



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 04 945 T2** 2004.07.15

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 098 325 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G21K 4/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 04 945.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 123 446.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **03.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **09.05.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.07.2004**

(30) Unionspriorität:

31537599 05.11.1999 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

**Kabushiki Kaisha Toshiba, Kawasaki, Kanagawa,
JP**

(72) Erfinder:

**Takahara, Takeshi, 1-1, Tokyo, JP; Saito, Akihisa,
1-1, Tokyo, JP; Oyaizu, Eiji, 1-1, Tokyo, JP; Nittoh,
Koichi, 1-1, Tokyo, JP; Tamura, Toshiyuki, 1-1,
Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

HOFFMANN · EITLE, 81925 München

(54) Bezeichnung: **Methode und Geräte für Farb-Radiographie, und Farb-Lichtemissionsfolie dafür**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein neues Verfahren und eine Vorrichtung zur Farbradiografie, die für medizinische Diagnose oder verschiedene Arten zerstörungsfreier Untersuchungen angewendet wird, sowie ein Lichtemissionsblatt dafür.

[0002] Bei der Radiografie, die für medizinische Diagnose oder industrielle zerstörungsfreie Untersuchung angewendet wird, wird gewöhnlich eine Kombination aus einem Röntgenfilm und einer Verstärkerfolie verwendet, um die Empfindlichkeit des Radiographiesystems zu erhöhen. Bei der Radiografie reduziert in sichtbares Licht umgewandeltes Licht, das durch Strahlen von Röntgenstrahlung durch einen Gegenstand, der auf der Verstärkerfolie untersucht werden soll, z. B. Silberkörner auf einem monochromen Röntgenfilm, wodurch diese geschwärzt werden, um dadurch ein Transmissionsbild des Gegenstandes zu erhalten.

[0003] Ein Strahlenverstärkerschirm, der bei der Radiografie oder dergl. verwendet wird, ist gewöhnlich aufgebaut aus einem Träger, bestehend aus Karton oder Kunststoffen, einer Leuchtstoffschicht mit einem dem Röntgenfilm entsprechenden Lichtemissionspeak und einer Schutzfolie zum Schützen der Leuchtstoffschicht, die in dieser Reihenfolge laminiert sind. Seit kurzem gibt es außerdem ein Verfahren, bei dem mit einem Lichtdetektionselement, wie einer CCD-Kamera oder dergl., als Abbildungssystem gearbeitet wird, ohne dass ein Röntgenfilm verwendet wird, wobei der Unterschied der Transmissionsmenge der Strahlung digital detektiert wird.

[0004] Röntgenradiografie zur medizinischen Diagnose wird auf verschiedene Teile des menschlichen Körpers angewendet, um verschiedene Fokusarten zu finden. In den letzten Jahren war das Hauptaugenmerk auf einen Röntgenfilm mit höherem Kontrast gerichtet, um die Nachweisempfindlichkeit zu verbessern. Z. B. müssen bei der Mammographie infolge von Röntgenstrahlen (im folgenden Mammographie) Kalkablagerung und anomales Weichgewebe in einer Mamma, worin der Unterschied von Röntgenabsorption sehr schwach ist, mit hoher Auflösung und angemessenem Kontrast radiografiert werden. Zu diesem Zweck wird eine Röntgenröhre mit einer Röntgenstrahlen von etwa 30 kV erzeugenden Mo-Anode verwendet und wobei außerdem ein Röntgenfilm mit hohem Kontrast verwendet wird.

[0005] Bei der vorher genannten Röntgenradiografie müssen die Energie der ausgestrahlten Röntgenstrahlen und die Bestrahlungsdauer dem Gegenstand entsprechend optimiert werden, um dadurch ein Radiogramm einer geeigneten Filmdichte zu erhalten. Die Bedingungen für die Radiografie werden ferner, basierend auf dem dynamischen Bereich (Belichtungsspielraum) des Röntgenfilms, die zu radiografierenden Teile eines menschlichen Körpers, der ein Objekt darstellt, und individuelle Unterschiede, bestimmt.

[0006] Die Optimierung der Radiografiebedingungen erfordert viel Erfahrung, wodurch eine Abhängigkeit gegenüber den individuellen Fähigkeiten des Technikers resultiert. Dementsprechend können die Bedingungen abhängig von der Fähigkeit des Technikers von den optimalen Bedingungen abweichen, wodurch schwache Röntgenbestrahlung (schwarze Radiografie) oder übermäßige Röntgenbestrahlung (Leerradiografie) resultieren. Wenn ein Röntgenfilm mit hohem Kontrast verwendet wird, ist es insbesondere sehr leicht möglich, dass schwache oder übermäßige Bestrahlung resultiert.

[0007] Die Kontrasteigenschaften eines vorliegenden Röntgenfilms können einer, wie in **Fig. 13** gezeigten, charakteristischen Kurve entnommen werden. In **Fig. 13** bezeichnet die Ordinate die Filmdichte, wenn der Film bestrahlt ist, die Abszisse bezeichnet den logarithmischen Wert der Bestrahlung (relativer Wert). Die charakteristische Kurve des Films kann, basierend auf ihrer Form, in drei Teile eingeteilt werden. Der Kurventeil A relativ niedriger Bestrahlung wird Fußregion genannt und entspricht einem niedrigen Filmdichteanteil eines Radiogramms, wodurch ein Bild mit sehr niedrigem Kontrast oder keinem Kontrast resultiert. Der Kurventeil C relativ hoher Bestrahlung wird Schulterregion genannt. Dort ist die obere Grenze der Filmdichte. Dementsprechend bewirkt ein Bestrahlungsunterschied in dem C-Bereich keinen Kontrastunterschied.

[0008] Der Bereich B mit dem höchsten Kontrast befindet sich zwischen dem vorher erwähnten Fußbereich und dem Schulterbereich. Die charakteristische Kurve in dem Bereich B besitzt einen relativ geraden und großen Gradienten. Die charakteristische Kurve des Röntgenfilms wird abhängig von den Parametern, wie Korndurchmesser der Silberverbindung in einer Emulsion und der Dicke davon, bestimmt. Durch Kontrollieren dieser Parameter können dementsprechend die Filme mit unterschiedlicher Empfindlichkeit und Kontrasteigenschaften erhalten werden. Der Röntgenfilm mit hohem Kontrast besitzt einen Gradienten, der in dem Bereich B der charakteristischen Kurve groß ist.

[0009] Die Dichten der Fuß- und Schulterbereiche der charakteristischen Kurve sind für alle Filme etwa die gleichen. Dementsprechend bewirkt ein großer Gradient der charakteristischen Kurve einen engeren Bestrahlungsbereich (Belichtungsspielraum) in dem Bereich B. Beim Durchführen der Radiografie ist die Röntgenbestrahlung bevorzugt etwa in der Mitte der Region B. Wenn ein Röntgenfilm mit einem besonders engen Belichtungsspielraum verwendet wird, bewirkt jedoch eine geringe Abweichung der Bedingungen eine Abbildung mit ungeeigneter Dichte. In dem bestehenden Röntgenfilm ist die Breite des Belichtungsspielraums etwa 1 bis 2 Digits.

[0010] Wenn die Testobjekte Blut und Gewebe sind, d. h. wenn die Elementezusammensetzungen der Testobjekte unterschiedlich sind, muss, unter Berücksichtigung der Röntgenenergie, die verwendet

werden soll, und der Dicke des Objektes, die Bestrahlungsdauer (Belichtungsdauer), basierend auf viel Erfahrung, bestimmt werden. Wenn, wie in dem Fall von normalem Gewebe und anomalem Gewebe, wie Krebsgewebe, die Elementzusammensetzungen etwa dieselben sind aber die Dichten unterschiedlich, ist die Situation ebenfalls dieselbe. Durch Einstellen solcher Bedingungen hat die Fähigkeit des Technikers großen Einfluss. Insbesondere bei neuerer medizinischer Diagnose, wie z. B. in dem Fall der Krebsfrüherkennung, gibt es eine starke Nachfrage nach einem korrekten Nachweis eines extrem kleinen anomalen Gewebes. Eine geringe Abweichung der Radiografiebedingung kann jedoch ein Radiogramm mit einer ungeeigneten Filmdichte bewirken.

[0011] Solche Probleme treten ebenfalls, ohne die Radiografie auf medizinische Diagnose zu beschränken, auch bei der industriellen zerstörungsfreien Prüfung auf. Wenn z. B. die Testobjekte Aluminium und Eisen sind, sind die Optimalbedingungen zum Durchführen einer Radiografie aufgrund ihres Dichteunterschiedes natürlich unterschiedlich. Zusätzlich dazu muss die Dicke des Testobjektes berücksichtigt werden. Wenn sie in einer Vielzahl an Substanzen, wie in einem Kompositmaterial enthalten sind, müssen ferner viele Radiogramme aufgenommen werden, während die Bestrahlungsbedingungen verändert werden, wobei Unannehmlichkeiten bei der Handhabung viele Probleme bewirken.

[0012] Bei der bestehenden Radiografie wird im allgemeinen mit dem monochromen Röntgenfilm, wie oben erwähnt, ein Radiogramm eines Testobjektes als eine monochrome Abbildung mit Grauabstufung erhalten. In der monochromen Abbildung mit Grauabstufung ist es schwierig, Informationen aus einer geringen Dichteänderung zu ziehen. Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, ist Farbradiografie vorgeschlagen worden (vgl. japanisches Patent SHO 48-6157 offizielle Gazette und japanisches Patent SHO 48-12676 offizielle Gazette). Bei der obigen Farbradiografie wird ein fluoreszierender Schirm (oder Verstärkerschirm), der mit einer Vielzahl an Linienspektren mittels zwei oder mehreren Leuchtstoffarten ausgestattet ist, verwendet, wodurch die entsprechenden farbempfindlichen Schichten des Farbfilms unabhängig voneinander lichtempfindlich gemacht sind,

[0013] Gemäß der Farbradiografie kann ein Radiogramm erhalten werden, indem sich eine Farbe gemäß dem Mengenunterschied an Röntgenstrahlung (Farbradiogramm) ändert. In dem erhaltenen Farbradiogramm ist der Teil niedriger Bestrahlung rot gefärbt, mit Erhöhung der Bestrahlung beginnt eine grüne Farbe sich mit rot zu mischen, eine weitere Erhöhung der Bestrahlung bewirkt, dass sich blau mit rot und grün mischt. Eine noch weitere Erhöhung der Bestrahlung resultiert in weiß.

[0014] Wie sehr jedoch auch versucht wurde, Information nur aus der Farbänderung auf dem Farbradiogramm zu ziehen, z. B. in dem Bereich der viel

Röntgenstrahlung ausgesetzt wird, wird als Folge der Addition von grün und blau zu rot die Farbe weißlich, wodurch es eher schwierig wird, daraus Information zu ziehen. In dem Teil niedriger Bestrahlung gibt es ferner keinen Unterschied von dem bestehenden monochromen Radiogramm bis die rote Farbkomponente gesättigt ist. Dementsprechend ist es für den Teil mit geringerem Kontrast im Vergleich mit dem bestehenden monochromen Radiogramm schwierig, Information herauszuziehen.

[0015] Wie oben erwähnt, resultiert bei der bestehenden Radiografie, insbesondere wenn ein Röntgenfilm mit hohem Kontrast verwendet wird, dessen Gradient in dem B-Bereich der charakteristischen Kurve vergrößert ist, eine geringe Abweichung der Radiografiebedingungen in ein Radiogramm mit einer ungeeigneten Dichte. Da die Menge an Röntgenstrahlung von der relativen Dichte und der Dichte des Testobjektes abhängig ist, wenn die Radiografie-Substanzen mit unterschiedlicher relativer Dichte oder Teile dieselben Substanzen mit unterschiedlichen Dichten sind, sind die Radiografiebedingungen ferner sehr schwierig einzustellen. Für diese kann ebenfalls kein Radiogramm mit geeigneter Dichte erhalten werden.

[0016] Im Gegensatz dazu erhält man bei der bestehenden Farbradiografie ein Farbradiogramm, in dem lediglich mit dem Unterschied der Menge an Röntgenstrahlung eine Farbe verändert wird. Es ist schwierig, Information nur aus der Farbveränderung auf einem Farbradiogramm zu ziehen. Sogar wenn es eine Menge an Information auf dem Radiogramm gibt, kann sie nicht wirksam verwendet werden. Abhängig von dem Fall, kann die Information ferner mit größerer Schwierigkeit als in normalen monochromen Radiogrammen entnommen werden.

[0017] Aus dem obigen folgt, dass eine große Nachfrage nach einem Radiographiesystem besteht, bei dem z. B. der Kontrast des Radiogramms erhöht wird, während das Auftreten schwacher Bestrahlung oder übermäßiger Bestrahlung aufgrund einer geringen Abweichung der Radiografiebedingungen vermieden wird, und das ferner ermöglicht, viel von der erhaltenen Information effektiv zu verwenden. D. h., es besteht die Nachfrage nach einem Radiographiesystem, das zusätzlich zum Erhalten von Radiogrammen mit geeigneter Filmdichte unter relativ breiten Bedingungen ermöglicht, viel Information aus dem erhaltenen Radiogramm effektiv zu erhalten. Vereinfachung der Einstellungen der Bedingungen während der Durchführung der Radiografie kann nicht nur unglückliche Untersuchungen während der Radiografie vermeiden, sondern trägt auch allgemein zur Erhöhung der Untersuchungsgenauigkeit bei.

[0018] Dementsprechend besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein System zur Radiografie bereitzustellen, d. h. ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Farbradiografie, worin, sogar wenn z. B. der Kontrast eines Radiogramms erhöht wird, unter verschiedenen Bedingungen ein Radiogramm mit

geeigneter Filmdichte erhalten werden kann. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Farbradiografie bereitzustellen, die es ermöglicht, gesichert und wirksam eine Menge an Informationen durch einmaliges Radiografieren zu erhalten. Eine noch weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Farblichtemissionsblatt bereitzustellen, das für solch ein Radiografiesystem verwendet wird.

[0019] Das Verfahren für die Farbradiografie der vorliegenden Erfindung, wie in Anspruch 1 beansprucht, umfasst einen Schritt der Bestrahlung eines Objekts mit Strahlung, einen Schritt der Einstrahlung der transmittierten Strahlung auf einen Leuchtstoff und einen Schritt des Auftrennens des Lichtes in die jeweiligen nachzuweisenden Farben. In dem Schritt der Einstrahlung der transmittierten Strahlung auf einen Leuchtstoff, wird die Strahlung, die durch das Objekt transmittiert wurde, auf den Leuchtstoff eingestrahlt, der durch die Strahlung in mehreren Farben emittiert, wobei die Lichtemissionsgrade der mehreren Farben zu der Strahlung gleicher Intensität unterschiedlich sind. Der Schritt der Auftrennung des Lichtes in die jeweiligen nachzuweisenden Farben, trennt das in mehreren Farben aus dem Leuchtstoff unter Bestrahlung mit der Strahlung emittierte Licht in die jeweiligen nachzuweisenden Farben.

[0020] In dem vorliegenden Verfahren für die Farbradiografie kann als ein spezielles Mittel zum Unterscheiden der Lichtemissionsgrade der mehreren Farben ein Verfahren genannt werden, bei dem z. B. ein Leuchtstoff verwendet wird. Der Leuchtstoff umfasst eine Primäremissionskomponente und wenigstens eine Sekundäremissionskomponente. Die Primäremissionskomponente entspricht einer Emissionsfarbe im Bereich des sichtbaren Lichtes. Die Sekundäremissionskomponente hat eine Emissionsfarbe, die von derjenigen der Primäremissionskomponente unterschiedlich ist und deren Lichtemissionsgrad von demjenigen der Primäremissionskomponente verschieden ist. Ferner kann das von dem Leuchtstoff emittierte Licht durch eine Farbfiltereinheit geleitet werden, wodurch die Lichtemissionsgrade der mehreren Farben eingestellt werden.

[0021] In dem vorliegenden Verfahren zur Farbradiografie kann der Schritt des Auftrennens des nachzuweisenden Lichtes wie folgt durchgeführt werden. Nach kollektivem Abbilden des in mehrere Farben von dem Leuchtstoff emittierten Lichtes werden die jeweiligen Farbsignale, die den Lichtemissionen der mehreren Farben entsprechen, zum Nachweis aus der Abbildung aufgetrennt.

[0022] Alternativ kann der Schritt der Auftrennung des nachzuweisenden Lichtes durch Auftrennen des in mehrere Farben emittierten Lichtes in die jeweiligen Farben zum Nachweis mit einem Lichtdetektionselement durchgeführt werden.

[0023] Ferner kann das vorliegende Verfahren zur Farbradiografie wie folgt konfiguriert werden. D. h., mit wenigstens zwei Arten an Leuchtstoffen, die je-

weils ein Element enthalten, das hinsichtlich der K-Absorptionskante von dem anderen unterschiedlich ist, wird eine Substanz mit einer K-Absorptionskante zwischen den K-Absorptionskanten der vorher genannten Elemente nachgewiesen. Solch ein Verfahren zur Farbradiografie ist insbesondere in der Angiografie oder dergl. wirkungsvoll.

