Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung weist ferner eine Heizeinrichtung (18) zum Erwärmen zumindest eines Abschnitts der Fiberoptik (12) auf eine vordefinierte Temperatur während des Erfassens der Röntgenstrahlung auf.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	**ES**	Spanien	**LS**	Lesotho	**SI**	Slowenien
AM	Armenien	**FI**	Finnland	**LT**	Litauen	**SK**	Slowakei
AT	Österreich	**FR**	Frankreich	**LU**	Luxemburg	**SN**	Senegal
AU	Australien	**GA**	Gabun	**LV**	Lettland	**SZ**	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MC**	Monaco	**TD**	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	**GE**	Georgien	**MD**	Republik Moldau	**TG**	Togo
BB	Barbados	**GH**	Ghana	**MG**	Madagaskar	**TJ**	Tadschikistan
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**MK**	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	**TM**	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland			**TR**	Türkei
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**ML**	Mali	**TT**	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	**IE**	Irland	**MN**	Mongolei	**UA**	Ukraine
BR	Brasilien	**IL**	Israel	**MR**	Mauretanien	**UG**	Uganda
BY	Belarus	**IS**	Island	**MW**	Malawi	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	**IT**	Italien	**MX**	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	**JP**	Japan	**NE**	Niger	**UZ**	Usbekistan
CG	Kongo	**KE**	Kenia	**NL**	Niederlande	**VN**	Vietnam
CH	Schweiz	**KG**	Kirgisistan	**NO**	Norwegen	**YU**	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**NZ**	Neuseeland	**ZW**	Zimbabwe
CM	Kamerun			**PL**	Polen		
CN	China	**KR**	Republik Korea	**PT**	Portugal		
CU	Kuba	**KZ**	Kasachstan	**RO**	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	**LC**	St. Lucia	**RU**	Russische Föderation		
DE	Deutschland	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Sudan		
DK	Dänemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Schweden		
EE	Estland	**LR**	Liberia	**SG**	Singapur		

Fiberoptische Röntgenkamera

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die industrielle und medizinische Radioskopie (Röntgeninspektion) und insbesondere auf eine fiberoptische Röntgenkamera, die aufgrund ihres Aufbaus für den Einsatz unter einer hohen Strahlenbelastung geeignet ist. Diese Eigenschaft ist für viele industrielle Anwendungen von Bedeutung, bei denen herkömmliche Röntgenkameras keine ausreichende Standzeit aufweisen.

In Fig. 2 ist eine typische fiberoptische Röntgenkamera dargestellt, die aus einer Szintillatorvorrichtung 20, einer Fiberoptik 22 und einem Halbleitersensor 24 aufgebaut ist. Der Halbleitersensor 24 besteht im allgemeinen aus CCD-Sensoren oder Photodiodenarrays. Die Szintillatorvorrichtung 20 wandelt eine auf die Röntgenkamera treffende Röntgenstrahlung 26, die beispielsweise ein zu untersuchendes Objekt 28 passiert hat, in sichtbares Licht um, woraufhin die Fiberoptik 22 das in der Szintillatorvorrichtung 20 entstehende Licht auf den Sensor 24 führt, der für die ortsauflösende Erfassung des Lichtes sorgt. Die Fiberoptik 22 ersetzt hierbei eine herkömmliche Linsenoptik, da die Fiberoptik 22 gegenüber einer herkömmlichen Linsenoptik einen wesentlich geringeren Lichtverlust aufweist, wodurch die Empfindlichkeit einer fiberoptischen Röntgenkamera wesentlich höher ist als diejenige einer mit einer Linsenoptik aufgebauten Kamera.

Fiberoptische Röntgenkameras können vorteilhaft bei allen Anwendungen eingesetzt werden, bei denen eine kompakte Bauweise oder eine hohe Ortsauflösung erforderlich ist. Die Fiberoptik 22 kann, wie es in Fig. 2 gezeigt ist, als sogenannter Taper ausgeführt sein, bei dem das Eingangsfenster auf ein kleineres Ausgangsfenster abgebildet ist.

Fiberoptische Röntgenkameras haben jedoch aufgrund ihrer relativ kurzen Lebensdauer bei hoher Strahlenbelastung für industrielle Anwendungen noch keine Bedeutung erlangt.

Der Grund für die geringe Lebensdauer dieses Kameratyps unter hoher Strahlenbelastung liegt darin, daß die Röntgenstrahlung 26 nur zum Teil von der Szintillatorvorrichtung 20 absorbiert wird. In dem Isolatormaterial, üblicherweise Glas, aus dem die Fiberoptik 22 hergestellt ist, werden Farbzentren erzeugt, wodurch sich die Fiberoptik 22 braun verfärbt und immer weniger Licht von der Szintillatorvorrichtung 20 den Halbleitersensor 24 erreicht. Bei einer Strahlendosis von typischerweise 100 kRad wird die Kamera unbrauchbar. Bei industriellen Anwendungen kann diese Dosis bereits innerhalb weniger Stunden oder Tage erreicht sein. Gemäß dem Stand der Technik war es notwendig, derart verschlechterte Fiberoptiken entweder auszutauschen oder während einer langen Betriebsunterbrechung auszuheizen.

