



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 36 640 B4** 2004.09.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 36 640.3**
(22) Anmeldetag: **09.08.2002**
(43) Offenlegungstag: **26.02.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.09.2004**

(51) Int Cl.7: **G21K 1/06**
A61B 6/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

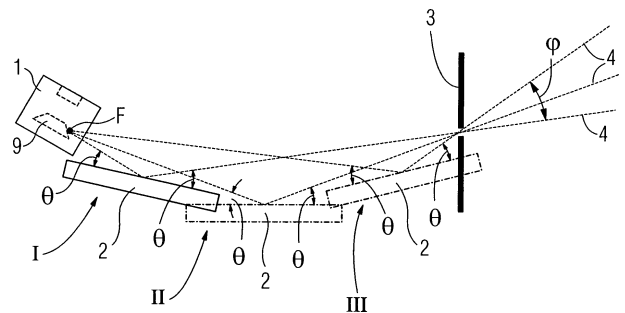
(71) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Hoheisel, Martin, Dr., 91056 Erlangen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 199 55 848 A1
DE 101 62 093 A1
DE 696 04 699 T2

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung, aufweisend eine Röntgenstrahlenquelle (1), einen Monochromator (2), einen Schlitzkollimator (3) und eine Verstellvorrichtung (10) für den Monochromator (2), wobei die Röntgenstrahlenquelle (1), der Monochromator (2) und der Schlitzkollimator (3) derart relativ zueinander angeordnet sind, dass von den von der Röntgenstrahlenquelle (1) ausgehenden Röntgenstrahlen an dem Monochromator (2) Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie reflektiert werden und durch den Schlitz des Schlitzkollimators (3) treten, wobei der Monochromator (2) mit der Verstellvorrichtung (10) derart relativ zu der Röntgenstrahlenquelle (1) und dem Schlitzkollimator (3) verstellbar ist, dass während der Verstellung die für die Reflexion von Röntgenstrahlen der bestimmten Energie an dem Monochromator (2) erforderliche Bedingung für den Reflexionswinkel (Θ) wenigstens im Wesentlichen erfüllt bleibt und im Wesentlichen nur Röntgenstrahlen der bestimmten Energie durch den Schlitz des Schlitzkollimators (3) treten, wobei durch die Verstellung des Monochromators ein Winkelbereich und somit ein Untersuchungsobjekt mit dem erzeugten fächerförmigen monochromatischen Röntgenstrahlenbündel abgetastet werden...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung mit einer Röntgenstrahlenquelle, einem Monochromator und einem Schlitzkollimator, welche derart relativ zueinander angeordnet sind, dass von den von der Röntgenstrahlenquelle ausgehenden Röntgenstrahlen an dem Monochromator Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie reflektiert werden und durch den Schlitz des Schlitzkollimators treten.

[0002] Monochromatische Röntgenstrahlung ist insbesondere in einigen Bereichen der Medizintechnik, beispielsweise in der Mammographie, besonders erwünscht, da sie die Abbildung von Körperdetails mit höherem Kontrast als polychromatische Strahlung ermöglicht, bei der immer Teile des Röntgenspektrums im zu untersuchenden Patienten absorbiert werden, welche die Strahlendosis für den Patienten erhöhen ohne zum Bild beizutragen. Daher kann mit monochromatischer Strahlung möglicherweise eine Dosisersparnis für Patienten erzielt werden.

[0003] Des Weiteren kann durch einen gezielten Einsatz monochromatische Röntgenstrahlung einer bestimmten Energie erreicht werden, dass Materialien, beispielsweise Kontrastmittel in der Medizintechnik, in einem Röntgenbild besonders gut hervortreten. Wird beispielsweise Jod als Kontrastmittel zur Injektion in den Körper eines Patienten verwendet, sollte eine monochromatische Strahlung mit einer Energie von ca. 33 keV verwendet werden, damit die mit dem Jod versehenen Gewebestrukturen besonders deutlich in erzeugten Röntgenbildern hervortreten.