[0024] Die Vorrichtung für die Farbradiografie der vorliegenden Erfindung, wie im Anspruch 15 beansprucht, umfasst eine Strahlungsquelle zur Bestrahlung eines Objekts mit Strahlung, eine farbemittierende Vorrichtung und eine Vorrichtung zum Auftrennen/Nachweisen. Die farbemittierende Vorrichtung weist einen Leuchtstoff auf, der durch Bestrahlung mit der Strahlung, die durch das Objekt transmittiert wird, in mehrere Farben infolge der Strahlung emittiert, wobei die Lichtemissionsgrade der mehreren Farben gegenüber Strahlung gleicher Intensität unterschiedlich sind. Die Vorrichtung zum Auftrennen/Nachweisen trennt das Licht, das in die mehreren Farben von dem Leuchtstoff emittiert wurde, basierend auf der Bestrahlung der Strahlung, in die jeweiligen nachzuweisenden Farben.

[0025] In der Vorrichtung zur Farbradiografie der vorliegenden Erfindung kann als Vorrichtung zum Nachweisen von Licht z. B. ein Röntgenfarbfilm, eine Farbkamera und eine Kombination aus Vorrichtungen zum Auftrennen von Farbe und mehreren monochromen Kameras verwendet werden. Der Röntgenfarbfilm wandelt das Licht, das in mehreren Farben von dem Leuchtstoff emittiert wird, kollektiv in ein Farbbild um. Die Farbkamera weist kollektiv das Licht, das in mehrere Farben emittiert wird, nach. Die Vorrichtung zum Auftrennen der Farbe trennt die Lichtemissionen der mehreren Farben. Die mehreren monochromen Kameras weisen die Lichtemissionen der jeweiligen aufgetrennten Farben nach.

[0026] In dem vorliegenden Verfahren und der Vorrichtung zur Farbradiografie (hier im folgenden Farbradiografiesystem) ermöglicht ein Leuchtstoff, der in mehrere Farben durch die Bestrahlung der Strahlung emittiert, dass verschiedene Informationen für jede Farbe erhalten werden, wobei ferner die Information, die in den jeweiligen Farben enthalten ist, in die jeweiligen nachzuweisenden Farben aufgetrennt wird. Dadurch kann die Information, die in den jeweiligen Farbsignalen enthalten ist, effektiv und gesichert erhalten werden. Außerdem kann durch die Erfassung mehrerer Bildinformationen mit unterschiedlichen Empfindlichkeitseigenschaften für die jeweiligen Farben der dynamische Bereich während der Durchführung der Radiografie erweitert werden.

[0027] In der vorliegenden Erfindung, wie in Anspruch 19 beansprucht, kann ein Farblichtemissionsblatt, das einen Leuchtstoff mit z. B. mehreren Emissionswellenlängenbereichen im Bereich des sichtbaren Lichtes enthält, verwendet werden. D. h., es kann für das obige Blatt ein Leuchtstoff mit einem Emissionsspektrum verwendet werden, das wenigstens zwei Emissionsfarben aus blauer Emission, grüner

Emission und roter Emission entspricht. Das Licht, das in mehreren Farben von solch einem Farblichtemissionsblatt emittiert wird, wird kollektiv auf einen Farbfilm in ein Bild umgewandelt. Wenn die Grade (Helligkeit) der Lichtemissionen der mehreren Farben zu der Strahlung der gleichen Intensität unterschiedlich sind, kann die charakteristische Kurve, wie z. B. in **Fig. 13** gezeigt, mehrfach in unterschiedlichen Bestrahlungsbereichen erhalten werden.

[0028] **Fig. 1** zeigt ein Beispiel der charakteristischen Kurven, die aus Farbfilmen erhalten wurden, welche dem von einem Farblichtemissionsblatt emittierten Licht ausgesetzt wurden, wenn Röntgenstrahlen darauf eingestrahlt werden, während die Menge an Röntgeneinstrahlung variiert wird. Das Farblichtemissionsblatt umfasst einen Leuchtstoff, dessen Rotlichtemission als Primärlichtemissionskomponente 60% ist, Grünlichtemission als eine erste Sekundärlichtemissionskomponente 30% und Blaulichtemission als eine zweite Sekundärlichtemissionskomponente 10%. Wenn die charakteristische Kurve zwischen Filmdichte und Bestrahlung für jede der drei Farben die gleiche wie in **Fig. 13** gezeigt ist, wie in **Fig. 1** gezeigt, können mehrere charakteristische Kurven, die hinsichtlich des Bestrahlungsbereiches unterschiedlich sind, erhalten werden. **Fig. 1** wird entnommen, dass, wenn die Rotlichtemission gesättigt ist, sind die Grün- und Blauemissionen nicht gesättigt, wenn die Grünemission gesättigt ist, ist die Blaue nicht gesättigt.

[0029] Durch Erhalten mehrerer charakteristischer Kurven kann ein Bestrahlungsbereich (Belichtungsspielraum) für einen geeigneten in der Radiografie erforderlichen Bereich der Filmdichte im Vergleich zu dem bestehenden Fall einer einzigen charakteristischen Kurve (**Fig. 13**) stark vergrößert werden. Wenn ein geeigneter Bereich der Filmdichte 0,5 bis 3,5 ist, ist die relative Bestrahlung, die dem Bereich der Filmdichte entspricht, in **Fig. 13** etwa 1, im Unterschied dazu in **Fig. 1** etwa 1,8. Da die relative Bestrahlung ein logarithmischer Wert ist, bedeutet der obige Wert eine Vergrößerung des Bestrahlungsbereiches um etwa 6,3mal ($= 10^{1,8/10^1}$).

[0030] D. h., gemäß dem vorliegenden Farbradiografiesystem kann der dynamische Bereich beim Aufnehmen von Radiogrammen stark vergrößert werden. Die Situation ist die gleiche, auch wenn anstatt des Farbfilms ein Lichtdetektionselement, wie eine CCD-Kamera oder dergl., angewendet wird. Sogar wenn die Systembedingungen oder die Radiografiebedingungen ein kleines bisschen von dem geeigneten Bereich abweichen, kann dementsprechend ein Bild mit einer Dichte erhalten werden, die zur medizinischen Diagnose oder zerstörungsfreien Prüfung geeignet ist. Dies trägt stark dazu bei, dass Versagen aufgrund schwacher oder übermäßiger Bestrahlung während der Durchführung der Radiografie unterdrückt wird.

[0031] In dem vorliegenden Farbradiografiesystem wird viel Information, basierend auf mehreren cha-

rakteristischen Kurven, aus den vorher genannten Bildinformationen in die jeweiligen nachzuweisenden Farbsignale aufgetrennt. Dementsprechend kann viel Information, die in den jeweiligen Farbsignalen enthalten ist, effektiv und gesichert erhalten werden. Mit anderen Worten können mehrere Bildinformationen mit einer Empfindlichkeitscharakteristik erhalten werden, die für jede Farbe unterschiedlich ist. Dementsprechend kann durch Ausnutzen solcher mehrerer Bildinformationen, um medizinische Diagnose oder zerstörungsfreie Prüfung durchzuführen, die medizinische Diagnosefähigkeit und Genauigkeit bei der zerstörungsfreien Prüfung überaus verbessert werden. Das bedeutet, dass der dynamische Bereich in der Radiografie zur medizinischen Diagnose oder zur zerstörungsfreien Prüfung ausgedehnt werden kann. [0032] Das Farblichtemissionsblatt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Basisblatt und eine in einer Einzelschicht gestalteten Leuchtstoffschicht, die auf dem Basisblatt abgeschieden ist und einen Leuchtstoff enthält. Der Leuchtstoff weist eine Primärlichtemissionskomponente, die primär unter Bestrahlung emittiert, und wenigstens eine Sekundärlichtemissionskomponente auf. Hinsichtlich der Sekundärlichtemissionskomponente ist die Emissionsfarbe unterschiedlich von derjenigen der Primärlichtemissionskomponente und der Lichtemissionsgrad unter Bestrahlung mit gleicher Intensität ist von demjenigen der Primärlichtemissionskomponente unterschiedlich. Hier sind die Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundärlichtemissionskomponente in Abhängigkeit von dem dynamischen Bereich des Radiografiesystems eingestellt.

[0033] In dem Farblichtemissionsblatt der vorliegenden Erfindung kann für die die Leuchtstoffschicht aufbauenden Leuchtstoffe folgendes bevorzugt verwendet werden. Z. B. kann ein Europium-aktivierter Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff und ein Europium-aktivierter Yttriumoxysulfid-Leuchtstoff bevorzugt verwendet werden, wobei die Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundärlichtemissionskomponenten durch die Menge an Europiumaktivator eingestellt werden. Ein Terbiumaktivierter Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff, in dem die Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundärlichtemissionskomponenten durch die Menge an Terbiumaktivator eingestellt sind, kann bevorzugt angewendet werden. Außerdem kann ein Calciumwolframat-Leuchtstoff bevorzugt verwendet werden, worin zur Einstellung der Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundärlichtemissionskomponenten das Calcium teilweise durch Magnesium ersetzt ist.

[0034] **Fig. 1** ist ein Diagramm, das ein Beispiel für charakteristische Kurven zwischen Filmdichte und Bestrahlung zeigt, erhalten wenn ein Farbradiografiesystem der vorliegenden Erfindung angewendet wird,

[0035] **Fig. 2** ist ein Diagramm, das schematisch einen Aufbau einer ersten Ausführungsform für eine Vorrichtung zur Radiografie zeigt, worin das vorliegende Farbradiografiesystem angewendet wird,

[0036] **Fig. 3** ist eine Schnittansicht, die ein Beispiel für einen Aufbau eines Farblichtemissionsblattes

zeigt, das in der Vorrichtung zur Radiografie gemäß **Fig. 2** verwendet wird,

[0037] **Fig. 4** ist ein Diagramm, das ein Beispiel eines Emissionsspektrums eines $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ -Leuchtstoffs zeigt, der in dem vorliegenden Farblichtemissionsblatt verwendet wird,

[0038] **Fig. 5** ist ein Diagramm, das ein Beispiel eines Emissionsspektrums eines $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ -Leuchtstoffs zeigt, der in dem vorliegenden Farblichtemissionsblatt verwendet wird,

[0039] **Fig. 6** ist ein Diagramm, das ein Beispiel eines Emissionsspektrums eines CaWO_4 -Leuchtstoffs zeigt, der in dem vorliegenden Farblichtemissionsblatt verwendet wird,

[0040] **Fig. 7** ist ein Diagramm, das ein Beispiel eines Emissionsspektrums eines Mischleuchtstoffs zeigt, der in dem vorliegenden Farblichtemissionsblatt verwendet wird,

[0041] **Fig. 8** ist ein Diagramm, das ein Beispiel für spektrale Hellempfindlichkeitskurven eines Farbfilms zeigt, der in der vorliegenden Erfindung verwendet wird,

[0042] **Fig. 9** zeigt Diagramme, die im Vergleich mit einem bekannten monochromen Röntgenfilm Messungen der Empfindlichkeitscharakteristik in der vorliegenden Röntgenradiografie mit einem Farbfilm darstellen, wobei **Fig. 9A** ein Diagramm ist, das Messungen der Empfindlichkeitscharakteristik mit einem bekannten monochromen Röntgenfilm zeigt, **Fig. 9B** ein Diagramm ist, das Messungen der Empfindlichkeitscharakteristik mit einem ersten Farbfilm zeigt, **Fig. 9C** ein Diagramm ist, das Messungen der Empfindlichkeitscharakteristik mit einem zweiten Farbfilm zeigt,

[0043] **Fig. 10** ist ein Diagramm, das Messungen der Empfindlichkeitscharakteristik mit einem Farbfilm zeigt, wenn thermische Neutronen als Strahlung verwendet werden,

[0044] **Fig. 11** ist ein Diagramm, das schematisch einen Aufbau einer zweiten Ausführungsform für eine Vorrichtung zur Radiografie zeigt, worin das vorliegende Farbradiografiesystem angewendet wird,

[0045] **Fig. 12** ist ein Diagramm, das schematisch einen Aufbau einer dritten Ausführungsform für eine Vorrichtung zur Radiografie zeigt, worin das vorliegende Farbradiografiesystem angewendet wird,

[0046] **Fig. 13** ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer charakteristischen Kurve zwischen Filmdichte und Bestrahlung bei einem bestehenden Radiografiesystem zeigt.

[0047] Im folgenden werden Ausführungsformen zur Durchführung der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0048] **Fig. 2** ist ein Farbradiografiesystem, worin ein Verfahren zur Farbradiografie der vorliegenden Erfindung angewendet wird, wobei ein Diagramm dargestellt ist, das schematisch einen wesentlichen Aufbau einer ersten Ausführungsform für eine Vorrichtung zur Radiografie zeigt. In der Figur bedeutet Referenznummer **1** ein Objekt, wie ein menschlicher

Körper oder verschiedene Arten an Gegenständen, wobei auf das Objekt **1** Strahlung, wie Röntgenstrahlen **3**, von einer Strahlungsquelle, wie einer Röntgenröhre **2**, eingestrahlt wird. Die bei der Radiografie zu verwendende Strahlung kann, ohne Beschränkung auf Röntgenstrahlen (oder γ -Strahlen), β -Strahlen oder ein Fluss thermischer Neutronen sein.

[0049] Die Röntgenstrahlen **3** werden nach Absorption oder Streuung durch das Objekt **1** auf ein Farblichtemissionsblatt **4** als Farblichtemissionsvorrichtung eingestrahlt. Das Farblichtemissionsblatt **4**, wie später im Detail erläutert, umfasst einen Leuchtstoff, der durch die Strahlung, wie die Röntgenstrahlen **3**, in mehrere Farben emittiert. Die Lichtemission der mehreren Farben, die von dem Farblichtemissionsblatt **4** emittiert werden, weist eine Helligkeitsverteilung auf, die der Verteilung der Röntgenstrahlen nach Absorption und Streuung durch das Objekt **1** entspricht.

[0050] Hinter dem Farblichtemissionsblatt **4** ist als Vorrichtung zum kollektiven Abbilden der Lichtemission der mehreren Farben von dem Farblichtemissionsblatt **4** ein Farbfilm **5** angeordnet, worauf eine auf dem Objekt **1** basierende Abbildung erzeugt wird. D. h., der Farbfilm **5** wird durch das Licht, das in mehrere Farben von dem Farblichtemissionsblatt **4** emittiert wird, bestrahlt, wodurch eine Abbildung der mehreren Farben, basierend auf den jeweiligen Emissionsfarben, kollektiv erzeugt wird.

[0051] In **Fig. 2** sind das Farblichtemissionsblatt **4** und der Farbfilm **5** aufeinandergesetzt und das Farblichtemissionsblatt **4** befindet sich auf der Seite des Objekts **1** (Seite der Strahlungsquelle). In diesem Fall wird ein transparentes Farblichtemissionsblatt **4** verwendet. Wenn ein reflektives Farblichtemissionsblatt **4** verwendet wird, sind der Farbfilm **5** und das Farblichtemissionsblatt **4** so aufeinandergesetzt, dass sich der Farbfilm **5** auf der Seite des Objekts **1** befindet (Seite der Strahlungsquelle).

[0052] Das Farblichtemissionsblatt **4** umfasst, wie z. B. in **Fig. 3** gezeigt, eine flexible Basisschicht **6**, die aus einer Kunststoffolie oder einem Faservlies besteht, worauf eine Leuchtstoffschicht **7** angeordnet ist. Auf die Leuchtstoffschicht **7** ist, wenn erforderlich, eine transparente Schutzfolie **8**, die aus einer Polyethylenterephthalatfolie oder dgl. mit einer Dicke von z. B. einigen μm besteht, angeordnet.

[0053] Die oben erwähnte Leuchtstoffschicht **7** enthält einen Leuchtstoff, der in mehrere Farben emittiert, d. h. einen Leuchtstoff mit mehreren Emissionswellenlängenbereichen. In Anbetracht der Tatsache, dass die Leuchtstoffschicht **7** in Kombination mit z. B. dem Farbfilm **5** verwendet werden soll, kann in der Leuchtstoffschicht **7** bevorzugt ein Leuchtstoff verwendet werden, der in einem breiten Wellenlängenbereich innerhalb des sichtbaren Lichtes (z. B. einem Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm) emittiert. Insbesondere wird ein Leuchtstoff mit einem Emissionsspektrum, das wenigstens zwei Emissionsfarben innerhalb des sichtbaren Bereiches entspricht, be-

vorzugt verwendet. D. h., es kann ein Leuchtstoff mit einem Emissionsspektrum bevorzugt verwendet werden, der eine Primeremissionskomponente und eine Sekundäremissionskomponente enthält, die hinsichtlich der Emissionsfarbe voneinander unterschiedlich sind.

[0054] Als Emissionsfarbe des Leuchtstoffs können wenigstens zwei Emissionsfarben als Typische genannt werden, ausgewählt aus blauen, grünen und roten Emissionsfarben. In der vorliegenden Erfindung können jedoch ohne Beschränkung auf die vorher genannten Emissionsfarben verschiedene Emissionsfarben verwendet werden, die auf der Abbildung des Farbfilms **5** oder durch eine CCD-Kamera, was später beschrieben wird, voneinander unterschieden werden können. Z. B. kann purpurfarbene Lichtemission, die nahe an ultravioletten Strahlen ist, oder gelbe Lichtemission verwendet werden.

