

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 545/2005**

(51) Int. Cl.⁸: **H01J 35/08** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **31.03.2005**

(43) Veröffentlicht am: **15.02.2007**

(30) Priorität:

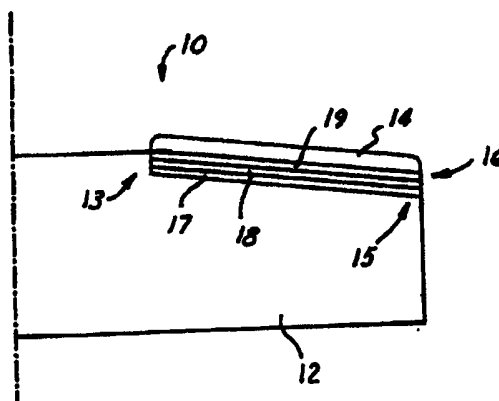
08.04.2004 US 709042 beansprucht.

(73) Patentanmelder:

GENERAL ELECTRIC COMPANY
12345 SCHENECTADY (US)

(54) **RÖNTGENANODE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DERSELBEN**

(57) Es wird eine Röntgenanode (10) für den Einsatz in einer Röntgenröhre geschaffen. Die Röntgenanode umfasst ein Substratmaterial (12), ein Targetmaterial (14) und eine oder mehrere Materialschichten (16) mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten. Das Targetmaterial ist mit einer oder mehreren Materialschichten mit den Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten verbunden. Die Materialschicht (16) mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten ist mit dem Substratmaterial (12) verbunden. Ein Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode wird ebenfalls geschaffen.

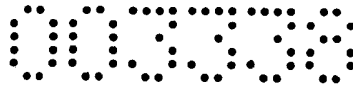


Zusammenfassung:

Es wird eine Röntgenanode (10) für den Einsatz in einer Röntgenröhre geschaffen. Die Röntgenanode umfaßt ein Substratmaterial (12), ein Targetmaterial (14) und eine oder mehrere Materialschichten (16) mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten. Das Targetmaterial ist mit einer oder mehreren Materialschichten mit den Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten verbunden. Die Materialschicht (16) mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten ist mit dem Substratmaterial (12) verbunden. Ein Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode wird ebenfalls geschaffen.

(Fig. 1)

PATENTANWÄLTE



DIPL.-ING. WALTER HOLZER
DIPL.-ING. OTTO PFEIFER
DIPL.-ING. DR. TECHN. ELISABETH SCHÖBER
A-1010 WIEN, SCHOTTENRING 16, BÖRSEGEBÄUDE

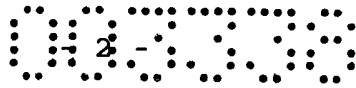
Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen eine Röntgenanode und insbesondere eine Röntgenanode mit einer Wärmehausdehnungs-Stufenkoeffizienten aufweisenden Materialschichten zwischen dem Substrat und dem Targetmaterial.

Hintergrund der Erfindung

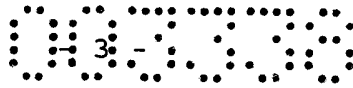
In der medizinischen Bildgebungsindustrie besteht Bedarf, dem erhöhten Kundenwunsch nach kürzeren Scanzeiten in Computertomographie (CT)-Röntgenscannern entgegenzukommen. Um kürzere Scanzeiten zu erzielen, wird die Röntgenröhre auf dem CT-Scanner bei erhöhten Geschwindigkeiten um einen Träger gedreht und die momentane Leistung der auf das Targetmaterial der Anode gerichteten Röntgenröhre erhöht, um den Röntgenstrahlenfluß aufrechtzuerhalten. Diese zwei Voraussetzungen erfordern, daß der Targetdurchmesser an der Anode innerhalb des zulässigen Entwurfsumfanges maximiert und die Anodendrehgeschwindigkeit erhöht wird, damit das Target die durch die kürzeren Scanzeiten erforderlichen hohen Leistungen beherrscht.

Da die Röntgenröhre auf dem CT-Scanner um einen Träger bei erhöhten Geschwindigkeiten gedreht wird, erhöht sich die Hertzsche Last an den Anodenlagern beträchtlich. Auch durch Erhöhen der momentanen Leistung der Anode entsteht eine Erhö-



hung der örtlichen Temperatur an dem Anodentarget und eine Erhöhung der Temperaturschwankung entlang der Anode. Die derzeitigen Anodenbaumaterialien begrenzen die zulässige Beanspruchbarkeit und die momentane Leistung, welcher die Anode unterliegen kann. Daher sind die Parameter (Targetdurchmesser und Anodendrehgeschwindigkeit) durch die übermäßige Masse begrenzt, die beispielsweise durch ein festes Targetmaterial gebildet wird, oder durch die unannehbare Berstfestigkeit des Targetmaterials an der Anode. Die übermäßige Masse erhöht die Last an den Anodenlagern. Daher ist es wünschenswert, ein leichteres Targetmaterial zu verwenden. Die örtliche Temperatur und die Temperaturschwankung beeinflussen die Berstfestigkeit. Daher ist es wünschenswert, eine Anode zu haben, die durch Erhöhen ihrer Stärke (Berstfestigkeit) weniger anfällig für Temperaturschwankungen ist.