Stand der Technik

[0004] Aus der DE 696 04 699 T2 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung und zur abtastenden Führung monochromatischer, kollimierter Röntgenstrahlung mit einer Röntgenstrahlenquelle, einem Schlitzkollimator, einem Monochromator und einer Verstellvorrichtung für den Monochromator bekannt. Die von der Röntgenstrahlenquelle erzeugte Röntgenstrahlung wird zunächst über den Schlitzkollimator, dann auf den verstellbaren Monochromator und anschließend auf das zu untersuchende Objekt geführt. Die für die Reflexion von Röntgenstrahlen bestimmte Energie erforderliche Bragg-Bedingung wird durch Bewegung des Monochromators in Verbindung mit seiner besonderen Gestalt erreicht, nämlich einem lateral mehrgestufteten Multischichtenspiegel, bei dem der Schichtabstand entlang der Oberfläche variiert ist. Durch seine Bewegung ist der kollimierte monochromatische Röntgenstrahl relativ zur Probe abtastend führbar.

[0005] Aus der DE 199 55 848 A1 sind ebenfalls ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzeugung mo-

nochromatischer Röntgenstrahlung und zur abtastenden Führung monochromatischer Röntgenstrahlung bekannt. Wie der Fig. 1, welche eine Vorrichtung nach der DE 199 55 848 A1 zeigt, zu entnehmen ist, umfasst die Vorrichtung eine vorliegend nur ange deutete Röntgenstrahlenquelle **1**, einen Monochromator **2** sowie einen Schlitzkollimator **3**. Der Monochromator **2** ist derart in einem Winkel, dem sogenannten Braggschen Winkel, zu dem Fokus F der Röntgenstrahlenquelle **1** angeordnet, dass an dem Monochromator **2** unter diesem Winkel nur Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie reflektiert werden. Diese Röntgenstrahlen treten anschließend durch den Schlitz des Schlitzkollimators **3** hindurch und bilden ein fächerförmiges monochromatisches Röntgenstrahlenbündel **4** mit einem Öffnungswinkel **5**. Nach Durchdringung eines Untersuchungsobjektes **6** trifft das Röntgenstrahlenbündel **4** auf einem Röntgenstrahlendetektor **7** auf.

[0006] Da der Öffnungswinkel **5** üblicherweise nur ca. 1° beträgt, muss das fächerförmige monochromatische Röntgenstrahlenbündel abtastend über das zu untersuchende Objekt geführt werden. Hierzu wird im bekannten Fall das gesamte optische System, bestehend aus der Röntgenstrahlenquelle **1**, dem Monochromator **2** sowie dem Schlitzkollimator **3**, um eine den Schlitzkollimator **3** schneidende Achse **8** geschwenkt. Dabei ist von Nachteil, dass verhältnismäßig lange Aufnahmezeiten erforderlich sind.

Aufgabenstellung

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art derart anzugeben, dass die Erzeugung eines Röntgenbildes von einem Untersuchungsobjekt mit monochromatischer Röntgenstrahlung vereinfacht ist.

[0008] Nach der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren nach Anspruch 8. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, eine Röntgenstrahlenquelle, einen Monochromator und einen Schlitzkollimator derart in einem Winkel relativ zueinander anzuordnen, dass von den von der Röntgenstrahlenquelle ausgehenden Röntgenstrahlen an dem Monochromator nur Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie unter diesem Winkel reflektiert werden und durch den Schlitz des Schlitzkollimators treten. Der Monochromator ist dabei zum Abscannen eines mit monochromatischen Röntgenstrahlen zu beaufschlagenden Untersuchungsobjektes derart relativ zu der Röntgenstrahlenquelle und dem Schlitzkollimator auf einer vorbestimmten Bahn verstellbar, dass während der Verstellung die für die Reflexion von Röntgenstrahlen der bestimmten Energie an dem Monochromator erforderliche Bedingung für den Reflexionswinkel wenigstens im Wesentlichen erfüllt bleibt und im Wesentlichen nur Röntgenstrahlen der bestimmten Energie durch den Schlitz des Schlitzkollimators

treten. Der Monochromator wird also derart relativ zu der Röntgenstrahlenquelle und dem Schlitzkollimator verstellt, dass nur Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie durch den Schlitz des Schlitzkollimators gelangen, wobei durch die Verstellung des Monochromators relativ zu dem Schlitzkollimator ein Winkelbereich und somit ein Untersuchungsobjekt mit dem erzeugten fächerförmigen monochromatischen Röntgenstrahlenbündel abgescannt werden kann. Es kann somit auf einfache Weise bei der erfindungsgemäßen Anordnung von Röntgenquelle, Monochromator und Schlitzkollimator, insbesondere im Unterschied zur DE 696 04 699 T2 ohne Notwendigkeit einer Mitbewegung des Schlitzkollimators, eine Röntgenaufnahme mit monochromatischer Röntgenstrahlung von einem Untersuchungsobjekt gewonnen werden.