Die US-A-5,594,253 offenbart eine hybride luminiszente Vorrichtung zum Umwandeln von ionisierender und durchdringender Energie, wie z. B. Röntgenstrahlen, Gamma-Strahlen, Neutronen, Ionen, Elektronen und dergleichen, in sichtbares Licht für Anzeigeanwendungen. Die hybride luminiszente Vorrichtung umfaßt einen Phosphorschirm, der auf einer Eintrittsoberfläche eines Fiberoptikszintillators angeordnet ist, der wiederum mit einer Kamera oder einem entsprechenden Aufzeichnungsmedium abnehmbar gekoppelt sein kann.

Die JP 9-90039 A offenbart einen fiberoptischen Strahlungssensor, der eine optische Faser verwendet, die durch Beschichten eines Kerns mit einer Ummantelungsschicht gebildet ist, und die Strahlungsdosis in der Umgebung der Faser mißt, indem der Lichtausbreitungsverlust der Faser erfaßt wird, der auftritt, wenn Defekte in dem Glas, aus dem die Faser gebildet ist, durch Gamma-Strahlen hervorgerufen werden, die in der Umgebung der Faser vorhanden sind. Ein Loch, das in der Längsrichtung der Faser verläuft, ist durch die Ummante-

lungsschicht der Faser gebildet, wobei ein Metalldraht, der Wärme erzeugt, wenn der Draht erregt wird, durch das Loch geführt ist, so daß die Defekte in dem Kern und dem Glas in der Nähe des Kerns wirksam ausgeheilt werden können, wenn der Draht erregt wird.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine fiberoptische Röntgenkamera zu schaffen, die eine verbesserte und dauerhafte Erfassung von Röntgenstrahlung ermöglicht.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur verbesserten und dauerhaften Erfassung von Röntgenstrahlung zu schaffen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch eine Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 1 und durch ein Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 12 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung, die einen Szintillator zum Umwandeln einer auf denselben einfallenden Röntgenstrahlung in Licht, eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung des durch den Szintillator erzeugten Lichts, und eine Fiberoptik zum Führen des durch den Szintillator erzeugten Lichts zu der Erfassungseinrichtung aufweist. Die Vorrichtung weist ferner eine Heizeinrichtung zum Erwärmen zumindest eines Abschnitts der Fiberoptik auf eine vordefinierte Temperatur während des Erfassens der Röntgenstrahlung auf.

Die vorliegende Erfindung schafft ferner ein Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung, das folgende Schritte aufweist; Umwandeln einer auf einen Szintillator einfallenden Röntgenstrahlung in Licht, Erfassen des durch den Szintillator erzeugten Lichts mittels einer Erfassungseinrichtung und Führen des durch den Szintillator erzeugten Lichts zu der Erfassungseinrichtung mittels einer Fiberoptik. Das Verfah-

ren weist ferner den Schritt des Erwärmens zumindest eines Abschnitts der Fiberoptik auf eine vordefinierte Temperatur während des Erfassens der Röntgenstrahlung mittels einer Heizeinrichtung auf.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die beschriebenen Probleme bei einem Einsatz einer fiberoptischen Röntgenkamera insbesondere unter einer hohen Strahlenbelastung beseitigt werden können, indem zumindest ein Teil der Fiberoptik während des Erfassens von Röntgenstrahlung auf eine vordefinierte Temperatur erwärmt wird, bei der eine Abbaurate v_{f-} von Farbzentren größer oder gleich der Erzeugungsrate v_{f+} von Farbzentren ist. Aufgrund dessen wird während des Betriebs der Röntgenkamera die Erzeugung von Farbzentren größtenteils vermieden, wodurch eine Verfärbung der Fiberoptik verhindert wird.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, daß ein Austauschen der Fiberoptik bzw. ein mit einer Betriebsunterbrechung verbundenes Ausheizen der Fiberoptik ganz entfällt oder zumindest erst nach einem erheblich längeren Betrieb als bisher erforderlich ist.

Ein weiterer Vorteil der nachfolgend beschriebenen Erfindung gegenüber dem Stand der Technik besteht darin, daß eine wesentlich verbesserte Standzeit der fiberoptischen Röntgenkamera unter erhöhter Strahlenbelastung ermöglicht ist. Die erhöhte Standzeit ermöglicht erstmals den Einsatz dieses Röntgenkameratyps unter industriellen Bedingungen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine verbesserte fiberoptische Röntgenkamera und ein verbessertes Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung geschaffen, um einen dauerhaften Betrieb der fiberoptischen Röntgenkamera auch unter einer erhöhten Strahlenbelastung zu ermöglichen, wobei eine mechanische Belastung oder eine ungleichmäßige Strahlungsresistenz der Fiberoptik aufgrund einer inhomogenen Temperaturverteilung in der Fiberoptik

vermieden wird. Hierbei ist die Erfassungseinrichtung räumlich getrennt von der Fiberoptik angeordnet und zwischen der Erfassungseinrichtung und der Fiberoptik ist eine optische Einrichtung vorgesehen, die das von der Fiberoptik austretende Licht auf die Erfassungseinrichtung richtet.