[0055] In dem vorliegenden Farbradiographiesystem wird mit mehreren Lichtemissionen eine Abbildung mehrerer Farben kollektiv erhalten. Zusätzlich zu dem obigen sind die Lichtemissionsgrade der mehreren Farben bei derselben Strahlungsintensität unterschiedlich, wodurch der Bestrahlungsbereich (Belichtungsspielraum) vergrößert wird. Als spezielles Mittel zum Unterscheiden der Grade der mehreren Emissionsfarben wird der Grad der Sekundäremissionskomponente im Vergleich zu dem der Primäremissionskomponente verringert.

[0056] D. h., der in der vorliegenden Erfindung verwendete Leuchtstoff umfasst bevorzugt ein Emissionsspektrum mit einer Primäremissionskomponente, die einer Emissionsfarbe innerhalb des sichtbaren Lichtbereiches entspricht, und wenigstens eine Sekundäremissionskomponente. Die Sekundäremissionskomponente weist eine Emissionsfarbe auf, die von der der Primäremissionskomponente unterschiedlich ist und hinsichtlich des Lichtemissionsgrades, d. h. Helligkeit der Strahlung gleicher Intensität, geringer ist als diejenige der Primäremissionskomponente. Die spezifische Helligkeit der Sekundäremissionskomponente, wie später im Detail erläutert, ist bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 90% relativ zu der Helligkeit der Primäremissionskomponente.

[0057] Ein Leuchtstoff, dessen Primäremissionskomponente und Sekundäremissionskomponente hinsichtlich des Lichtemissionsgrades etwa gleich sind, wie z. B. ein Mischleuchtstoff der im Weißen emittiert, kann verwendet werden. In diesem Fall, wie später erwähnt, sind vor die Vorrichtung zum Nachweis des Lichtes, das in mehrere Farben in die jeweiligen Farben emittiert, Farbfilter angeordnet, deren Transmissionsgrad für jede Farbe voneinander unterschiedlich ist. Dadurch kann der Lichtemissionsgrad, mit anderen Worten die Empfindlichkeit für jede Farbe, eingestellt werden.

[0058] Als ein Leuchtstoff mit dem vorher genannten Emissionsspektrum kann z. B. ein Leuchtstoff mit Emissionspeaks in mehreren Emissionswellenlängenbereichen, die den jeweiligen Emissionsfarben

entsprechen, genannt werden.

[0059] Alternativ kann ein Leuchtstoff mit einem breiten Emissionspeak, der über mehrerer Emissionswellenlängenbereiche hinaus geht, genannt werden. Als spezielle Beispiele für den ersteren können Seltenerdleuchtstoffe, wie Europium-aktivierter Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff ($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$), Europiumaktivierter Yttriumoxysulfid-Leuchtstoff ($\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$) und Terbium-aktivierter Gadoliniumleuchtstoff ($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$) genannt werden. Ferner kann als spezielles Beispiel für den letzteren Calciumwolframat-Leuchtstoff (CaWO_4) genannt werden.

[0060] **Fig. 4** ist ein Emissionsspektrum eines $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ -Leuchtstoffs. Es gibt eine Primäremissionskomponente in einem roten Wellenlängenbereich (einen Wellenlängenbereich von etwa 600 bis 700 nm) und eine Sekundäremissionskomponente in einem grünen Wellenlängenbereich (einen Wellenlängenbereich von etwa 500 bis 600 nm). Da $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ - und $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ -Leuchtstoffe durch Anregung von Eu-Atomen emittieren, ist das Emissionsspektrum scharf und leicht abzutrennen. Ferner können durch die Menge an Eu-Aktivator die Lichtemissionsgrade der jeweiligen Komponenten eingestellt werden. Dementsprechend sind diese Leuchtstoffe bevorzugt. Vor dem Hintergrund der Vergrößerung des Emissionswellenlängenbereiches ist in solchen $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ und $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ -Leuchtstoffen eine Eu-Konzentration in dem Bereich von 0,1 bis 10 mol% bevorzugt.

[0061] **Fig. 5** ist ein Emissionsspektrum eines $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ -Leuchtstoffs. Es gibt eine Primäremissionskomponente in einem grünen Wellenlängenbereich und eine Sekundäremissionskomponente in einem blauen Wellenbereich (einem Wellenlängenbereich von etwa 400 bis 500 nm). Auch in dem $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ -Leuchtstoff können die Lichtemissionsgrade der jeweiligen Emissionskomponenten durch die Menge an Tb-Aktivator eingestellt werden. Da ein Leuchtstoff mit einem breiten Emissionswellenlängenbereich geeignet ist, ist in der vorliegenden Erfindung eine Tb-Konzentration in dem $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ -Leuchtstoff bevorzugt in dem Bereich von 0,01 bis 1 mol%.

[0062] **Fig. 6** ist ein Emissionsspektrum eines CaWO_4 -Leuchtstoffs mit einem breiten Emissionsspektrum, das von einem blauen Wellenlängenbereich zu einem grünen Wellenlängenbereich ausgeht. In diesem Fall entspricht der blauen Lichtemission, wo ein Peak des Emissionsspektrums vorliegt, einer Primäremissionskomponente und die grüne Lichtemission entspricht einer Sekundäremissionskomponente. In der vorliegenden Erfindung ist ein Leuchtstoff mit breiterem Emissionswellenlängenbereich angemessen. Dementsprechend wird ein (Ca, Mg) WO_4 -Leuchtstoff, in dem Mg teilweise für Ca ausgetauscht ist, bevorzugt verwendet. Im Hinblick auf die Empfindlichkeit oder dergl. ist der Austausch von Ca durch Mg bevorzugt 10 mol%.

[0063] In dem in der vorliegenden Erfindung ver-

wendeten Farblichtemissionsblatt **4** ist der Leuchtstoff nicht auf solche beschränkt, worin ein Leuchtstoffpartikel in mehrere Farben emittiert. Alternativ kann ein Mischleuchtstoff mit wenigstens zwei Leuchtstoffarten, ausgewählt aus z. B. einem blauen Leuchtstoff, der vorwiegend im Blauen emittiert, einem grünen Leuchtstoff, der vorwiegend im Grünen emittiert und einem roten Leuchtstoff, der vorwiegend im Roten emittiert, verwendet werden. Die Mischungsverhältnisse in diesem Fall können hinsichtlich der Emissionsgrade der Primäremissionskomponente und der Sekundäremissionskomponente in dem oben genannten Bereich geeignet ausgewählt werden. Wie oben erwähnt, kann abhängig von dem Fall, ein Mischleuchtstoff verwendet werden, dessen Emissionsgrade der Primäremissionskomponente und der Sekundäremissionskomponente gleich sind.

[0064] **Fig. 7** ist ein Emissionsspektrum eines Mischleuchtstoffs, worin ein rot emittierender Leuchtstoff ($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ oder $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$), ein grün emittierender Leuchtstoff ($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ oder $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$) und ein blau emittierender Leuchtstoff (CaWO_4 oder BaFCl:Eu) mit einem geeigneten Verhältnis gemischt sind. Durch geeignetes Auswählen des Mischungsverhältnisses von zwei oder mehreren dieser Leuchtstoffe können die Emissionsgrade der Primär- oder Sekundäremissionskomponenten eingestellt werden.

[0065] Die jeweiligen Leuchtstoffe, die in dem Mischleuchtstoff verwendet werden, sind nicht besonders eingeschränkt. Als blau emittierende Leuchtstoffe können $\text{YAlO}_3\text{:Ce}$, $\text{Y}_2\text{SiO}_5\text{:Ce}$, $\text{Gd}_2\text{SiO}_5\text{:Ce}$, $\text{YTbO}_4\text{:Nb}$, BaFCl:Eu , ZnS:Ag , CaWO_4 , CdWO_4 , ZnWO_4 , MgWO_4 , $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl:Eu}$ und $\text{YPO}_4\text{:Cl}$ verwendet werden.

[0066] Als rot emittierende Leuchtstoffe können $\text{GdBO}_3\text{:Eu}$, $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Eu}$, $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$, $\text{Gd}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}\text{:Eu}$, $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}\text{:Eu}$, $\text{GdVO}_4\text{:Eu}$, $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}\text{:Ce}$, Cr , $\text{Y}_2\text{O}_3\text{:Eu}$, $\text{La}_2\text{O}_3\text{:Eu}$, $\text{La}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$, $\text{InBO}_3\text{:Eu}$ und $(\text{Y}, \text{In})\text{BO}_3\text{:Eu}$ verwendet werden.

[0067] Als grün emittierende Leuchtstoffe können $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Tb}$, $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Pr}$, $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}\text{:Tb}$, $\text{Gd}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}\text{:Tb}$, $\text{Y}_2\text{O}_3\text{:Tb}$, $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, Dy , $\text{La}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, ZnS:Cu , ZnS:Cu , Au , $\text{Zn}_2\text{SiO}_4\text{:Mn}$, $\text{InBO}_3\text{:Tb}$ und $\text{MgGa}_2\text{O}_4\text{:Mn}$ genannt werden.

[0068] Wenn ein Mischleuchtstoff verwendet wird, kann abhängig von der Mischung der jeweiligen Leuchtstoffe und der Bildung der Leuchtstoffschicht **7** eine Abweichung zwischen den mehreren Abbildungen, basierend auf den Emissionsfarben der jeweiligen Leuchtstoffe, auftreten. D. h., ein vollständiger Abgleich zwischen den jeweiligen Abbildungen kann nicht erhalten werden. Wenn die aus dem erhaltenen Bild nachzuweisenden RGB-Signale abgetrennt werden (Mischdaten aus Bildern mehrerer Farben) können ferner aufgrund des Kanteneffektes Probleme beim Verarbeiten des Bildes auftreten.

[0069] In Bezug auf dieses Problem kann festgestellt werden, dass wenn der Leuchtstoff, in dem ein Leuchtstoffpartikel in mehreren Farben emittiert, ver-

wendet wird, mehrere Bilder, basierend auf den jeweiligen Emissionsfarben, im wesentlichen vollständig zusammenpassen. Dementsprechend kann eine höhere Nachweisgenauigkeit erhalten werden. In der vorliegenden Erfindung kann z. B. ein Leuchtstoff mit den Emissionspeaks in mehreren Emissionswellenbereichen und ein Leuchtstoff mit einem breiten Emissionspeak, der sich über mehrere Emissionswellenlängenbereiche erstreckt, bevorzugt angewendet werden.

[0070] Das Farblichtemissionsblatt **4**, wie oben erwähnt, kann z. B. auf den folgenden Wegen hergestellt werden.

[0071] D. h., eine geeignete Menge an Leuchtstoffpartikeln (einschließlich eines Mischleuchtstoffs) wird mit einem Bindemittel gemischt, gefolgt von der Zugabe eines organischen Lösungsmittels, wodurch eine Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit mit einer geeigneten Viskosität hergestellt wird. Die Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit wird auf eine Basisschicht **6** mittels einer Rakel- oder Walzenauftragsmaschine aufgebracht, gefolgt von Trocknen, wodurch eine Leuchtstoffschicht **7** erhalten wird.

[0072] Als Bindemittel, die für die Herstellung der Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit verwendet werden, können Nitrocellulose, Celluloseacetat, Ethylcellulose, Polyvinylbutyral, Flockungspolyester, Polyvinylacetat, Copolymer aus Vinylidenchlorid und Vinylchlorid, Copolymer aus Vinylchlorid und Vinylacetat, Polyalkyl(meth)acrylat, Polycarbonat, Polyurethan, Celluloseacetatbutyrat und Polyvinylalkohol genannt werden. Als organische Lösungsmittel können z. B. Ethylalkohol, Methethylether, Butylacetat, Ethylacetat, Ethylether und Xylol verwendet werden. Zur Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit kann, wenn erforderlich, ein Dispersionsmittel, wie Phthalsäure und Stearinsäure, und ein Plastifizierungsmittel, wie Triphenylphosphat und Diethylphthalat, zugegeben werden.

[0073] Als Basisschicht **6** wird ein Harz, z. B. Celluloseacetat, Cellulosepropionat, Celluloseacetatbutyrat, Polyester, wie Polyethylenterephthalat, Polystyrol, Polymethylmethacrylat, Polyamid, Polyimid, Copolymer aus Vinylchlorid und Vinylacetat, und Polycarbonat, in eine zu verwendende Folie geformt. Wenn ein Farblichtemissionsblatt **4** vom Reflektionstyp hergestellt wird, kann eine reflektierende Harzfolie, in die Ruß oder dergl. geknetet ist, verwendet werden.

[0074] Ferner können für die Schutzfolie **8** verschiedene Arten von transparenten Harzen verwendet werden. Insbesondere wird eine transparente Harzfolie, die aus z. B. Polyethylenterephthalat, Polyethylen, Polyvinylidenchlorid oder Polyamid besteht, auf die Leuchtstoff **7** laminiert werden, wodurch die Schutzschicht **8** erzeugt wird. Alternativ werden transparente Harze, wie Cellulosederivate, wie Celluloseacetat, Ethylcellulose und Celluloseacetatbutyrat, Polyvinylchlorid, Polyvinylacetat, Copolymer aus Vinylchlorid und Vinylacetat, Polycarbonat, Polyvinyl-

butyral, Polymethylmethacrylat, Polyvinylformal und Polyurethan in einem Lösungsmittel gelöst, wodurch eine Schutzfolienbeschichtungsflüssigkeit mit einer geeigneten Viskosität hergestellt wird. Die so erhaltene Schutzfolienbeschichtungsflüssigkeit wird auf die Leuchtstoffschicht 7 aufgetragen, gefolgt von Trocknen, wodurch eine Schutzfolie 8 geformt wird.

[0075] Der Farbfilm 5 soll bevorzugt ein Farbfilm zur fotografischen Verwendung sein, der Licht, das in mehreren Farben von dem vorher erwähnten Farblichtemissionsblatt 4 emittiert wird, empfängt, wodurch ein Bild mit mehreren Farben aufgenommen wird (z. B. blaues Bild, grünes Bild und rotes Bild). **Fig. 8** zeigt ein Beispiel einer Kurve der spektralen Empfindlichkeitsverteilung des Farbfilms 5.

[0076] Auf dem Farbfilm 5 wird ein Bild als Mischdaten von Bildern mehrerer Farben gebildet. Aus der Bildinformation werden mit Hilfe eines Filmscanners oder dergl. nachzuweisende RGB-Signale getrennt. D. h., die nachzuweisende Bildinformation wird in die entsprechenden Emissionswellenlängen des Leuchtstoffs getrennt. Damit werden die Bilder der jeweiligen Farben in dem Mischbild mehrerer Farben, z. B. ein rotes Bild, ein grünes Bild und ein blaues Bild aufgetrennt, wodurch die Bilder der jeweiligen Farben als Einzelbilder erhalten werden. Die Bildinformationen der jeweiligen Farben werden z. B. als Digitalsignale aufgenommen.

[0077] Hier wird der Fall betrachtet, in dem der die Leuchtstoffschicht 7 bildende Leuchtstoff, der Primär- und Sekundäremissionskomponenten enthält, ein Emissionsspektrum aufweist, worin die Sekundäremissionskomponente im Hinblick auf die Helligkeit geringer ist als die Primäremissionskomponente. An diesem Punkt bekommt das auf der Primäremissionskomponente basierende Bild im Zustand relativ kleinerer Bestrahlung eine geeignete Filmdichte. D. h., in dem Bereich, in dem die Bestrahlung relativ klein ist, wird eine charakteristische Kurve zwischen der Filmdichte und der Bestrahlung erzeugt. Wenn andererseits die Sekundäremissionskomponente hinsichtlich der Helligkeit geringer ist als die Primärkomponente, bekommt das auf der Sekundäremissionskomponente basierende Bild in dem größeren Bestrahlungsbereich eine geeignete Filmdichte relativ zu der Primäremissionskomponente. D. h., eine charakteristische Kurve wird in dem Bereich größerer Bestrahlung relativ zu der Primäremissionskomponente erzeugt.

[0078] Durch Erhalten mehrerer charakteristischer Kurven, die hinsichtlich des Bestrahlungsbereiches unterschiedlich sind, kann damit der Bestrahlungsbereich auf einen geeigneten, in der Radiografie erforderlichen Bereich der Filmdichte stark verbreitert werden im Vergleich zu dem der bestehenden einzigen charakteristischen Kurve. D. h., gemäß der vorliegenden Erfindung kann der dynamische Bereich in der Radiografie stark verbreitert werden.

[0079] **Fig. 9** zeigt einen Vergleich zwischen Messungen der Empfindlichkeitseigenschaften mit dem

bestehenden monochromen Röntgenfilm und Empfindlichkeitseigenschaften mit dem Farbfilm der vorliegenden Erfindung. **Fig. 9A** stellt die charakteristischen Kurven für die bestehenden monochromen Röntgenfilme dar, während **Fig. 9B** und **9C** charakteristische Kurven einer Kombination von Farbfilmen und $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ -Leuchtstoff sind. In **Fig. 9** bedeutet die Abszisse die Bestrahlungszeit und die Ordinate die Filmdichte.