[0009] Varianten der Erfindung sehen vor, dass es sich bei dem Monochromator um einen Monochromatorkristall, vorzugsweise um einen hochgradig orientierten, pyrolytischen Graphitkristall, einem sogenannten HOPG-Kristall handelt. Wenn also von der Röntgenstrahlenquelle emittierte Röntgenstrahlung unter dem Braggschen Winkel auf einen derartigen HOPG-Kristall trifft, wobei der Braggsche Winkel für eine Photonenenergie von 17 keV beispielsweise $6,1^\circ$ beträgt, reflektiert der HOPG-Kristall monochromatische Röntgenstrahlung dieser Energie unter diesem Winkel in Richtung auf den Schlitz des Schlitzkollimators. Durch den Schlitzkollimator tritt schließlich ein fächerförmiges Bündel monochromatischer Röntgenstrahlen.

[0010] Nach anderen Varianten der Erfindung kann es sich bei dem Monochromator auch um ein Röntgenstrahlen reflektierendes Vielschichtsystem, beispielsweise um Göbel-Spiegel, handeln.

[0011] Weitere Varianten der Erfindung sehen vor, dass der Monochromator entlang einer wenigstens im Wesentlichen elliptischen Bahn verstellbar ist, wobei sich nach einer bevorzugten Ausführungsform der Fokus der Röntgenstrahlenquelle wenigstens im Wesentlichen in dem einen und der Schlitz des Schlitzkollimators wenigstens im Wesentlichen in dem anderen Brennpunkt der zu der elliptischen Bahn gehörigen Ellipse befinden. Durch die Verstellung des Monochromators auf einer elliptischen Bahn bleibt die Bragg-Bedingung für die Reflexion von Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie im Wesentlichen erfüllt. Die reflektierte monochromatische Röntgenstrahlung tritt aber unter verschiedenen Winkeln durch den Schlitz des Schlitzkollimators, wodurch der Scanneffekt erzielt wird.

[0012] Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung entspricht die Dauer der Verstellbewegung des Monochromators relativ zu der Röntgenstrahlenquelle und dem Schlitzkollimator wenigstens im Wesentlichen der Dauer einer Röntgenaufnahme oder einem ganzzahligen Bruchteil dieser Dauer.

Ausführungsbeispiel

[0013] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den beigefügten schematischen Zeichnungen dargestellt. Es zeigen:

[0014] **Fig. 1** den Aufbau einer Vorrichtung zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung nach dem Stand der Technik,

[0015] **Fig. 2** den prinzipiellen Aufbau einer Vorrichtung zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung nach der Erfindung, und

[0016] **Fig. 3** in einer Ansicht von oben eine Verstellvorrichtung für den in **Fig. 2** dargestellten Monochromator.

[0017] Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine Modifikation des bereits eingangs erwähnten Verfahrens bzw. der bereits eingangs erwähnten in **Fig. 1** dargestellten bekannten Vorrichtung zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung. Vom Fokus F der schematisch angedeuteten Röntgenstrahlenquelle **1** ausgehende Röntgenstrahlen treffen auf den Monochromator **2**, an dem sie gebeugt bzw. reflektiert werden. Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie zeichnen sich dadurch aus, dass sie unter einem bestimmten Winkel an dem Monochromator **2** reflektiert werden. Der Schlitzkollimator **3** ist derart relativ zu dem Monochromator **2** und der Röntgenstrahlenquelle **1** angeordnet, dass nur Röntgenstrahlen der bestimmten Energie durch den Schlitz des Schlitzkollimators **3** hindurchtreten können und ein fächerförmiges Bündel **4** monochromatischer Röntgenstrahlen mit einem Öffnungswinkel **5** bilden. Nachdem das monochromatische Röntgenstrahlenbündel **4** ein Untersuchungsobjekt **6** durchdrungen hat, trifft es auf einen Röntgenstrahlendetektor **7** auf. Da wie bereits erwähnt der Öffnungswinkel **5** nur ca. 1° beträgt, wird nur ein schmaler Streifen des Untersuchungsobjektes **6** von dem monochromatischen Röntgenstrahlenbündel **4** durchdrungen. Daher muss zur Erzeugung eines flächenhaften Röntgenbildes von dem Untersuchungsobjekt **6** die Vorrichtung aus Röntgenstrahlenquelle **1**, Monochromator **2** und Schlitzkollimator **3** um die in **Fig. 1** gezeigte Achse **8** geschwenkt werden.

