



(10) **DE 10 2010 061 584 A1** 2011.08.04

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 061 584.6**

(22) Anmeldetag: **27.12.2010**

(43) Offenlegungstag: **04.08.2011**

(51) Int Cl.: **H01J 35/06 (2006.01)**

**H01J 1/26 (2006.01)**

**H05G 1/02 (2006.01)**

**H01J 1/20 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**12/698,851**

**02.02.2010 US**

(71) Anmelder:

**General Electric Co., N.Y., Schenectady, US**

(74) Vertreter:

**Rüger und Kollegen, 73728, Esslingen, DE**

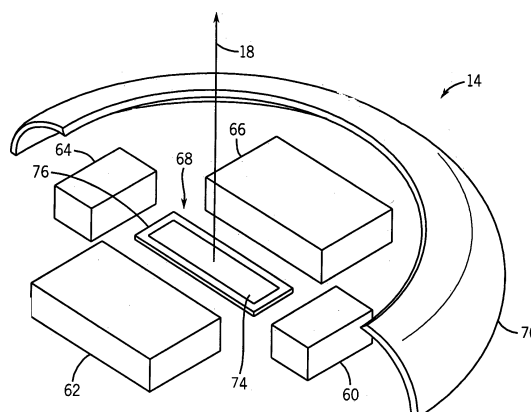
(72) Erfinder:

**Lemaitre, Sergio, Wis., Milwaukee, US; Wan, Julin, N.Y., Niskayuna, US; Zalyubovsky, Sergiy, N.Y., Niskayuna, US; Meshkov, Andrey Ivanovich, N.Y., Niskayuna, US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Röntgenstrahlkathode und Verfahren zum Herstellen derselben**

(57) Zusammenfassung: Die beschriebenen Ausführungsbeispiele beinhalten Ausführungsbeispiele, beispielsweise ein Röntgenkathodenglühwendelsystem. Das Röntgenkathodenglühwendelsystem weist ein Substrat und eine Beschichtung (74) auf, die auf dem Substrat angeordnet ist. In diesem Kathodenglühwendelsystem wird ein Elektronenstrahl (18, 90) von der Beschichtung (74), jedoch nicht von dem Substrat abgestrahlt. Der Elektronenstrahl (18, 90) wird unter Nutzung des thermionischen Effekts erzeugt.



**Beschreibung****HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die hierin beschriebene Erfindung betrifft Röntgenröhren und speziell Röntgenstrahlkathodensysteme und Verfahren zum Herstellen von Röntgenstrahlkathoden.

**[0002]** Röntgenröhren enthalten gewöhnlich eine Elektronenquelle, beispielsweise eine Kathode, die Elektronen mit hoher Beschleunigung freigibt. Ein Teil der freigegebenen Elektronen kann auf eine Targetanode auftreffen. Der Zusammenstoß der Elektronen mit der Targetanode erzeugt Röntgenstrahlen, die in einer Reihe medizinischer Geräte genutzt werden können, beispielsweise in Computertomographie-(CT)-Bildgebungssystemen, Röntgenscannern, und so fort. In thermionischen Kathodensystemen ist eine Glühwendel enthalten, die dazu veranlasst werden kann, mittels des thermionischen Effekts, d. h. in Reaktion auf eine Erwärmung, Elektronen freizugeben. Allerdings muss der Abstand zwischen der Kathode und der Anode kurz bemessen sein, um einen angemessenen Elektronenbeschuss zu ermöglichen. Darüber hinaus emittieren thermionische Röntgenstrahlkathoden Elektronen gewöhnlich über die gesamte Oberfläche der Glühwendel. Daher ist es sehr schwierig, sämtliche Elektronen in einen kleinen Brennfleck hinein zu fokussieren.

**KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG**

**[0003]** In einem Ausführungsbeispiel enthält eine Glühwendel einer Röntgenkathodenstrahlröhre ein Substrat und eine Beschichtung, die auf dem Substrat angebracht ist. Ein thermionischer Effekt wird genutzt, um einen Elektronenstrahl vorwiegend aus der Beschichtung heraus, jedoch weniger oder nicht aus dem Substrat zu emittieren.

**[0004]** In einem zweitem Ausführungsbeispiel ist ein Röntgenröhrensystem geschaffen, zu dem eine erste Kathodenglühwendel und eine Targetanode gehören. Die erste Kathodenglühwendel enthält ein Substrat und eine Beschichtung, die auf dem Substrat angebracht ist. Die Targetanode ist mit einem Kathodentargetabstand beabstandet von der ersten Kathodenglühwendel angeordnet und dieser zugewandt. Ein erster Elektronenstrahl wird von der ersten Kathodenglühwendelbeschichtung durch den thermionischen Effekt abgestrahlt und in einen ersten Brennfleck auf der Targetanode hinein beschleunigt, um Röntgenstrahlen hervorzubringen.

**[0005]** In einem dritten Ausführungsbeispiel ist ein Verfahren zur Herstellung eines Röntgenstrahlkathodensystems geschaffen. Das Herstellungsverfahren beinhaltet die Schritte: Anbringen einer Beschichtung an einem Substrat einer Glühwendel; und Platzieren

der beschichteten Glühwendel in einer Kathodenanordnung. Die Beschichtung weist eine geringere Austrittsarbeit auf als das Glühwendelsubstrat.

**KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN**

**[0006]** Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nach dem Lesen der nachfolgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verständlicher, in denen übereinstimmende Teile durchgängig mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen sind:

**[0007]** [Fig. 1](#) veranschaulicht schematisch ein exemplarisches CT-Bildgebungssystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0008]** [Fig. 2](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer Röntgenröhrenvorrichtung, zu der eine Anode und eine Kathodenanordnung gehören, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0009]** [Fig. 3](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer Kathodenanordnung mit einer teilweise beschichteten thermionischen Glühwendel gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0010]** [Fig. 4](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer thermionischen Glühwendel mit einer Beschichtung, die rechtwinklig angebracht ist, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0011]** [Fig. 5](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer thermionischen Glühwendel mit einer Beschichtung, die in einem Rastermuster angebracht ist, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0012]** [Fig. 6](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer mit Schlitzen ausgebildeten Glühwendel mit einer Beschichtung, die rechtwinklig angebracht ist, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0013]** [Fig. 7](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer teilweise beschichteten gewickelten Glühwendel gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0014]** [Fig. 8](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel eines teilweise beschichteten geradlinigen Glühdrahts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

**[0015]** [Fig. 9](#) veranschaulicht eine teilweise beschichtete gekrümmte Glühwendel, die für indirekte

Elektronenemissionen genutzt werden kann, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0016]** In gewissen Röntgenstrahlkathodenanordnungen können eine oder mehrere thermionische Glühwendeln verwendet werden, um einen Strom von Elektroden zu emittieren. Eine thermionische Glühwendel kann dazu veranlasst werden, durch die Anwendung von Wärmeenergie Elektronen aus der Oberfläche der Glühwendel freizugeben. In der Tat können umso mehr Elektronen emittiert werden, je heißer das Glühwendelmaterial ist. Das Glühwendelmaterial wird gewöhnlich mit Blick auf seine Fähigkeit, mittels des thermionischen Effekts Elektronen hervorzubringen, und mit Blick auf seine Fähigkeit hohen Temperaturen zu widerstehen gewählt, die in einigen Fällen oberhalb von etwa 2500°C oder darüber liegen können. Bisher wurde als Glühwendelmaterial gewöhnlich Wolfram oder ein Wolframderivat gewählt, beispielsweise dotiertes Wolfram (d. h. Wolfram mit hinzugefügten Verunreinigungen). Wolfram weist einen hohen Schmelzpunkt und eine verhältnismäßig geringe Austrittsarbeit auf (d. h. eine Maßzahl für die minimale Energie, die erforderlich ist, um zu bewirken, dass ein Elektron einen Stoff verlässt). Allerdings emittiert eine herkömmliche Wolframglühwendel bei gleicher Temperatur gewöhnlich weniger Elektronen als Ausführungsbeispiele einer beschichteten Glühwendel, wie sie hierin offenbart und erörtert sind. Daher können Röntgenröhren, die die offenbarten Ausführungsbeispiele beschichteter Glühwendeln verwenden, in der Lage sein, im Vergleich zu Röntgenröhren, die herkömmliche unbeschichtete Glühwendeln verwenden, bei gleicher Temperatur eine höhere Röntgenausgangsleistung zu erzeugen.

**[0017]** Unter Beachtung des Vorausgehenden kann es von Vorteil sein, Ausführungsbeispiele von Bildgebungssystemen, die die hierin beschriebenen beschichteten Glühwendeln nutzen können, zu erörtern, bevor diese Offenbarungen im Einzelnen erörtert werden. Während dies berücksichtigt wird und nun auf die Figuren eingegangen wird, veranschaulicht [Fig. 1](#) schematisch ein Bildgebungssystem **10** zum Akquirieren und Verarbeiten von Bilddaten. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel ist das System **10** ein Computertomographie-(CT)-System, das dazu eingerichtet ist, Röntgenprojektionsdaten zu akquirieren, um die Projektionsdaten in ein tomographisches Bild zu überführen, und um die Bilddaten zu verarbeiten, um sie visuell wiederzugeben und zu analysieren. Obwohl das Bildgebungssystem **10** in Zusammenhang mit medizinischer Bildgebung erörtert ist, lassen sich die hier erörterten Techniken und Konfigurationen in sonstigen nicht invasiven medizinischen Bildgebungsanwendungen nutzen, z. B. für

die Durchleuchtung von Gepäck oder Paketen, oder für eine industrielle zerstörungsfreie Analyse fertiger Teile. In dem in [Fig. 1](#) veranschaulichten Ausführungsbeispiel enthält das CT-Bildgebungssystem **10** eine Röntgenstrahlenquelle **12**. Wie hierin im Einzelnen erörtert, kann die Quelle **12** auf einer oder mehreren herkömmlichen Röntgenstrahlenquellen basieren, z. B. auf einer Röntgenröhre. Beispielsweise kann die Quelle **12** auf einer Röntgenröhre mit einer Kathodenanordnung **14** und einer Anode **16** basieren, wie weiter unten mit Bezug auf [Fig. 2](#) näher erläutert. Die Kathodenanordnung **14** kann einen Strom von Elektronen **18** (d. h. den Elektronenstrahl), von denen einige auf die Targetanode **16** auftreffen, beschleunigen. Der auf die Anode **16** einfallende Elektronenstrahl **18** bewirkt die Aussendung eines Röntgenstrahls **20**.