Während des Betriebs einer fiberoptischen Röntgenkamera, d. h. vor allem beim Heizen der Fiberoptik, ist ein direkt an die Fiberoptik gekoppelter Sensor aufgrund der starken Erwärmung der Fiberoptik einer hohen Temperatur ausgesetzt. Diese hohe Temperatur verursacht in dem Sensor ein hohes Dunkelsignal, was zu einer verschlechterten Bildqualität und einer geringeren Dynamik der Röntgenkamera führt.

Dieses Problem kann dadurch gelöst werden, daß die Fiberoptik auf der dem Sensor zugewandten Seite gekühlt wird. Ein Nachteil dieser Lösung besteht jedoch darin, daß aufgrund der sich ergebenden inhomogenen Temperaturverteilung in der Fiberoptik hohe mechanische Spannungen zu erwarten sind, die zur Bildung von Rissen und damit zu einer Beschädigung der Fiberoptik führen können.

Diese inhomogene Temperaturverteilung in der Fiberoptik hat einen weiteren Nachteil zur Folge, der darin besteht, daß bei einem ungünstigen Verhältnis Durchmesser/Länge der Fiberoptik die stark inhomogene Temperaturverteilung in der Fiberoptik außerdem eine ortsabhängige Variation der Strahlungsresistenz und damit eine unregelmäßige und bereichsweise Verfärbung der Fiberoptik verursacht.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die oben angesprochenen Probleme mit einer inhomogenen Temperaturverteilung, insbesondere bei einer hohen Strahlenbelastung, beseitigt werden können, indem die Erfassungseinrichtung (dem Sensor) räumlich getrennt von der Fiberoptik angeordnet ist, wobei das aus der Fiberoptik austretende Licht über eine optische Einrichtung zu dem Sensor geführt wird. Da die Fiberoptik über ihrer gesamten Länge gleichför-

mig erwärmt werden kann, wird eine homogene Temperaturverteilung in der Fiberoptik erreicht, ohne dabei die elektronischen Eigenschaften des Sensors zu beeinflussen, wobei ferner ein schnelleres Aufheizen der gesamten Fiberoptik ermöglicht wird. Außerdem wird durch die homogene Temperaturverteilung in der Fiberoptik das Auftreten von mechanischen Spannungen in dem Fiberoptikmaterial weitgehend vermieden, wodurch die mechanische Belastung der Fiberoptik und damit eine mögliche Beschädigung der Fiberoptik stark verringert wird.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer fiberoptischen Röntgenkamera gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 schematisch den Aufbau einer bekannten Röntgeninspektionsanlage mit einer fiberoptischen Röntgenkamera;

Fig. 3 schematisch den Aufbau einer fiberoptischen Röntgenkamera;

Fig. 4 schematisch den Aufbau einer fiberoptischen Röntgenkamera gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine Prinzipdarstellung einer fiberoptischen Röntgenkamera gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 6 eine Prinzipdarstellung einer fiberoptischen Röntgenkamera gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Anhand von Fig. 1 wird nun ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung näher beschrieben.

Ein Szintillator 10 ist an einem Ende einer Fiberoptik 12 angeordnet, während an dem anderen Ende der Fiberoptik 12 eine Erfassungseinrichtung 14 angeordnet ist. Die Fiberoptik 12 ist aus einem Bündel einer Vielzahl von Glasfasern aufgebaut. Um den Szintillator 10 und um zumindest einen Abschnitt der Fiberoptik 12 ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine Halterung 16 angeordnet. In der Halterung 16 sind mehrere Heizdrähte 18 vorgesehen, die während des Erfassens von Röntgenstrahlung mittels der fiberoptischen Röntgenkamera den benachbart zu dem Szintillator 10 angeordneten Teil der Fiberoptik 12 erwärmen.

Der Szintillator 10 kann beispielsweise entweder als Szintillatorschicht ausgebildet oder durch Dotieren der Endabschnitte, z. B. mit Erbium, in den einzelnen Faserenden der Fiberoptik 12 eingebacken sein.

Die beim unbeheizten Betrieb von Fiberoptiken auftretende strahlungsbedingte Verfärbung derselben kann durch mehrtägiges Heizen der Fiberoptik auf eine Temperatur im Bereich von 100°C bis 150°C größtenteils rückgängig gemacht werden.

Durch die Röntgenstrahlung, die durch den Szintillator in die Fiberoptik eindringt, werden Farbzentren mit einer Rate v_{f+}, die vom Strahlungsspektrum und von der Dosis abhängt, erzeugt. Die vorliegende Erfindung basiert nun darauf, daß diese erzeugten Farbzentren durch ein Heizen der Fiberoptik 12 während des Betriebs der Röntgenkamera abgebaut werden können. Dabei werden die Farbzentren bei einer Erwärmung der Fiberoptik 12 auf eine Temperatur T mit einer Rate von v_{f-} abgebaut.