[0018] Um diese Schwenkung um die Achse **8** zu vermeiden, womit eine verhältnismäßig lange Aufnahmezeit zur Gewinnung einer flächenhaften Röntgenaufnahme von dem Untersuchungsobjekt **6** verbunden ist, wird erfindungsgemäß, wie in **Fig. 2** dargestellt, vorgeschlagen, den Monochromator **2** zur Gewinnung einer flächenhaften Röntgenaufnahme von dem Untersuchungsobjekt **6** relativ zu der Röntgenstrahlenquelle **1** bzw. dem Fokus F der Röntgenstrahlenquelle **1** und dem Schlitzkollimator **3** zu verstellen. In **Fig. 2** sind exemplarisch drei Stellungen I, II und III des Monochromators **2** relativ zu dem Fokus F der Röntgenstrahlenquelle **1** und dem Schlitzkollimator **3** gezeigt. Die Verstellung des Monochromators **2** relativ zu der Röntgenstrahlenquelle **1** und dem Schlitzkollimator **3** erfolgt derart, dass die für die Re-

flexion von Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie an dem Monochromator **2** erforderliche Bedingung für den Reflexionswinkel Θ vorzugsweise während der gesamten Verstellbewegung des Monochromators **2** relativ zu der Röntgenstrahlenquelle **1** und dem Schlitzkollimator **3** wenigstens im Wesentlichen erfüllt bleibt und somit im Wesentlichen nur Röntgenstrahlen der bestimmten Energie durch den Schlitz des Schlitzkollimators **3** hindurchtreten können. Wie für die drei Stellungen I, II und III des Monochromators **2** in **Fig. 2** dargestellt, treffen die von dem Fokus F der Röntgenstrahlenquelle **1** ausgehenden Röntgenstrahlenbündel unter dem Winkel Θ auf den Monochromator **2**, Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie werden an dem Monochromator **2** unter dem Winkel Θ reflektiert und passieren den Schlitz des Schlitzkollimators **3** als fächerförmiges Bündel **4** monochromatischer Röntgenstrahlung. Wird im Zuge der Gewinnung einer Röntgenaufnahme von dem Untersuchungsobjekt **6** der Monochromator **2** demnach kontinuierlich von seiner in **Fig. 2** gezeigten Ausgangsposition I in seine in **Fig. 2** gezeigte Endposition III verstellt, überstreicht das fächerförmige monochromatische Röntgenstrahlenbündel **4** einen Winkelbereich φ , der ausreichend ist, um das Untersuchungsobjekt **6** zu scannen.

[0019] Ist die Vorrichtung zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung beispielsweise zur Anwendung bei der Mammographie vorgesehen, so wird in der Regel eine Röntgenstrahlenquelle **1** verwendet, welche eine Anode **9** aus Molybdän aufweist. Der Monochromator **2** ist in diesem Fall derart relativ zu dem Fokus F der Röntgenstrahlenquelle **1** und dem Schlitz des Schlitzkollimators **3** angeordnet bzw. verstellbar, dass ein Reflexionswinkel Θ der Röntgenstrahlung (Bragg-Winkel) eingehalten wird, bei dem Röntgenstrahlung einer Energie von ca. 17,5 keV ausgewählt wird, welche der Energie der K_{α} -Linie des Molybdäns entspricht. Bei dieser Anordnung treten im Wesentlichen nur Röntgenstrahlen dieser Energie durch den Schlitz des Schlitzkollimators **3**, welcher vorzugsweise eine Breite von ca. 50 μm aufweist. Bei dem Monochromator **2** handelt es sich um einen Monochromatorkristall, vorzugsweise um einen sogenannten HOPG-Kristall (hochgradig orientierter, pyrolytischer Graphitkristall).

[0020] Bevorzugt wird der HOPG-Kristall **2**, wie in **Fig. 2** angedeutet, entlang einer elliptischen Bahn verstellt, wobei sich der Fokus F der Röntgenstrahlenquelle **1** in dem einen und der Schlitz des Schlitzkollimators **3** in dem anderen Brennpunkt der zu der elliptischen Bahn gehörigen Ellipse befinden. Die Dauer der Verstellbewegung des HOPG-Kristall **2** von seiner Ausgangsposition I in seine Endposition III entspricht im Wesentlichen der Dauer für die Gewinnung einer flächenhaften Röntgenaufnahme oder einem ganzzahligen Bruchteil dieser Dauer.