Das US-Patent Nr. 6,554,179 lehrt ein Verfahren zum Reaktionshartlöten eines festen Targetmaterials, welches aus hitzebeständigen Metallen hergestellt wird, mit einem Kohlenstoffkomposit, um zwischen den Materialien Phasenstabilität und eine hohe chemische Leitfähigkeit zu schaffen, welche die in dem Targetmaterial erzeugte örtliche Wärme ableitet. Eine Schlammschicht wird auf das Graphit oder Kohlenstoffkomposit aufgetragen, welches reaktive Metallcarbide, hitzebeständige Metallboride und Metallpulver aufweist, um eine Schicht zu bilden, auf der das feste hitzebeständige Metall der Legierung hartgelötet werden kann. Das Targetmaterial ist aus festen



hitzebeständigen Metalllegierungen wie Wolfram (W) oder Molybdän (Mo) hergestellt. Es wird bevorzugt, daß das kohlenstoffhältige Material einen auf die Wärmedehnung des Targetmaterials abgestimmten Koeffizienten aufweist, andernfalls ergeben sich während der erwarteten Temperaturabweichungen hohe Spannungen zwischen den Materialien. Das feste Targetmaterial erhöht das Gewicht der Anode beträchtlich, daher erhöht sich die Gesamtdichte der Anode. Darüber hinaus werden verschiedene Verfahren zur Herstellung der Schlammbeschichtung offenbart, welche das Auftragen des Schlammes auf die Röntgenanode umfassen. Zum Verbinden der verschiedenen hitzebeständigen Metallen mit dem kohlenstoffhaltigen Träger werden auch Wärmebehandlungstemperaturen und Bearbeitungszeiten dargestellt.

Es wäre daher wünschenswert, eine Röntgenanode zu schaffen, welche einen erhöhten Targetdurchmesser und Anodendrehgeschwindigkeiten beherrscht, durch Schaffen einer leichteren Anode aus Materialien mit einer hohen Festigkeit (Burstfestigkeit), einer thermischen Leitfähigkeit und verringerten Spannungen zwischen den Materialschichten, während die Phasenstabilität des Targetbereiches während der Lebensdauer der Anode gesichert wird.

Zusammenfassung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung schafft eine Röntgenanode zur Anwendung in einer Röntgenröhre. Die Röntgenanode umfaßt ein Substratmaterial, ein Targetmaterial und ein oder mehrere Ma-

terialschichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten. Das Targetmaterial ist mit einem oder mehreren Materialschichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten (CTE) verbunden und die Schichten des abgestuften CTE-Materials sind mit dem Substratmaterial verbunden.

Ein erstes Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode umfaßt das Schaffen eines Substrates mit einem Targetort, das Beschichten des Targetortes des Substrates mit einer Schlamm-mischung, um eine oder mehrere Materialschichten mit einem abgestuften CTE zu bilden, das Trocknen der Schicht und das Ablagern eines Targetmaterials auf der äußersten Oberfläche eines oder mehrer Materialschichten mit einem abgestuften CTE. Das Targetmaterial, die Materialschichten und das Substratmaterial werden anschließend erhitzt, um alle zu verbinden.

Ein zweites Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode umfaßt das Schaffen eines Substrates mit einem Targetort, das Beschichten des Targetortes des Substrates mit einer Schlamm-mischung, um eine oder mehrere Materialschichten mit einem abgestuften CTE zu bilden, das Sintern der Beschichtung und das Ablagern eines Targetmaterials auf der äußersten Oberfläche eines oder mehrerer Materialschichten mit einem abgestuften CTE und anschließendes Erhitzen, um das Targetmaterial, die Materialschichten und das Substratmaterial miteinander zu verbinden.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß eine kleine Gesamtdichte der Anode erreicht wird. Das ermöglicht das Erhö-

hen des Durchmessers der Anode ohne die Lager zu überlasten. Zusätzlich kann das leichte Target mit dem großen Durchmesser in Drehgeschwindigkeitsbereichen weit über den üblichen Anoden betrieben werden, da die Anode geschaffen wurde, um den höheren Spannungen und den Beanspruchungen standzuhalten, welche durch die Last verursacht werden. Die Chemie der Materialschichten mit dem abgestuften CTE verringert zusätzlich die Neigung zu einer unerwünschten Bildung von beispielsweise Wolfram-Carbid, wodurch die Zuverlässigkeit der Anode über ihre Lebensdauer verbessert wird. Die Targethaftung und die Zuverlässigkeit des Targets während der Lebensdauer der Röntgenröhre werden auch durch Abstufen der Schlammmischungsschichten mit verschiedenen CTEs derart verbessert, daß auch ein Substrat mit einem sehr niedrigen oder hohen CTE, das hitzebeständige Metalltarget intakt hält.

Andere Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden ausführlichen Beschreibung und der beigefügten Ansprüche unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen verständlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine Teilquerschnittsansicht einer Röntgenanode gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 ist eine Teilquerschnittsansicht einer Röntgenanode gemäß einer anderen Ausführung der vorliegenden Erfindung.

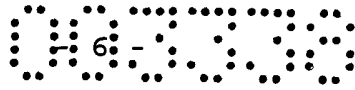


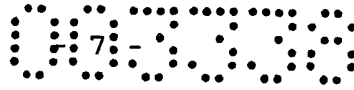
Fig. 3 zeigt ein Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4 zeigt ein alternatives Verfahren zur Herstellung der Röntgenanode gemäß der vorliegenden Erfindung.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

In den folgenden Figuren werden die gleichen Bezugszeichen verwendet, um die gleichen Komponenten in verschiedenen Ansichten darzustellen. Die vorliegende Erfindung wird hinsichtlich einer Computertomographievorrichtung beschrieben. Für den Fachmann ist es aber klar, daß die vorliegende Erfindung zahlreiche Anwendungen innerhalb des medizinischen Bildgebungsfeldes und außerhalb des medizinischen Bildgebungsfeldes aufweist. Die vorliegende Erfindung ist für Anwendungen geeignet, welche rotierende Röntgenanoden einsetzen. Die vorliegende Erfindung ist auch für Anwendungen geeignet, welche eine unbewegliche Röntgenanode mit einem Substratmaterial mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften des Targetmaterials erfordern.