Somit kann ein Abbau der erzeugten Farbzentren erreicht werden, indem die Fiberoptik 12 während des Betriebs der Rönt-

genkamera auf einer Temperatur T gehalten wird, bei der die Rate v_{f+} für die Erzeugung der Farbzentren kleiner oder gleich der Rate v_{f-} für den Abbau der Farbzentren ist. Die hierfür erforderliche Temperatur hängt naturgemäß vom Röntgenspektrum und von der Dosisleistung ab, die auf die Röntgenkamera gelangt. Bei derzeit typischerweise für industrielle Anwendungen verwendeten Spektren und Dosen zeigt sich eine Temperatur im Bereich von 100°C bis 150°C als ausreichend.

Da die Strahlenbelastung der Fiberoptik 12 durch Absorption der Röntgenstrahlung mit wachsender Materialdicke abnimmt, kann es ausreichend sein, die Fiberoptik 12 wie bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel nur auf der dem Szintillator 10 zugewandten Seite zu beheizen, während die der Erfassungseinrichtung 14, d. h. dem Sensor, zugewandte Seite beispielsweise auf Raumtemperatur gehalten wird. Alternativ kann anwendungsabhängig die gesamte Faseroptik beheizt werden, wobei ein Temperaturgradient von dem Szintillator zu dem Sensor verwendet werden kann.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Aufbau einer fiberoptischen Röntgenkamera erfolgt die Heizung der Fiberoptik 12 über isolierte Heizdrähte 18 einer beheizbaren Halterung 16, die eine elektrische Widerstandsheizung bilden, wobei nur der vordere Teil der Fiberoptik 12 beheizt wird, um eine zu starke Erwärmung der Erfassungseinrichtung 14 zu vermeiden. Diese Anordnung ist bei Anwendungen vorteilhaft, bei denen die Röntgenstrahlung eine Energie im Bereich von ca. 50 - 150 keV aufweist, da in diesem Fall die Eindringtiefe der Röntgenstrahlung in die Fiberoptik im Bereich von einigen Millimetern bis Zentimetern liegt. Sofern es erforderlich ist, kann die Erfassungseinrichtung rückseitig, z. B. durch einen Peltier-Kühlelement (nicht gezeigt), gekühlt werden. Dies kann beispielsweise bei Erfassungseinrichtungen mit einem mit der Temperatur stark zunehmenden Dunkelsignal notwendig sein, z. B. bei CCD-Sensoren.

Alternativ zu dem in Fig. 1 dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiel existiert eine Vielzahl von Möglichkeiten, die Fiberoptik zu heizen. Beispielsweise kann die Fiberoptik zum Teil oder vollständig in ein geheiztes Gehäuse eingebaut sein, wobei die Heizung der Fiberoptik dann ebenfalls durch eine Wärmeleitung hervorgerufen wird.

Darüberhinaus sind jedoch neben der Heizung durch Wärmeleitung weitere, sich davon unterscheidende Ausführungsformen für die Heizung der Fiberoptik realisierbar, die auf einer Konvektion oder einer Strahlung basieren.

Beispielsweise kann die Fiberoptik derart in einem Gehäuse angeordnet sein, daß um die Fiberoptik ein abgeschlossenes Luft- bzw. Gasvolumen entsteht. Die Heizung erfolgt dann durch Erwärmen der eingeschlossenen Luft, bzw. eines geeigneten Schutzgases, wobei die Heizung der Fiberoptik durch Konvektion hervorgerufen wird.

Die Vorderseite der Fiberoptik könnte ferner direkt mittels einer Strahlung, z. B. einer Infrarotstrahlung, aufgeheizt werden.

In Fig. 3 ist der schematische Aufbau einer fiberoptischen Röntgenkamera, wie sie oben bezugnehmend beschrieben wurde, mit einer geheizten Fiberoptik 12A und einer direkten Sensorkopplung zur Verdeutlichung nochmals vereinfacht dargestellt.

Im folgenden werden nun weitere bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Die beschriebenen Probleme, bzgl. der hohen mechanischen Spannungen in der Fiberoptik aufgrund einer stark inhomogenen Temperaturverteilung in der Fiberoptik bzw. einer inhomogenen Strahlungsresistenz der Fiberoptik, sind durch die direkte Kopplung der Fiberoptik an den Sensor bedingt. Bei der vorliegenden Erfindung wird dieses Problem dadurch ge-

löst, daß ein Sensor (eine Erfassungseinrichtung) 34 nicht direkt mit einer geheizten Fiberoptik 32A gekoppelt ist, sondern die Ausgangsseite der geheizten Fiberoptik 32A über eine Linsenoptik (ein Objektiv) 36 auf den Sensor 34 abgebildet wird. Eine solche Anordnung ist schematisch in Fig. 4 dargestellt. Diese Kopplungsanordnung hat zwar eine geringere Lichtempfindlichkeit der fiberoptischen Röntgenkamera zur Folge, bietet aber den Vorteil, daß die Fiberoptik homogen und schnell aufgeheizt werden kann.

Im folgenden wird nun anhand von Fig. 5 ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer geheizten fiberoptischen Röntgenkamera gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt.