[0021] Beträgt beispielsweise der Abstand des Schlitzes des Schlitzkollimators **3** vom Fokus F der Röntgenstrahlenquelle **1** 10 cm und wird der

HOPG-Kristall **2** von seiner Ausgangsposition I, bei der er sich ca. 1 cm vor dem Fokus F der Röntgenstrahlenquelle **1** befindet, bis in seine Endposition III, bei der er sich ca. 1 cm vor dem Schlitz des Schlitzkollimators **3** befindet, bewegt, so ergibt sich bei einem Bragg-Winkel von $\Theta=8^{\circ}$ ein Austrittswinkelbereich φ von ca. $12,8^{\circ}$. Damit kann bei einem Abstand des Schlitzes des Schlitzkollimators **3** von der Ebene des Röntgenstrahlendetektors **7** von 80 cm ein Bereich von 18 cm auf dem Röntgenstrahlendetektor **7** überstrichen werden. Dies entspricht der üblichen Breite eines Röntgenfilms.

[0022] In **Fig. 3** ist in einer schematischen Ansicht von oben eine Verstellvorrichtung **10** für den HOPG-Kristall **2** dargestellt. Der HOPG-Kristall **2** ist im Falle des in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsbeispiels mit vier Stangen **11** bis **14** versehen, welche in Führungsschienen **15** und **16** beiderseits des Monochromators **2** geführt werden. Die Verstellung der Stangen **11** bis **14** in den Führungsschienen **15** bis **16** erfolgt in nicht dargestellter Weise elektromotorisch. Die Verstellung wird dabei von einer nicht dargestellten, aber an sich bekannten Recheneinrichtung gesteuert.

[0023] Die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren hat gegenüber der aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtung bzw. dem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren die Vorteile, dass in verhältnismäßig kurzer Zeit und mit einer weniger aufwendigen Apparatur ein Untersuchungsobjekt mittels eines fächerförmigen Bündels monochromatischer Röntgenstrahlung gescannt werden kann. Dabei können flächenhafte Detektoren, beispielsweise Röntgenfilme, Röntgenbildverstärker oder Festkörperdetektoren, verwendet werden.

[0024] Alternativ zu HOPG-Kristallen können auch andere Monochromator-Kristalle oder Röntgenstrahlen reflektierende Vielschichtsysteme, z. B. Göbel-Spiegel, als Monochromator verwendet werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung, aufweisend eine Röntgenstrahlenquelle (**1**), einen Monochromator (**2**), einen Schlitzkollimator (**3**) und eine Verstellvorrichtung (**10**) für den Monochromator (**2**), wobei die Röntgenstrahlenquelle (**1**), der Monochromator (**2**) und der Schlitzkollimator (**3**) derart relativ zueinander angeordnet sind, dass von den von der Röntgenstrahlenquelle (**1**) ausgehenden Röntgenstrahlen an dem Monochromator (**2**) Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie reflektiert werden und durch den Schlitz des Schlitzkollimators (**3**) treten, wobei der Monochromator (**2**) mit der Verstellvorrichtung (**10**) derart relativ zu der Röntgenstrahlenquelle (**1**) und dem Schlitzkollimator (**3**) verstellbar ist, dass während der Verstellung die für die Reflexion von Röntgenstrahlen der bestimmten Energie an dem Monochromator (**2**) erforderliche

Bedingung für den Reflexionswinkel (Θ) wenigstens im Wesentlichen erfüllt bleibt und im Wesentlichen nur Röntgenstrahlen der bestimmten Energie durch den Schlitz des Schlitzkollimators (3) treten, wobei durch die Verstellung des Monochromators ein Winkelbereich und somit ein Untersuchungsobjekt mit dem erzeugten fächerförmigen monochromatischen Röntgenstrahlenbündel abgetastet werden kann.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Monochromator (2) ein Monochromatorkristall (2) ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Monochromator (2) ein hochgradig orientierter, pyrolytischer Graphitkristall (HOPG-Kristall) ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Monochromator (2) ein Röntgenstrahlen reflektierendes Vielschichtsystem ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der der Monochromator (2) ein Göbel-Spiegel ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der der Monochromator (2) mit der Verstellvorrichtung (10) entlang einer wenigstens im Wesentlichen elliptischen Bahn verstellbar ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der sich der Fokus (F) der Röntgenstrahlenquelle (1) wenigstens im Wesentlichen in dem einen und der Schlitz des Schlitzkollimators (3) wenigstens im Wesentlichen in dem anderen Brennpunkt der zu der elliptischen Bahn gehörigen Ellipse befinden.