**[0018]** Die Quelle **12** kann in unmittelbarer Nachbarschaft eines Kollimators **22** positioniert sein. Der Kollimator **22** kann für jeden Emissionspunkt der Quelle **12** eine oder mehrerer Kollimierungsbereiche, z. B. Blei- oder Wolframverschlüsse, umfassen. Der Kollimator **22** definiert gewöhnlich die Größe und Gestalt des einen oder der mehreren Röntgenstrahlen **20**, die in einen Bereich hineinstrahlen, in dem eine Person **24** oder ein Objekt angeordnet ist. Jeder Röntgenstrahl **20** kann in Abhängigkeit von der Konstruktion der Detektormatrix und/oder des gewünschten Verfahrens der Datenakquisition im Wesentlichen fächerförmig oder konusförmig sein. Ein geschwächter Anteil **26** jedes Röntgenstrahls gelangt durch die Person oder das Objekt **20** hindurch und fällt auf eine Detektormatrix ein, die allgemein mit dem Bezugszeichen **28** bezeichnet ist.

**[0019]** Der Detektor **28** wird im Allgemeinen durch eine Anzahl von Detektorelementen gebildet, die die Röntgenstrahlen **20** erfassen, nachdem sie eine im Blickfeld des Bildgebungssystems **10** angeordnete Person bzw. ein Objekt durchstrahlt haben oder daran vorbei gelangt sind. Jedes Detektorelement erzeugt ein elektrisches Signal, das die Intensität des Röntgenstrahls kennzeichnet, die an der Stelle des Detektorelements einfällt, wenn der Strahl auf den Detektor **28** trifft. Elektrische Signale werden akquiriert und verarbeitet, um eine oder mehrere Scandatenätze zu erzeugen.

**[0020]** Ein Systemcontroller **30** steuert den Betrieb des Bildgebungssystems **10**, um Untersuchungs- und/oder Kalibrierungsprotokolle auszuführen, und um die akquirierten Daten zu verarbeiten. Die Quelle **12** wird gewöhnlich durch einen Systemcontroller **30** geregelt/gesteuert. Allgemein stellt der Systemcontroller **30** für die Röntgenuntersuchungssequenzen Leistung, Brennfleckort, Steuersignale und so fort bereit. Der Detektor **28** ist mit dem Systemcontroller **30** verbunden, der die Akquisition der Signale steuert, die durch den Detektor **28** erzeugt wer-

den. Der Systemcontroller **30** kann außerdem vielfältige Signalverarbeitungs- und Filterfunktionen ausführen, z. B. eine anfängliche Einstellung von Dynamikbereichen, eine Verschachtelung digitaler Bilddaten, und so fort. Im vorliegenden Zusammenhang kann der Systemcontroller **30** ferner Signalverarbeitungsschaltkreise und zugeordnete Speicherschaltungen enthalten. Wie nachfolgend eingehender beschrieben, können die zugehörigen Speicherschaltungen Programme, durch den Systemcontroller **30** ausgeführte Programmroutinen und/oder kodierte Algorithmen, Konfigurationsparameter, Bilddaten, und so fort speichern. In einem Ausführungsbeispiel kann der Systemcontroller **30** ganz oder teilweise als ein prozessorgestütztes System, beispielsweise ein Universal- oder ein anwendungsspezifisches Computersystem, verwirklicht sein.

**[0021]** In dem in [Fig. 1](#) veranschaulichten Ausführungsbeispiel kann der Systemcontroller **30** die Bewegung eines Linearpositionierungssubsystems **32** und eines Rotationssubsystems **34** mittels eines Antriebscontrollers **36** regeln/steuern. In einem Ausführungsbeispiel, in dem das Bildgebungssystem **10** eine Rotation der Quelle **12** und/oder des Detektors **28** aufweist, kann das Rotationssubsystem **34** die Quelle **12**, den Kollimator **22** und/oder den Detektor **28** um die Person **24** rotieren lassen. Es ist zu beachten, dass das Rotationssubsystem **34** eine Gantry enthalten kann, die sowohl stationäre Komponenten (einen Stator) und rotierende Komponenten (einen Rotor) aufweist.

**[0022]** Das Linearpositionierungssubsystem **32** kann einen Tisch oder Träger, auf dem die einer Bildgebung unterworfenen Person bzw. das Objekt angeordnet ist, linear verschieben. Somit kann der Tisch oder Träger in der Gantry oder in einem Bildgebungsvolumen (z. B. in dem Volumen, das zwischen der Quelle **12** und dem Detektor **28** angeordnet ist) linear bewegt werden und die Akquisition von Daten aus speziellen Bereichen des Patienten oder des Objekts, und somit die Erzeugung von Bildern ermöglichen, die jenen speziellen Bereichen zugeordnet sind. Darüber hinaus kann das Linearpositionierungssubsystem **32** eine oder mehrere Komponenten des Kollimators **22** verschieben, um die Form und/oder Richtung des Röntgenstrahls **20** einzustellen. Darüber hinaus kann in Ausführungsbeispielen, bei denen die Quelle **12** und der Detektor **28** dazu eingerichtet sind, einen weiten oder ausreichenden Überstreichungsbereich längs der z-Achse (d. h. der Achse, die im Wesentlichen der Länge des Patiententisches oder -trägers und/oder der Längsrichtung des Bildgebungstunnels zugeordnet ist) vorzusehen, und/oder bei denen die lineare Bewegung des Patienten oder Objekts nicht erforderlich ist, auf das Linearpositionierungssubsystem **32** verzichtet werden.

**[0023]** Wie dem Fachmann einleuchten wird, kann die Quelle **12** durch einen Röntgenstrahlcontroller **38** geregelt/gesteuert werden, der in dem Systemcontroller **30** angeordnet ist. Der Röntgenstrahlcontroller **38** kann dazu eingerichtet sein, an die Quelle **12** Leistungs- und Zeittaktsignale auszugeben. Darüber hinaus kann der Röntgenstrahlcontroller **30** in einigen Ausführungsbeispielen dazu eingerichtet sein, die Quelle **12** selektiv zu aktivieren, so dass Röhren oder Emittoren an unterschiedlichen Orten innerhalb des Systems **10** miteinander synchron oder voneinander unabhängig betrieben werden können.

**[0024]** Darüber hinaus kann der Systemcontroller **30** ein Datenakquisitionssystem (DAS) **40** aufweisen. In einem Ausführungsbeispiel ist der Detektor **28** mit dem Systemcontroller **30** und spezieller mit dem Datenakquisitionssystem **40** verbunden. Das Datenakquisitionssystem **40** nimmt Daten auf, die durch eine Ausleseelektronik des Detektors **28** gesammelt sind. Das Datenakquisitionssystem **40** nimmt gewöhnlich abgetastete analoge Signale von dem Detektor **28** auf und wandelt die Daten in digitale Signale um, um diese anschließend durch ein prozessorgestütztes System, beispielsweise durch einen Computer **42**, zu verarbeiten. In einer Abwandlung kann der Detektor **28** in anderen Ausführungsbeispielen die abgetasteten analogen Signale vor einer Übermittlung an das Datenakquisitionssystem **40** in digitale Signale umwandeln.

**[0025]** In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein Computer **42** mit dem Systemcontroller **30** verbunden. Die durch das Datenakquisitionssystem **40** gesammelten Daten können für eine anschließende Verarbeitung an den Computer **42** übermittelt werden. Beispielsweise kann an den von dem Detektor **28** gesammelten Daten in dem Datenakquisitionssystem **40** und/oder in dem Computer **42** eine Vorverarbeitung und Kalibrierung vorgenommen werden, um Darstellungen der Linienintegrale der Schwächungskoeffizienten des einer Bildgebung unterworfenen Patienten oder Objekts hervorzubringen. In einem Ausführungsbeispiel enthält der Computer **42** Datenverarbeitungsschaltkreise **44**, die dazu dienen, die von dem Detektor **28** gesammelten Daten zu filtern und zu verarbeiten.

**[0026]** Der Computer **42** kann einen Speicher **46** enthalten oder mit einem solchen Daten austauschen, der in der Lage ist, durch den Computer **42** bereits verarbeitete Daten, durch den Computer **42** noch zu verarbeitende Daten oder durch den Computer **42** auszuführende Programmroutinen und/oder Algorithmen zu speichern. Es ist selbstverständlich, dass das Bildgebungssystem **10** beliebige rechnerzugänglicher Speichereinrichtungen verwenden kann, die in der Lage sind, die gewünschte Menge oder Art von Daten und/oder Programmcode zu speichern. Darüber hinaus kann der Speicher **46** auf ei-

ner oder mehreren Speichereinrichtungen, z. B. magnetischen, Halbleiter- oder optischen Vorrichtungen ähnlichen oder unterschiedlichen Typs basieren, die in Bezug auf das System **10** ortsnahe und/oder entfernt angeordnet sein können.

**[0027]** Der Computer **42** kann außerdem dazu eingerichtet sein, Merkmale zu steuern, die durch den Systemcontroller **30** aktiviert werden (z. B. Scanvorgänge und Datenakquisition). Außerdem kann der Computer **42** dazu eingerichtet sein, von einem Anwender Steuerbefehle und Scanparameter über eine Bedienungsworkstation **48** aufzunehmen, die mit einer Tastatur und/oder sonstigen Eingabegeräten ausgerüstet sein kann. Ein Bediener kann dadurch das System **10** über die Bedienungsworkstation **48** steuern. Somit kann der Bediener ein von dem Computer **42** rekonstruiertes Bild und/oder sonstige für das System **10** maßgebende Daten beobachten. Desgleichen kann die Bedienerperson über die Bedienungsworkstation **48** Bildgebungs- oder Kalibrierungsprogrammrouninen starten, Bildfilter auswählen und anwenden, und so fort.