Ein Szintillator 30 ist an einem Ende einer Fiberoptik 32 angeordnet, während an dem anderen Ende der Fiberoptik 32 räumlich getrennt von der Fiberoptik 32 eine Erfassungseinrichtung 34 angeordnet ist. Zwischen der Fiberoptik 32 und der Erfassungseinrichtung 34 ist eine optische Einrichtung 36 vorgesehen. Die Fiberoptik 32 ist aus einem Bündel einer Vielzahl von Glasfasern aufgebaut. Um den Szintillator 30 und im wesentlichen um die gesamte Fiberoptik 32 ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß der Zusatzanmeldung eine Halterung 38 angeordnet. In der Halterung 38 sind mehrere Heizdrähte 40 vorgesehen, die während des Erfassens von Röntgenstrahlung mittels der fiberoptischen Röntgenkamera die gesamte Fiberoptik 32 homogen erwärmen. Das aus der Fiberoptik 32 austretende Licht wird über die optische Einrichtung 36 auf die Erfassungseinrichtung 34 abgebildet.

Da die Erfassungseinrichtung 34 räumlich getrennt von der Fiberoptik 32 angeordnet ist, tritt keine gegenseitige störende thermische Beeinflussung zwischen der Erfassungseinrichtung 34 und der Fiberoptik 32 auf. Während des Betriebs der fiberoptischen Röntgenkamera kann die Fiberoptik 32 folglich über ihrer gesamten Länge beheizt werden, wodurch in der Fiberoptik 32 eine im wesentlichen homogene Temperaturverteilung erreicht wird. Aufgrund dieser homogenen Tem-

peraturverteilung werden in der Fiberoptik 32 hohe mechanische Spannungen vermieden, die zur Bildung von Rissen und damit zu einer Beschädigung der Fiberoptik führen können. Folglich kann das Aufheizen der Fiberoptik 32 wesentlich schneller als bei den im Stand der Technik beschriebenen Anordnungen erfolgen.

Aufgrund der erreichten sehr homogenen Temperaturverteilung in der Fiberoptik 32 ergibt sich außerdem eine gleichförmige Strahlungsresistenz der Fiberoptik 32. Diese gleichförmige Strahlungsresistenz bewirkt, daß die Abbaurate v_{f-} von Farbzentren, die größer oder gleich der Erzeugungsrate v_{f+} von Farbzentren in der Fiberoptik 32 ist, in dem gesamten Material der Fiberoptik 32 einen einheitlichen Wert annimmt, wodurch ein ungleichmäßiger Abbau von Farbzentren und damit eine mögliche ungleichmäßige Verfärbung bestimmter Bereiche der Fiberoptik 32 vermieden wird. Dadurch wird eine Beeinträchtigung der optischen Eigenschaften der Fiberoptik 32 während des Betriebs der fiberoptischen Röntgenkamera weitgehend verhindert.

In Fig. 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt.

Die Anordnung des Szintillators 30, der Fiberoptik 32, der Halterung 38 und des Heizdrahtes 40 ist entsprechend der bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 5 dargestellten Anordnung aufgebaut und wird folglich nicht nochmals erläutert.

Im Unterschied zu dem oben bezugnehmend auf Fig. 5 beschriebenen Ausführungsbeispiel ist nun zwischen der getrennt von der Fiberoptik 32 angeordneten Erfassungseinrichtung 34 und dem Objektiv 36 zusätzlich ein Umlenkspiegel 44 vorgesehen, über den das aus der Fiberoptik 32 austretende Licht zu der getrennt von der Fiberoptik 32 angeordneten Erfassungseinrichtung 34 geführt wird. Das Objektiv 36 kann jedoch auch an einer Position zwischen dem Umlenkspiegel 44 und der Erfassungseinrichtung 34 angeordnet sein (nicht dargestellt),

ohne daß die Funktionsweise der Anordnung verändert wird. Ferner ist zwischen der getrennt von der Fiberoptik 32 angeordneten Erfassungseinrichtung 34 und der Fiberoptik 32 eine Abschirmung 46 mit einer Öffnung 48 vorgesehen.

Da ein Teil der Röntgenstrahlung bei entsprechend hoher Energie der Röntgenstrahlung die Fiberoptik 32 durchdringen und auf die Erfassungseinrichtung 34 gelangen kann, ist entweder zwischen der Fiberoptik 34 und dem Objektiv 36 oder zwischen dem Objektiv 36 und der Erfassungseinrichtung 34 ein Umlenkspiegel 44 vorgesehen, so daß die Erfassungseinrichtung 34 außerhalb des direkten Röntgenstrahls angeordnet sein kann. Die Erfassungseinrichtung 34 kann zusätzlich durch eine entsprechende Blende bzw. Abschirmung 46, die beispielsweise aus Blei gebildet ist, vor der Röntgenstrahlung geschützt werden. Die Größe der Öffnung 48 in der Abschirmung 46 ist so gewählt, daß das aus der Fiberoptik 32 austretende Licht über das Objektiv 36, das sowohl vor als auch nach dem Umlenkspiegel 44 angeordnet sein kann, und über den Umlenkspiegel 44 ungehindert die Erfassungseinrichtung 34 erreichen kann.