8. Verfahren zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung mit einer Röntgenstrahlenquelle (1), einem Monochromator (2) und einem Schlitzkollimator (3), welche derart relativ zueinander angeordnet sind, dass von den von der Röntgenstrahlenquelle (1) ausgehenden Röntgenstrahlen an dem Monochromator (2) Röntgenstrahlen einer bestimmten Energie reflektiert werden und durch den Schlitz des Schlitzkollimators (3) treten, wobei der Monochromator (2) derart relativ zu der Röntgenstrahlenquelle (1) und dem Schlitzkollimator (3) verstellbar werden kann, dass während der Verstellung die für die Reflexion von Röntgenstrahlen der bestimmten Energie an dem Monochromator (2) erforderliche Bedingung für den Reflexionswinkel (Θ) wenigstens im Wesentlichen erfüllt bleibt und im Wesentlichen nur Röntgenstrahlen der bestimmten Energie durch den Schlitz des Schlitzkollimators (3) treten, wobei durch die Verstellung des Monochromators ein Winkelbereich und somit ein Untersuchungsobjekt mit dem erzeugten fächerförmigen monochromatischen Röntgenstrahlenbündel abgetastet werden kann.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem der Monochromator (2) ein Monochromatorkristall (2) ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem der Monochromator (2) ein hochgradig orientierter, pyrolytischer Graphitkristall (HOPG-Kristall) ist.

11. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem der Monochromator (2) ein Röntgenstrahlen reflektierendes Vielschichtsystem ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem der Monochromator (2) ein Göbel-Spiegel ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, bei dem der Monochromator (2) entlang einer wenigstens im Wesentlichen elliptischen Bahn verstellbar wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem sich der Fokus (F) der Röntgenstrahlenquelle (1) wenigstens im Wesentlichen in dem einen und der Schlitz des Schlitzkollimators (3) wenigstens im Wesentlichen in dem anderen Brennpunkt der zu der elliptischen Bahn gehörigen Ellipse befinden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, bei dem die Dauer der Verstellbewegung wenigstens im Wesentlichen der Dauer einer Röntgenaufnahme oder einem ganzzahligen Bruchteil dieser Dauer entspricht.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