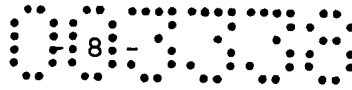
In Fig. 1 ist eine Teilquerschnittsansicht einer Röntgenanode 10 mit einem Substratmaterial 12 und einem Targetmaterial 14 dargestellt, welche durch ein oder mehrere Materialschichten 16 mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten (CTE) verbunden sind. Obwohl eine Röntgenanode 10 dargestellt ist, ist die vorliegende Erfindung gleichermaßen auf alle anderen



Arten von Röntgenanoden anwendbar, welche zum Einsatz in Röntgenröhren kommen.

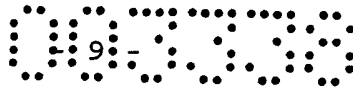
Das Substratmaterial 12 dieser Ausführung wird aus geeigneten Materialien zum Einsatz in der Unterstützung eines hitzebeständigen Metalls zum Einsatz in einer Röntgenanodenanwendung hergestellt. Das Substratmaterial 12 ist wegen seiner Bindefestigkeit ausgewählt. Das Substratmaterial 12 weist eine maximierte thermische Leitfähigkeit auf, hauptsächlich in der Axialrichtung wie ein Fachmann von Röntgenanoden erkennen würde. Es wird auch das Material mit anderen Eigenschaften wie beispielsweise einer geringen Dichte und einer höheren Strahlungsleistung ausgewählt. Obwohl es nicht erforderlich ist, wird das Substratmaterial 12 idealerweise aus einem leichteren Material hergestellt. Das Substratmaterial 12 kann aus einem Komposit oder einem monolytischen Material hergestellt werden. Abhängig vom ausgewählten Material kann das Substratmaterial 12 einen Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten (CTE) um 0 oder $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ haben und bis zu $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ reichen. Der CTE des Substratmaterials ist nicht entscheidend und kann einen beliebigen Wert haben. Das CTE des Substratmaterials wird eingesetzt, um das erwünschte CTE jeder der Schichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten zu bestimmen, welche eingesetzt werden, um das Substrat mit dem Target zu verbinden.

Das Substratmaterial 12 kann ein kohlenstoffhaltiges oder Kohlenstoffasermaterial sein. Das auf Kohlenstoff basierende Substratmaterial 12 kann einen gewebten Aufbau von hochfesten



Kohlenstoffasern mit einem geringen Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten in der Ebene der Targetoberfläche haben. Alternativ ist das auf Kohlenstoff basierende Substratmaterial 12 zugeschnitten auf einen gewebten Komposit für eine maximale Bindefestigkeit durch den Einsatz einer zylindrischen Bindung von hochfesten Fasern, und mit einer maximalen thermischen Leitfähigkeit in der axialen und der radialen Richtung mit Fasern mit einer hohen thermischen Leitfähigkeit in diesen Richtungen. Andere kohlenstoffhaltige Materialien werden auch für das Substratmaterial 12 in Betracht gezogen, umfassend Carbid, Pyrolysegraphit, faserverstärktem Pyrolysegraphit und Kohlenstoff-Kohlenstoff-Komposite.

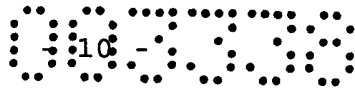
Das Substratmaterial 12 ist darüber hinaus als Röntgenanode 10 einsatzbereit und umfaßt zwischen dem ersten Ort 13 und dem zweiten Ort 15 eine vorbearbeitete Oberfläche zum Verbinden mit einem oder mehreren Materialschichten 16 mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten und mit einem Targetmaterial 14. Der Targetort oder die Fläche zwischen einem ersten Ort 13 und einem zweiten Ort 15 wird hauptsächlich als ebene Fläche mit einer kleinen Seitenwand gezeigt, wobei die eine oder mehrere Materialschichten 16 mit Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten unmittelbar an dem Substratmaterial 12 an der ersten Stelle 13 angrenzen. Alternativ kann die Fläche des Substratmaterials 12 zwischen dem ersten Ort 13 und dem zweiten Ort 15 eine im wesentlichen gerade Fläche sein. Auch wenn es bei diesem Beispiel anders gezeigt ist, müssen die Materialschichten 16



mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten nicht direkt an das Substratmaterial 12 an der ersten Stelle 13 angrenzen. Trotzdem ist die erste Schicht 17 von einem oder mehreren Materialschichten 16 mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten mit dem Substratmaterial 12 zwischen der ersten Stelle 13 und der zweiten Stelle 15 verbunden.

