



(10) **DE 10 2008 058 608 B4** 2014.07.17

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 058 608.0**

(22) Anmeldetag: **19.11.2008**

(43) Offenlegungstag: **28.05.2009**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.07.2014**

(51) Int Cl.: **H01J 35/06 (2006.01)**
H01J 1/15 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

11/942,656 19.11.2007 US

(73) Patentinhaber:

Varian Medical Systems, Inc., Palo Alto, Calif., US

(74) Vertreter:

**Maikowski & Ninnemann Patentanwälte, 10707,
Berlin, DE**

(72) Erfinder:

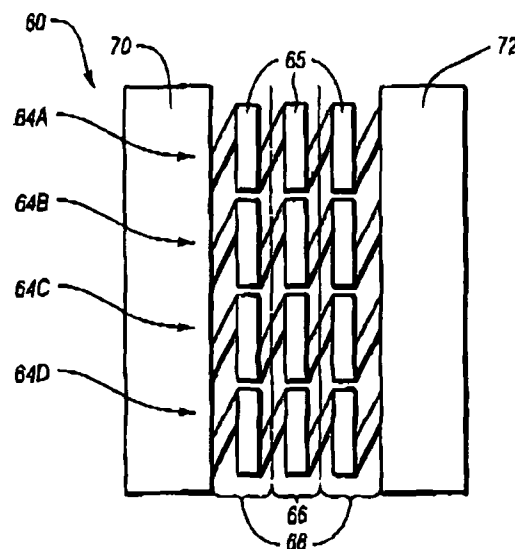
**Bandy, Steve G., Sunnyvale, Calif., US; Virshup,
Gary F., Cupertino, Calif., US; Green, Michael
Curzon, Palo Alto, Calif., US; Boye, James
Russel, Salt Lake City, Utah, US; Runnoe, Dennis,
Salt Lake City, Utah, US; Treseder, Robert Clerk,
Lynchburg, Va., US; Humber, David, Los Gatos,
Calif., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	6 252 937	B1
EP	0 578 454	B1

(54) Bezeichnung: **Fadenbaugruppe mit reduzierter Elektronenstrahlzeitkonstanten**

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist eine Fadenbaugruppe zur Verwendung in einer röntgenstrahlenemittierenden Einrichtung oder anderen fadenenthaltenden Einrichtung. Bei einer Ausführungsform wird eine Röntgenröhre offenbart, die eine Vakuumhülle enthält, die sowohl eine Anode mit einer Targetoberfläche als auch eine bezüglich der Anode positionierte Kathode aufnimmt. Die Kathode umfasst eine Fadenbaugruppe zum Emittieren eines Elektronenstrahls während des Röhrenbetriebs. Die Fadenbaugruppe umfasst einen Kühlkörper und mehrere Fadensegmente. Die Fadensegmente sind zur gleichzeitigen Emission eines Elektronenstrahls zum Auftreffen auf die Targetoberfläche der Anode konfiguriert und sind elektrisch in Reihe geschaltet. Jedes Fadensegment enthält einen ersten und zweiten Endabschnitt, die thermisch mit dem Kühlkörper verbunden sind, und einen zentralen Abschnitt, der mit einer modifizierten Austrittsarbeit für bevorzugte Elektronenemission konfiguriert sein kann.



Beschreibung**ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK****1. Technologiegebiet**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen Röntgenröhreneinrichtungen und andere fadenenthaltende Einrichtungen.

2. Die verwandte Technologie

[0002] Röntgenstrahlenerzeugungseinrichtungen sind extrem wertvolle Werkzeuge, die in einer großen Vielzahl von Anwendungen verwendet werden, sowohl in der Industrie als auch in der Medizin. Solches Gerät wird üblicherweise in Bereichen wie etwa der medizinischen diagnostischen Untersuchung, der therapeutischen Radiologie, der Halbleiterherstellung und der Materialanalyse verwendet.

[0003] Ungeachtet der Anwendungen, in denen sie eingesetzt werden, arbeiten die meisten Röntgenstrahlenerzeugungseinrichtungen auf ähnliche Weise. Röntgenstrahlen werden in solchen Einrichtungen erzeugt, wenn Elektronen emittiert und beschleunigt werden und dann auf ein Material einer bestimmten Zusammensetzung auftreffen. Dieser Prozess findet in der Regel innerhalb einer in der Röntgenstrahlenerzeugungseinrichtung angeordneten Röntgenröhre statt. Die Röntgenröhre umfasst im Allgemeinen eine Vakuumschleuse, die eine Kathode und eine Anode enthält. Die Kathode enthält in der Regel eine Fadenstruktur zum Emittieren von Elektronen, die dann von der Anode empfangen werden.

[0004] Die Vakuumschleuse kann aus Metall wie etwa Kupfer, Glas, Keramik oder einer Kombination daraus bestehen und ist in der Regel innerhalb eines Außengehäuses angeordnet. Mindestens ein Abschnitt des Außengehäuses könnte mit einer (beispielsweise aus Blei oder einem ähnlichen Röntgenstrahlen dämpfenden Material bestehenden) Abschirmungsschicht bedeckt sein, um das Entweichen von innerhalb der Vakuumschleuse erzeugten Röntgenstrahlen zu verhindern. Außerdem kann ein Kühlmedium wie etwa ein dielektrisches Öl oder ein ähnliches Kühlmittel innerhalb des Volumens angeordnet sein, das zwischen dem Außengehäuse und der Vakuumschleuse existiert, um Wärme von der Oberfläche der Vakuumschleuse abzuleiten. Je nach der Konfiguration kann Wärme von dem Kühlmittel entfernt werden, indem es über eine Pumpe und Fluidkanäle zu einem externen Wärmetauscher umgewälzt wird.