Diese erfindungsgemäße Anordnung stellt sicher, daß die elektrischen Eigenschaften der Erfassungseinrichtung 34 nicht durch die die Fiberoptik 32 durchdringende Röntgenstrahlung beeinträchtigt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß mittels der vorliegenden erfindungsgemäßen fiberoptischen Röntgenkamera deutliche Verbesserungen der mechanischen, optischen und elektronischen Eigenschaften der Anordnung erreicht werden, wodurch die Standzeit dieses Röntgenkameratyps bei einem Einsatz unter industriellen Bedingungen erfindungsgemäß weiter erhöht wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung, mit folgenden Merkmalen:

einem Szintillator (10; 30) zum Umwandeln einer auf denselben einfallenden Röntgenstrahlung in Licht;

einer Erfassungseinrichtung (14; 34) zur Erfassung des durch den Szintillator (10; 30) erzeugten Lichts; und

einer Fiberoptik (12; 32) zum Führen des durch den Szintillator (10; 30) erzeugten Lichts zu der Erfassungseinrichtung (14; 34),

gekennzeichnet durch

eine Heizeinrichtung (18; 40) zum Erwärmen zumindest eines Abschnitts der Fiberoptik (12; 32) auf eine vordefinierte Temperatur während des Erfassens der Röntgenstrahlung.

2. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 1, bei der die vordefinierte Temperatur einer Temperatur entspricht, bei der eine Abbaurate (v_{f-}) von während des Empfangs der Röntgenstrahlung in der Fiberoptik (12; 32) erzeugten Farbzentren gleich oder größer ist als eine Erzeugungsrate (v_{f+}) der Farbzentren.

3. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die vordefinierte Temperatur zwischen 100°C und 150°C liegt.

4. Vorrichtung zur Erfassung der Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Heizeinrichtung

durch ein geheiztes Gehäuse gebildet ist, in das zumindest ein Teil der Fiberoptik (12; 32) gehäust ist.

5. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Heizeinrichtung durch eine beheizte ringförmige Halterung (16; 38) zum Halten der Fiberoptik (12; 32) gebildet ist.

6. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der zumindest ein Teil der Fiberoptik (12; 32) in einem abgeschlossenen Luftvolumen angeordnet ist, wobei die Fiberoptik (12; 32) durch eine Erwärmung der in dem Luftvolumen enthaltenen Luft erwärmt wird.

7. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Heizeinrichtung durch eine Strahlungseinrichtung zum Bestrahlen zumindest eines Teils der Fiberoptik (12; 32) gebildet ist.

8. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 7, bei der die Strahlungseinrichtung eine Infrarotstrahlungseinrichtung ist.

9. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der die Erfassungseinrichtung (14; 34) zur Erfassung des Lichts durch einen Halbleitersensor gebildet ist.

10. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 9, bei der der Halbleitersensor durch ein Halbleitersensorarray gebildet ist.

11. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der durch die Heizeinrichtung (18; 40) der zu dem Szintillator (10; 30) benachbarte Teil der Fiberoptik (12; 32) erwärmt wird.

12. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der die Erfassungseinrichtung (34) räumlich getrennt von der Fiberoptik (32; 32A) angeordnet ist und zwischen der Erfassungseinrichtung (34) und der Fiberoptik (32; 32A) eine optische Einrichtung vorgesehen ist, die das von der Fiberoptik (32; 32A) austretende Licht auf die Erfassungseinrichtung (34) richtet.

13. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, bei der die optische Einrichtung durch eine Linsenoptik (36) gebildet ist.

14. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 13, bei der die optische Einrichtung eine Lichtumlenkanordnung (44) aufweist, die entweder zwischen der Fiberoptik (32) und der Linsenoptik (36) oder zwischen der Linsenoptik (36) und der Erfassungseinrichtung (34) angeordnet ist.

15. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, bei der die optische Einrichtung eine Abschirmungsanordnung (46) zum Abschirmen der Erfassungseinrichtung (34) von einer direkten Röntgenbestrahlung aufweist.

16. Vorrichtung zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß den Ansprüchen 1 bis 15, bei der die Heizeinrichtung (40) zum Erwärmen der Fiberoptik (32; 32A) derart angeordnet ist, daß während des Erfassens der Röntgenstrahlung die gesamte Fiberoptik (32; 32A) auf eine vordefinierte Temperatur erwärmt wird.

17. Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung mit folgenden Schritten:

Umwandeln einer Röntgenstrahlung in Licht mittels eines Szintillators (10; 30);

Erfassen des durch den Szintillator (10; 30) erzeugten Lichts mittels einer Erfassungseinrichtung (14; 34); und

Führen des durch den Szintillator (10; 30) erzeugten Lichts zu der Erfassungseinrichtung (14; 34) mittels einer Fiberoptik (12; 32);

gekennzeichnet durch den folgenden Schritt des

Erwärmens zumindest eines Abschnitts der Fiberoptik (12; 32) auf eine vordefinierte Temperatur während des Erfassens der Röntgenstrahlung mittels einer Heizeinrichtung (18; 40).

18. Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 17, bei dem die vordefinierte Temperatur einer Temperatur entspricht, bei der eine Abbaurate (v_{f-}) von während des Empfangs der Röntgenstrahlung in der Fiberoptik (12; 32) erzeugten Farbzentren gleich oder größer ist als eine Erzeugungsrate (v_{f+}) der Farbzentren.

19. Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß Anspruch 17 oder 18, bei dem der zu dem Szintillator (10; 30) benachbarte Abschnitt der Fiberoptik (12; 32) erwärmt wird.

20. Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, mit folgendem Schritt:

Richten des aus der Fiberoptik (32; 32A) austretenden Lichts auf die von der Fiberoptik (32; 32A) räumlich getrennt angeordnete Erfassungseinrichtung (34) mittels einer zwischen der Erfassungseinrichtung (34) und der Fiberoptik (32; 32A) vorgesehenen optischen Einrichtung (36, 44, 46).

21. Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem

der Ansprüche 17 bis 29, bei dem eine Linsenoptik (36) als optische Einrichtung verwendet wird.

22. Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 17 bis 21, bei dem das aus der Fiberoptik (32) austretende Licht mittels einer Lichtumlenkanordnung (44), die entweder zwischen der Fiberoptik (32) und der Linsenoptik (36) oder zwischen der Linsenoptik (36) und der Empfangseinrichtung (34) angeordnet ist, umgelenkt wird.

23. Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 17 bis 22, bei dem die Erfassungseinrichtung (34) mittels einer Abschirmungsanordnung (46) von einer direkten Röntgenbestrahlung abgeschirmt wird.

24. Verfahren zur Erfassung von Röntgenstrahlung gemäß einem der Ansprüche 17 bis 23, bei dem während des Erfassens der Röntgenstrahlung die gesamte Fiberoptik (32; 32A) auf eine vordefinierte Temperatur erwärmt wird.