Das Targetmaterial 14 ist bei diesem Ausführungsbeispiel ist aus einem hitzebeständigen Metall hergestellt, welches für den Einsatz in einer Röntgenanodenanwendung geeignet ist. Das Targetmaterial 14 kann auch einem elementaren Wolfram oder elementarem Molybdän hergestellt werden. Das Targetmaterial 14 kann aus einer Molybdänlegierung hergestellt werden, beispielsweise aus TZM oder TZC (beispielsweise 99% Mo und 1% Ti+Zr+C). Das Targetmaterial 14 kann auch aus einer Wolframlegierung umfassend eine Menge Rhenium Re (beispielsweise 95% Wolfram und 5% Re) hergestellt werden. Diese Einzelkristall- oder polykristallinen Materialien haben üblicherweise Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten im Bereich von 4 bis $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Das Targetmaterial 14 ist mit einem oder mehreren Materialschichten 16 mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten verbunden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Targetmaterial 14 durch chemisches Aufdampfen (CVD), physikalisches Aufdampfen (PVD) oder Plasmasprühen mit geringem Druck (LPPS) hergestellt werden, um die Legierung oder das elementare hitzebeständige Metall mit den Wärmedehnungs-Material-



schichten 16 zu verbinden, welche mit dem Substratmaterial 12 der Röntgenanode 10 verbunden sind. Ein leichtes Target wird durch Anwendung von CVD, PVD oder LPPS Verfahren geschaffen, um ein leichtes Komposit oder ein monolytisches Material (mit einer insgesamt geringeren Dichte der Anode) auf dem Targetmaterial 14 zu bilden, wodurch sich eine auf Maximalbruchfestigkeit und thermischer Leitfähigkeit zugeschnittene Röntgenanode ergibt, während die gewünschten Eigenschaften der geringeren Spannung und Beanspruchung wegen der im vorgesehenen Betrieb zu erwarteten Temperaturschwankungen ohne Gefährdung des CTE ausgesetzt sind. Die geringere Gesamtdichte der Röntgenanode ermöglicht, daß der Entwurfsumfang für größere Leistungen vergrößert wird.

Das Targetmaterial 14 kann alternativ aus einem festen Einzelkristall oder einem polykristallinen Material hergestellt werden, was die Festigkeit der Röntgenanode 10 verbessert, falls das Targetmaterial 14 mit den Wärmedehnungs-Materialschichten 16 verbunden wird, indem dieses weniger anfällig gegenüber Spannung und Beanspruchung gemacht wird, welche durch thermische Schwankungen verursacht werden, ohne die Gefährdung der CTEs der Materialschichten.

Die Materialschichten 16 mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten, welche das Substratmaterial 12 mit dem Targetmaterial 14 verbinden, werden aus einer Schlammischung hergestellt. Die Materialschichten 16 mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten bestehen bei dieser Ausführungsform der vorlie-

genden Erfindung aus drei Schichten, das sind eine erste Schicht 17, eine zweite Schicht 18 und eine dritte Schicht 19. Obwohl drei Schichten gezeigt sind, sind eine oder mehrere Schichten zulässig. Die Schlammverbindung umfaßt in jeder Verbindung die nicht auf die folgenden beschränkten Materialien Wolfram, Wolframboride, Wolframcarbide, Molybdän, Molybdänboride, Molybdäncarbide, Zirkonium, Hafnium, Hafniumcarbide, Bindemittel oder andere gemäß dem Stand der Technik bekannten Materialien. Die hitzebeständigen Metalle und ihre Bestandteile Karbide und Boride sind üblicherweise in der Schlammischung als feine Pulverpartikel (üblicherweise mit einer Partikelgröße kleiner als 50 μm) vorgesehen. Anschließend werden Kohlenstoffasern der Schlammischung in ausreichenden Mengen zugesetzt, um ein gewünschtes CTE zu erzielen. Verschiedene Schlammisierungen werden für jede abgestufte Schicht 17, 18, 19 mit verschiedenen CTEs hergestellt. Die der Schlammischung zugesetzten Kohlenstoffe können geschnittene Kohlenstoffasern, Kohlenstoffasern oder andere Materialien mit den die gewünschten CTEs erhöhenden oder verringernden Eigenschaften sein. Insbesondere kann der Wärmedehnungs-Stufenkoeffizient der Schlammischung für jede getrocknete Schicht der Materialschicht bzw. der von mehreren Materialsichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten durch Erhöhen oder Verringern der Kohlenstoffasern in der Mischung verändert werden, d.h. der Weg zum Abstufen der Wärmedehnung ist durch das Verändern

der Kohlenstoffasern in der Schlammischung für jeden der abgestuften Schichten.

Die Kohlenstoffasern können eine beliebige Form haben, umfassend geschnittene und faserförmige Kohlenstoffasern. Die Kohlenstoffasern können teilgeschnittene Fasern mit einem CTE längs der Faserachse im Bereich 0 bis $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ sein. Die Kohlenstoffasern können wie erforderlich zu der Schlammischung hinzugefügt werden, um den erforderlichen Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten zu erzielen. Zum Beispiel für eine Wärmedehnungs-Materialschicht 16 umfassend drei Schichten können die Kohlenstoffasern in der Größe von 67%, 50% und 32% zu der Schlammischung für die drei Schichten hinzugefügt werden. In einem anderen Beispiel mit lediglich zwei Materialschichten mit einer Wärmedehnung können die Kohlenstoffasern in einer Größe von 67% und 33% hinzugefügt werden. Selbstverständlich hängt die zu jeder Schicht hinzugefügte Größe der Kohlenstoffasern von der erwünschten CTE jeder Schicht ab. Diese Ausführungen schaffen eine Schicht 16 mit abgestuften CTEs.

Jede der bzw. jede von mehreren Materialschichten 16 mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten ist dreifach mit dem Substrat verbunden. Wie insbesondere in dieser Ausführung gezeigt ist, ist die erste Schicht 17 mit dem Substratmaterial 12 zwischen dem ersten Ort 13 und dem zweiten Ort 15 verbunden. Die dritte Schicht 19 ist mit der zweiten Schicht 18 verbunden, welche mit der ersten Schicht 17 verbunden ist. Zu-

sätzlich kann jede der Schichten 17, 18, 19 horizontal auf die Substratfläche gelegt werden.

In dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung weist jede der Materialschichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten einen ungefähren Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten (CTE) auf, welcher der Durchschnittswert der angrenzenden Materialien ist, beispielweise wird jeder der drei abgestuften Schichten 17, 18, 19 einen CTE von 2, 3 bzw. $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ aufweisen, die Röntgenanode 10 mit dem Substratmaterial 12 einen CTE von $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ und das Spurenmaterial 14 mit einem CTE von $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ aufweisen. Andernfalls würde man verstehen, daß der Gradient in die andere Richtung zeigen kann. Auch würde man verstehen, daß der gewünschte CTE jeder Materialschicht von der gewünschten Anzahl der Materialschichten und des CTE des Substrates und des Spurenmaterials abhängt.

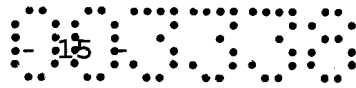
Wahlweise kann jede Materialschicht bzw. jede von mehreren Materialschichten 16 mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten verschiedene CTE haben. Beispielsweise können das Substratmaterial 12, das Targetmaterial 14, die erste Schicht 17, die zweite Schicht 18 und die dritte Schicht 19 CTEs von 1, 6, 1,5, 4 und $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ aufweisen. Der CTE jeder Schicht kann verschieden sein. Vorzugsweise weist jede Schicht der Röntgenanode einen CTE auf, der sich durch $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ und insbesondere durch $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ unterscheidet. Es kann auch jede Schicht der Röntgenanode einen CTE haben, der sich um weniger als $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ unterscheidet.

In den beschriebenen Ausführungen ist die Röntgenanode 10 eine Röntgendrehanode. Alternativ kann die Röntgenanode auch eine beliebige andere Art von Röntgenanoden sein.

In Fig. 2 ist eine Teilquerschnittansicht einer Röntgenanode 20 gemäß einer anderen Ausführung der vorliegenden Erfindung mit einem Substratmaterial 22 und einem Targetmaterial 24 dargestellt, welche zusammen mittels einem oder mehrerer Materialschichten 26 mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten verbunden sind. Obwohl wieder eine Röntgenanode 20 dargestellt ist, ist die vorliegende Erfindung gleichermaßen auf andere Arten von Röntgenanoden für den Einsatz in Röntgenröhren anwendbar.

Das Substratmaterial 22 ist für den Einsatz als Röntgenanode vorbereitet und weist eine vorbearbeitete Oberfläche auf, d.i. ein Targetort zwischen einer ersten Stelle 23 und einer zweiten Stelle 25 zum Verbinden von einer oder mehreren Materialschichten 26 mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten und einem Targetmaterial 24. Die Oberfläche des Substratmaterials 22 mit einer ersten Stelle 23 und einer zweiten Stelle 25 ist mit einer gekrümmten Oberfläche dargestellt (nicht mit einer Seitenwand wie in Fig. 1 dargestellt). Alternativ wird man verstehen, daß die Oberfläche zwischen einer ersten Stelle 23 und einer zweiten Stelle 25 gerade oder im wesentlichen gerade sein kann.

Die Materialschicht 26 mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten weist in dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung



zwei Schichten auf, d.s. eine erste Schicht 27 und eine zweite Schicht 28. Obwohl zwei Schichten gezeigt sind, sind eine oder mehrere Schichten zulässig.

In dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung umfaßt jede der Materialschichten mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten einen Ungefährkoeffizienten der Wärmedehnung (CTE), welcher mittelwertmäßig zwischen jedem der angrenzenden Materialien liegt. Beispielsweise werden die zwei abgestuften Schichten 27 und 28 eine CTE von $2,5$ bzw. $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ haben. An der Röntgenanode 20 mit einem Substratmaterial 22 einen CTE von $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ haben und das Spurenmaterial 24 einen CTE von $5,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ haben. Alternativ versteht sich, daß der Gradient in die andere Richtung zeigen kann. Es versteht sich auch, daß der gewünschte CTE von jeder Materialschicht von der gewünschten Anzahl der Materialschichten und der CTE von dem Substrat und den Spurmaterialien abhängen würde.

Wahlweise kann jede der bzw. jede von mehreren Materialschichten 26 mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten verschiedene CTEs aufweisen. Beispielsweise können das Substratmaterial 22, das Targetmaterial 24, die erste Schicht 27 und die zweite Schicht 28 CTE von 1 , 6 , 2 bzw. $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ haben. Der CTE jeder Schicht kann verschieden sein. Vorzugsweise weist jede Schicht der Röntgenanode einen CTE auf, der sich von $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ unterscheidet und insbesondere durch $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Es kann auch jede Schicht der Röntgenanode einen CTE haben, der sich um weniger als $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ unterscheidet.

In den beschriebenen Ausführungen ist die Röntgenanode 20 eine Röntgendrehanode. Alternativ kann die Röntgenanode jede andere Art von Röntgenanoden sein.

Fig. 3 zeigt ein Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode gemäß der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode umfaßt das Vorsehen eines Substrates mit einem Targetort, das Beschichten des Targetortes des Substrates mit einer Schlammischung, welche die Materialschicht bzw. jede von mehreren Materialschichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten bildet und das Trocknen des Materials jeder CTE Schicht. Anschließend wird das Targetmaterial auf der äußersten Fläche der Materialschicht bzw. jede von mehreren Materialschichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten aufgetragen. Zum Abschluß wird das Targetmaterial, die Materialschichten und das Substratmaterial erhitzt, um diese zu verbinden. Es wird ein Substrat und ein Material in einer Form ausgewählt, welches für den Einsatz als Röntgenanode geeignet ist.