[0005] Bei Betrieb wird ein elektrischer Strom dem Kathodenfaden zugeführt, was verursacht, dass er aufgrund einer als thermionische Emission bekannten Prozesses einen Elektronenstrom emittiert. Ein elektrisches Potential wird zwischen der Kathode und

Anode hergestellt, was bewirkt, dass der Elektronenstrom kinetische Energie erhält und zu einer auf der Anode angeordneten Targetoberfläche beschleunigt wird. Beim Auftreffen an der Targetoberfläche wird ein Teil der resultierenden kinetischen Energie in elektromagnetische Strahlung von sehr hoher Frequenz umgewandelt, d. h. Röntgenstrahlen.

[0006] Die spezifische Frequenz der erzeugten Röntgenstrahlen hängt zumindest teilweise von der zum Ausbilden der Anodentargetoberfläche verwendeten Materialart ab. Targetoberflächematerialien mit hohen Ordnungszahlen ("Z-Zahlen"), wie etwa Wolfram oder Wolfram-Rhenium könnten verwendet werden, wenngleich je nach der Anwendung auch andere Materialien verwendet werden könnten. Die resultierenden Röntgenstrahlen können kollimiert werden, so dass sie aus der Röntgenstrahleneinrichtung durch vorbestimmte Gebiete der Vakuumschleuse und des Außengehäuses austreten, um in das Röntgenstrahlenobjekt wie etwa einen Patienten in der Medizin, einzutreten.

[0007] Eine Herausforderung in Verbindung mit dem Betrieb von Röntgenröhren betrifft die Geschwindigkeit, mit der der von dem Faden der Kathode erzeugte Elektronenstrom ein- und ausgeschaltet werden kann, üblicherweise als "Schaltzeit" bezeichnet. Wenngleich für das präzise Steuern des Elektronenstroms und somit der Erzeugung von Röntgenstrahlen vorteilhaft, war es traditionell aufgrund einer Reihe von Faktoren schwierig, relativ schnelle Faden-schaltzeiten zu erzielen, am häufigsten wegen der Wärmeantwort – hierin auch als die "thermische Zeitkonstante" bezeichnet – des Fadens. Kurz gesagt ist die thermische Zeitkonstante ein Maß für die Zeit, die für das Abkühlen des Fadens auf eine vorbestimmte Temperatur erforderlich ist. Die thermische Zeitkonstante steht in direkter Beziehung zu der "Zeitkonstante" oder einem Maß für die Zeit, die erforderlich ist, dass der Faden die Elektronenemission auf ein vorbestimmtes Niveau reduziert. Wie an Hand des oben gesagten bestimmt werden kann, sind die Zeitkonstante und die Schaltzeit des Fadens eng verwandt. Somit entspricht eine relativ kurze Zeitkonstante einer erwünschten schnellen Schaltzeit.

[0008] Das gegenwärtige Design von bekannten Fäden sorgt nicht leicht für die Reduktion von Schaltzeiten. Ein Ansatz beinhaltet die Aufnahme einer dritten Fadenelektrode, üblicherweise ein Gitter genannt, zur Verwendung beim Modulieren der Elektronenstrahlemission. Wenngleich die Faden-schaltzeiten akzeptabel gesenkt werden, bringen Gitter dennoch gewisse unerwünschte Konsequenzen mit sich. Abgesehen von dem zusätzlichen Gitterblei und der Stromversorgung, die zu seiner Bestromung erforderlich ist, ist eine Hauptkonsequenz der Verwendung eines Gitters das vergrößerte Risiko einer elektrischen Lichtbogenbildung von Röhrenstrukturen zu

dem Gitter selbst. Dies kann besonders akut bei Röhren sein, die hohe Spannungen verwenden, und kann zu einer Beschädigung der Röhre führen.

[0009] Andere Versuche, den emittierten Elektronenstrahl, hierin auch als "Strahlstrom" bezeichnet, akzeptabel zu schalten und zu modulieren, beinhalten das Erhitzen eines Emitters mit geringer thermischer Masse durch einen Elektronenstrahl oder die Modulation des Elektronenstrahls durch Modulieren des an die Anode angelegten elektrischen Potentials. Diese Optionen leiden jedoch auch unter einer relativen Zunahme des Risikos zur Lichtbogenbildung innerhalb der Röhre.

[0010] In dem Dokument EP 0 578 454 B1 ist eine Mammographieröntgenröhre beschrieben, die folgendes aufweist: eine Vakuumumhüllung mit einer rotierenden Anode, eine Kathodenanordnung, eine Hochspannungsschaltung mit zwei isolierten Anschlüssen zum Anschließen einer Hochspannung über einen der Anschlüsse zu der rotierenden Anode relativ zu der Kathodenanordnung und eine Vielzahl von Heizfadenstromverbindungsanschlüssen, um der Kathodenanordnung externe Heizfadenstromquellen zur Verfügung zu stellen. Die Kathodenanordnung weist zwei Kathodenschalen auf, die mit dem anderen Anschluss verbunden sind, wobei die Schalen jeweils ein Paar von Heizfäden aufweisen, die parallel zu den jeweiligen Heizfadenstromanschlüssen zur gleichzeitigen Anregung der Heizfäden eines Paares angeschlossen sind. Die Heizfäden sind um 7,5 mm oder weniger beabstandet von der rotierenden Anode angeordnet.