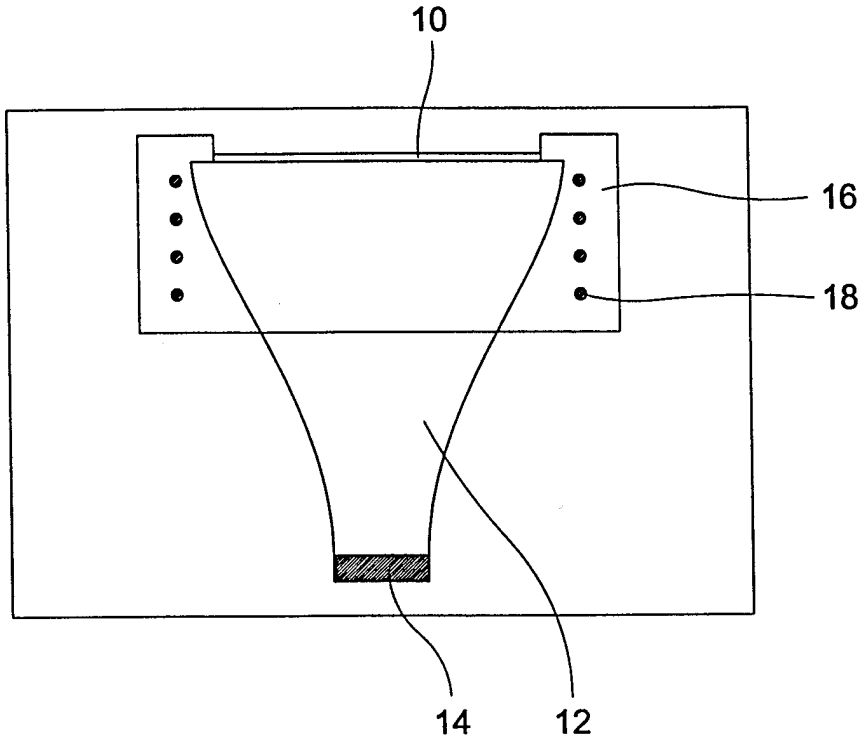


FIG.1

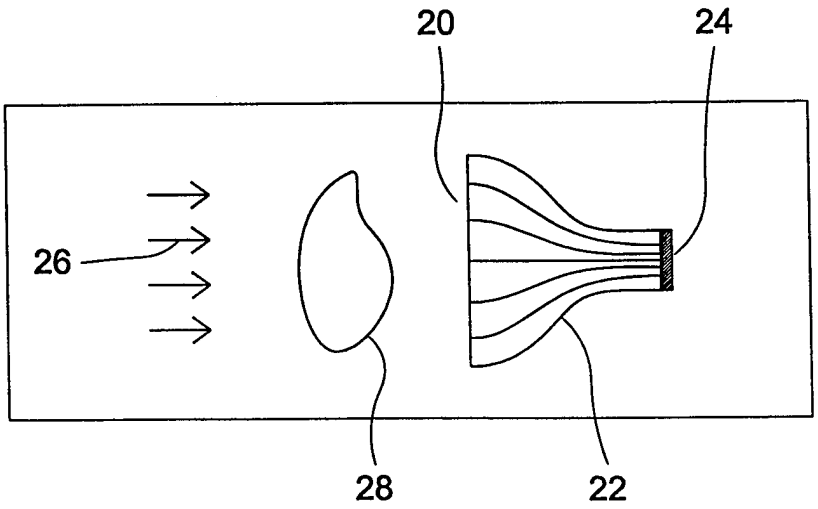


FIG.2 STAND DER TECHNIK

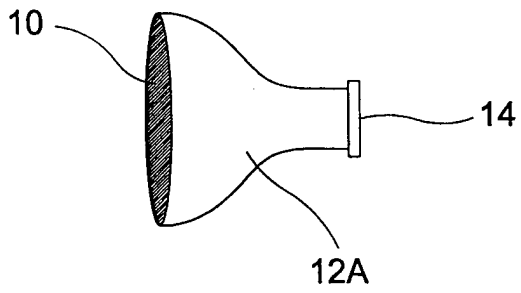


FIG.3

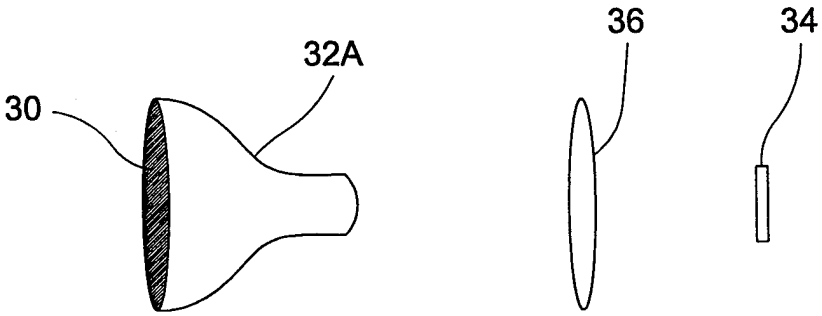


FIG.4

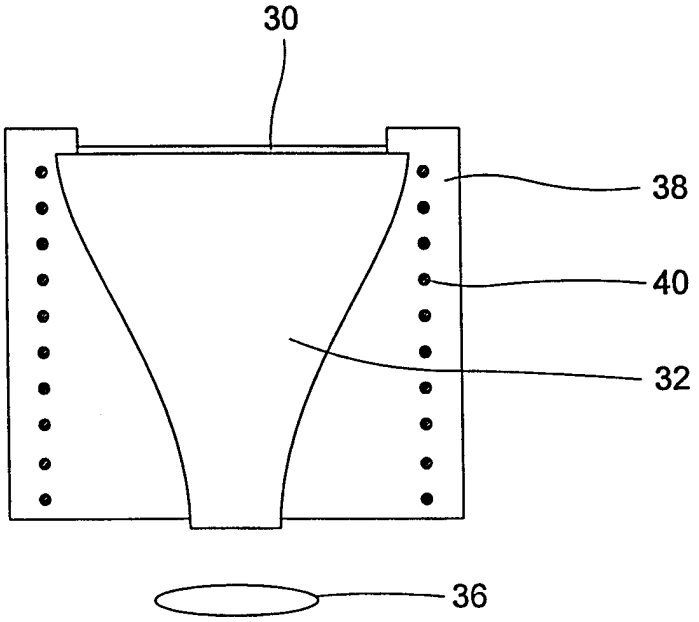
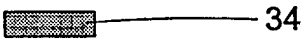


FIG.5



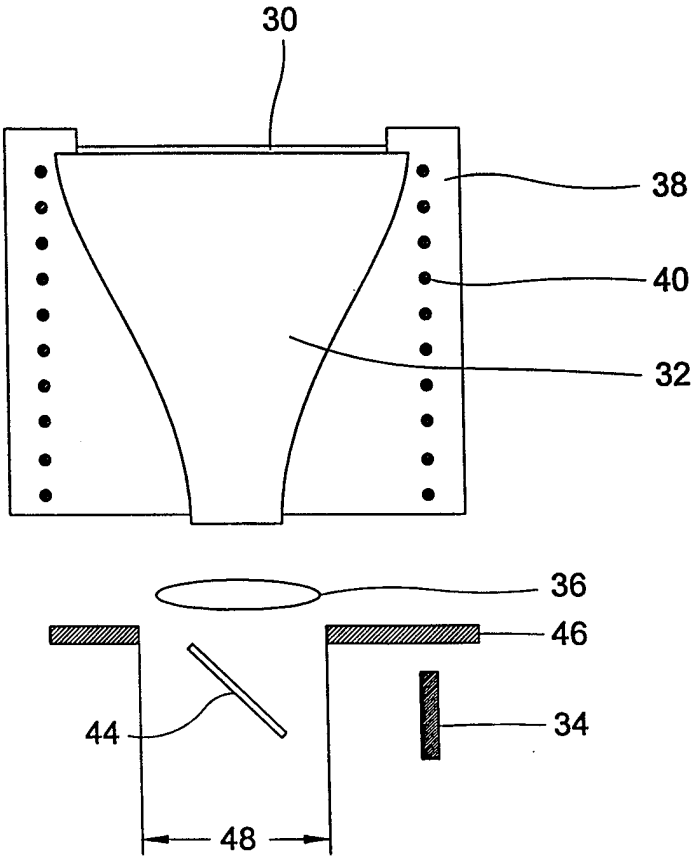


FIG.6