**[0028]** Wie zu sehen, kann das System **10** ferner eine Anzeigevorrichtung **50** aufweisen, die mit der Bedienungsworkstation **48** verbunden ist. Darüber hinaus kann das System **10** einen Drucker **52** enthalten, der mit der Bedienungsworkstation **48** verbunden ist, und der dazu eingerichtet ist, solche Spannungsmessergebnisse auszudrucken. Die Anzeigevorrichtung **50** und der Drucker **52** können ferner unmittelbar oder über die Bedienungsworkstation **48** mit dem Computer **42** verbunden sein. Darüber hinaus kann die Bedienungsworkstation **48** ein Bildarchivierungs- und Datenkommunikationssystem (PACS) **54** aufweisen oder damit verbunden sein. Es ist zu beachten, dass das PACS **54** mit einem entfernt angeordneten System **56**, einem Informationssystem einer radiologischen Abteilung (RIS, Radiology Department Information System), einem klinischen Datenkommunikationssystem (HIS, Hospital Information System) oder einem internen oder externen Netzwerk verbunden sein kann, so dass weitere Personen an unterschiedlichen Orten auf die Bilddaten zugreifen können.

**[0029]** Unter Berücksichtigung der vorausgehenden allgemeinen Systembeschreibung wird nun auf [Fig. 2](#) eingegangen, in der ein Ausführungsbeispiel einer Röntgenröhrenvorrichtung **58** veranschaulicht ist, die Ausführungsbeispiele der Kathodenanordnung **14** und der Anode **16** enthält, wie sie in [Fig. 1](#) gezeigt sind. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel sind die Kathodenanordnung **14** und die Targetanode **16** mit einem Kathodentargetabstand  $d$  voneinander beabstandet angeordnet und gegeneinander ausgerichtet. Die Kathodenanordnung **14** kann einen Satz von Vorspannungselektroden (d. h. Ablenkelektroden) **60**, **62**, **64**, **66**, eine Glühwendel **68**, eine Absaugelektrode **69** und eine Abschirmung **70** enthal-

ten, die mit Bezug auf [Fig. 3](#) weiter unten näher erläutert ist. Die Anode **16** kann aus einem beliebigen geeigneten Metall oder Verbundstoff hergestellt sein, beispielsweise Wolfram, Molybdän oder Kupfer. Das Oberflächenmaterial der Anode ist gewöhnlich mit Blick auf eine verhältnismäßig hohe Wärmebeständigkeit ausgewählt, um der Temperatur standzuhalten, die durch die auf die Anode **16** auftreffenden Elektronen entsteht. In speziellen Ausführungsbeispielen kann die Anode **16**, wie veranschaulicht, eine rotierende Scheibe sein. Dementsprechend kann die Anode **16** mit einer hohen Drehzahl (z. B. 1.000 bis 10.000 Umdrehungen pro Minute) gedreht werden, um die einfallende Wärmeenergie zu verteilen und um eine höhere Temperaturtoleranz zu erreichen. Die Rotation der Anode **16** führt dazu, dass die Temperatur des Brennflecks **72** (d. h. der Stelle auf der Anode, auf der die Elektronen auftreffen) bei einem tieferen Wert gehalten wird, als der Fall wäre, wenn die Anode **16** nicht gedreht wird, so dass dadurch die Nutzung von Ausführungsbeispielen mit Hochflussröntgenstrahlen gestattet ist.

**[0030]** Die Kathodenanordnung **14**, d. h. die Elektronenquelle, ist mit einem Kathodentargetabstand  $d$  von der Anode **16** beabstandet angeordnet, so dass der durch die Kathodenanordnung **14** erzeugte Elektronenstrahl **18** in einen Brennfleck **72** auf der Anode **16** fokussiert wird. Der Raum zwischen der Kathodenanordnung **14** und der Anode **16** ist gewöhnlich evakuiert, um Zusammenstöße von Elektronen mit anderen Atomen zu minimieren, und um ein elektrisches Potential zu maximieren. Zwischen der Kathode **14** und der Anode **16** wird gewöhnlich ein starkes, in einigen Fällen über 20 kV betragendes elektrisches Potential erzeugt, das bewirkt, dass Elektronen, die durch die Kathode **14** aufgrund des thermionischen Effekts emittiert sind, von der Anode **16** stark angezogen werden. Der sich ergebende Elektronenstrahl **18** ist in Richtung der Anode **16** gerichtet. Der sich ergebende Elektronenbeschuss des Brennflecks **72** erzeugt dann aufgrund des Bremsstrahlungseffekts, d. h. des Abbremsens der Strahlung, einen Röntgenstrahl **20**.

**[0031]** Der Abstand  $d$  ist ein Faktor bei der Bestimmung der Eigenschaften des Brennflecks **72**, beispielsweise seiner Länge und Breite, und somit auch der Bildgebungsfähigkeiten des erzeugten Röntgenstrahls **20**. Falls der Abstand  $d$  zu groß ist, wird eine zu geringe Anzahl von Elektronen auf die Anode **16** einfallen, und/oder der Elektronenstrahl **18** wird zu stark streuen, um einen geeignet bemessenen Röntgenstrahl **20** zu erzeugen. Die sich ergebenden Röntgenbilder können Unschärfen oder andere Bildgebungsartefakte aufweisen. Herkömmlich wurde der Abstand  $d$  bisher mit weniger als etwa 50 mm bemessen, um einen kleinen Brennfleck (von z. B. weniger als etwa 0,25 mm<sup>2</sup> oder kleiner) zu definieren, der in der Lage ist, einen geeigneten Röntgenstrahl **20** zu



erzeugen. Die hierin beschriebenen und weiter unten mit Bezug auf die Figuren detaillierter erörterten Ausführungsbeispiele erlauben es, den Abstand  $d$  mit etwa 50 mm oder größer zu bemessen. In der Tat ermöglichen die offenbarten Ausführungsbeispiele sehr kleine Brennfleckabmessungen bei größeren Kathodentargetabständen und ermöglichen somit die Unterbringung weiterer Vorrichtungen, z. B. eines Elektronenkollektors oder von Strahlenkymagneten, in der Röntgenröhrenvorrichtung **58**.

**[0032]** In speziellen Ausführungsbeispielen ist die Absaugelektrode **69** enthalten, und sie ist zwischen der Kathodenanordnung **14** und der Anode **16** angeordnet. In weiteren Ausführungsbeispielen ist die Absaugelektrode **69** nicht enthalten. Falls die Absaugelektrode enthalten ist, kann sie auf dem Potential der Anode **16** gehalten sein, das in manchen Fällen 20 kV überschreitet. Die Absaugelektrode **69** weist eine Öffnung **71** auf. Die Öffnung **71** gestattet es Elektronen, die Absaugelektrode **69** zu durchqueren. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Absaugelektrode mit einem Kathodenelektrodenabstand  $e$  von der Kathodenanordnung **14** beabstandet angeordnet. Der Kathodenelektrodenabstand  $e$  ist ebenfalls ein Faktor bei der Bestimmung der Eigenschaften des Brennflecks **72**, beispielsweise der Länge und Breite, und somit der Bildgebungsfähigkeiten des erzeugten Röntgenstrahls **20**. Die Elektronen werden über die Strecke  $e$  beschleunigt und bewegen sich über die Strecke  $d-e$  ohne Beschleunigung. Falls der Abstand  $e$  zu groß ist, wird eine unzureichende Anzahl von Elektronen auf die Anode **16** einfallen, und/oder der Elektronenstrahl **18** kann zu sehr streuen, um einen geeignet bemessenen Röntgenstrahl **20** zu erzeugen. Die sich ergebenden Röntgenbilder können Unschärfen oder andere Bildgebungsartefakte aufweisen. Herkömmlich wurde der Abstand  $e$  bisher mit weniger als etwa 50 mm bemessen, um einen kleinen Brennfleck (z. B. kleiner als etwa 0,25 mm<sup>2</sup> oder kleiner) zu bilden, der in der Lage ist, einen angemessenen Röntgenstrahl **20** zu erzeugen. Die hierin beschriebenen und weiter unten mit Bezug auf die Figuren detaillierter erörterten Ausführungsbeispiele erlauben es, den Abstand  $e$  mit etwa 15 mm bis über 50 mm zu bemessen.

**[0033]** Mit Bezug auf [Fig. 3](#) ist ein Ausführungsbeispiel einer Röntgenstrahlkathodenanordnung **14** veranschaulicht, bei dem die Glühwendel **68** eine beschichtete ebene thermionische Glühwendel ist. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel weist die Glühwendel **68** eine Beschichtung **74** auf, die auf ein Substrat **76** aufgebracht ist. In speziellen Ausführungsbeispielen kann die Beschichtung **74** auf Materialien wie Hafniumkarbid, Tantalkarbid, Hafniumdiborid, Zirkoniumkarbid, Hafniumnitrid, Tantalnitrid, Zirkoniumnitrid, Wolframborid und deren Derivate basieren, und auf das Substrat **76**, wie nachfolgend mit Bezug auf [Fig. 4–Fig. 6](#) näher erläutert, aufge-

tragen sein. Das Substrat **76** kann in Form einer Scheibe oder eines Rechtecks aus einem Material wie Wolfram oder Tantal hergestellt sein. Es versteht sich, dass das Substrat **76** andere Formen aufweisen kann, beispielsweise auf einem Draht, einem gewickelten Draht, einer gekrümmten Scheibe, einer ebenen Scheibe, und so fort, basieren kann.

**[0034]** Es kann eine Beschichtung **74** ausgewählt werden, die eine geringere Austrittsarbeit als diejenige des Substrats **76** aufweist. D. h., die für die Freigabe von Elektronen der Beschichtung **74** erforderliche thermische Energie kann geringer sein, als diejenige, die für das Substrat **76** vorausgesetzt ist. In Ausführungsbeispielen von Glühwendeln, bei denen die Beschichtung eine Austrittsarbeit von etwa 3,5 Elektronenvolt (eV) aufweist, kann die Stromdichte emittierter Elektronen (d. h. eine Maßzahl, die die Anzahl und Dichte von Elektronen kennzeichnet, die pro Flächenbereich der Glühwendel emittiert werden) im Vergleich zu einer herkömmlichen unbeschichteten Wolframglühwendel bei derselben Temperatur in der Tat um einen Faktor von etwa Hundert besser sein. Die beschichtete Glühwendel **68** kann also im Vergleich zu dem durch eine herkömmliche Glühwendel erzeugten Elektronenstrahl bei derselben Temperatur erheblich mehr Elektronen und einen stärkeren Elektronenstrahl **18** hervorbringen. Eine Beschichtung, die eine Austrittsarbeit von weniger als etwa 4,5 eV aufweist, kann in der Tat eine Glühwendel **68** ergeben, die im Vergleich zu dem durch eine herkömmliche Glühwendel erzeugten Elektronenstrahl bei derselben Temperatur einen stärkeren Elektronenstrahl **18** erzeugt. Darüber hinaus kann die Beschichtung **74** ausgewählt werden, um gegenüber gewissen, möglicherweise in der Röntgenröhrenvorrichtung **58** vorhandenen Gasen, sowie gegenüber Beschuss durch zurückprallende Ionen (z. B. abprallende Elektronen) beständig zu sein, was eine Beschichtung **74** ergibt, die eine lange Betriebslebensdauer aufweist.