[0011] Das Dokument US 6 252 937 B1 beschreibt eine Röntgenröhre die ein Gehäuse umfasst, in dem eine Anode mit einer Targetoberfläche, eine von der Anode beabstandete Kathode und ein mit der Kathode wärmeleitend verbundenes Wärmeleitungsrohr angeordnet sind. Die Kathode weist ein Elektronenemitter auf, der Elektronen emittiert, die auf die Targetoberfläche der Anode auftreffen und Röntgenstrahlen erzeugen. Das Wärmeleitungsrohr ermöglicht die Ableitung von Wärmeenergie vom Elektronenemitter zu einem Kühlkörper.

KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0012] Offenbarte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurden als Reaktion auf die obigen und anderen Notwendigkeiten in der Technik entwickelt. Kurz zusammengefasst betreffen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung Fadenbaugruppen zur Verwendung in einer röntgenstrahlenemittierenden Einrichtung oder einer anderen einen Faden enthaltenden Einrichtung. Die offenbarten Baugruppen sorgen für eine relativ reduzierte thermische Zeitkonstante beim Fadenbetrieb, was insgesamt zu einer Reduktion der Fadenschaltzeit führt.

[0013] Bei einer Ausführungsform wird eine Röntgenröhre offenbart, die eine Vakuumhülle enthält, die sowohl eine Anode mit einer Targetoberfläche als auch eine bezüglich der Anode positionierte Kathode aufnimmt. Die Kathode enthält eine Fadenbaugruppe zum Emittieren eines Elektronenstrahls während des Röhrenbetriebs. Die Fadenbaugruppe enthält einen Kühlkörper und mehrere Fadensegmente. Die Fadensegmente sind zur gleichzeitigen Emission eines Elektronenstrahls zum Auftreffen auf die Targetoberfläche der Anode konfiguriert und sind elektrisch in Reihe geschaltet. Bei offenbarten Ausführungsformen enthält jedes Fadensegment einen ersten und zweiten Endabschnitt, die in thermischer Kommunikation mit dem Kühlkörper stehen, und einen zentralen Abschnitt mit einer modifizierten Austrittsarbeit für bevorzugte Elektronenemission.

[0014] Bei einer weiteren offenbarten Ausführungsform enthält eine Fadenbaugruppe einen ersten und zweiten Kühlkörper und mehrere Fadensegmente. Die Fadensegmente sind jeweils thermisch parallel zu beiden Kühlkörpern geschaltet, und die Fadensegmente sind konfiguriert, gleichzeitig einen Elektronenstrahl zum Auftreffen auf die Anodentargetoberfläche zu emittieren. Gemäß dieser Ausführungsform weisen die Fadensegmente parallele Wärmeableitungswege auf, die das Reduzieren der thermischen Zeitkonstanten unterstützen.

[0015] Bei noch einer weiteren Ausführungsform wird eine Fadenbaugruppe offenbart mit einem Kühlkörper, der mehrere Schlitze definiert, und mehreren Fadensegmenten, die teilweise innerhalb entsprechender Schlitze angeordnet sind. Die Fadensegmente sind zur gleichzeitigen Emission eines Elektronenstrahls konfiguriert. Jedes Fadensegment enthält einen ersten und zweiten Endabschnitt, die in thermischer Kommunikation mit dem Kühlkörper stehen, und einen zentralen Abschnitt, der zwischen dem ersten und zweiten Endabschnitt angeordnet ist. Bei einer offenbarten Ausführungsform können die Fadensegmente aus einer einzelnen durchgehenden Ader aus leitendem Draht definiert sein, der in einer Stufenleiterkonfiguration geformt ist. Alternativ kann jedes Fadensegment aus einem diskreten leitenden Glied derart definiert werden, dass die Fadensegmente so angeordnet sind, dass sie elektrisch parallel zueinander sind. Optional kann die thermische Kommunikation zwischen einem Fadensegment und dem Kühlkörper beispielsweise über ein Hartlotmaterial verbessert werden.

[0016] Es werden auch Maßnahmen offenbart zum Steuern der Effekte des Verwenden von mehreren Fadensegmenten in der vorliegenden Fadenbaugruppe. Insbesondere könnten Ausführungsformen der Fadenbaugruppe Fadensegmentdrähte mit einem reduzierten Querschnittsdurchmesser enthalten, um einer erhöhten Leistungsableitung und redu-

zierten elektrischen Impedanz infolge ihres Designs entgegenzuwirken. Der reduzierte Drahtdurchmesser steuert die Leistungsableitung in der Fadenbaugruppe. Außerdem können die Fadensegmentdrähte, die bei einer Ausführungsform aus mit einer Thoriumschicht versehenem Wolfram bestehen, aufgekohlt werden, um die Leistungsableitung in der Fadenbaugruppe weiter zu steuern. Diese Maßnahmen verbessern auf wünschenswerte Weise die elektrische Impedanz des Systems, wodurch die Fadenbaugruppe für die allgemeine Verwendung einsetzbar wird.

[0017] Diese und weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich eingehender an Hand der folgenden Beschreibung und beigefügten Ansprüche oder können an Hand der Praxis der Erfindung wie unten dargelegt in Erfahrung gebracht werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Zum weiteren Verdeutlichen der obigen und weiterer Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung wird eine spezifischere Beschreibung der Erfindung unter Bezugnahme auf spezifische Ausführungsformen davon wiedergegeben, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind. Es versteht sich, dass diese Zeichnungen nur typische Ausführungsformen der Erfindung zeigen und deshalb nicht als ihren Schutzbereich beschränkend anzusehen sind. Die Erfindung wird mit zusätzlicher Spezifität und zusätzlichem Detail beschrieben und erläutert, indem die beiliegenden Zeichnungen verwendet werden. Es zeigen:

[0019] Fig. 1 eine Querschnittsseitenansicht einer Röntgenröhre, die als eine mögliche Umgebung zur Aufnahme der vorliegenden Erfindung dient, gemäß einer Ausführungsform;