Jede einzelne der Materialschichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten wird durch Beschichten des Targetortes des Substrates mit einer Schlammischung (wie oben beschrieben) mit einem spezifischen CTE für jede Schicht gebildet. Jede Beschichtung ist mit den dem Fachmann bekannten Techniken aufgetragen. Wahlweise kann man jede Beschichtung der Schlammischung trocknen lassen bevor die nächste Beschichtung aufgetragen wird. Das Trocknen wird bei 125°C oder bei

einer dem Fachmann bekannten zulässigen Temperatur vollzogen. In manchen Fällen muß die Trocknungstemperatur zu einer Sintertemperatur erhöht werden bevor die nächste Schicht aufgetragen wird.

Das Targetmaterial wird anschließend auf die Materialschichten mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten aufgetragen. Das Targetmaterial kann durch den Einsatz von CVD, PVD oder einem anderen dem Fachmann bekannten Verfahren aufgetragen werden. Falls das Targetmaterial wahlweise fest ist, muß seine Form derart ausgebildet sein, um an das Substrat mit den dazwischen angeordneten abgestuften CTE Schichten angepaßt zu sein.

Der letzte Schritt in diesem Verfahren bildet das Erhitzen der Röntgenanode bei einer Temperatur, bei der das Targetmaterial die Materialschichten mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten und das Substratmaterial verbunden werden. Die Temperatur und die Dauer der Wärmebehandlung sind von der Materialkombination des Substrates, dem zur Bildung der abgestuften CTE Schichten eingesetzten Schlamm und dem Target abhängig. Ein Verfahren zur Wärmebehandlung ist in dem genannten Patent (siehe oben) erwähnt und den Fachleuten bekannt. Eine übliche Wärmebehandlungstemperatur für Hf-Bestandteile umfassende Schichten ist 1865°C und für keine Hf-Bestandteile umfassende Schichten 2350°C.

Ein Beispiel für die Herstellung einer Röntgenanode ist durch Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 2350°C nach dem

die Röntgenanode hergestellt wird. Die Röntgenanode ist aus einem Substrat mit einem verwobenen Aufbau von hochfesten Kohlenstoffasern, drei auf das Substrat aufgetragene CTE-Materialschichten, welche die abgestufte CTE Schicht bilden, wobei jede dieser drei Schichten aus einer Schlammischung (umfassend W, W2B, WC, zugeschnittene Kohlenstoffasern und Bindemittel) mit einem verschiedenen CTE in jeder Schicht hergestellt sind und jede Schicht nach dem Auftragen getrocknet wird und ein aus einer Wolframlegierung (95% W, 5% Re) hergestelltes Target, welches ein CVD Verfahren anwendet, um das Targetmaterial auf die Oberfläche der abgestuften CTE Schicht aufzutragen.

Wahlweise kann die Wärmebehandlung ein auf das Targetmaterial angewendetes Gewicht umfassen, um den Verbindungsprozeß der Materialien zu erleichtern.

Fig. 4 zeigt ein anderes Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode gemäß der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode umfaßt das Ausbilden eines Substrates mit einem Targetort und anschließend das Beschichten des Targetortes des Substrates mit einer Schlammischung, welche die Materialschicht bzw. oder mehrere Materialschichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten bildet. Anschließend wird die Beschichtung gesintert und das Targetmaterial auf der äußersten Fläche der Materialschicht mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten aufgetragen. Am Schluß werden das Targetmaterial, die Materialschichten und das Substratmaterial erhitzt, um diese zu verbinden.



Jede Materialschicht bzw. jede von mehreren Materialschichten mit einem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten wird durch Beschichten des Targetortes des Substrates mit einer Schlammischung (wie oben beschrieben) mit einer spezifischen CTE für jede Schicht gebildet. Die Beschichtungen werden nach dem Auftragen der Schlammischung für jede der erforderlichen Schichten gesintert. Wahlweise kann jede Beschichtung der Schlammischung nach ihrem Auftragen gesintert werden. Die Sintertemperatur hängt von den ausgewählten Materialien, ihrem Schlamm und dem Substrat ab. Das Sintern kann bei 1865°C oder bei einer dem Fachmann bekannten zulässigen Temperatur erfolgen. Beispielsweise kann die Sintertemperatur bei 1865°C erfolgen, bei der die Röntgenanode aus einem verwobenen Aufbau von hochfesten Kohlenstoffasern hergestellt ist, und die eine oder mehreren Schichten mit einer Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten aus einer Schlammischung (umfassend W, W2B, HfC, Hf, geschnittene Kohlenstoffasern und Bindemittel) mit verschiedenen CTEs in jeder Schicht hergestellt sind.

Das Targetmaterial wird anschließend auf die Materialschichten mit den Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten aufgetragen. Das Targetmaterial kann durch Anwendung von CVD, PVD, LPPS oder anderen dem Fachmann bekannte Verfahren aufgetragen werden. Falls das Targetmaterial fallweise fest ist, muß seine Form derart ausgebildet sein, um sich an das Substrat mit dem dazwischen angeordneten abgestuften CTE Schichten anzupassen.