[0080] In dem Fall, in dem ein bestehender monochromer Röntgenfilm verwendet wird, wird die Filmdichte, obwohl abhängig von der Art des Films, ein wenig unterschiedlich in dem Bereich von ein bis zwei Digits. Auf der anderen Seite ist ein Farbfilm gewöhnlich durch drei Schichten aus roter Farbe, grüner Farbe und blauer Farbe aufgebaut, wobei diese jeweils unterschiedliche Empfindlichkeitseigenschaften aufweisen. Wie aus den **Fig. 9B** und **9C** ersichtlich wird, sind die Empfindlichkeitseigenschaften der roten, grünen und blauen Farben von der Art des Films abhängig. Es wurde jedoch gefunden, dass aufgrund der Empfindlichkeitseigenschaften der drei Farben im Vergleich zum bestehenden monochromen Röntgenfilm der dynamische Bereich um etwa zwei Digits verbreitert werden kann.

[0081] Das bedeutet, dass sogar wenn das rote Bild in der Filmdichte gesättigt wird, wodurch eine Prüfung nicht mehr möglich ist, kann mit dem grünen oder blauen Bild eine angemessene Prüfung durchgeführt werden. In dem Fall, in dem ferner die Prüfung aufgrund der Sättigung der Filmdichte des grünen Bildes nicht durchgeführt werden kann, kann eine geeignete Prüfung mit dem blauen Bild durchgeführt werden. Eine Substanz mit hoher Atomzahl oder hoher Dichte kann mit dem roten Bild untersucht werden, wohingegen eine Substanz mit niedriger Atomzahl und niedriger Dichte mit grünen oder blauen Bildern untersucht wird.

[0082] Außerdem sind kommerzielle Farbfilme abhängig von den Herstellern und den Arten hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber roten, grünen und blauen Komponenten unterschiedlich. Dementsprechend kann durch die Verwendung einer Kombination der Eigenschaften und dadurch, dass der Leuchtstoff in mehreren Farben emittiert, der dynamische Bereich weiter modifiziert werden. Ferner kann der Farbfilm, der im Vergleich mit dem bestehenden Röntgenfilm (monochromer Film) empfindlicher ist, höhere Empfindlichkeit der Radiogramme erzielen.

[0083] Die mehreren charakteristischen Kurven, die auf den jeweiligen Emissionsfarben basieren, sollen bevorzugt einen angemessenen Abstand voneinander haben, wodurch der Bestrahlungsbereich (dynamischer Bereich) erweitert wird. Um ferner die Kontinuität (Kontinuität des Bestrahlungsbereiches) bei der Radiografie sicherzustellen, sollen die mehreren charakteristischen Kurven bevorzugt so gestaltet sein, dass sie teilweise miteinander überlappen. Dementsprechend soll der Grad an Helligkeit der Sekundäremissionskomponente zu dem der Primäre-

missionskomponente, d. h. der Lichtemissionsgrad der Sekundäremissionskomponente zu dem der Primäremissionskomponente, bei derselben Strahlungsintensität bevorzugt in dem Bereich von 0,1 bis 90% sein.

[0084] Wenn der Grad der Sekundäremissionskomponente zu dem der Primäremissionskomponente 90% überschreitet, kommen sich die charakteristische Kurve der Primäremissionskomponente und die der Sekundäremissionskomponente auf der Skala der relativen Bestrahlung zu nahe. Folglich wird es schwierig, einen genügenden Verbreiterungseffekt des dynamischen Bereiches zu erhalten. Vor diesem Hintergrund ist es bevorzugter, dass der Lichtemissionsgrad der Sekundäremissionskomponente zu dem der Primäremissionskomponente 80% oder geringer ist, ferner bevorzugt 50% oder geringer.

[0085] Wenn umgekehrt der Grad der Lichtemission der Sekundäremissionskomponente zu dem der Primäremissionskomponente geringer als 0,1% ist, sind die charakteristische Kurve der Primäremissionskomponente und die der Sekundäremissionskomponente auf der Skala der relativen Bestrahlung zu weit voneinander entfernt. Folglich ist es wahrscheinlich, dass ein dazwischenliegender Bestrahlungsbereich außerhalb des dynamischen Bereiches der beiden charakteristischen Kurven ist. In diesem Fall kann die Nachweisgenauigkeit nicht genügend verbessert werden. Vor diesem Hintergrund ist es ferner bevorzugt, dass die Helligkeit der Sekundäremissionskomponente 1% oder mehr der der Primäremissionskomponente ist.

[0086] Ferner gibt es Fälle, in denen sich Farbfilme abhängig von den Herstellern und den Filmarten hinsichtlich der Empfindlichkeitseigenschaften unterscheiden. In solchen Fällen wird der Lichtemissionsgrad der Primäremissionskomponente des Leuchtstoffs zu dem seiner Sekundäremissionskomponente eingestellt, wodurch Lichtemissionen entsprechend den jeweiligen Empfindlichkeitseigenschaften (charakteristische Kurve) erhalten werden, was in gute Radiografie resultiert. Der Grad der Lichtemissionen kann, wie oben erwähnt, durch die Aktivatorkonzentration eingestellt werden. Der Grad an Lichtemissionen kann auch durch Einfügen eines Farbfilters eingestellt werden, wenn RGB-Signale mit einem Filmscanner oder dergl. zum Korrigieren und Lesen gelesen werden oder durch Korrigieren durch Verwenden einer Einlese-Software.

[0087] In einem speziellen Farbfilm kann z. B. durch Bezeichnen von 100, 10 und 1 zu dem Verhältnis von Rot-, Grün- bzw. Blau-Emissionen der dynamische Bereich um etwa zwei Digits erweitert werden im Vergleich zu dem des bestehenden Farbfilms. In einem anderen Farbfilm kann durch Variieren des Verhältnisses zwischen der Rot-Emission und Grün-Emission ein ausgezeichnete dynamische Bereich erhalten werden. Wenn eine Farb-CCD-Kamera als Lichtaufnahmeelement verwendet wird, wird ferner der Grad an Lichtemissionen der Primär- und der Sekun-

däremissionskomponenten des Leuchtstoffs eingestellt, um die RGB-Signale teilweise gemäß dem dynamischen Bereich der Farb-CCD-Kamera zu überlappen.

[0088] In der vorliegenden Erfindung wird damit der Grad zwischen den Lichtemissionen der Primär- und Sekundäremissionskomponenten des Leuchtstoffs gemäß dem dynamischen Bereich des Radiografiesystems eingestellt. Dadurch kann die exzellente Radiografie, in der der dynamische Bereich ausgedehnt wird, realisiert werden. Ferner wird durch Einstellen des Grads der Lichtemissionen mittels Aktivatorkonzentration des Leuchtstoffs die erhaltene Bildinformation von geometrischer Abweichung befreit.

[0089] Das Farbradiografiesystem der vorliegenden Erfindung kann, ohne auf Röntgenstrahlen beschränkt zu sein, z. B. auf Neutronradiografie oder dergl. angewendet werden. Wenn z. B. ein Leuchtstoff wie $Gd_2O_2S:Eu$ -Leuchtstoff, enthaltend Gd, B oder Li, mit Empfindlichkeit gegenüber Neutronen verwendet wird, kann durch ähnliches Differenzieren der Empfindlichkeitseigenschaften der roten, grünen und blauen Farben der dynamische Bereich ausgedehnt werden. **Fig. 10** ist ein Diagramm, das Messungen der Empfindlichkeitseigenschaften eines Farbfilms gegenüber einem Fluss thermischer Neutronen als Strahlung zeigt. Sogar wenn der Fluss thermischer Neutronen angewendet wird, kann damit der dynamische Bereich vergrößert werden.

[0090] Wie oben erwähnt, kann gemäß dem Farbradiografiesystem der vorliegenden Erfindung, wenn die Bedingung der Radiografie (z. B. Röntgenbestrahlung) ein wenig von dem geeigneten Bereich, bezogen auf den ausgedehnten Bestrahlungsbereich, (dynamischen Bereich) abweicht, ein Bild mit einer geeigneten Dichte erhalten werden, die für medizinische Diagnose und industrielle zerstörungsfreie Prüfung anwendbar ist.

[0091] Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass in der in **Fig. 1** gezeigten charakteristischen Kurve zwischen der Filmdichte und der Bestrahlung die Bestrahlung während der Radiografie von dem dynamischen Bereich einer ersten charakteristischen Kurve R, bezogen auf die Rot-Emission für das rote Bild, wobei übermäßig bestrahlt werden soll, abweicht. In diesem Fall kann, basierend auf den dynamischen Bereichen der zweiten und dritten charakteristischen Kurven G und B, bezogen auf die grüne und blaue Emission, grüne und blaue Bilder mit geeigneter Dichte erhalten werden. D. h., das Auftreten von fehlerhafter Radiografie aufgrund schwacher Bestrahlung oder übermäßiger Bestrahlung kann unterdrückt werden, was darin resultiert, dass ein Bild mit geeigneter Dichte und relativ breiten Radiografiebedingungen erhalten werden kann.

[0092] Ferner kann durch Abtrennung der RGB-Signale von der nachzuweisenden Bildinformation, basierend auf den Lichtemissionen der mehreren Farben, wie oben erwähnt, viel Information, die in den jeweiligen Farbsignalen enthalten ist, effektiv und gesi-

chert erhalten werden. Durch Anwenden des vorliegenden Farbradiographiesystems zur medizinischen Diagnose, kann die medizinische Diagnosefähigkeit stark verbessert werden. Ferner führt die Vergrößerung des dynamischen Bereiches in der Radiografie zu einer Erhöhung der Nachweisinformationen. Dementsprechend kann eine weitere Verbesserung hinsichtlich der Nachweisgenauigkeit, wie der medizinischen Diagnostikfähigkeit, erzielt werden.

[0093] Wenn, wie insbesondere bei der Mammografie, ein höherer Kontrast erforderlich ist, kann zusätzlich zu dem höheren Kontrast der dynamische Bereich während der Radiografie ausgedehnt werden. Dadurch kann die Beschränkung auf die Radiografiebedingungen gemildert werden, was zu einer deutlichen Verbesserung der diagnostischen Fähigkeit beiträgt. Sogar bei der Radiografie für eine andere medizinische Diagnose als Mammografie, führt der höhere Kontrast der Radiogramme zu einer Vergrößerung des Diagnosebereiches und Verbesserung der Nachweisgenauigkeit. Dementsprechend kann die medizinische Diagnosefähigkeit stark vergrößert werden.

[0094] Wenn das vorliegende Farbradiographiesystem zur Radiografie für industrielle zerstörungsfreie Prüfung angewendet wird, kann aufgrund der Vergrößerung des dynamischen Bereiches das Auftreten von Fehlmessungen während der Radiografie unterdrückt werden. Ferner kann ein kompliziertes Objekt, wie z. B. eines, in dem Substanzen mit unterschiedlicher Dichtezahl vorliegen oder eines in dem dieselben Substanzen mit verschiedener Schüttdichte vorliegen, durch nur eine einzige Aufnahme ausgezeichnet radiografiert und analysiert werden. Dadurch kann das Auftreten eines Prüffehlers verhindert und eine Erhöhung der Prüfinformation und Verbesserung der Prüfgenaugkeit erzielt werden.

[0095] In der bestehenden Radiografie wird ferner, da Silberkörner auf dem bestrahlten Röntgenfilm verbleiben, der Röntgenfilm mit den darauf haftenden Silberkörnern gelagert. Die Radiografie mittels des Films ist hinsichtlich der Lagerkapazität der Radiografiedaten ausgezeichnet, so wird beispielsweise Verfälschen einer Aufnahme nicht zugelassen. In dem bestehenden System, in dem die Filme mit den Silberkörnern aufbewahrt werden, wird das Silber jedoch nicht recycled, wodurch schlechtes Silber-Recycling resultiert. Um das Recycling zu verbessern besteht dementsprechend die Nachfrage nach fotoempfindlichen Ressourcen. Im Unterschied dazu kann in dem Farbfilm Silberhalogenid in einer Emulsionsschicht in dem Entwicklungsprozess wiedergewonnen werden, wodurch das Recycling der Ressourcen (fotoempfindliche Ressourcen), wie Silber mit Seltenheitswert, realisiert werden. Ferner wird die schließlich erhaltene Bildinformation in digitale RGB-Signale umgewandelt. Dementsprechend kann die Lagerfähigkeit und Übertragbarkeit der Nachweisinformationen stark erhöht werden.

[0096] Als nächstes wird eine Vorrichtung zur Farb-

radiografie, die für das vorliegende Verfahren zur Farbradiografie angewendet wird, d. h. eine zweite Ausführungsform einer Vorrichtung zur Farbradiografie, in Bezug auf **Fig. 11** beschrieben.

[0097] In der in **Fig. 11** gezeigten Vorrichtung zur Farbradiografie, ähnlich zu **Fig. 2**, wird die Strahlung, wie die Röntgenstrahlen **3**, die durch das Objekt **1** transmittiert wurden, auf das Farblichtemissionsblatt **4** gestrahlt. Hinter dem Farblichtemissionsblatt **4** ist als eine Vorrichtung zur kollektiven Aufnahme des Lichts, das in die mehreren Farben von dem Farblichtemissionsblatt **4** emittiert wird, eine Farb-CCD-Kamera **11** angeordnet. In der Farb-CCD-Kamera **11** wird die Lichtemission der mehreren Farben (Bildinformation der mehreren Farben) mit einer Emissionsverteilung, basierend auf der Verteilungsinformation der Röntgenstrahlen **3** nach Absorption und Streuung aufgrund des Objektes **1**, kollektiv aufgenommen.

[0098] Die Bildinformation, die mehrere Farbsignale enthält und durch die Farb-CCD-Kamera **11** aufgenommen wurde, wird durch einen Prozessor **12** aufgetrennt, um sie als Einzelbildinformation jeder Farbe nachzuweisen. Die Bildinformation der jeweiligen Farben wird als digitale Signale aufgenommen. Zu diesem Zeitpunkt kann nach Abtrennung der weißen Komponente durch Verändern des RGB-Signalverhältnisses der dynamische Bereich kontrolliert werden. D. h., ähnlich wie in dem Fall in dem der Farbfilm verwendet wird, kann aufgrund der Bildinformation der jeweiligen Farben der dynamische Bereich bei der Durchführung der Radiografie oder dergl. erweitert werden. In **Fig. 11** ist die Referenzzahl **13** eine Anzeigevorrichtung, wodurch die Bildinformation der jeweiligen Farben direkt angezeigt wird.

[0099] Ferner können die jeweiligen Signale, die in die jeweiligen Farben aufgetrennt sind, wechselseitig verarbeitet werden, wodurch die Ergebnisse aufgezeichnet werden. Wenn z. B. bestätigt wird, dass eine Substanz hinsichtlich der Dichte durch die rote Komponente unterschiedlich ist und die andere Substanz hinsichtlich der Dichte durch die grüne Komponente als unterschiedlich gesehen wird, können die jeweiligen Substanzen mit Pseudofarben angezeigt werden, wodurch sie voneinander unterscheidbar sind. Ferner kann durch Ausschneiden lediglich eines Anteils dieser Anteil getrennt angezeigt werden. Darüber hinaus kann das Rauschen in der roten Komponente mit der grünen oder blauen Komponente korrigiert werden, oder ein Anteil, der teilweise hinsichtlich der Daten unzureichend ist und weißlich ist, kann ebenfalls korrigiert werden. Insbesondere kann in dem bestehenden monochromen Film nicht kritisch beurteilt werden, ob es Rauschen während der Filmentwicklung oder während der Durchführung der Radiografie ist oder ob es ein problematischer Anteil oder Defekt ist. Wenn jedoch aus den Daten aufgrund der Multifarben dieselbe Tendenz sowohl bei rot als auch bei grün bestätigt wird, kann die Genauigkeit bei der Datenbeurteilung erhöht werden.

[0100] Das in mehreren Farben von dem Farblicht-emissionsblatt **4** emittierte Licht, wie z. B. in **Fig. 12** gezeigt, kann nach Auftrennen in die jeweiligen Farben (Wellenlängen) getrennt voneinander nachgewiesen werden. In **Fig. 12** wird das in mehrere Farben emittierte Licht mittels eines ersten und zweiten dichroitischen Spiegels **14a** und **14b** in die jeweiligen Wellenlängenbereiche aufgetrennt. Die jeweiligen aufgetrennten Lichtsignale werden durch die erste, zweite und dritte monochrome CCD-Kamera **15a**, **15b** bzw. **15c** nachgewiesen.

[0101] D. h., der erste dichroitische Spiegel **15a** reflektiert nur die rote Komponente und lässt die grüne und die blaue Komponente transmittieren. Der zweite dichroitische Spiegel **14b** reflektiert nur die grüne Komponente und lässt die blaue Komponente transmittieren. Zu diesem Zeitpunkt können aufgrund des Aufbaus des den dichroitischen Spiegel **14** konfigurierenden Multischichtfilms Reflektions- und Transmissionsgrad der jeweiligen Farbkomponenten getrennt voneinander eingestellt werden. Dementsprechend können die Empfindlichkeiten der roten, grünen und blauen Komponenten optimal kontrolliert werden.