[0020] Fig. 2A eine Draufsicht auf eine Fadenbaugruppe gemäß einer Ausführungsform;

[0021] Fig. 2B eine Draufsicht auf eine Fadenbaugruppe gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0022] Fig. 2C eine Perspektivansicht eines Abschnitts der Fadenbaugruppe, in einem Abschnitt einer Kathodenbaugruppe enthalten, gemäß einer Ausführungsform;

[0023] Fig. 3A ein vereinfachtes Diagramm einer Fadenbaugruppe gemäß einer Ausführungsform;

[0024] Fig. 3B eine Draufsicht auf eine gemäß dem in Fig. 3A gezeigten Design konfigurierten Fadenbaugruppe;

[0025] Fig. 4 einen Graphen, der eine Schaltzeitverbesserung zeigt, für einen gemäß einer Ausführungs-

form der vorliegenden Erfindung konfigurierten Fadens sowohl modelliert als auch realisiert;

[0026] Fig. 5 einen Graphen, der eine relative Leistungssteigerung über der Zeitkonstantenverbesserung für gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung konfigurierte Fäden zeigt;

[0027] Fig. 6 eine vereinfachte Perspektivansicht einer Fadenbaugruppe, die eine mögliche Orientierung von Fadensegmenten zeigt, gemäß einer Ausführungsform;

[0028] Fig. 7 eine Seitenansicht eines Fadensegments, das eine mögliche Formgebung des Fadensegments zeigt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0029] Fig. 8A und Fig. 8B eine Perspektiv- bzw. Seitenansicht eines Kathodenkopfs mit einer Fadenbaugruppe gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0030] Fig. 9A und Fig. 9B eine Perspektiv- bzw. Nahansicht einer gemäß noch einer weiteren Ausführungsform konfigurierten Fadenbaugruppe;

[0031] Fig. 10 eine Perspektivansicht einer Fadenbaugruppe gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0032] Fig. 11A eine Perspektivansicht einer gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung konfigurierten Fadenbaugruppe;

[0033] Fig. 11B eine auseinander gezogene Ansicht der Fadenbaugruppe von Fig. 11A;

[0034] Fig. 11C eine Draufsicht auf die Fadenbaugruppe von Fig. 11A;

[0035] Fig. 11D eine perspektivische Bodenansicht der Fadenbaugruppe von Fig. 11A;

[0036] Fig. 12A eine Perspektivansicht einer gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels konfigurierten Fadenbaugruppe;

[0037] Fig. 12B eine auseinander gezogene Perspektivansicht einer gemäß noch einem weiteren Ausführungsbeispiel konfigurierten Fadenbaugruppe;

[0038] Fig. 13A–Fig. 13D eine Perspektiv-, Seiten-, Drauf- bzw. Stirnansicht einer Fadenbaugruppe gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0039] Fig. 14A–Fig. 14D eine Perspektiv-, Seiten-, Drauf- bzw. Stirnansicht einer Fadenbaugruppe gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0040] Fig. 15A und Fig. 15B zusätzliche Perspektivansichten der Fadenbaugruppe von Fig. 14;

[0041] Fig. 16A–Fig. 16D eine Perspektiv-, Seiten-, Drauf- bzw. Stirnansicht einer Fadenbaugruppe mit einer alternativen Kühlkörperstruktur;

[0042] Fig. 17A–Fig. 17D eine Perspektiv-, Seiten-, Drauf- bzw. Stirnansicht einer Fadenbaugruppe mit einer alternativen Kühlkörperstruktur; und

[0043] Fig. 18A–Fig. 18D eine Perspektiv-, Seiten-, Drauf- bzw. Stirnansicht einer Fadenbaugruppe gemäß noch einer weiteren Ausführungsform.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG VON AUSGEWÄHLTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0044] Es wird nun auf Figuren Bezug genommen, bei denen gleiche Strukturen mit gleichen Referenzbezeichnungen versehen sind. Es versteht sich, dass die Zeichnungen graphische und schematische Darstellungen von Ausführungsbeispielen der Erfindung sind und die vorliegende Erfindung nicht beschränken noch sie notwendigerweise maßstabsgetreu gezeichnet sind.

[0045] Die Fig. 1–Fig. 18 zeigen verschiedene Merkmale von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die allgemein eine Fadenbaugruppe zur Verwendung in einer röntgenstrahlenemittierenden Einrichtung oder einer anderen fadenenthaltenden Einrichtung betreffen. Ausführungsformen der offenbarten Fadenbaugruppe sorgen für eine relativ reduzierte thermische Zeitkonstante, die wiederum die Fadenzeitkonstante reduziert. Dies führt vorteilhafterweise insgesamt zu einer Reduktion der Schaltzeit, die erforderlich ist, um den Strom eines von der Baugruppe während des Einrichtungsbetriebs emittierten Elektronenstrahls zu variieren. Wie der Ausdruck "Faden" hier verwendet wird, soll er einen leitenden Emittor beinhalten, der bei Verwendung Elektronen emittieren kann.