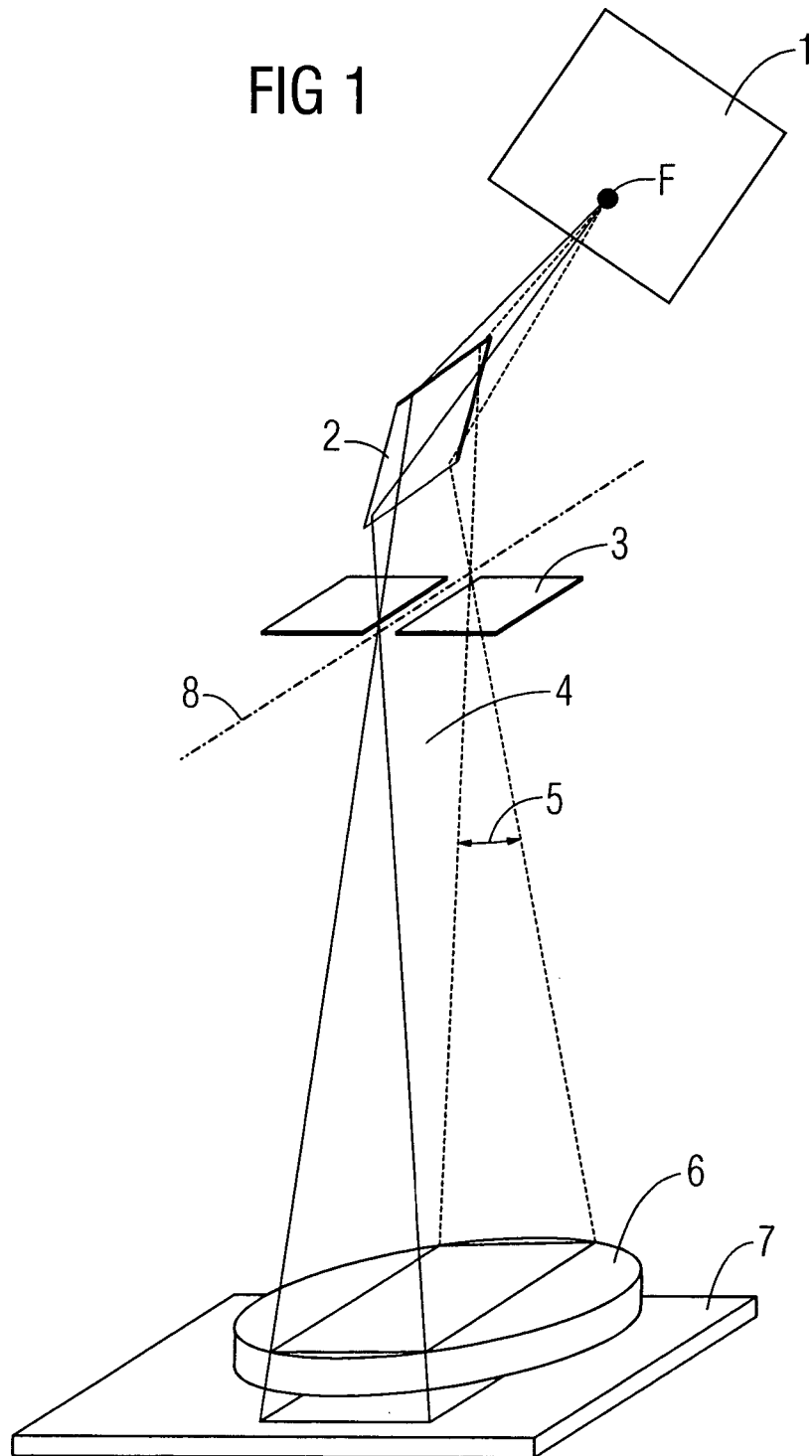


FIG 2

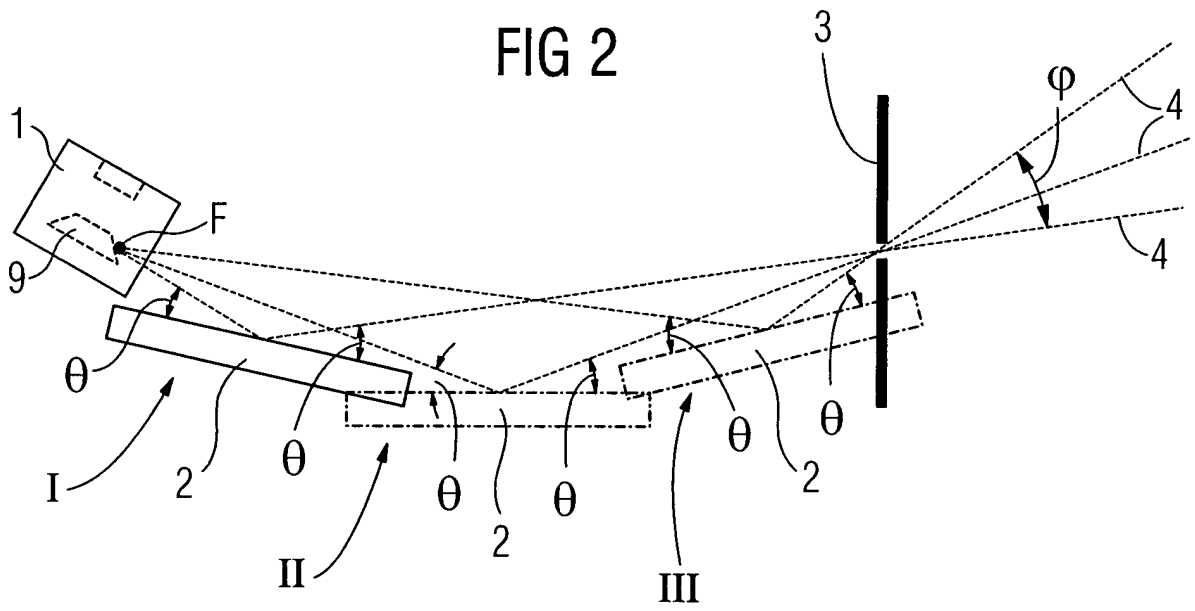


FIG 3