[0102] Die rote Komponente wird mittels der ersten monochromen CCD-Kamera **15a** nachgewiesen. Die grüne Komponente wird mittels der zweiten monochromen CCD-Kamera **15b** nachgewiesen, wobei die blaue Komponente mittels der dritten monochromen CCD-Kamera **15c** nachgewiesen wird. Das durch die jeweilige monochromatische CCD-Kamera **15** nachgewiesene Signal wird als eine Ein-Bildinformation der jeweiligen Farbe aufgezeichnet. Die jeweiligen Farben können zu diesem Zeitpunkt, wie auch im Fall der in **Fig. 11** gezeigten Vorrichtung, verschieden verarbeitet werden. Die RGB-Signale, aufgetrennt und nachgewiesen von dem vorher genannten Farbfilm als Filmscanner, werden ähnlich verarbeitet.

[0103] Wenn ferner nur eine spezielle Wellenlänge ausgewählt wird unter den jeweiligen Farbkomponenten, um sie zu messen, kann vor die jeweilige monochromatische CCD-Kamera **15** ein Farbfilter **16** angeordnet werden, um darauf anzusprechen. Wenn der dichroitische Spiegel **14** nicht Wellenlängenselektiv ist, kann die Wellenlängenselektivität durch den Transmissionsgrad des Farbfilters **16** eingestellt werden. Wenn ferner der Mischleuchtstoff, der in weiße Farbe emittiert, mit dem Farbfilter **16** verwendet wird, kann der Grad der Lichtemissionen, mit anderen Worten die Empfindlichkeitseigenschaften, für jede Farbe eingestellt werden.

[0104] Zum Auftrennen des Lichts, ohne auf den dichroitischen Spiegel **14** zu beschränken, können optische Filter, wie ein Metallfolieninterferenzfilter, ein Glasfilter und ein Band-Pass-Filter oder ein optisches Prisma und ein Gitter (Beugungsgitter) verwendet werden. Das Lichtsignal kann ferner ohne Beschränkung auf die CCD-Kamera mit verschiedenen Arten an Lichtnachweiselementen nachgewiesen werden.

[0105] Als nächstens wird eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erklärt.

[0106] Bei der Radiografie mit einem menschlichen Körper als Objekt, kann ein Kontrastverstärkungsverfahren, wie Angiografie, angewendet werden. In diesem Fall wird eine Jod- oder Barium-enthaltende Substanz in den menschlichen Körper als ein Kontrastmittel gespritzt und in diesem Zustand wird Radiografie durchgeführt. Die bestehende Radiografie zeigt gleichzeitig Knochen und interne Organe auf einem monochromen Röntgenfilm. Durch die Verwendung von zwei oder mehr Arten an Leuchtstoffen, die jeweils aus einem Element bestehen, das eine andere K-Absorptionskante aufweist als die andere, kann z. B. nur eine Substanz mit der K-Absorptionskante zwischen der K-Absorptionskante der zwei Elementarten radiografiert werden. In dem Farblichtemissionsblatt ist zu diesem Zeitpunkt die Leuchtstoffschicht **7**, die z. B. in **Fig. 3** gezeigt ist, als eine Multischichtstruktur konfiguriert, wobei die jeweiligen Leuchtstoffschichten jeweils aus einem Leuchtstoff aufgebaut sind, die hinsichtlich der K-Absorptionskante voneinander unterschiedlich sind.

[0107] Z. B. ist die Leuchtstoffschicht des Farblicht-emissionsblattes als eine Zwei-Schichtstruktur konfiguriert. Für die erste Schicht wird ein Leuchtstoff verwendet, der eine kleinere Absorptionskante als Jod oder Barium aufweist und eine größere als Calcium in den Knochen und Kohlenwasserstoffverbindungen in den inneren Organen. Die K-Absorptionskante von Indium ist bei 27,940 keV, die von Jod bei 33,170 keV und die von Barium 37,441 keV. Zum Vergleich ist die K-Absorptionskante von Calcium bei 4,039 keV, die für Kohlenwasserstoffverbindungen geringer als diese. Für die zweite Schicht wird ein Leuchtstoff verwendet, der im wesentlichen ein Element umfasst, das eine größere K-Absorptionskante als Jod und Barium aufweist. Die K-Absorptionskante von Gadolinium ist bei 50,239 keV. Die Leuchtstoffe werden so ausgewählt, dass die Emissionsfarben zwischen der ersten und zweiten Schicht voneinander unterschiedlich sind, wobei die jeweiligen Farbsignale mittels des Farbfilms oder der CCD-Kamera nachgewiesen werden.

[0108] Als ein spezielles Beispiel für die Leuchtstoffschicht mit Zwei-Schichtstruktur, kann eine Konfiguration genannt werden, in der die erste Schicht aus Terbium-aktiviertem Indiumborat ($\text{InBO}_3\text{:Tb}$)-Leuchtstoff gebildet wird und wobei die zweite Schicht aus Europium-aktiviertem Gadoliniumoxysulfid ($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$)-Leuchtstoff gebildet wird. Der Terbium-aktivierte Indiumborat-Leuchtstoff der ersten Schicht hat ein Emissionsspektrum mit zwei Peaks in grüner und blauer Farbe. Europium-aktivierter Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff in der zweiten Schicht ist im Roten in dem Emissionsspektrum stark, gefolgt von grünen und blauen Farben. Um zu vermeiden, dass sich die grünen Emissionen aus der ersten und der zweiten Schicht vermischen, ist die Aktivatorkonzentration (Europiumkonzentration) des Leuchtstoffs

der zweiten Schicht höher eingestellt, wodurch die grünen und blauen Emissionskomponenten stark verringert werden. Wenn so verfahren wird, können die Farbsignale mit Genauigkeit aufgetrennt werden. [0109] An einer Position, an der die K-Absorptionskante des Indiums der ersten Schicht niedrig ist, wird die Absorptionseigenschaft des Gadoliniums der zweiten Schicht zur Bearbeitung mit einem Faktor multipliziert. Da die K-Absorptionskante der zweiten Schicht von der ersten Schicht unterschiedlich ist, wird die Absorption zwischen Energien bis zur K-Absorptionskante der zweiten Schicht und nach der zweiten Schicht unterschiedlich. Dementsprechend wird eine Substanz mit einer K-Absorptionskante in einem Intervall von etwa 28 bis 50 keV zwischen den K-Absorptionskanten der ersten und zweiten Schicht hinsichtlich Kontrast stark. Damit kann nur das z. B. Jod- oder Barium-enthaltende Kontrastmittel radiografiert werden.

[0110] Wie oben erwähnt, können durch Unterscheiden der Emissionswellenlängen der zwei oder mehr Leuchtstoffarten, die jeweils hinsichtlich der K-Absorptionskante unterschiedlich sind, durch Verarbeiten zwischen den jeweiligen Farbinformationen Informationen nur einer zu untersuchenden Substanz leicht erhalten werden. Ferner kann durch Reduzieren der Grade an Sekundäremissionen andere als Primäremissionen der Leuchtstoffe, die die jeweiligen Leuchtstoffschichten aufbauen, das Licht, das von zwei oder mehr Arten an Leuchtstoffen, die jeweils hinsichtlich der K-Absorptionskante unterschiedlich sind, emittiert wird, leicht aufgetrennt werden. Dementsprechend kann die Information der zu prüfenden Substanz gesicherter erhalten werden.

[0111] In dem Farbradiografiesystem, das den Unterschied der K-Absorptionskante ausnutzt, können verschiedene Leuchtstoffarten verwendet werden. Für die Leuchtstoffe, die primär im roten Emittieren, können z. B. $\text{GdBO}_3\text{:Eu}$, $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Eu}$, $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$, $\text{Y}_2\text{O}_3\text{:Eu}$, $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$, $\text{La}_2\text{O}_3\text{:Eu}$, $\text{La}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ und $\text{InBO}_3\text{:Eu}$ verwendet werden.

[0112] Als Leuchtstoffe, die primär im Grünen emittieren, können $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Tb}$, $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Pr}$, $\text{Y}_2\text{O}_3\text{:Tb}$, $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, Dy , $\text{La}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, LaOBr:Tb , $\text{InBO}_3\text{:Tb}$ und ZnS:Cu verwendet werden. Als Leuchtstoffe, die primär im Blauen emittieren, können BaFCl:Eu , BaFBr:Eu , CaWO_4 , $\text{YTaO}_4\text{:Nb}$, LaOBr:Tm und ZnS:Ag verwendet werden.

[0113] In dem bestehenden Radiografiesystem wird ein Verfahren vorgeschlagen, in dem innerhalb einer Farbemulsionsschicht eines Farbfilms Jod, Barium oder Cäsium gemischt wird, wodurch der Unterschied der Absorption dieser Elemente in den Unterschied der Farbinformation umgewandelt wird. In einem Verfahren wie diesem gibt es jedoch die Nachteile, dass der Film selbst neu hergestellt werden muss und der kommerzielle Film nicht verwendet werden kann. Da es ferner notwendig ist, ein spezielles Element in eine Filmemulsion zu mischen, muss jedes Mal, wenn ein unterschiedliches Element beur-

teilt wird, der Film gewechselt werden.

[0114] Im Unterschied dazu kann in dem vorliegenden Farbradiografiesystem, das den Unterschied der K-Absorptionskante ausnutzt, durch Auswählen der K-Absorptionskante des Farblichtemissionsblatt-bildenden Leuchtstoffs dieselbe Konfiguration mit jedem von Jod und Barium z. B. fertig werden. Als Elemente die ähnlich fähig sind, damit fertig zu werden, können Sn, Sb, Te, Xe, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm und Eu genannt werden.

[0115] In der vorliegenden Erfindung können durch Ändern der K-Absorptionskante des die Leuchtstoffschicht bildenden Leuchtstoff weitere Elemente damit fertig werden. Ferner kann durch Erhöhen der Anzahl an Leuchtstoffschichten eine große Menge an Informationen erhalten werden. Z. B. können viele zu analysierende Elemente gleichzeitig durch Bildverarbeitung aufgetrennt werden, indem die Leuchtstoffschicht in drei oder vier Schichtstrukturen aufgebaut wird, wodurch nicht nur in RGB-Signale sondern auch in Wellenlängen, die den Elementen eigen sind, aufgetrennt werden.

[0116] Als nächstens werden spezielle Ausführungsformen der vorliegenden Leuchtstoffschicht zum Nachweisen von Strahlung beschrieben.

AUSFÜHRUNGSFORM 1

[0117] Als erstes wird $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ -Leuchtstoff (Eu-Konzentration von 0,3 mol%) mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 2,0 μm hergestellt. Der $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ -Leuchtstoff emittiert primär im Roten, sekundär im Grünen. Hier ist die Helligkeit der Grün-Emission als die Sekundäremissionskomponente etwa 20% von der der Primäremissionskomponente (rote Emission).

[0118] 10 Gew.-Teile des vorher genannten $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Eu}$ -Leuchtstoffs werden mit 1 Gew.-Teil Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer als Bindemittel und einer ungefähren Menge an Ethylacetat als organisches Lösungsmittel gemischt, wodurch eine Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit hergestellt wird. Die Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit wird gleichmäßig mittels einer Rakelauftragmaschine auf eine Schicht aufgebracht, die aus einer transparenten Polyethylenterephthalatfolie mit einer Dicke von 250 μm besteht, wobei das Leuchtstoffauftragsgewicht nach Trocknen 700 g/m^2 (70 mg/cm^2) sein soll, gefolgt von Trocknen, wodurch eine Leuchtstoffschicht erzeugt wird. Auf die Leuchtstoffschicht wird eine Polyethylenterephthalatfolie mit einer Dicke von 9 μm als Schutzfolie laminiert. Ein angestrebtes Farblichtemissionsblatt ist damit hergestellt.

[0119] Das so erhaltene Farblichtemissionsblatt wird mit einem Farbfilm Kodak Pro100 oder Fuji ACE400 kombiniert, um ein in **Fig. 2** gezeigtes Farbradiografiesystem zu erzeugen. Mit dem Radiografiesystem wird Radiografie durchgeführt. Von einem auf dem Farbfilm erzeugten Bild (ein Mischbild aus rot und grün) werden mittels des Filmscanners RGB-Si-

gnale aufgetrennt, wodurch die jeweiligen Einzelbilder des roten Bildes und grünen Bildes erhalten werden. Als ein Ergebnis wird bestätigt, dass aus dem erhaltenen roten Bild (Primäremissionskomponente) und dem grünen Bild (Sekundäremissionskomponente) viel Information herausgelesen werden kann. Lediglich durch visuelle Prüfung des auf dem Farbfilm gebildeten Mischbildes kann eine genügende Menge an Information nicht erhalten werden.

[0120] Wenn die charakteristischen Kurven zwischen der Filmdichte und der Bestrahlung, basierend auf den roten und grünen Bildern, die durch Auftrennen aus dem auf dem Farbfilm erzeugten Bild erhalten wurden, gemessen werden, wird das folgende gefunden. D. h., ein Bestrahlungsbereich, der einer Filmdichte im Bereich von 0,5 bis 3,5 entspricht, wird um etwa 5,25mal vergrößert im Vergleich zu dem der bestehenden charakteristischen Kurve (**Fig. 13**).

AUSFÜHRUNGSFORM 2

[0121] Zuerst wird $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ -Leuchtstoff (Tb-Konzentration von 0,3 mol%) mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 2,0 μm hergestellt. Der $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ -Leuchtstoff emittiert primär im Grünen, sekundär im Blauen. Hier ist die Helligkeit der blauen Emission als Sekundäremissionskomponente etwa 50% von der der Primäremissionskomponente (grüne Emission).

[0122] 10 Gew.-Teile des vorher genannten $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ -Leuchtstoffs werden mit 1 Gew.-Teil Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer als Bindemittel und einer ungefähren Menge an Ethylacetat als organisches Lösungsmittel gemischt, wodurch eine Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit hergestellt wird. Die Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit wird mittels einer Rakelauftragmaschine auf eine Schicht aufgebracht, die aus einer transparenten Polyethylenterephthalatfolie mit einer Dicke von 250 μm besteht, wobei das Leuchtstoffauftragsgewicht nach dem Trocknen 700 g/m^2 (70 mg/cm^2) sein soll, gefolgt von Trocknen, wodurch eine Leuchtstoffschicht erzeugt wird. Auf die Leuchtstoffschicht wird eine Polyethylenterephthalatfolie mit einer Dicke von 9 μm als Schutzfolie laminiert. Ein angestrebtes Farblichtemissionsblatt ist somit hergestellt.

[0123] Das so erhaltene Farblichtemissionsblatt wird mit einem Farbfilm Kodak Pro100 oder Fuji ACE400 kombiniert, um ein Farbradiografiesystem der vorliegenden Erfindung zu erzeugen. Mit dem Radiografiesystem wird Radiografie durchgeführt. Von einem auf dem Farbfilm erzeugten Bild (ein Mischbild aus grün und blau) werden mittels des Film scanners RGB-Signale aufgetrennt, wodurch die jeweiligen Einzelbilder aus grünem Bild und blauem Bild erhalten werden. Als ein Ergebnis wird bestätigt, dass aus dem erhaltenen grünen Bild (Primäremissionskomponente) und dem blauen Bild (Sekundäremissionskomponente) eine große Menge an Information herausgelesen werden kann. Aber eine genü-

gende Menge an Information kann durch lediglich visuelle Prüfung des auf dem Farbfilm gebildeten Mischbildes nicht erhalten werden.

[0124] Wenn die charakteristischen Kurven zwischen der Filmdichte und der Bestrahlung, basierend auf den grünen und blauen Bildern, die durch Auftrennen aus dem auf dem Farbfilm erzeugten Bild erhalten wurden, gemessen werden, wird das folgende gefunden. D. h., ein relativer Bestrahlungsbereich, entsprechend einer Filmdichte in dem Bereich von 0,5 bis 3,5, wird um etwa 3,7mal vergrößert im Vergleich zu dem der bestehenden charakteristischen Kurve (**Fig. 13**).

AUSFÜHRUNGSFORM 3

[0125] Ein Farblichtemissionsblatt wird ähnlich wie in Ausführungsform 2 hergestellt, mit dem Unterschied, dass anstatt des in Ausführungsform 2 verwendeten Leuchtstoffs $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ -Leuchtstoff (Tb-Konzentration von 0,1 mol%) mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 2,0 μm verwendet wird. In dem $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ -Leuchtstoff, der in der vorliegenden Ausführungsform 3 verwendet wird, ist die Helligkeit der blauen Emission als die Sekundäremissionskomponente etwa 60% von der der Primäremissionskomponente (grüne Emission).

[0126] Das so erhaltene Farblichtemissionsblatt wird mit einem Farbfilm Kodak Pro100 oder Fuji ACE400 kombiniert, wodurch ein Farbradiografiesystem der vorliegenden Erfindung erzeugt wird. Mit dem Radiografiesystem werden Radiogramme aufgenommen. Ähnlich wie in Ausführungsform 2 wird bestätigt, dass das grüne (Primäremissionskomponente) und das blaue (Sekundäremissionskomponente) Bild ausgezeichnet erhalten werden kann. Wenn die charakteristischen Kurven zwischen der Filmdichte und der Bestrahlung, basierend auf dem grünen und blauen Bild, das durch Auftrennen aus dem auf dem Farbfilm gebildeten Bildes erhalten wird, gemessen werden, wird das folgende gefunden. D. h., ein relativer Bestrahlungsbereich, entsprechend einer Filmdichte in dem Bereich von 0,5 bis 3,5, wird um etwa 4,5mal vergrößert im Vergleich zu dem der bestehenden charakteristischen Kurve (**Fig. 13**).