[0046] Es wird zuerst auf Fig. 1, Bezug genommen, die eine mögliche Umgebung darstellt, in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung praktiziert werden können. Insbesondere zeigt Fig. 1 eine allgemein bei 10 bezeichnete Röntgenröhre, die als ein Beispiel einer röntgenstrahlenerzeugenden Einrichtung dient. Die Röntgenröhre 10 enthält allgemein eine evakuierte Hülle 20, die eine Kathodenbaugruppe 50 und eine Anodenbaugruppe 100 aufnimmt. Die evakuierte Hülle 20 definiert den erforderlichen Mantel, und stellt ihn bereit, zum Aufnehmen der Kathoden- und Anodenbaugruppe 50, 100 und anderer kritischer Komponenten der Röhre 10 und stellt gleichzeitig die Abschirmung und Kühlung bereit, die für einen ordnungsgemäßen Röntgenröhrenbetrieb erforderlich sind. Die evakuierte Hülle 20 ent-

hält weiterhin eine Abschirmung 22, die so positioniert ist, dass sie eine unbeabsichtigte Röntgenstrahlenemission von der Röhre 10 während des Betriebs verhindert. Man beachte, dass die Röntgenstrahlenabschirmung bei anderen Ausführungsformen nicht mit der evakuierten Hülle enthalten ist, sondern vielmehr an ein separates Außengehäuse angebunden sein könnte, das die evakuierte Hülle umschließt. Bei noch weiteren Ausführungsformen kann die Röntgenstrahlenabschirmung weder mit der evakuierten Hülle noch dem Außengehäuse enthalten sein, sondern an einer anderen vorbestimmten Stelle.

[0047] Im größeren Detail ist die Kathodenbaugruppe 50 dafür zuständig, einen Elektronenstrom zu liefern zum Erzeugen von Röntgenstrahlen, wie zuvor beschrieben. Wenngleich andere Konfigurationen verwendet werden könnten, enthält die Kathodenbaugruppe 50 in dem dargestellten Beispiel eine Stützstruktur 54, die einen Kathodenkopf 56 stützt. Bei dem Beispiel von Fig. 1 definiert ein Kathodenaperturschirm 58 eine Apartur 58A, die zwischen einer elektronenerzeugenden Fadenbaugruppe, allgemein bei 60 bezeichnet und unten ausführlicher beschrieben, und der Anode 106 positioniert ist, um das Passieren von von der Fadenbaugruppe emittierten Elektronen 62 zu gestatten. Der Aperturschirm 58 kann bei einer Ausführungsform durch ein Kühlfluid als Teil eines nicht gezeigten Röhrenkühlsystems gekühlt werden, um Wärme abzuführen, die in dem Aperturschirm infolge von fehlgeleiteten Elektronen, die auf die Aperturschirmoberfläche auftreffen, erzeugt wird. Fig. 1 ist repräsentativ für ein Beispiel einer Umgebung, in der die offenbarte Fadenbaugruppe benutzt werden könnte. Es versteht sich jedoch, dass es viele andere Röntgenröhrenkonfigurationen und -umgebungen gibt, für die Ausführungsformen der Fadenbaugruppe einen Nutzen und eine Anwendung finden würden.

[0048] Wie erwähnt enthält der Kathodenkopf 56 die Fadenbaugruppe 60 als eine Elektronenquelle für die Erzeugung der Elektronen 62 während des Röhrenbetriebs. Als solches ist die Fadenbaugruppe 60 entsprechend mit einer nicht gezeigten elektrischen Stromquelle verbunden, um die Erzeugung der hochenergetischen Elektronen 62 durch die Baugruppe zu ermöglichen.

[0049] Die dargestellte Anodenbaugruppe 100 enthält eine Anode 106 und eine Anodenstützbaugruppe 108. Die Anode 106 umfasst ein bevorzugt aus Graphit bestehendes Substrat 110 und eine darauf angeordnete Targetoberfläche 112. Die Targetoberfläche 112 umfasst bei einem Ausführungsbeispiel Wolfram oder Wolfram-Rhenium, wenngleich es sich versteht, dass je nach der Anwendung andere "hohe" Z-Materialien/Legierungen verwendet werden könnten. Ein vorbestimmter Abschnitt der Targetoberfläche 112 ist derart positioniert, dass der von der Fadenbaugrup-

pe **60** emittierte und durch die Schirmapertur **58A** hindurchgetretene Elektronenstrom **62** auf die Targetoberfläche auftrifft und die Röntgenstrahlen **130** zur Emission von der evakuierten Hülle **20** über ein für Röntgenstrahlen durchlässiges Fenster **132** erzeugt.

[0050] Die hierin beschriebene Erzeugung von Röntgenstrahlen kann relativ ineffizient sein. Die sich aus dem Auftreffen von Elektronen auf der Targetoberfläche ergebende kinetische Energie liefert auch große Mengen an Wärme, die die Röntgenröhre beschädigen kann, wenn sie nicht entsprechend behandelt wird. Überschüssige Hitze kann über eine Reihe von Ansätzen und Techniken abgeführt werden. Beispielsweise wird bei der offenbarten Ausführungsform ein Kühlmittel durch bezeichnete Bereiche der Anodenbaugruppe **100** und/oder andere Gebiete der Röhre umgewälzt. Wieder können die Struktur und die Konfiguration der Anodenbaugruppe gegenüber dem variieren, was hierin beschrieben ist, und dennoch innerhalb der Ansprüche der vorliegenden Erfindung bleiben.

[0051] Bei dem dargestellten Beispiel wird die Anode **106** von der Anodenstützbaugruppe **108** gestützt, die im Allgemeinen eine Lagerbaugruppe **118**, eine Stützwelle **120** und eine Rotorhülse **122** umfasst. Die Stützwelle **120** ist fest an einem Abschnitt der evakuierten Hülle **20** angebracht, so dass die Anode **106** drehbar über die Lagerbaugruppe **118** um die Stützwelle angeordnet ist, wodurch sich die Anode bezüglich der Stützwelle drehen kann. Ein Stator **124** ist über den Umfang der darin angeordneten Rotorhülse **122** angeordnet. Wie wohl bekannt ist, nutzt der Stator sich drehende elektromagnetische Felder, um zu bewirken, dass sich die Rotorhülse **122** dreht. Die Rotorhülse **122** ist an der Anode **106** angebracht, wodurch die benötigte Rotation der Anode beim Röhrenbetrieb erhalten wird. Wieder ist zu verstehen, dass Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Anodenbaugruppen mit Konfigurationen praktiziert werden können, die von dem hierin Beschriebenen differieren. Zudem kann bei noch weiteren Röhrenimplementierungen und -anwendungen die Anode stationär sein.