**[0035]** Weiter kann die thermionische Temperatur der Glühwendel **68** (d. h. die Temperatur, bei der Elektronenemissionen auftreten) geregelt werden, so dass die Beschichtung **74**, und nicht das Substrat **76**, als die primäre Emissionsschicht des Elektronenstrahls **18** wirken kann. Eine Beschichtung **74**, die eine geringere Austrittsarbeit aufweist, wird Elektronen bei einer niedrigeren Temperatur emittieren als ein Substrat mit einer höheren Austrittsarbeit. Dementsprechend kann die Temperatur der Glühwendel **68** bei einem Wert eingestellt werden, der beispielsweise um 400°C niedriger ist als der für eine herkömmliche Glühwendel vorgegebene Wert. Aufgrund der geringeren Austrittsarbeit der Beschichtung **74** wird diese bei der geringeren Temperatur Elektronen ausstrahlen. Ein Verwenden niedrigerer Betriebstemperaturen kann außerdem mit Blick auf eine Verlängerung der Lebensdauer der beschichteten Glühwendel **68** vorteilhaft sein. Ein Ausfall der

Glühwendel **68** wird bisher gewöhnlich aufgrund von Verdampfung des Materials der Glühwendel **68** während des thermionischen Betriebs beschleunigt. Unter Hochvakuumbedingungen, wie sie beispielsweise innerhalb der Röntgenröhrenvorrichtung **58** vorliegen, kann ein Materialverlust proportional zu dem Dampfdruck des verdampfenden Materials sein. Der Dampfdruck der Ausführungsbeispiele, die die Beschichtung **74** verwenden, beispielsweise Beschichtungen **74**, die auf Hafniumkarbid, Tantalumkarbid, Hafniumdiborid, Zirkoniumkarbid, Hafniumnitrid, Tantalumnitrid, Zirkoniumnitrid und/oder Wolframdiborid basieren, kann in manchen Fällen bei derselben thermionischen Emissionsdichte sechs mal geringer sein als derjenige herkömmlicher Wolframglühwendeln. Somit kann die Lebensdauer der beschichteten Glühwendel **68** beträchtlich gesteigert werden, da die Glühwendel **68** eine geringere Materialverdampfung aufweisen kann.

**[0036]** Ein weiterer Vorteil einer Nutzung chemischer Stoffe wie Hafniumkarbid, Tantalumkarbid, Hafniumdiborid, Zirkoniumkarbid, Hafniumnitrid, Tantalumnitrid, Zirkoniumnitrid, Wolframdiborid und deren Derivate, basiert darauf, dass die sich ergebende Beschichtung **74**, nachdem sie an dem Substrat **76** angebracht ist, sehr stabil sein kann. D. h., die Glühwendel **68** kann hohen Temperaturen ausgesetzt werden, beispielsweise Temperaturen, die etwa 2500°C überschreiten, ohne dass die Beschichtung **74** schmilzt oder Legierungen oder Lösungen mit dem zugrundeliegenden Substrat **76** bildet. In der Tat kann die Beschichtung **74** einen höheren Schmelzpunkt aufweisen als das Substrat **76**, beispielsweise Schmelzpunkte, die etwa 3400°C überschreiten. Darüber hinaus können Ausführungsbeispiele der Beschichtung **74** eine kongruente Verdampfung aufweisen, d. h. das Verhältnis gewisser chemischer Stoffe in der Beschichtung, beispielsweise das Verhältnis von Hafnium zu Kohlenstoff, kann während der Verdampfung konstant bleiben. Dementsprechend kann nur eine geringe oder überhaupt keine Änderung der thermionischen Elektronenemissionen aufgrund von Änderungen der chemischen Zusammensetzung auftreten.

**[0037]** [Fig. 3](#) veranschaulicht außerdem die beschichtete Glühwendel **68**, die von vier Vorspannungselektroden umgeben ist, nämlich von der innenliegenden Längen-(L-ib)-Vorspannungselektrode **60**, der rechten Breite-(W-l)-Vorspannungselektrode **62**, der außenliegenden Längen-(L-ob)-Vorspannungselektrode **64** und der rechten Breiten-(W-r)-Vorspannungselektrode **66**, die als eine Elektronenfokussierungslinse genutzt werden können. Eine Abschirmung **70** kann positioniert sein, um die Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64**, **66** zu umgeben, und kann mit dem Kathodenpotential verbunden sein. Die Abschirmung **70** kann beispielsweise dazu beitragen, Spitzen elektrischer Felder zu verringern, die aufgrund scharfer Merkmale der Elektrodengeometrie

auftreten, und auf diese Weise die Hochspannungsstabilität verbessern. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel umgibt die Abschirmung **70** auch die Beschichtung **74**. Wie oben erwähnt, kann die Temperatur der ebenen Glühwendel **68** geregelt werden, so dass ein Hauptteil der Elektronen aus der Beschichtung **74** und nicht aus dem Substrat der Glühwendel **68** emittiert wird. Dementsprechend kann der Hauptteil der Elektronen in einer Richtung austreten, die senkrecht zu dem ebenen Bereich verläuft, der durch die Beschichtung **74** definiert ist. Somit ist der sich ergebende Elektronenstrahl **18** von den Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64** und **66** umgeben. Die Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64** und **66** können durch die Verwendung einer aktiven Manipulation des Strahls dazu beitragen, den Elektronenstrahl **18** in einen sehr kleinen Brennfleck **72** auf der Anode **16** zu fokussieren. D. h., die Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64** und **66** können jeweils ein Dipolfeld erzeugen, um den Elektronenstrahl **18** elektrisch abzulenken. Die Ablenkung des Elektronenstrahls **18** kann in diesem Fall genutzt werden, um ein Zielen auf den Brennfleck des Elektronenstrahls **18** zu unterstützen. Die Breitenvorspannungselektroden **62**, **66** können genutzt werden, um es zu erleichtern, die Breite des sich ergebenden Brennflecks **72** zu definieren, während die Längenvorspannungselektroden **60**, **64** genutzt werden können, um eine Definition der Länge des sich ergebenden Brennflecks **72** zu erleichtern. Durch Kombinieren einer geformten emissiven Beschichtung, wie sie beispielsweise in [Fig. 4](#) dargestellt ist, mit der Nutzung von Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64** und **66** kann eine in hohem Maße verbesserte Fokussierungsleistung im Vergleich zu herkömmlichen Ausführungsbeispielen einer Röntgenstrahlglühwendel erzielt werden. In der Tat erlaubt die Verwendung der Beschichtung **74** allein oder der Beschichtung **74** in Kombination mit Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64** und **66**, einen angemessenen Brennfleck **72** über einen Bereich von Kathodentargetabständen zu erzielen, die größer als 40 mm und kleiner als 200 mm sind.

**[0038]** Mit Bezug auf [Fig. 4](#) ist ein Ausführungsbeispiel einer Glühwendel **68** veranschaulicht, die teilweise beschichtet ist. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel ist die Beschichtung **74** in einem rechtwinkligen Muster angebracht oder in sonstiger Weise ausgebildet, und in dem Zentrum des Substrats **76** angeordnet. Es ist einzusehen, dass die Beschichtung **74** in anderen Ausführungsbeispielen das Substrat **76** vollständig bedecken kann oder eine andere Gestalt aufweisen kann. In der Tat kann eine beliebige Anzahl von Formen oder Anordnungen der Beschichtung auf dem Substrat **76** angebracht sein. In speziellen Ausführungsbeispielen kann die Beschichtung **74** durch chemisches Aufdampfen (CVD), durch Sprühen oder durch sonstige Beschichtungstechniken erzeugt sein. Es können auch andere Techniken, beispielsweise Pulverpres-

sen, hochenergetisches Kugelmahlen und/oder Sintern verwendet werden, um die beschichtete Glühwendel **68** herzustellen. Eine weitere Herstellungstechnik kann die Verwendung von Hochtemperaturkarbonisierung beinhalten. Im Falle von Hochtemperaturkarbonisierung kann ein chemischer Beschichtungsstoff, beispielsweise Hafnium, in einer gewissen Form bzw. Muster auf der Glühwendel **68** angebracht sein. In einem Ausführungsbeispiel kann die Glühwendel **68** anschließend durch eine externe Quelle, beispielsweise einen Ofen erwärmt werden. In noch einem Ausführungsbeispiel kann die Glühwendel **68** anschließend bei einer hohen Temperatur betrieben werden und ihre eigene Wärme erzeugen. In beiden Ausführungsbeispielen kann die Erwärmung der Glühwendel eine Karbonisierung von Hafnium zu Hafniumkarbid zur Folge haben und somit eine Hafniumkarbidbeschichtung **74** erzeugen. Es ist einzusehen, dass auch andere chemische Stoffe, beispielsweise Tantal und Zirkonium, in Verbindung mit der Technik der Hochtemperaturkarbonisierung eingesetzt werden können. Weitere Herstellungstechniken, die genutzt werden können, um eine Form oder ein Muster der Beschichtung **74** zu bilden, beinhalten Mikrochipfertigungstechniken, beispielsweise Photolithographie, Photomaskierung, Mikrolithographie, und so fort.