AUSFÜHRUNGSFORM 4

[0127] Zuerst wird CaWO_4 -Leuchtstoff mit einem mittleren Partikeldurchmesser von 4,0 μm hergestellt. Der CaWO_4 -Leuchtstoff emittiert primär im Blauen, sekundär im Grünen. Der in der Ausführungsform 4 verwendete CaWO_4 -Leuchtstoff hat ein Emissionsspektrum mit einem Emissionspeak bei etwa 410 nm und einer Halbwertsbreite von 100 nm, wobei die Helligkeit der grünen Emission als Sekundäremissionskomponente etwa 20% von der der Primäremissionskomponente (blaue Emission) ist.

[0128] 10 Gew.-Teile des vorher genannten

CaWO₄-Leuchtstoffs werden mit 1 Gew.-Teil Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer als Bindemittel und einer ungefähren Menge an Ethylacetat als organischem Lösungsmittel gemischt, wodurch eine Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit hergestellt wird. Die Leuchtstoffbeschichtungsflüssigkeit wird mittels einer Rakelauftragmaschine gleichmäßig auf eine Schicht aufgetragen, die aus einer transparenten Polyethylenterephthalatfolie mit einer Dicke von 250 µm besteht, wobei das Leuchtstoffauftragsgewicht nach dem Trocknen 700 g/m² (70 mg/cm²) betragen soll, gefolgt von Trocknen, wodurch eine Leuchtstoffschicht erzeugt wird. Auf die Leuchtstoffschicht wird eine Polyethylenterephthalatfolie mit einer Dicke von 9 µm als Schutzfolie laminiert. Als ein Ergebnis ist ein angestrebtes Farblichtemissionsblatt hergestellt.

[0129] Das so erhaltene Farblichtemissionsblatt wird mit dem Farbfilm Kodak Pro100 oder Fuji ACE400 kombiniert, wodurch ein Farbradiografiesystem der vorliegenden Erfindung gebildet wird. Mit dem Radiografiesystem werden Radiogramme aufgenommen. Von einem auf dem Farbfilm gebildeten Bild (ein Mischbild aus blau und grün) werden unter Verwendung des Film scanners RGB-Signale getrennt, wodurch die jeweiligen Einzelbilder des blauen Bildes und grünen Bildes erhalten werden. Als ein Ergebnis wird bestätigt, dass die von dem erhaltenen blauen Bild (Primäremissionskomponente) und dem grünen Bild (Sekundäremissionskomponente) eine große Menge an Information herausgelesen werden kann. Lediglich durch visuelle Prüfung des auf dem Farbfilm gebildeten Mischbildes kann keine genügende Menge an Information erhalten werden.

[0130] Wenn ferner die charakteristischen Kurven zwischen der Filmdichte und der Bestrahlung, basierend auf den roten und grünen Bildern, die durch Auftrennen aus dem auf dem Farbfilm gebildeten Bild erhalten wurden, gemessen werden, wird das folgende gefunden. D. h., ein relativer Bestrahlungsbereich, entsprechend einer Filmdichte in dem Bereich von 0,5 bis 3,5, wird um etwa 8mal vergrößert im Vergleich zu dem der bestehenden charakteristischen Kurve (Fig. 13).

AUSFÜHRUNGSFORM 5

[0131] Ein Farblichtemissionsblatt wird ähnlich wie in Ausführungsform 4 hergestellt, mit dem Unterschied, dass anstatt des in der Ausführungsform 4 verwendeten Leuchtstoffs (Ca, Mg) WO₄-Leuchtstoff verwendet wird, in dem ein Teil des Ca durch 5 mol% Mg ersetzt ist. Der (Ca, Mg) WO₄-Leuchtstoff, der in der vorliegenden Ausführungsform 5 verwendet wird, hat einen Emissionspeak bei etwa 420 nm und eine Halbwertsbreite von etwa 110 nm, wobei die Helligkeit der grünen Emission als Sekundäremissionskomponente etwa 30% von der der Primäremissionskomponente (blaue Emission) ist.

[0132] Das so erhaltene Farblichtemissionsblatt wird mit einem Farbfilm Kodak Pro100 oder Fuji

ACE400 kombiniert, wodurch ein Farbradiografiesystem der vorliegenden Erfindung gebildet wird. Mit dem Radiografiesystem werden Radiogramme aufgenommen. Ähnlich zu der Ausführungsform 4 wird bestätigt, dass die blauen (Primäremissionskomponente) und grünen (Sekundäremissionskomponente) Bilder jeweils ausgezeichnet erhalten werden können. Wenn die charakteristischen Kurven zwischen der Filmdichte und der Bestrahlung, basierend auf den blauen und grünen Bildern, gemessen werden, wird das folgende gefunden. D. h., ein relativer Bestrahlungsbereich, entsprechend einer Filmdichte in dem Bereich von 0,5 bis 3,5, wird um bis zu etwa 7mal vergrößert im Vergleich zu dem der bestehenden charakteristischen Kurve (Fig. 13).

AUSFÜHRUNGSFORM 6

[0133] Ähnlich zur Ausführungsform 1 wird ein Farblichtemissionsblatt mit Gd₂O₂S:Eu-Leuchtstoff hergestellt. Der Gd₂O₂S:Eu-Leuchtstoff hat eine rote Emissionskomponente als Primeremissionskomponente, grüne und blaue Emissionskomponenten als Sekundäremissionskomponente. Die Helligkeit der grünen Emission als Sekundäremissionskomponente ist etwa 10 bis 20% von der der Primäremissionskomponente (rote Emission), die der blauen Emission etwa 1 bis 2% von der der Primäremissionskomponente (Rot-Emission).

[0134] Röntgenstrahlen werden auf das vorher genannte Farblichtemissionsblatt gestrahlt. Das Licht, das von dem Farblichtemissionsblatt unter der Ausstrahlung von Röntgenstrahlen emittiert wird, wird durch einen dichroitischen Filter (Edmond Scientific Company, AJ52529N), das ist ein dielektrischer Multischichtfilter, der auf einer Oberfläche eines Glassubstrats erzeugt wurde, geleitet, wodurch nur die rote Komponente durchgelassen wird. Die transmittierte rote Komponente wird mittels einer Hochempfindlichkeits-CCD-Kamera (Photometrics Ltd., Modell 250) abgebildet, um auf einem Monitor angezeigt zu werden. Dadurch wird ein ausgezeichnetes Bild des Objektes erhalten.

[0135] Wenn als nächstes die Menge an Röntgenstrahlung um ein Digit erhöht wird, um ein Radiogramm aufzunehmen, resultiert die rote Komponente in ein leeres Bild. Wenn der Filter jedoch durch einen dichroitischen Filter (Edmond Scientific Company, AJ52535N) ausgewechselt wird, der allein die grüne Komponente durchlässt, kann ein ausgezeichnetes Bild erhalten werden.

[0136] Wenn die Menge an Röntgenstrahlung weiter durch ein Digit (durch zwei Digits im Vergleich zu dem Fall der roten Komponente) erhöht wird, um ein Radiogramm aufzunehmen, resultiert die grüne Komponente nur in ein leeres Bild.

[0137] Wenn der Filter jedoch durch einen dichroitischen Filter (Edmond Scientific Company, AJ52532N) ausgetauscht wird, der allein die blaue Komponente durchlässt, wird ein ausgezeichnetes

Bild erhalten.

[0138] Aus diesen Ergebnisse wurde gefolgert, dass das System gemäß dem vorliegenden Farbradiographiesystem im Vergleich zu dem System, in dem der bestehende monochrome Film verwendet wird, der Bereich relativer Bestrahlung um etwa zwei Digits vergrößert werden kann. Wenn der Filter gegen einen ausgetauscht wird, der nur die blaue Komponente durchlässt, während die rote Emissionskomponente untersucht wird, wird nur ein schwarzes Bild erhalten. Eine spezielle Systemkonfiguration ist in **Fig. 12** gezeigt.

[0139] Wie oben erwähnt, kann gemäß dem vorliegenden Verfahren und der Vorrichtung zur Farbradiografie unter verschiedenen Bedingungen geeignete Bildinformation erhalten werden, und aus der Bildinformation kann gesichert und effektiv viel Information erhalten werden. Sogar wenn der Kontrast eines Radiogramms erhöht wird, kann unter relativ breiten Bedingungen die Bildinformation mit geeigneter Dichte erhalten werden. Dementsprechend können bei verschiedenen Arten der Radiografie, einschließlich medizinischer Radiografie, die Unterdrückung von Fehlversuchen, eine Erhöhung der Nachweisinformation und einer Verbesserung der Nachweisgenauigkeit erzielt werden.

[0140] Während die vorliegende Erfindung insbesondere unter Bezugnahme auf die bevorzugten Ausführungsformen davon gezeigt und beschrieben wurde, wird es für den Fachmann verständlich sein, dass verschiedene Änderungen hinsichtlich Form und Detail gemacht werden können, ohne von dem Geist, Umfang und der Lehre der Erfindung abzuweichen. Dementsprechend ist die hier offenbarte Erfindung lediglich als veranschaulichend zu betrachten und hinsichtlich des Umfangs nur limitiert wie in den beigefügten Ansprüchen spezifiziert.

Patentansprüche

1. Verfahren für die Farbradiografie, das die folgenden Schritte umfasst:

Bestrahlung eines Subjekts (1) mit Strahlung (3);
Einstrahlung der Strahlung, die durch das Subjekt transmittiert wurde, auf einen Leuchtstoff einer farblichtemittierenden Vorrichtung (4), die durch die Strahlung in mehreren Farben emittiert, die Lichtemissionsgrade der mehreren Farben unter Bestrahlung mit der Strahlung gleicher Intensität sind unterschiedlich; und Auftrennen des in mehreren Farben von dem Leuchtstoff unter Bestrahlung mit der Strahlung emittierten Lichts in die jeweiligen Farben zum Nachweis durch eine Vorrichtung (5), (11) zur kollektiven Aufnahme des Lichts von der farblichtemittierenden Vorrichtung (4).

2. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 1, worin der Leuchtstoff eine Primäremissionskomponente umfasst, die einer Emissionsfarbe innerhalb des sichtbaren Lichtbereichs entspricht,

sowie mindestens eine Sekundäremissionskomponente, die Sekundäremissionskomponente umfasst eine Emissionsfarbe, die von derjenigen der Primäremissionskomponente unterschiedlich ist, und deren Lichtemissionsgrad ist von demjenigen der Primäremissionskomponente verschieden.

3. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 2, worin die Sekundäremissionskomponente einen Lichtemissionsgrad im Bereich von 0,1–90%, bezogen auf den der Primäremissionskomponente aufweist.

4. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 2, worin als Leuchtstoff ein europiumaktivierter Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff verwendet wird, und durch die Menge des Europiumaktivators des Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoffs werden die Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponenten eingestellt.

5. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 2, worin als Leuchtstoff ein europiumaktivierter Yttriumoxysulfid-Leuchtstoff verwendet wird, und durch die Menge des Europiumaktivators des Yttriumoxysulfid-Leuchtstoffs werden die Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponenten eingestellt.

6. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 2, worin als Leuchtstoff ein terbiumaktivierter Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff verwendet wird, und durch die Menge des Terbiumaktivators des Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoffs werden die Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponenten eingestellt.

7. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 2, worin als Leuchtstoff ein Calciumwolframat-Leuchtstoff verwendet wird und durch einen teilweisen Austausch von Calcium durch Magnesium die Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponenten eingestellt werden.

8. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 2, worin als Leuchtstoff mindestens zwei Leuchtstoffarten, ausgewählt aus einem blauemittierenden Leuchtstoff, der vorwiegend in Blau emittiert, einem grünemittierenden Leuchtstoff, der vorwiegend in Grün emittiert, und einem rotemittierenden Leuchtstoff, der vorwiegend in Rot emittiert, zur Verwendung miteinander vermischt werden, und durch das Mischverhältnis der Leuchtstoffe werden die Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponenten eingestellt.

9. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 1, worin das von dem Leuchtstoff emittierte Licht durch einen Farbfilter geleitet wird, wodurch die Lichtemissionsgrade der mehreren Farben einge-

stellt werden.

10. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 1, worin im Schritt des Auftrennens des Lichts zum Nachweis das Licht, das von dem Farbstoff in mehreren Farben emittiert wird, kollektiv auf einem Farbfilm in ein Bild umgewandelt wird, und von dem Bild werden die jeweiligen Farbsignale, die den Lichtemissionen der mehreren Farben entsprechen, zum Nachweis aufgetrennt.

11. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 1, worin im Schritt des Auftrennens des Nachweislichts die Lichtemissionen in mehreren Farben aus dem Leuchtstoff durch ein Lichtnachweiselement in die jeweiligen Farben aufgetrennt wird.

12. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 1, worin als Leuchtstoff mindestens zwei Arten an Leuchtstoffen, die jeweils ein Element enthalten, das hinsichtlich der K-Absorptionskante von dem anderen unterschiedlich ist, verwendet werden, wodurch eine Substanz mit einer K-Absorptionskante zwischen den K-Absorptionskanten der mindestens zwei Arten an Elementen, die in den mindestens zwei Arten an Leuchtstoffen enthalten sind, nachgewiesen wird.

13. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 12, worin mindestens zwei Arten an Leuchtstoffen, ausgewählt aus einem blauemittierenden Leuchtstoff, der vorwiegend in Blau emittiert, einem grünemittierenden Leuchtstoff, der vorwiegend in Grün emittiert, und einem rotemittierenden Leuchtstoff, der vorwiegend in Rot emittiert, verwendet werden.

14. Verfahren zur Farbradiografie gemäß Anspruch 1, worin das Verfahren zur Farbradiografie angewandt wird zur Radiografie für die medizinische Diagnose oder zur Radiografie für nicht-destruktive Untersuchungen.

15. Vorrichtung für die Farbradiografie, die folgendes umfasst:
eine Strahlungsquelle (2) zur Bestrahlung eines Subjekts (1) mit Strahlung (3);
eine farbemittierende Vorrichtung (4), die einen Leuchtstoff (7) umfasst, der durch Bestrahlung mit der Strahlung, die durch das Subjekt transmittiert wird, in mehreren Farben emittiert, wobei die Lichtemissionsgrade der mehreren Farben gegenüber Strahlung gleicher Intensität unterschiedlich sind; und
Vorrichtungen (5), (11) zur Auftrennung der Lichtemissionen der mehreren Farben, die durch den Leuchtstoff unter Bestrahlung mit der nachzuweisenden Strahlung emittiert werden.

16. Vorrichtung zur Farbradiografie gemäß An-

spruch 15, worin die Vorrichtung zur Auftrennung des nachzuweisenden Lichts einen Farbfilm umfasst, der das Licht, das in mehreren Farben von dem Leuchtstoff emittiert wird, in ein Bild umwandelt, sowie eine Vorrichtung zur Abtrennung von RGB-Signalen aus dem gebildeten Bild auf dem Farbfilm zum getrennten Nachweis.

17. Vorrichtung zur Farbradiografie gemäß Anspruch 15, worin die Vorrichtung zur Auftrennung des nachzuweisenden Lichts eine Farbkamera umfasst, die das von dem Leuchtstoff in mehreren Farben emittierte Licht kollektiv empfängt, sowie eine Vorrichtung zur Auftrennung des Ausgangssignals der Farbkamera in RGB-Signale zum separaten Nachweis.

18. Vorrichtung zur Farbradiografie gemäß Anspruch 15, worin die Vorrichtung zur Auftrennung des nachzuweisenden Lichts eine Vorrichtung zur Auftrennung des von dem Leuchtstoff in mehreren Farben emittierten Lichts in die jeweiligen Farben und mehrere monochrome Kameras, die die jeweiligen Lichtemissionen, die in die jeweiligen Farben aufgetrennt sind, nachweisen, umfasst,

19. Farblichtemissionsblatt (4), das in dem Verfahren und der Vorrichtung für die Farbradiografie gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche verwendet wird, das folgendes umfasst:
ein Basisblatt (6), und
eine Leuchtstoffschicht (7) mit Einzelschichtstruktur, die auf dem Basisblatt abgeschieden ist und einen Leuchtstoff umfasst, der Leuchtstoff weist eine Primäremissionskomponente auf, die unter Bestrahlung mit Strahlung vorwiegend emittiert, und mindestens eine Sekundäremissionskomponente, deren Emissionsfarbe von derjenigen der Primäremissionskomponente unterschiedlich ist, der Lichtemissionsgrad unter Bestrahlung mit Strahlung gleicher Intensität ist von demjenigen der Primäremissionskomponente unterschiedlich, worin die Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponente in Abhängigkeit von dem dynamischen Bereich des Radiografiesystems eingestellt sind.

20. Farblichtemissionsblatt gemäß Anspruch 19, worin der Leuchtstoff ein europiumaktivierter Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff ist, dessen Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponenten durch die Menge an Europiumaktivator eingestellt sind.

21. Farblichtemissionsblatt gemäß Anspruch 20, worin der Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff Europium im Bereich von 0,1–10 mol-% enthält.

22. Farblichtemissionsblatt gemäß Anspruch 19, worin der Leuchtstoff ein europiumaktivierter Yttriumoxysulfid-Leuchtstoff ist, dessen Lichtemissi-

emissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponenten durch die Menge an Europiumaktivator eingestellt sind.