[0052] Die Aufmerksamkeit wird nun auf **Fig. 2A** gelenkt, in der weitere Details hinsichtlich Ausführungsformen der Fadenbaugruppe **60** angegeben sind. Wie gezeigt enthält die Fadenbaugruppe **60** bei diesem Beispiel mehrere Fadensegmente, die für die Emission von Elektronen (bei **62** in **Fig. 1** bezeichnet) während des Röhrenbetriebs konfiguriert sind. Bei dieser Ausführungsform enthält die Fadenbaugruppe **60** mehrere Segmente: **64A**, **64B**, **64C** und **64D**, wenngleich zu verstehen ist, dass bei anderen Ausführungsformen mehr oder weniger Fadensegmente in der Baugruppe enthalten sein können. Wie erwähnt und wie in **Fig. 2C** zu sehen sein wird, ist die dargestellte Fadenbaugruppe **60** in einem Hohlraum **56A**

enthalten, der in einer Oberfläche **56B** des Kathodenkopfs **56** ausgebildet ist, wobei die Oberfläche **56B** allgemein der Targetoberfläche **112** der Anode **106** zugewandt ist.

[0053] Jedes Fadensegment **64A–D** enthält einen leitenden Draht, der in einer gewickelten Konfiguration angeordnet ist, um eine im Wesentlichen parallele Reihe von schraubenförmigen Spulen **65** zu definieren. Bei anderen Ausführungsformen könnten die Fadensegmente andere Spulengestalten definieren oder aus einer in einer Spule angeordneten leitenden Folie bestehen. Während der Draht der Fadensegmente in der dargestellten Ausführungsform einen runden Querschnitt aufweist, werden weiterhin auch andere Querschnittsdrahtformen in Betracht gezogen.

[0054] Die Spulen **65** jedes Fadensegments **64A–D** können in einen zentralen Abschnitt **66** und zwei Endabschnitte **68** jeweils neben dem zentralen Abschnitt unterteilt sein. Bei dieser besonderen Ausführungsform enthält jedes Segment **64A–D** drei Spulen, und der zentrale und die Endabschnitte **66**, **68** enthalten jeweils eine Spule. Wie in **Fig. 2B** gezeigt und wie unten weiter erörtert wird, kann die in jedem Fadensegment enthaltene Anzahl von Spulen jedoch variieren; als solches variiert die Anzahl von Spulen in den jeweiligen zentralen und Endabschnitten entsprechend. Allgemein ist mindestens eine Spule **65** in jedem Endabschnitt **68** erforderlich, damit der oder die Spulen im zentralen Abschnitt **66** sich auf eine Temperatur erhitzen, die für die thermionische Emission von Elektronen von einem jeweiligen der Fadensegmente **64A–D** ausreicht.

[0055] Bei dieser Ausführungsform sind die Fadensegmente **64A–D** zwischen Kühlkörpern **70** und **72** angeordnet, wie in **Fig. 2A** gezeigt. Insbesondere stehen die Endabschnitte **68** jedes Fadensegments **64A–D** in thermischer Kommunikation mit den jeweiligen benachbarten Kühlkörpern **70**, **72**, um einen Wärmeweg zwischen jedem Fadensegment und den Kühlkörpern bereitzustellen. Diese Konfiguration sorgt für die leitende Abfuhr von Hitze von beiden Enden jedes Fadensegments **64A–D** zu den Kühlkörpern. Mit dieser Anordnung sind die Fadensegmente bei dieser besonderen Ausführungsform in einer parallelen thermischen Konfiguration zueinander anzutreffen.

[0056] Die Fadensegmente **64A–D** stehen auch in elektrischer Kommunikation mit einer Stromquelle, um ihren kollektiven Betrieb zu ermöglichen. Bei dieser Ausführungsform sind die Fadensegmente **64A–D** elektrisch parallel geschaltet, wenngleich bei anderen Ausführungsformen andere Verbindungsverfahren möglich sind, wie beschrieben wird. Mit dieser Konfiguration arbeiten die Fadensegmente **64A–D** gleichzeitig beim Erzeugen von Elektronen während

des Röhrenbetriebs. Bei diesem Betrieb ist es der zentrale Abschnitt **66** jedes Fadensegments **64A–D**, der die Elektronen über thermionische Emission erzeugt, während die Endabschnitte **68** dafür sorgen, dass es in dem zentralen Abschnitt zu einem ausreichenden Hitzaufbau kommt.

[0057] Die Konfiguration der Fadenbaugruppe **60** wie in **Fig. 2A** gezeigt liefert gegenüber bekannten Fäden, die in der Regel nur eine einzelne Spanne von aufgewickelter Draht enthalten, einen verbesserten Fadenbetrieb. Insbesondere behält die Fadenbaugruppe **60** die Gesamtzahl von Spulen bei, die Elektronen emittieren, d. h., die vier Spulen, die die zentralen Abschnitte **66** der Fadensegmente **64A–D** in der in **Fig. 2A** gezeigten Ausführungsform definieren, wie sie bei einem typischen Faden vorliegen würden. Indem jedoch der frühere längliche einzelne Faden in mehrere kleinere Fadensegmente unterteilt wird, wie in **Fig. 2A** gezeigt, sorgt die Fadenbaugruppe **60** für eine bessere Wärmeableitung über die Endabschnitte **68** jedes Fadensegments **64A–D** in die Kühlkörper **70** und **72**.