**[0039]** In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel von [Fig. 4](#) ist eine rechtwinklige Beschichtung **74** auf dem Substrat **76** angeordnet, so dass Abschnitte der Ränder von Substrat, die eine Breite  $w$  aufweisen, unbeschichtet bleiben. Wie oben erwähnt, kann die thermionische Temperatur der Glühwendel **68** so geregelt werden, dass der Elektronenstrahl **18** erzeugt wird, indem die Beschichtung **74** als primäre Emissionsfläche genutzt wird. Somit kann der Wert für die Breite  $w$  des unbeschichteten Rands des Substrats **76** ausgewählt werden, um die Eigenschaften der Fokussierbarkeit des Elektronenstrahls der Röntgenröhre zu optimieren. Die Fokussierbarkeit des Elektronenstrahls kann optimiert werden, indem der Wert für die Breite  $w$  so ausgewählt wird, dass ein Hauptteil der emittierten Elektronen bei einem gewünschten Brennfleck **72** auf die Anode **16** auftrifft. Da die Ränder des Substrats **76** unbeschichtet belassen sind, können darüber hinaus, wenn überhaupt, nur sehr wenige Elektronen von den Seiten des Substrats **76** abgestrahlt werden. Der Anteil an ungenutzten Elektronen ist somit auf ein Minimum beschränkt, da ein beträchtlicher Teil der Elektronen nun auf die Targetanode **16** gelenkt und nicht von der Targetanode **16** weg gelenkt werden.

**[0040]** Mit Bezug auf [Fig. 5](#) ist ein Ausführungsbeispiel der Glühwendel **68** veranschaulicht, bei dem die Beschichtung **74** als ein Rastermuster auf dem Substrat **76** angeordnet ist. In der Tat kann eine beliebige Anzahl von Mustern, beispielsweise das veranschaulichte Rastermuster, genutzt werden. Ein Mus-

ter kann beispielsweise ausgewählt sein, um mehrere Modalitäten eines Brennflecks **72** zu ermöglichen. In einer Modalität kann die thermionische Temperatur so geregelt werden, dass ein Hauptteil der Elektronen ausschließlich durch die Beschichtung **74** emittiert wird. In einer anderen Modalität kann die thermionische Temperatur so geregelt werden, dass die Elektronen sowohl durch die Beschichtung **74** als auch durch das Substrat **76** emittiert werden. Dementsprechend können mittels einer einzelnen beschichteten Glühwendel **68** zwei Brennflecke erzeugt werden. Der erste Brennfleck kann durch die von der Beschichtung **74** ausgehenden Emissionen erzeugt werden, während der zweite Brennfleck durch die Kombination von Emissionen erzeugt werden kann, die von der Beschichtung **74** und von dem Substrat **76** ausgehen. Die Fähigkeit, die Beschichtung in einem beliebigen Muster zu gestalten, ermöglicht daher eine Flexibilität des Brennflecks **72**, indem beispielsweise zwei Brennflecke **72** mit einer einzigen Glühwendel **68** erzeugt werden.

**[0041]** In speziellen Ausführungsbeispielen, die zum Erzeugen mehrere Brennflecke **72** nützlich sind, wird die einzelne Glühwendel **68** in Kombination mit einer oder mehreren Vorspannungselektrode **60**, **62**, **64**, **66**, verwendet. In diesen Ausführungsbeispielen können eine oder mehrere Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64**, **66** den Elektronenstrahl aktiv in einen oder mehrere Brennflecke **72** hinein ablenken. Beispielsweise können eine oder mehrere Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64**, **66** einen ersten breiten Brennfleck **72** durch eine Minimierung des Dipolfelds definieren. Ein zweiter, schmalerer Brennfleck **72** kann durch Verstärkung des Dipolfelds definiert werden. In der Tat können durch eine aktive Manipulation des Dipolfelds beliebig viele Brennflecke unterschiedlicher Art gebildet werden.

**[0042]** In noch weiteren Ausführungsbeispielen können mehrere Glühwendeln **68** genutzt werden, um mehrere Brennflecke **72** zu definieren. Jede der mehreren Glühwendeln **68** kann basierend auf Eigenschaften der Glühwendel, zu denen Abmessung, Form, Beschichtungsmuster, thermionische Temperatur, und so fort gehören, einen Brennfleck **72** definieren. Es können also mehrere Glühwendeln **68** genutzt werden, um verschiedene Arten von Brennflecken **72** zu definieren, beispielsweise Brennflecke **72**, die unterschiedliche Oberflächengrößen aufweisen. Darüber hinaus können die Ausführungsbeispiele, die mehrere Glühwendeln **68** verwenden, die Nutzung einer oder mehrerer Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64**, **66** kombinieren, um die Definition und Erzeugung der mehreren Brennflecke **72**, wie im Vorangehenden beschrieben, zu erleichtern.

**[0043]** [Fig. 6](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel der Glühwendel **68**, bei dem die Glühwendel **68** eine mit Schlitzen ausgebildete, ebene Glühwendel



**68** ist. Auf dem Substrat **76** der Glühwendel **68** sind mehrere Schlitze **77** angeordnet, die eine Glühwendel **68** hervorbringen, die im Wesentlichen eine Zickzackgestalt aufweist. Die Schlitze **77** reduzieren den Querschnitt der Glühwendel **68**. Dementsprechend kann ein Heizstrom, der in der Lage ist, die Glühwendel **68** zu erhitzen, erheblich (d. h. auf Werte, die etwa 20 A unterschreiten) verringert werden, da der Heizstrom durch den verringerten Querschnitt fließt. Eine solche Verringerung des Heizstroms kann einen gesteigerten Wirkungsgrad und eine höhere Lebensdauer der Glühwendel **68** zur Folge haben. In dem Substrat **76** sind zwei Öffnungen **79** ausgebildet, um ein Befestigen des Substrats **76** an der Kathodenanordnung **14** zu erleichtern.

**[0044]** In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel von [Fig. 6](#) wurde die Beschichtung **74** in Form mehrerer Rechtecke auf dem Substrat **76** angeordnet. Wie oben erwähnt, kann die Beschichtung **74** für die Emission von Elektronen genutzt werden, indem die thermionische Temperatur der Glühwendel **68** so geregelt wird, dass ein Hauptteil von Elektronen ausschließlich durch die Beschichtung **74** emittiert werden. Es ist einzusehen, dass die Beschichtung **74** und die oben beschriebenen Beschichtungsmuster auf Ausführungsbeispielen anderer Glühwendeln angeordnet sein können, z. B. auf Ausführungsbeispielen, die gewickelte Glühwendeln verwenden, wie weiter unten mit Bezug auf [Fig. 7](#) näher erläutert.

**[0045]** [Fig. 7](#) veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer gewickelten Glühwendel **78**, bei der die Beschichtung **74** auf der dem Target zugewandten Fläche des Drahtsubstrats **80** angeordnet ist. Eine herkömmliche gewickelte Glühwendel emittiert gewöhnlich Elektronen über die gesamte Oberfläche der gewickelten Glühwendel. Dementsprechend wird eine beträchtliche Menge von Energie verbraucht, um von Abschnitten des Drahts der herkömmlichen Glühwendel Elektronen zu emittieren, die nicht in Richtung der Anode **16** gezielt sind. In der Tat sind ein Mehrzahl der Oberflächen der herkömmlichen gewickelten Glühwendel, z. B. die oberen Flächen der unteren Wicklungen der gewickelten Glühwendel **78**, gewöhnlich von der Targetanode **16** wegführend ausgerichtet. Im Gegensatz dazu ermöglichen die offenbarten Ausführungsbeispiele, die Beschichtung **74** auf dem Drahtsubstrat **80** so anzuordnen, dass die Beschichtung **74** immer der Anode **16** zugewandt ist.

**[0046]** Wie oben erwähnt, kann die Temperatur der gewickelten Glühwendel **78** so geregelt werden, dass die Beschichtung **74** als die primäre Emissionsschicht arbeitet. Dementsprechend kann durch ein Platzieren der Beschichtung **74** auf der Stirnfläche der Anode **16** ein beträchtlicher Teil der emittierten Elektronen **18** auf einen sehr kleinen Brennfleck auf der Anode **16** einfallen. Die beschichtete gewickelte Glühwendel **78** ist somit in der Lage, im Vergleich zu

einer herkömmlichen gewickelten Glühwendel eine bessere Fokussierungsleistung und einen größeren Kathodentargetabstand zu ermöglichen. Darüber hinaus kann die beschichtete gewickelte Glühwendel **78** im Vergleich zu herkömmlichen gewickelten Drahtglühwendeln eine längere Lebensdauer erreichen. Die Verdampfungseigenschaften der Beschichtung **74** erlauben eine geringere Verdampfung von Material, so dass die Lebensdauer der Glühwendel **78** gesteigert ist. In der Tat können sämtliche hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele von Glühwendeln, beispielsweise die gewickelte Glühwendel **78**, längere Lebensdauern erzielen.

**[0047]** Mit Bezug auf [Fig. 8](#) ist ein Ausführungsbeispiel eines geradlinigen Glühdrahts **82** veranschaulicht, der in einer Reflektorschale **84** positioniert ist. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel ist das Drahtsubstrat **80** nicht gewickelt, sondern ist ein geradliniger Draht. Die Beschichtung **74** kann auf der der Anode zugewandten Seite des Drahtsubstrats **80** angeordnet werden, und das Drahtsubstrat **80** kann anschließend in der Reflektorschale **84** angeordnet werden. Die Reflektorschale **84** erleichtert ein Fokussieren des Elektronenstrahls **18** durch passives Formen des Elektronenstrahls **18**. Das passive Formen des Elektronenstrahls **18** kann durch eine geometrische Form der Schale **84**, eine Position der Glühdrahtwendel **82** in der Schale und/oder eine Anordnung der Beschichtung **74** auf dem Drahtsubstrat **80** erreicht werden. Beispielsweise können die gekrümmten Abschnitte **85** der Schale **84** nach außen gekrümmt sein, um einen breiteren Strahl **18** zu bilden, oder nach innen gekrümmt sein, um einen schmaleren Strahl **18** zu bilden. Der Glühdraht **82** kann in der Schale **84** weiter oben angeordnet sein, um einen breiteren Strahl **18** zu bilden, oder weiter unten in der Schale **84** angeordnet sein, um einen schmaleren Strahl **18** zu bilden. Die Beschichtung **74** kann auf einem größeren Abschnitt der Oberfläche der Glühdrahtwendel **82** angeordnet sein, um einen breiteren Strahl **18** zu bilden, oder sie kann auf einem kleineren Abschnitt der Oberfläche der Glühdrahtwendel **82** angeordnet sein, um einen schmalen Strahl zu bilden. In der Tat können beliebige Formen einer Schale **84**, Positionen eines Glühdrahts **82** und/oder Anordnungen einer Beschichtung verwendet werden, um durch passives Formen des Elektronenstrahls **18** unterschiedliche Brennflecke **72** zu erzielen. Es ist einzusehen, dass eine beliebige Anzahl von Ausführungsbeispielen beschichteter Glühwendeln, z. B. der in [Fig. 2](#), [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) beschriebenen ebenen Glühwendel **68**, in Verbindung mit einer Reflektorschale wie der Schale **84** verwendet werden können. In der Tat können die offenbarten Ausführungsbeispiele einer beschichteten Glühwendel in Verbindung mit der Reflektorschale **84** und/oder mit den in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigten Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64** und **66** verwendet werden.