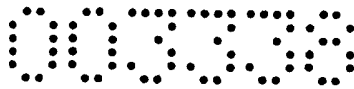
Der letzte Schritt in diesem Verfahren ist das Erhitzen der Röntgenanode auf eine Temperatur, welche das Targetmaterial, die Materialschichten mit dem Wärmedehnungs-Stufenkoeffizienten und das Substratmaterial verbinden. Die Temperatur und die Dauer der Wärmebehandlung ist von der Materialkombination des Substrates, den zur Bildung des abgestuften CTE Schichten eingesetzten Schlammes und dem Target abhängig. Ein Verfahren zur Wärmebehandlung ist in dem genannten Patent (siehe oben) angegeben und ist dem Fachmann bekannt. Eine übliche Wärmebehandlungstemperatur für Hf-Bestandteile umfassende Schichten ist 1865°C und für keine Hf-Bestandteile umfassende Schichten 2350°C.

Ein Ausführungsbeispiel zur Herstellung einer Röntgenanode ist durch Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 1865°C nach der Herstellung der Röntgenanode. Die Röntgenanode wird hergestellt aus einem Substrat mit einem verwobenen Aufbau von hochfesten Kunststoffasern, drei auf das Substrat zur Bildung der abgestuften CTE Schicht aufgetragenen CTE Materialschichten, bei welchen jede der drei Schichten aus einer Schlamm-mischung (umfassend W, W2B, HfC, Hf, geschnittene Teilfaserkohlenstoffe und Bindemittel) mit verschiedenen CTE in jeder Schicht umfaßt, und jede Schicht nach dem Auftragen gesintert wird, und ein aus einer Wolframlegierung (95% W, 5% Re) unter Anwendung eines PVD Verfahrens hergestelltes Target, um das Targetmaterial auf die Oberfläche der abgestuften CTE Schicht aufzutragen.

Ein weiteres Beispiel zur Herstellung einer Röntgenanode ist durch Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 2350°C nachdem die Röntgenanode hergestellt ist. Die Röntgenanode wird aus einem Substrat mit einem verwobenen Aufbau von hochfesten Kohlenstoffasern hergestellt, zwei auf das Substrat zur Bildung der abgestuften CTE Schicht aufgetragenen CTE Materialschichten, bei welchen jede der drei Schichten aus einer Schlammischung (umfassend W, W2B, WC, geschnittene Kohlenstoffaser und Bindemittel) mit verschiedenen CTEs in jeder Schicht hergestellt sind und jede Schicht nach dem Auftragen gesintert wird, und ein Target unter Anwendung der LPPS Verfahren aus einer Wolframlegierung (95% W, 5% Re), um das Targetmaterial auf die Oberfläche der abgestuften CTE Schicht aufzutragen.

Wahlweise kann die Wärmebehandlung ein auf das Targetmaterial angewendetes Gewicht umfassen, um den Verbindungsprozeß der Materialien zu erleichtern.

Während die Erfindung anhand einer oder mehrerer Ausführungen beschrieben wurde, versteht sich, daß die Erfindung auf diese Ausführungen nicht beschränkt ist. Im Gegenteil zielt die Erfindung darauf ab, alle Alternativen, Modifikationen und Äquivalente zu umfassen, die im Schutzbereich der beigeschlossenen Ansprüche liegen. Die Offenbarungen aller vorstehend erwähnten Patente werden durch Bezug hierauf in der vorliegenden Beschreibung ausdrücklich mit einbezogen.



Ansprüche:

1. Röntgenanode (10) umfassend: ein Substratmaterial (12), ein Targetmaterial (14) und eine oder mehrere abgestufte CTE Materialschichten (16), welche das Substratmaterial mit dem Targetmaterial verbinden.

2. Röntgenanode (10) nach Anspruch 1, bei welcher das Targetmaterial eine Wolframlegierung ist.

3. Röntgenanode (10) nach Anspruch 1, bei welcher jede der abgestuften CTE-Materialschichten (16) einen ungefähren Wärmedehnungskoeffizienten hat, der mittelwertmäßig zwischen jedem der angrenzenden Materialien liegt.

4. Röntgenanode (10) nach Anspruch 1, bei welcher jede der abgestuften CTE-Materialschichten (16) einen verschiedenen Wärmedehnungskoeffizienten aufweist.

5. Röntgenanode (10) nach Anspruch 4, bei welchem der abweichende Wärmedehnungskoeffizient $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ist.

6. Röntgenanode (10) nach Anspruch 1, bei welcher jede der abgestuften CTE-Materialschichten (16) Wolfram, Wolframboride, Wolframcarbide, Molybdän, Molybdänboride, Molybdäncarbide, Hafnium, Hafniumcarbide oder Bindemittel zusammen mit geschnittenen Kohlenstoffasern umfassen, wobei das Variieren des Wärmedehnungskoeffizienten durch Verändern der Proportionen des Materials erzielt wird.

7. Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode, umfassend: Vorsehen eines Substrates mit einem Targetort, Beschich-

ten des Targetortes des Substrates mit einer Schlammischung, um eine oder mehrere abgestufte CTE-Materialschichten zu bilden, Trocknen der Beschichtung, Auftragen eines Targetmaterials auf die letzte der abgestuften CTE-Materialschichten und Erhitzen, um das Targetmaterial, die Materialschichten und das Substratmaterial zu verbinden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei welchem das Substrat aus verwobenen Kohlenstoffasern hergestellt wird, die abgestuften CTE-Materialschichten W, W2B, WC, geschnittene Kohlenstoffasern und Bindemittel umfassen, das Trocknen bei 125°C erfolgt, das Targetmaterial aus 95% W und 5% Rh gebildet ist, und das Verbinden durch Erhitzen auf 2350°C erfolgt.