[0058] Diese verbesserte Wärmeleitung reduziert die thermische Zeitkonstante für jedes Fadensegment **64A–D** entsprechend, was wiederum die Zeitkonstante jedes Fadensegments reduziert. Eine Reduktion oder Verkürzung der Fadenzeitkonstanten entspricht schnelleren Schaltzeiten für das Fadensegment, die simultan übereinstimmend arbeiten, um es wünschenswert zu ermöglichen, dass der kollektiv von den Fadensegmenten erzeugte Elektronenstrom, d. h. der Strahlstrom, mit minimaler Verzögerung variiert wird. Eine Varianz des Strahlstroms auf diese Weise wird durch Variieren der Stromversorgung erzielt, d. h. des Fadenstroms, der an die Fadensegmente **64A–D** geliefert wird. **Fig. 4** zeigt einen Graphen **84** mit einer Kurve **86**, die beispielhafte repräsentative Daten darstellt, die die vorteilhafte Verbesserung bei der Zeitkonstantenleistung (y-Achse) bei Verringerung der Fadenlänge (x-Achse) zeigt.

[0059] Im Allgemeinen beeinflusst die Anzahl und Länge der Fadensegmente **64A–D** den von der Fadenbaugruppe bei einem vorbestimmten Fadenstrom erzeugten Strahlstrom. Somit können die Anzahl und Länge der Fadensegmente einschließlich der Größe und Anzahl der Spulen, gegebenenfalls gegenüber dem, was in **Fig. 2A** gezeigt ist, variiert werden. **Fig. 2B** zeigt eine mögliche Konfiguration der Fadenbaugruppe, wobei die Fadensegmente **64A–D** jeweils vier Spulen **65** aus leitendem Draht enthalten, was dadurch zu relativ längeren Fadensegmenten als jenen in **Fig. 2A** gezeigten führt. Mit dieser Konfiguration enthält jedes Fadensegment **64A–D** einen zentralen Abschnitt **66** mit zwei Spulen, die beim Betrieb Elektronen emittieren, sowie zwei Endabschnitte **68** mit jeweils einer Spule. Natürlich kann die Anzahl der Spulen, die jeden zentralen und Endabschnitt definie-

ren, gegenüber dem verändert werden, was in den beiliegenden Figuren gezeigt ist. Wenngleich hier mit gleichen Längen und gleichförmig bemessenen Spulen gezeigt, könnten diese Parameter gegebenenfalls auch von Segment zu Segment in der Fadenbaugruppe variiert werden.

[0060] Es wird nun auf **Fig. 3A** Bezug genommen, die in vereinfachter Form eine mögliche thermische und elektrische Konfiguration für eine Fadenbaugruppe gemäß einer Ausführungsform darstellt. Wie gezeigt sind die Fadensegmente **64A–D** thermisch parallel zu mehreren leitenden wärmeabführenden Zwischenverbindungen **78** geschaltet, um eine Wärmeabführung durch die Endabschnitte jedes Fadensegments zu ermöglichen. Außerdem sind die leitenden Zwischenverbindungen **78** so konfiguriert, dass die Fadensegmente **64A–D** elektrisch zueinander in Reihe etabliert werden. Mit dieser Konfiguration fließt die elektrische Stromversorgung zwischen den beiden Anschlüssen **76** über die Fadensegmente **64A–D** in Reihe. Man vergleiche dies mit der Konfiguration in **Fig. 2A** und **Fig. 2B**, wo die Fadensegmente sowohl thermisch als auch elektrisch parallel sind.

[0061] **Fig. 3B** zeigt eine mögliche Implementierung der in **Fig. 3A** dargestellten Fadenbaugruppenkonfiguration. Insbesondere zeigt **Fig. 3B**, dass die Fadenbaugruppe **60** die Fadensegmente **64A–D** enthält, wie zuvor erörtert. Die Endabschnitte **68** jedes Fadensegments **64A–D** sind elektrisch mit elektrisch leitenden Zwischenverbindungen **78A** auf eine Weise verbunden, die es ermöglicht, dass die Fadensegmente elektrisch in Reihe geschaltet werden. Bei der dargestellten Ausführungsform sind fünf derartige leitende Zwischenverbindungen **78A** gezeigt, wobei jede Zwischenverbindung Endabschnitte von benachbarten Fadensegmenten elektrisch koppelt. Wie in **Fig. 3A** ist eine Stromversorgung zu den leitenden Zwischenverbindungen **78A** bereitgestellt. In dieser Konfiguration wird ein serieller elektrischer Weg durch die Fadenbaugruppe **60** über die leitenden Zwischenverbindungen und die Fadensegmente **64A–D** etabliert.

[0062] Die leitenden Zwischenverbindungen **78A** sind durch zwei dazwischen angeordnete Isolatoren **78B** elektrisch von den beiden Kühlkörpern **78C** isoliert, zwischen denen die Fadensegmente **64A–D** verlaufen. Die Isolatoren **78B** sind so konfiguriert, dass sie elektrisch isolieren und doch Wärme leiten, um den zugeführten elektrischen Strom seriell auf die leitenden Zwischenverbindungen **78A** zu begrenzen und dabei zu ermöglichen, dass von den Fadensegmenten **64A–D** erzeugte Hitze durch ihre jeweiligen Endabschnitte **68**, durch die leitenden Zwischenverbindungen, dann durch die Isolatoren **78B** hindurchtritt zum Abführen in die Kühlkörper **78C** über Wärmeleitung. Auf diese Weise sind die Fadensegmente **64A–D** thermisch parallel, während sie elektrisch

in Reihe geschaltet sind. Es wird hier angemerkt, dass verschiedene andere physische Konfigurationen der Fadenbaugruppe möglich sind, um die hierin beschriebene thermisch parallele elektrische Reihenkonfiguration zu erzielen.