**[0048]** Mit Bezug auf [Fig. 9](#) ist ein Ausführungsbeispiel eines Glühdrahtemitters **86**, der auf einer gekrümmten Scheibe basiert, mit einer Beschichtung **74** veranschaulicht, die für Emissionen genutzt werden kann, die auf indirekter Erwärmung basieren. Elektronen können von einem Material unabhängig von der Art der Erwärmung des Materials abgestrahlt werden. Das Material kann mittelbar oder unmittelbar erwärmt werden, beispielsweise indem das Material selbst mit Elektronen beschossen wird. D. h., es kann die Elektronenemission selbst genutzt werden, um eine Erwärmung hervorzurufen, die zu einem thermionischen Effekt und zu einer zusätzlichen Elektronenemission führt. Wie zu sehen, kann eine Elektronenquelle **88**, beispielsweise ein unmittelbar erwärmter Wolframdraht, einen Elektronenstrahl **90** emittieren und den Elektronenstrahl **90** lenken, um ihn auf der Rückseite der gekrümmten Scheibenglühwendel **86** zu fokussieren. Der Elektronenstrahl **90** kann auf die gekrümmte Scheibenglühwendel **86** auftreffen und eine Steigerung der Temperatur der gekrümmten Scheibenglühwendel **86** bewirken. Die Wärme in der gekrümmten Scheibenglühwendel **86** kann anschließend, beispielsweise durch Wärmeleitung, auf die Beschichtung **74** übertragen werden. Dementsprechend kann die Beschichtung **74** bis zu dem Punkt erwärmt werden, an dem die Beschichtung **74** aufgrund des thermionischen Effekts Elektronen emittiert. In der Tat kann in speziellen Ausführungsbeispielen, bei denen ein Draht als die Elektronenquelle **88** dient, die Zahl der Elektronen, die durch die Beschichtung **74** hervorgebracht wird größer sein, als die Anzahl von Elektronen, die durch den Draht erzeugt werden.

**[0049]** Das gekrümmte Substrat **87** des gekrümmten Scheibenemitters **86** kann geformt sein, um einen Elektronenstrahl **18** zu erzeugen, der optimal in einen sehr kleinen Brennfleck **72** fokussiert ist. Somit kann eine Krümmung (d. h. Steigung) des gekrümmten Substrats **87** auf der Grundlage einer gewünschten Abmessung und eines Abstands zu dem Brennfleck **72** berechnet werden. Eine Vergrößerung der Steigung des gekrümmten Substrats **87** wird den Elektronenstrahl **18** in einen kleineren, näheren Brennfleck **72** fokussieren. Ein Verringern der Steigung des gekrümmten Substrats **87** wird den Elektronenstrahl **18** in einen größeren, weiter entfernten Brennfleck **72** fokussieren. In ähnlicher Weise kann die Beschichtung **74** auch ein Fokussieren des Elektronenstrahls **18** erleichtern. Beispielsweise wird ein Beschichten einer größeren Fläche des Substrats **87** einen kräftigeren Elektronenstrahl **18** zur Folge haben, der auf einem geringfügig größeren Brennfleck **72** auftreffen kann. Darüber hinaus kann der gekrümmte Emitter **86** in einer Reflektorschale **84** angeordnet sein und/oder er kann in Verbindung mit den in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigten Vorspannungselektroden **60**, **62**, **64** und **66** verwendet werden, um die Fokussierungsleistung zu verbessern.

**[0050]** Es ist einzusehen, dass die offenbarten Röntgenkathoden und die sich ergebenden Röntgenröhrenvorrichtungen in bestehenden Bildgebungssystemen nachgerüstet werden können. D. h., eine Röntgenröhre, die die Kathode der offenbarten Ausführungsbeispiele enthält, kann eine herkömmliche Röntgenröhre ersetzen. Es ist möglicherweise außer dem Austausch der Röntgenröhre keine weitere Änderung des umgerüsteten Bildgebungssystems erforderlich. Im Falle von Nachrüstungen, wo möglicherweise eine weitere Optimierung, beispielsweise eine Senkung der Betriebstemperaturen, gewünscht ist, kann der Antrieb des umgerüsteten Bildgebungssystems modifiziert werden.

**[0051]** Technische Effekte der Erfindung beinhalten die Fähigkeit, den Kathodentargetabstand zu erhöhen, die Fähigkeit, die Brennfleckabmessung zu verringern, eine wesentliche Steigerung der Erzeugung von Röntgenstrahlung bei Verwendung herkömmlicher Energieniveaus, und eine Glühwendel mit einer längeren Lebensdauer. Eine Vergrößerung des Kathodentargetabstands erlaubt die Anordnung weiterer Vorrichtungen, z. B. eines Elektronenkollektors oder von Strahlhandhabungsmagneten, im Inneren von Röntgenröhrenvorrichtungen. Die beschriebenen Ausführungsbeispiele ermöglichen zusätzliche Fokussierungssysteme, Modalitäten und Techniken, die die Qualität und Leistung eines Elektronenstrahls erheblich verbessern.

**[0052]** Die vorliegende Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung, einschließlich des besten Modus zu beschreiben, und um außerdem jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, beispielsweise beliebige Einrichtungen und Systeme herzustellen und zu nutzen, und beliebige damit verbundene Verfahren durchzuführen. Der patentfähige Schutzbereich der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann andere dem Fachmann in den Sinn kommende Beispiele umfassen. Solche anderen Beispiele sollen in den Schutzbereich der Ansprüche fallen, falls sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche nicht unterscheiden, oder falls sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche enthalten.

**[0053]** Die beschriebenen Ausführungsbeispiele beinhalten Ausführungsbeispiele, beispielsweise ein Röntgenkathodenglühwendelsystem. Das Röntgenkathodenglühwendelsystem weist ein Substrat und eine Beschichtung **74** auf, die auf dem Substrat angeordnet ist. In diesem Kathodenglühwendelsystem wird ein Elektronenstrahl **18**, **90** von der Beschichtung **74**, jedoch nicht von dem Substrat abgestrahlt. Der Elektronenstrahl **18**, **90** wird unter Nutzung des thermionischen Effekts erzeugt.

## Bezugszeichenliste

10	Bildgebungssystem
12	Röntgenstrahlenquelle
14	Kathodenanordnung
16	Anode
18	Elektronenstrahl
20	Röntgenstrahl
22	Kollimator
24	Person
26	Geschwächter Anteil
28	Bezugszeichen
30	Systemcontroller
32	Linearpositionierungssystem
34	Rotationssystem
36	Antriebscontroller
38	Röntgenstrahlcontroller
40	Datenakquisitionssystem
42	Computer
44	Datenverarbeitungsschaltkreis
46	Speicher
48	Bedienungsworkstation
50	Anzeigevorrichtung
52	Drucker
54	Bildarchivierungs- und Datenkommunikationssystem (PACS)
56	Entfernt angeordnetes System
58	Röntgenröhrenvorrichtung
60	Vorspannungselektrode
62	Vorspannungselektrode
64	Vorspannungselektrode
66	Vorspannungselektrode
68	Glühwendel
69	Absaugelektrode
70	Abschirmung
71	Öffnung
72	Brennfleck
74	Beschichtung
76	Substrat
77	Schlitze
78	Glühwendel
79	Öffnungen
80	Substrat
82	Glühwendel
84	Reflektorschale
85	Gekrümmte Abschnitte
86	Gekrümmte Scheibenglühwendel
87	Gekrümmtes Substrat
88	Elektronenquelle
90	Elektronenstrahl

## Patentansprüche

1. Röntgenkathodensystem, zu dem gehören:  
ein Substrat; und  
eine Beschichtung (74), die auf dem Substrat angeordnet ist;  
wobei ein Elektronenstrahl (18, 90) durch einen thermionischen Effekt von der Beschichtung (74) und nicht von dem Substrat abgestrahlt wird.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Beschichtung (74) wenigstens auf Hafniumkarbid, Tantalkarbid, Hafniumdiborid, Zirkoniumkarbid, Hafniumnitrid, Tantalnitrid, Zirkoniumnitrid und/oder Wolframdiborid basiert.

3. System nach Anspruch 1, wobei das Substrat wenigstens auf Wolfram, Tantal, dotiertem Wolfram und/oder dotiertem Tantal basiert.

4. System nach Anspruch 1, wobei das Substrat auf wenigstens einem ebenen Substrat (76), einem gewickelten Substrat (80), einem gekrümmten Substrat (87) und/oder auf einem mit Schlitzen ausgebildeten Substrat (77) basiert.

5. System nach Anspruch 1, wobei die Beschichtung (74) das Substrat teilweise bedeckt.

6. System nach Anspruch 1, wobei die Beschichtung (74) eine Austrittsarbeit aufweist, die kleiner als etwa 4,5 Elektronenvolt (eV) ist.

7. System nach Anspruch 1, wobei die Beschichtung (74) einen Schmelzpunkt von mehr als etwa 3400°C aufweist.

8. System nach Anspruch 1, wobei der thermionische Effekt durch unmittelbares Erhitzen, mittelbares Erhitzen oder eine Kombination davon hervorgerufen wird.

9. System nach Anspruch 1, wobei die Beschichtung (74) auf dem Substrat durch chemisches Aufdampfen, Sprühen, Pulverpressen, hochenergetisches Kugelmahlen, Sintern, Hochtemperaturkarbonisierung oder durch eine Kombination davon eingebracht ist.