9. Verfahren zur Herstellung einer Röntgenanode, umfassend: Vorsehen eines Substrates mit einem Targetort, Beschichten des Targetortes des Substrates mit einer Schlammischung, um ein oder mehrere abgestufte CTE-Materialschichten zu bilden, Sintern der Beschichtung, Auftragen eines Targetmaterials auf die letzte der abgestuften CTE-Materialschichten und Erhitzen, um das Targetmaterial, die Materialschichten und das Substratmaterial zu verbinden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei welchem das Substrat aus verwobenen Kohlenstoffasern hergestellt wird, die abgestuften CTE-Materialschichten W, W2B, HfC, Hf, geschnittene Kohlenstoffasern und Bindemittel umfassen, das Sintern bei 1900°C erfolgt, das Targetmaterial aus 95% W und 5% Rh gebildet ist und das Verbinden durch Erhitzen bei 1865°C erfolgt.

003338

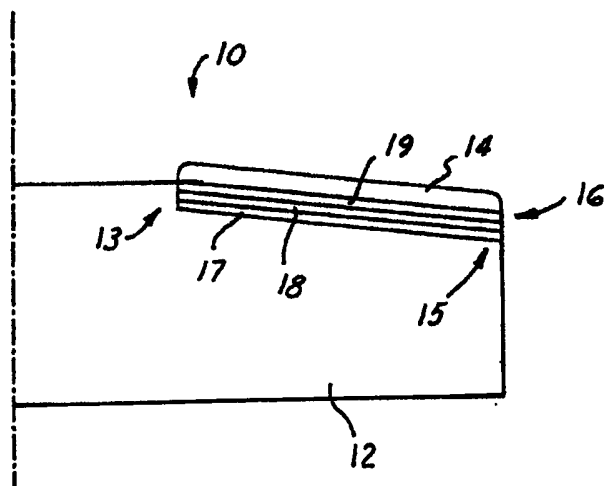


FIG. 1

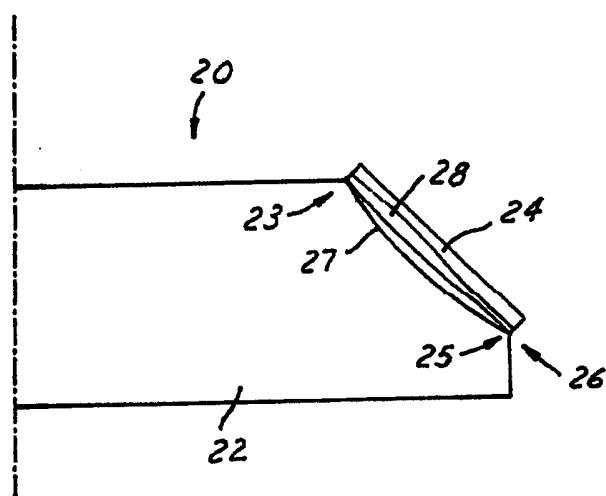


FIG. 2

00338

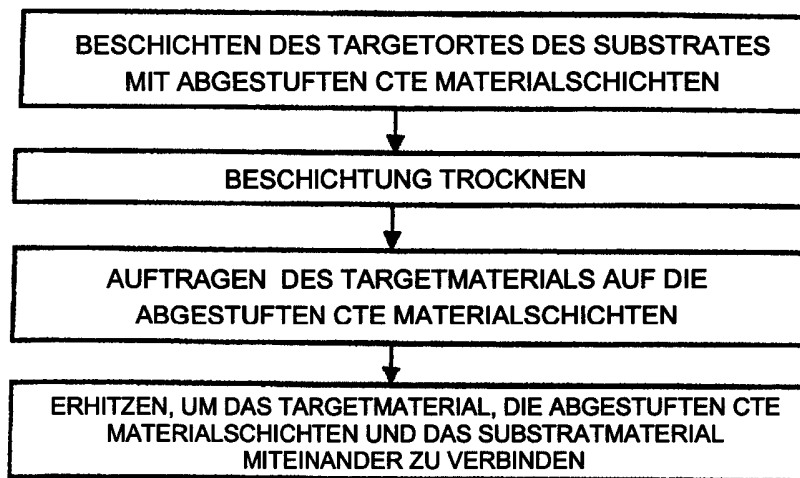


FIG. 3

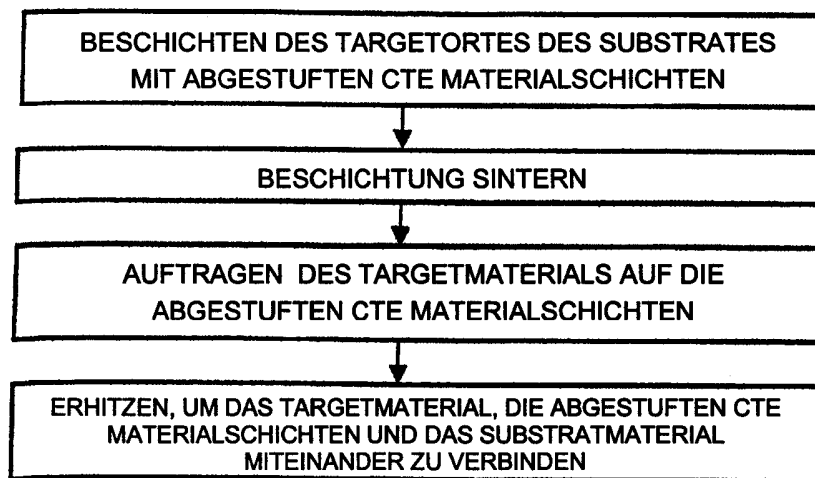


FIG. 4