23. Farblichtemissionsblatt gemäß Anspruch 22, worin der Yttriumoxysulfid-Leuchtstoff Europium im Bereich von 0,1–10 mol-% enthält.

24. Farblichtemissionsblatt gemäß Anspruch 19, worin der Leuchtstoff ein terbiumaktivierter Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff ist, dessen Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponenten durch die Menge an Terbiumaktivator eingestellt sind.

25. Farblichtemissionsblatt gemäß Anspruch 24, worin der Gadoliniumoxysulfid-Leuchtstoff Terbium im Bereich von 0,01–10 mol-% enthält.

26. Farblichtemissionsblatt gemäß Anspruch 19, worin der Leuchtstoff ein Calciumwolframat-Leuchtstoff ist, worin zur Einstellung der Lichtemissionsgrade der Primär- und Sekundäremissionskomponenten das Calcium in dem Calciumwolframat-Leuchtstoff teilweise durch Magnesium ersetzt ist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

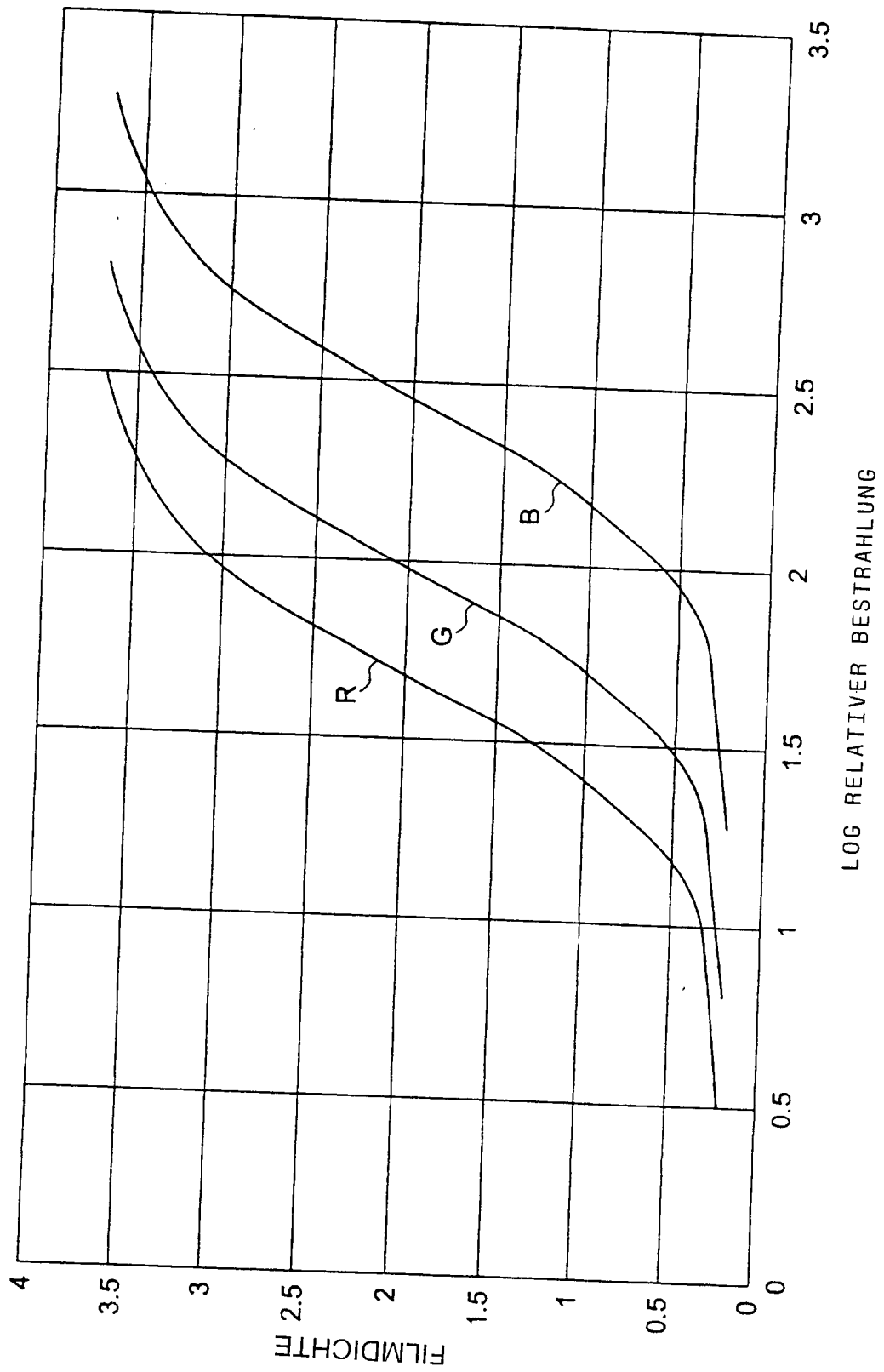


FIG. 2

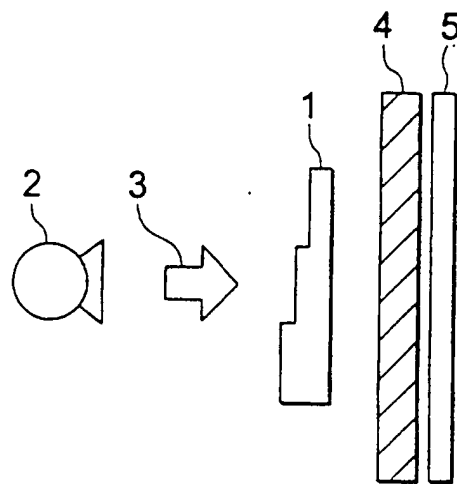


FIG. 3

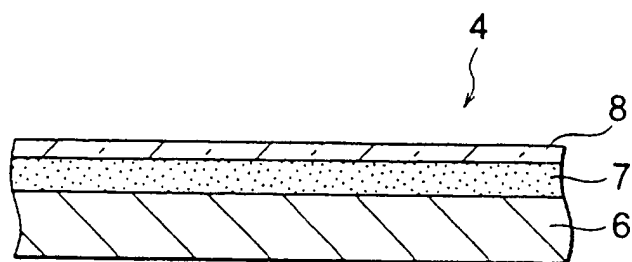


FIG. 4

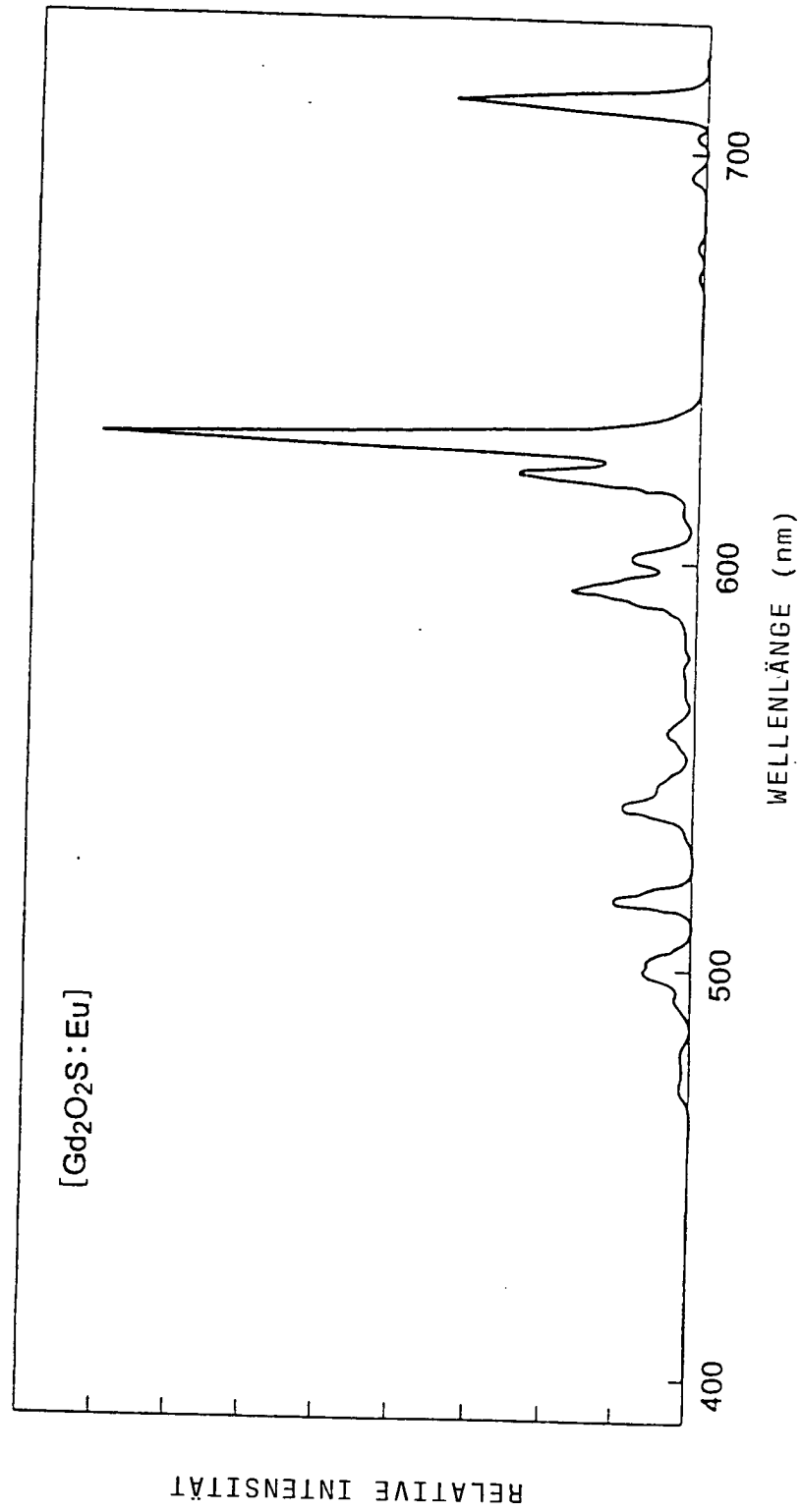


FIG. 5

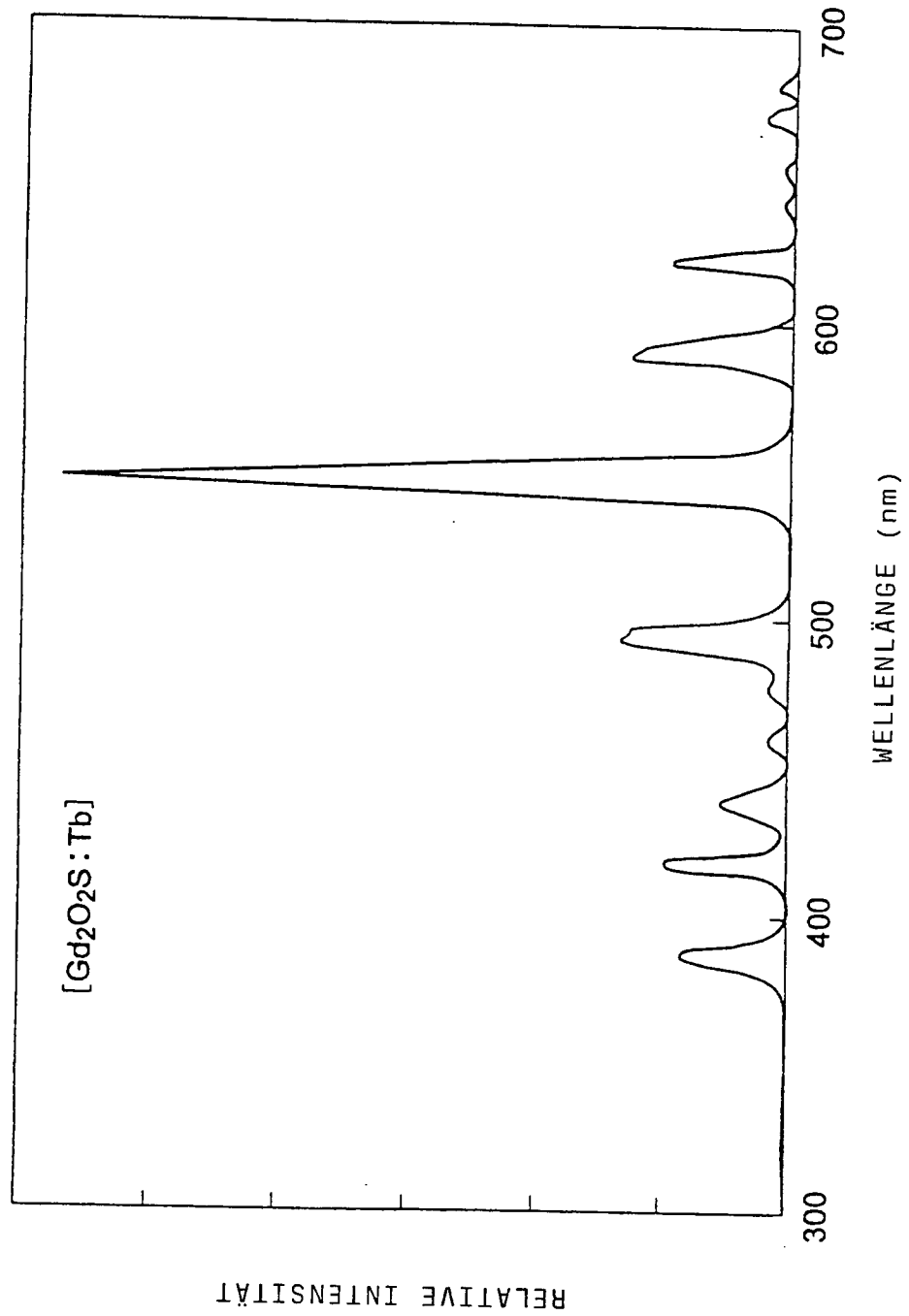


FIG. 6

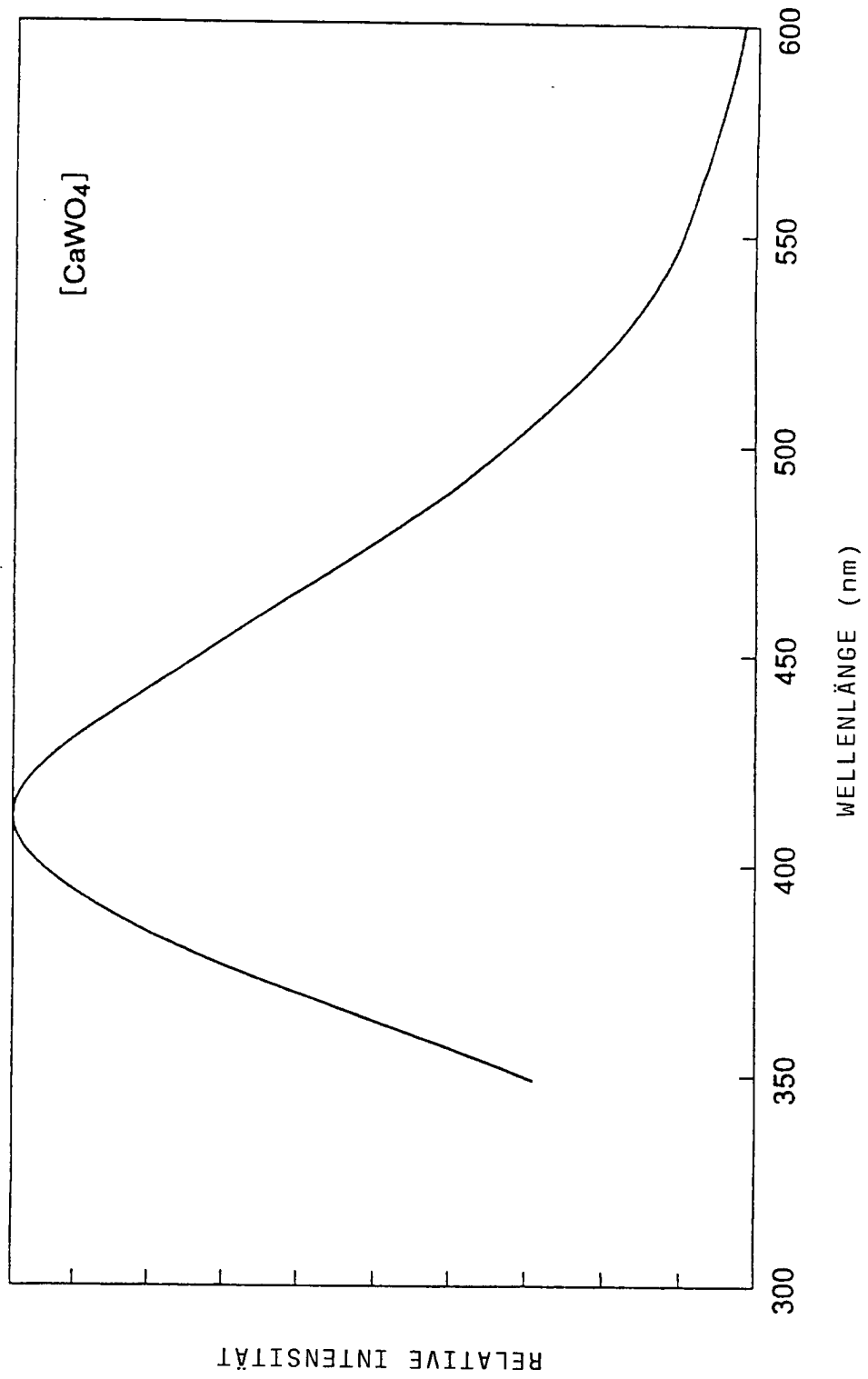


FIG. 7

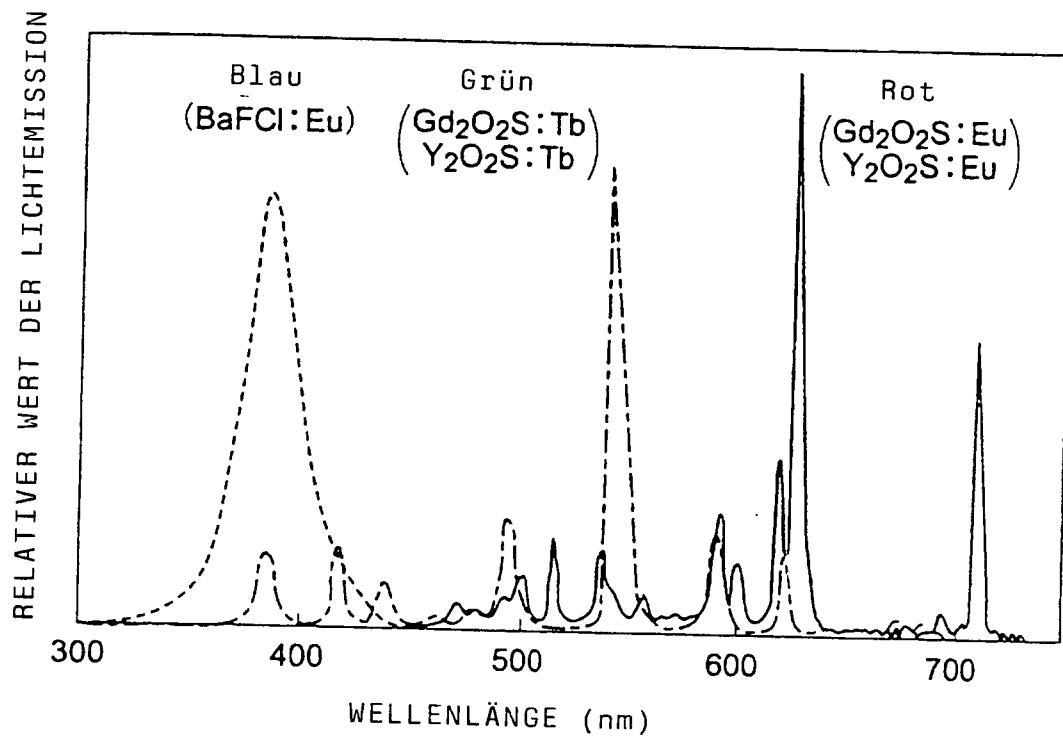


FIG. 8

SPEKTRALE HELLEMPFINDLICHKEITSKURVE

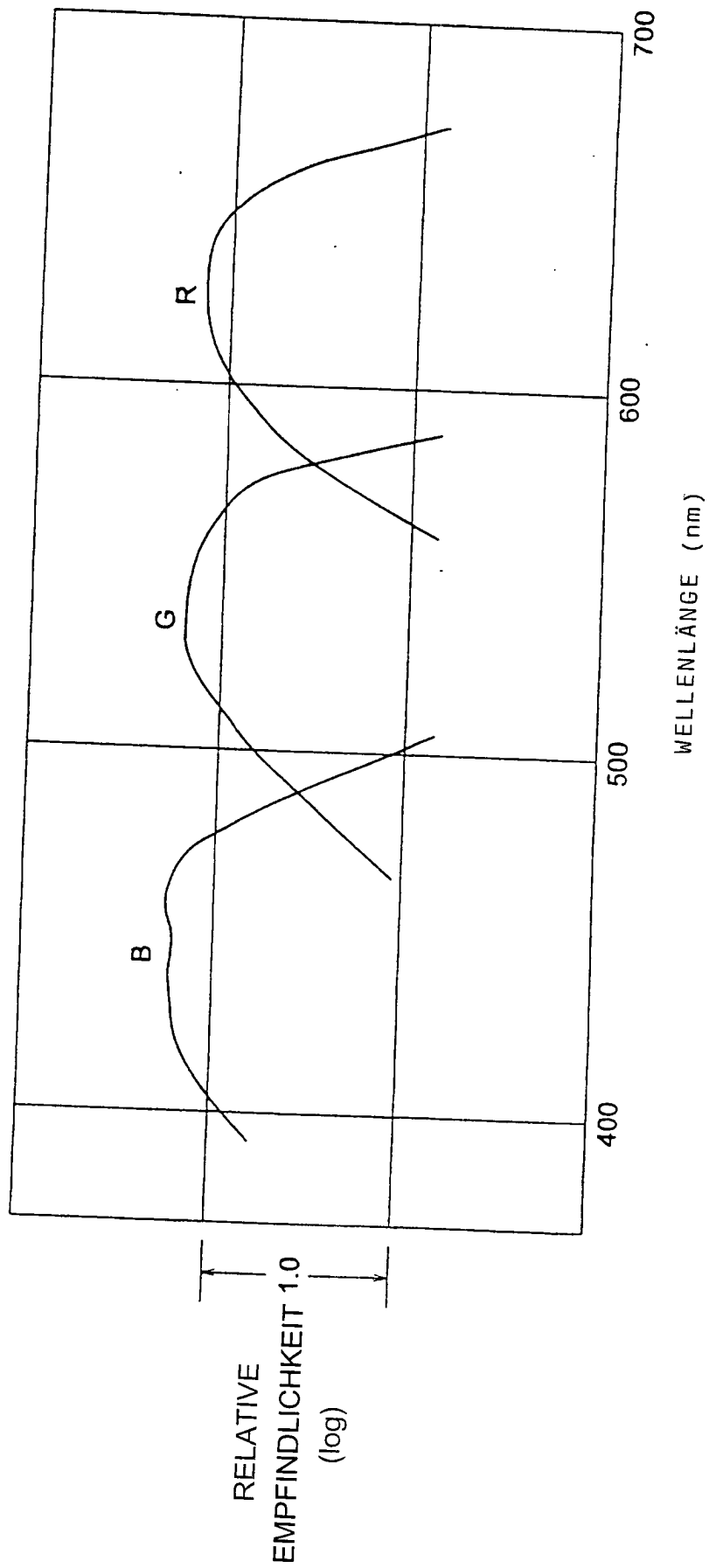


FIG. 9A

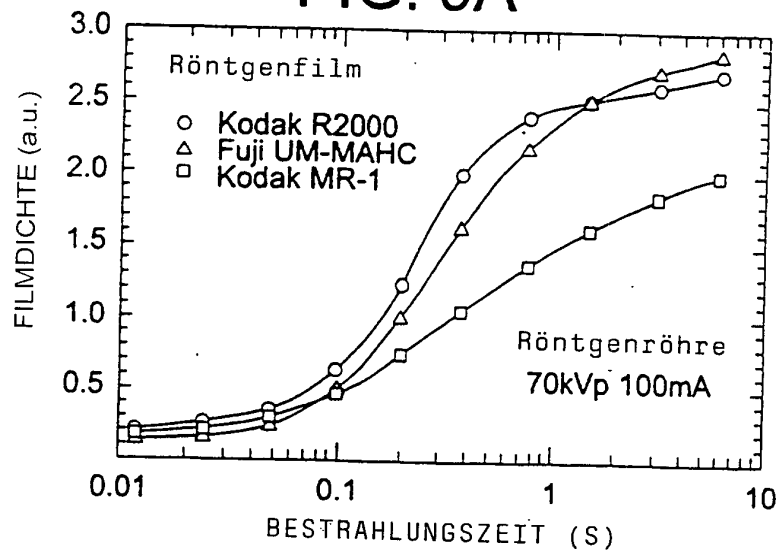


FIG. 9B

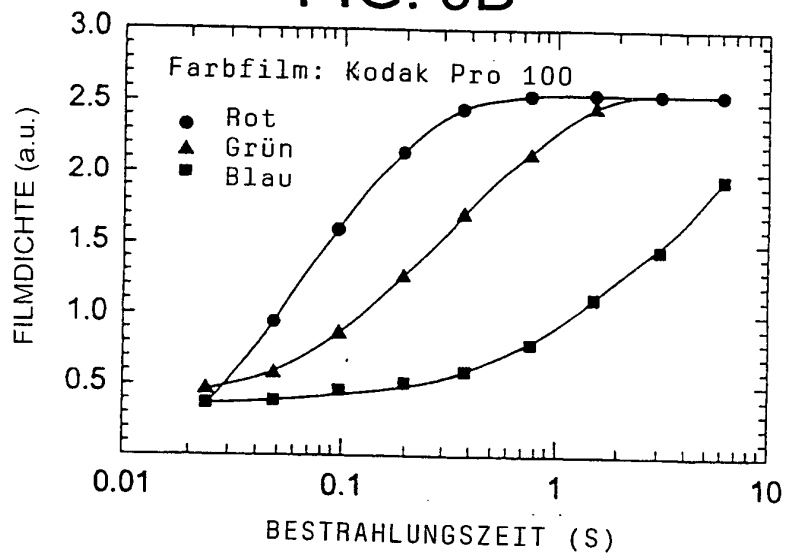


FIG. 9C

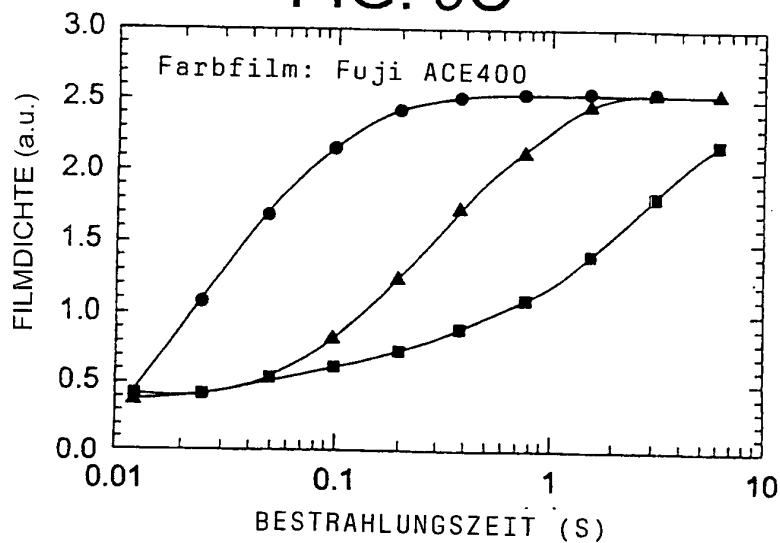


FIG. 10

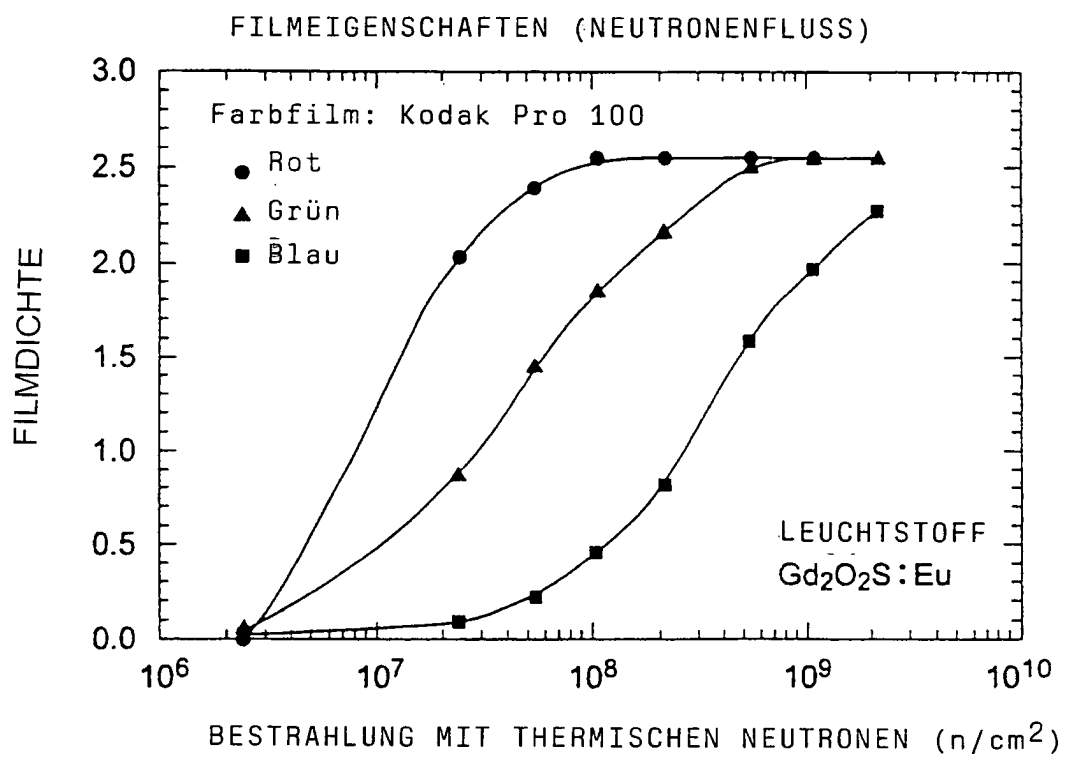


FIG. 11

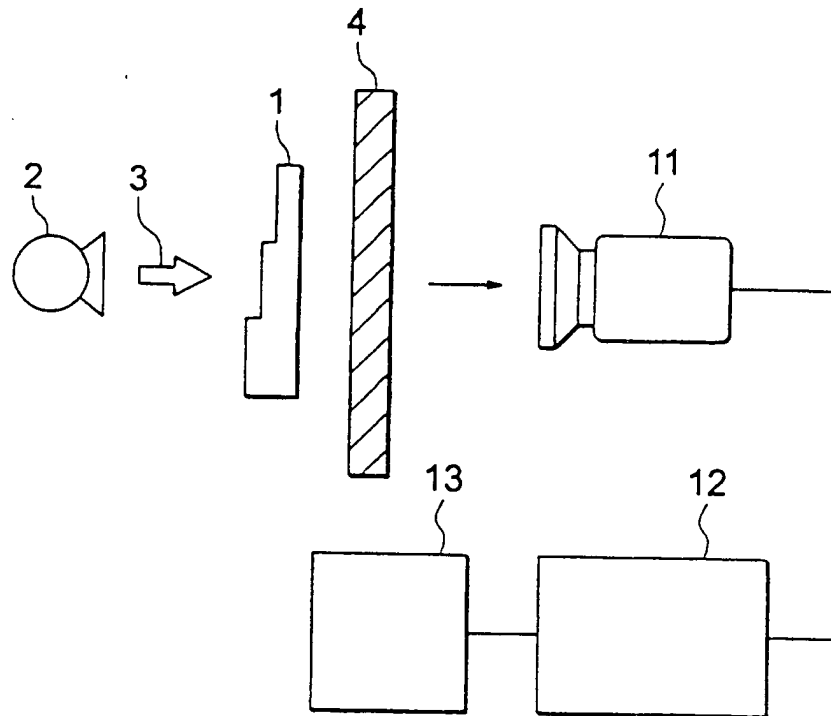


FIG. 12

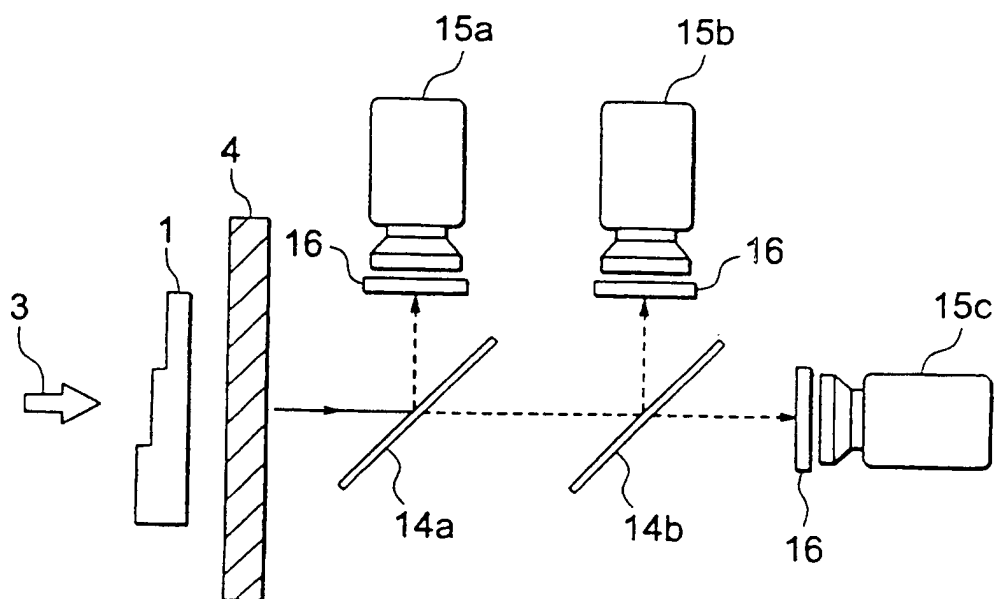


FIG. 13