10. Röntgenröhrensystem, zu dem gehören:  
eine erste Kathodenglühwendel, die eine Beschichtung (74) aufweist, die auf einem Substrat angeordnet ist; und  
eine Targetanode (16), die mit einem Kathodentargetabstand von der ersten Kathodenglühwendel beabstandet angeordnet ist und dieser zugewandt ist; wobei ein erster Elektronenstrahl (18, 90) durch einen thermionischen Effekt von der ersten Kathodenglühwendelbeschichtung (74) und nicht von dem Substrat emittiert wird und in einen ersten Brennfleck (72) auf der Targetanode (16) hinein beschleunigt wird, um Röntgenstrahlen (20) zu erzeugen.

11. System nach Anspruch 10, wobei die Beschichtung (74) wenigstens auf Hafniumkarbid, Tantalkarbid, Hafniumdiborid, Zirkoniumkarbid, Hafniumnitrid, Tantalnitrid, Zirkoniumnitrid und/oder Wolframdiborid basiert, und wobei das Substrat wenigstens auf Wolfram, Tantal, dotiertem Wolfram und/oder dotiertem Tantal basiert.

12. System nach Anspruch 10, wobei der Kathodentargetabstand einen Abstand von mehr als etwa 40 mm beinhaltet.

13. System nach Anspruch 10, zu dem wenigstens eine Vorspannungselektrode (**60, 62, 64, 66**), eine Reflektorschale (**84**) und/oder eine Kombination davon gehören, wobei die Vorspannungselektrode (**60, 62, 64, 66**) den ersten Elektronenstrahl (**18, 90**) aktiv ablenkt, und wobei die Reflektorschale (**84**) den ersten Elektronenstrahl (**18, 90**) passiv formt.

14. System nach Anspruch 10, das eine Absaugelektrode (**69**) aufweist, die mit einem Kathodenelektrodenabstand von der ersten Kathodenglühwendel beabstandet angeordnet ist, wobei die Absaugelektrode (**69**) dazu beiträgt, den ersten Elektronenstrahl (**18, 90**) in einen ersten Brennfleck (**72**) auf der Targetanode (**16**) hinein zu beschleunigen.

15. System nach Anspruch 14, wobei der Kathodenelektrodenabstand einen Abstand von mehr als etwa 15 mm beinhaltet.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



## Anhängende Zeichnungen

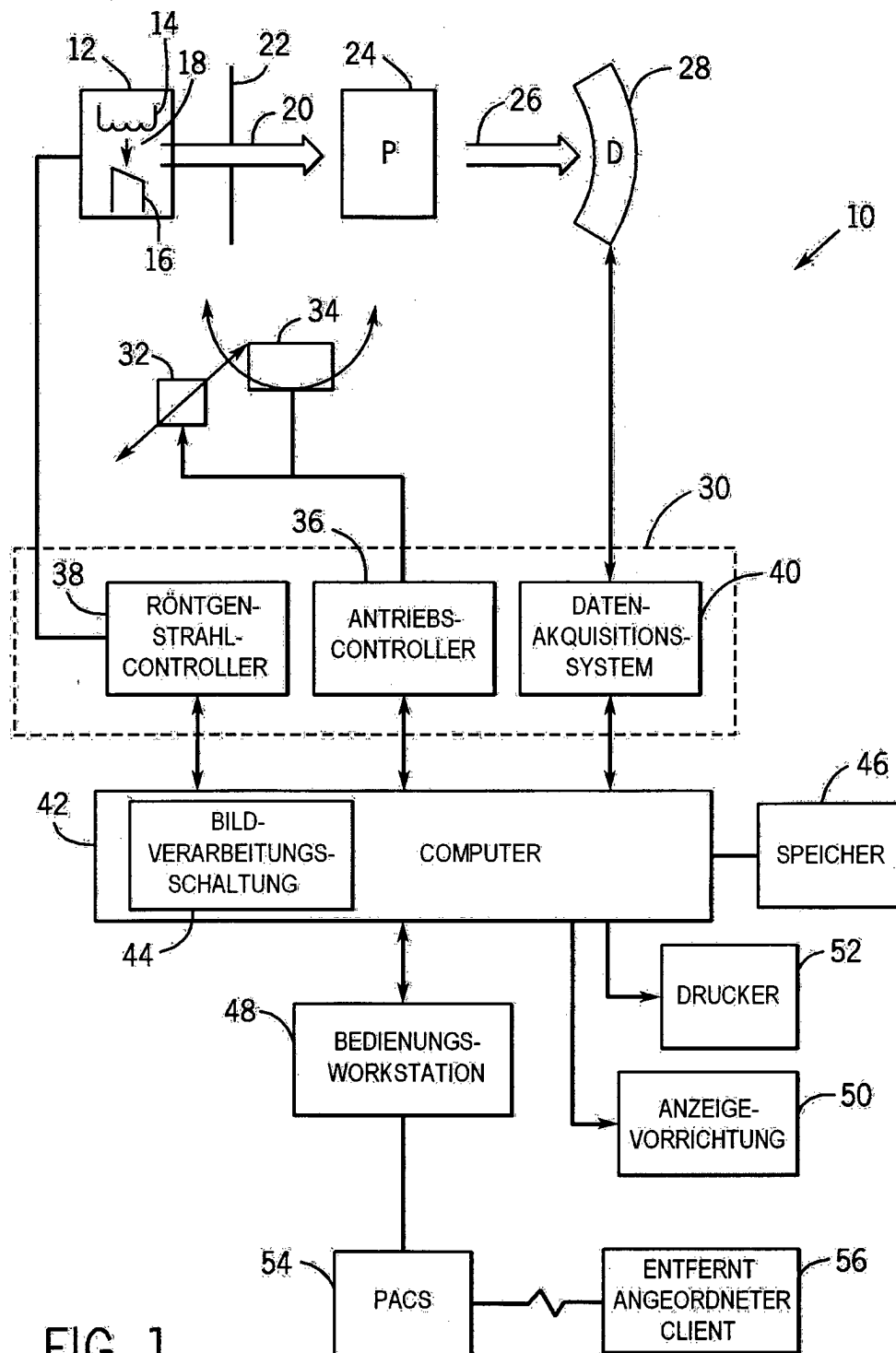
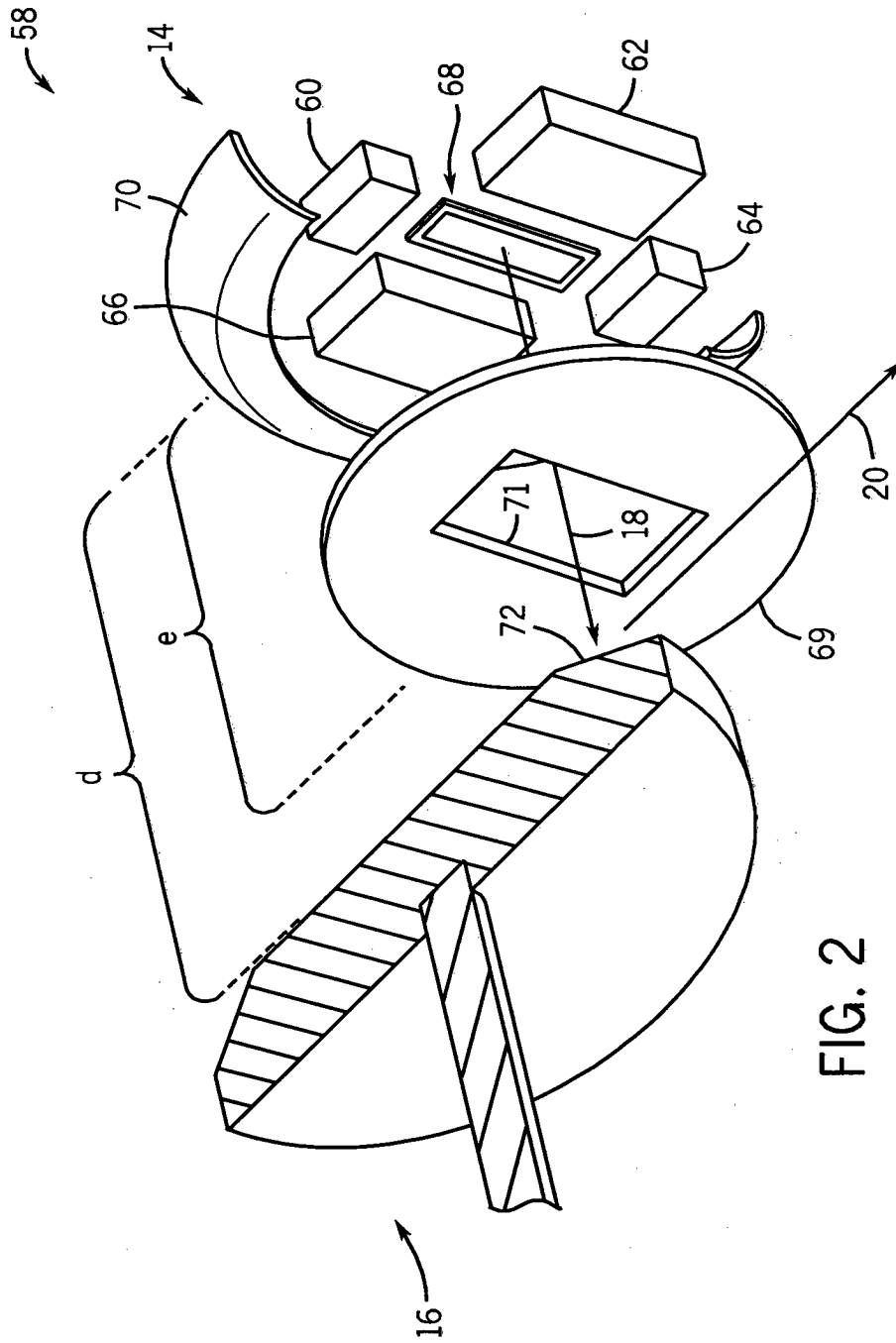
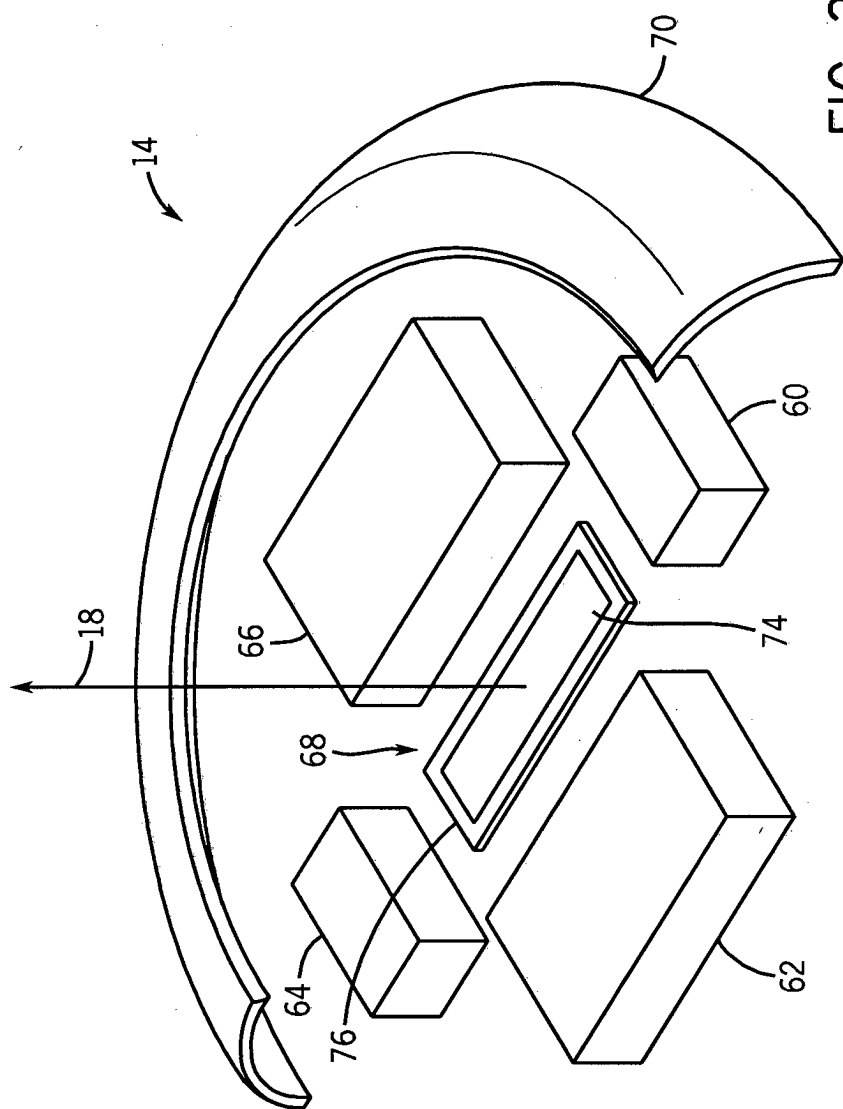
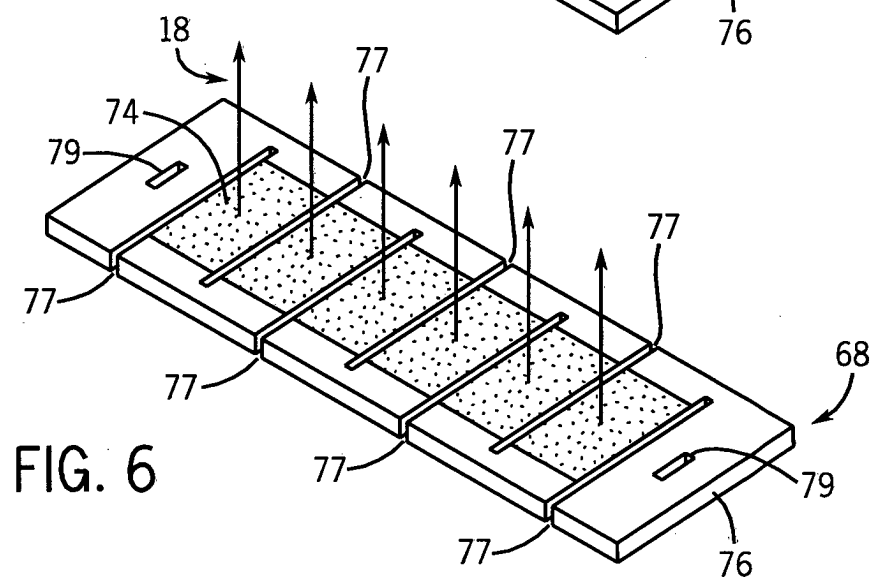
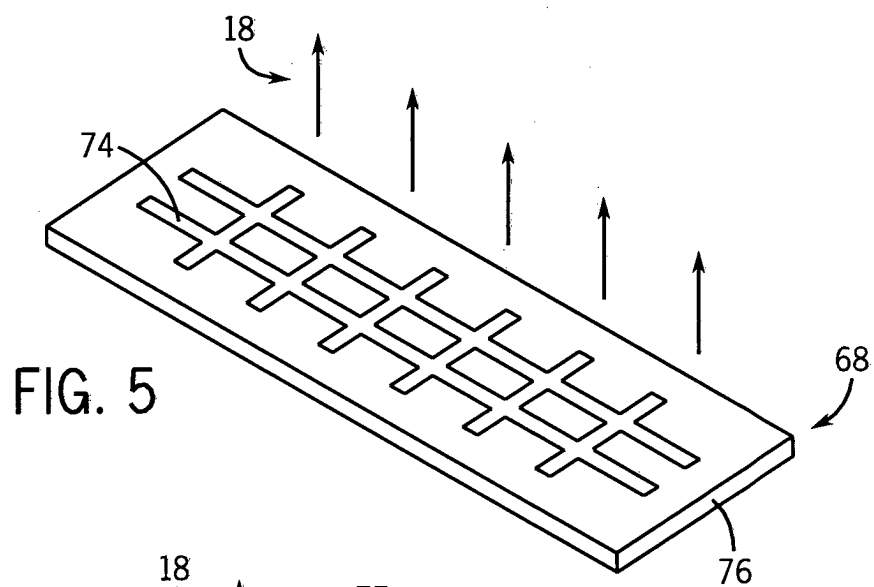
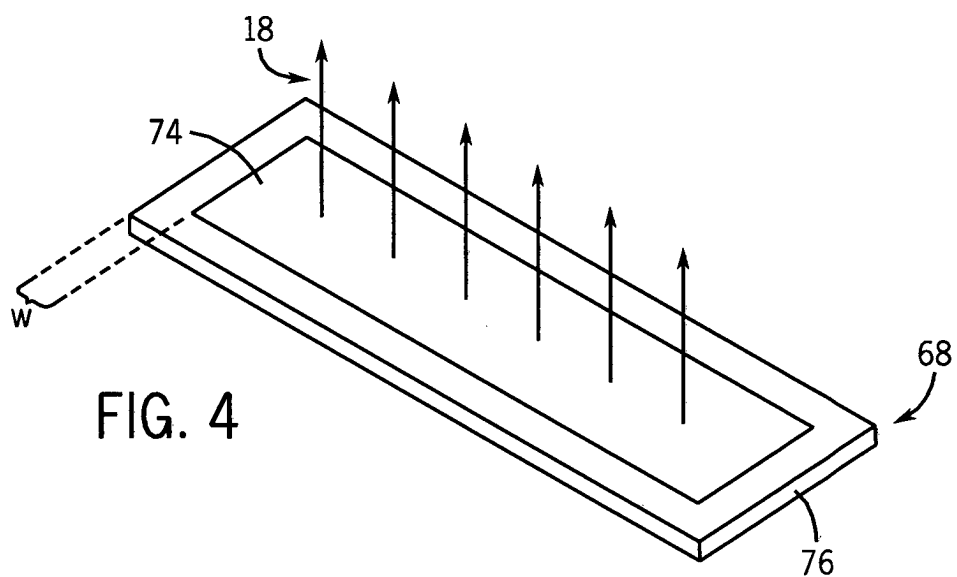


FIG. 1









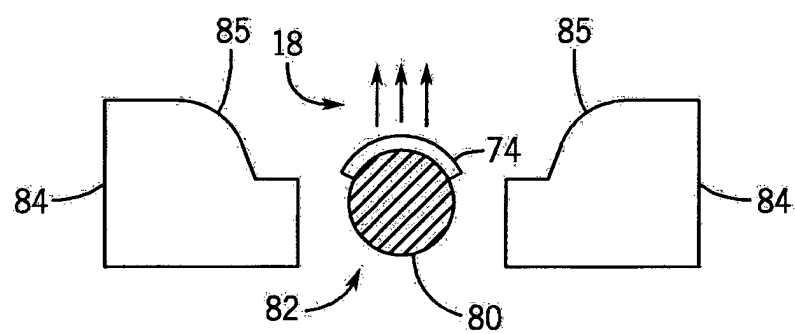
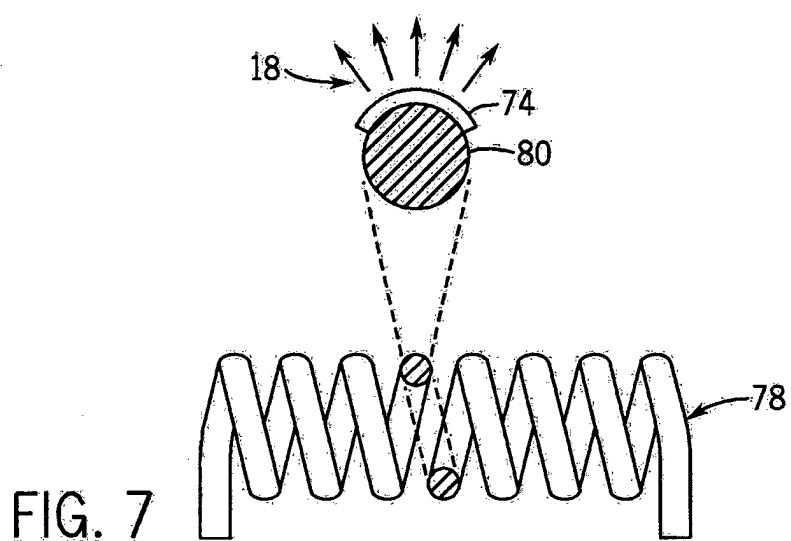


FIG. 8