[0063] Gemäß einer Ausführungsform können die Fadensegmente **64A–D** so konfiguriert sein, dass sie bestimmte, von dem Fadenbaugruppendesign wie hierin beschrieben ausgelöste Effekte auf akzeptable Weise kompensieren. Insbesondere wird auf Gleichung (1), unten, Bezug genommen, die die thermische Zeitkonstante τ für einen Faden mit einer Drahtlänge L definiert:

$$\tau = ChL^2/8K, \quad (1)$$

wobei Ch und K die spezifische Wärme bzw. die Wärmeleitfähigkeit des Drahts sind. Wie aus Gleichung (1) zu sehen ist, nimmt mit der Drahtlänge L des Fadens auch die thermische Zeitkonstante τ ab. Im Kontext der dargestellten Ausführungsformen besitzt jedes der Fadensegmente relativ zu in der Technik bekannten längeren einzelnen Fäden eine reduzierte Drahtlänge. Somit führt die Verwendung von mehreren Fadensegmenten mit reduzierter Länge in der Fadenbaugruppe **60** vorteilhafterweise zu einer reduzierten thermischen Zeitkonstante relativ zu der Verwendung eines relativ langen einzelnen Fadens, wie in der Technik bekannt ist. Man beachte, dass das Erhöhen der Wärmeleitfähigkeit K des Drahts auch zu einer reduzierten thermischen Zeitkonstanten führt. Die höhere Leistungsableitung und die geringere elektrische Impedanz für die Fadenbaugruppe werden jedoch auch realisiert, wenn die Fadenbaugruppe wie hierin beschrieben implementiert wird, und müssen angegangen werden.

[0064] Bei einer Ausführungsform kann die Zunahme bei der Leistungsableitung durch Reduzieren des Durchmessers/der Querschnittsfläche des leitenden Drahts/des leitenden Glieds gemildert werden, aus dem die Fadensegmente **64A–D** ausgebildet sind, wobei angemerkt wird, dass die thermische Zeitkonstante τ von dem Drahtquerschnitt unabhängig ist, wie in Gleichung (1) zu sehen ist. Das Reduzieren des Drahtdurchmessers wirkt sich nicht negativ auf die Brüchigkeit des Fadensegments aus, da jedes Segment gegenüber bekannten einzelnen Fäden eine reduzierte Länge besitzt. Gegebenenfalls kann ein etwaiger Kompromiss bei der Größe des von der Fadenbaugruppe mit Fadensegmenten mit reduziertem Drahtdurchmesser erzeugten resultierenden Elektronenstrahls dadurch kompensiert werden, dass die Anzahl der elektronenemittierenden Spulen in dem zentralen Abschnitt des Fadensegments erhöht wird, wie in **Fig. 2B** gegenüber **Fig. 2A** zu sehen ist, als Beispiel.

[0065] Die Zunahme bei der Leistungsableitung kann auch auf andere Weise weiter gemildert werden. Beispielsweise können die Fadensegmente so modifiziert werden, dass ihre Austrittsarbeit selektiv verändert wird. Bewerkstelligt werden kann dies beispielsweise durch selektives Abscheiden eines die Austrittsarbeit verändernden Materials auf vorbestimmten Abschnitten der Fadensegmente oder Aufkohlen oder anderweitiges Konvertieren und/oder Diffundieren von vorbestimmten Abschnitten der Fadensegmente. In einem nichteinschränkenden Beispiel werden ausgewählte Abschnitte jedes Fadensegments, aus einem mit einer Thoriumschicht versehenen Wolframdraht bestehend, aufgekohlt oder anderweitig behandelt, um ein Fadensegment zu produzieren. Die aufgekohnten Abschnitte des Fadensegments – bevorzugt der zentrale Abschnitt jedes Segments bei einer Ausführungsform – besitzen eine relativ geringere Austrittsarbeit als andere nichtaufgekohlte Segmentabschnitte. Es versteht sich, dass auch jedes andere geeignete Material für das Fadensegment verwendet werden könnte. Beispielsweise könnten Lanthan-Wolfram (mit einer Lanthanschicht versehenes Wolfram) oder andere Materialien verwendet werden. Das Verändern der Austrittsarbeit der Fadensegmente wie oben beschrieben bewirkt, dass jedes Segment gegenüber Standardwolfram eine reduzierte Wärmeleitfähigkeit aufweist, wodurch der Leistungsverlust durch das Fadensegment reduziert wird. Weiterhin wird die Fadentemperatur, die für die Elektronenerzeugung in den Abschnitten der Fadensegmente erforderlich ist, hinsichtlich Austrittsarbeit verändert sind, wünschenswert reduziert. Weitere Details hinsichtlich des Veränderns der Austrittsarbeit von Fäden findet man in der am B. Februar 2006 eingereichten US-Anmeldung Nr. 11/350975 mit dem Titel "Improved Cathode Structures for X-Ray Tubes" (im Folgenden die '975er Anmeldung), die durch Bezugnahme in ihrer Gänze hier aufgenommen ist.

[0066] Dementsprechend reduzieren die obigen, die Austrittsarbeit verändernden Maßnahmen die Notwendigkeit, den Fadendrahtdurchmesser herabzusetzen, was beispielsweise eine Zunahme des Fadendrahtdurchmessers bei einer Ausführungsform von 4 auf 6 mil ermöglicht. Der in **Fig. 5** gezeigte Graph **88** zeigt diese Konzepte, wobei die Kurve **90A** den Grad der Leistungszunahme (y-Achse) zeigt, wenn die Zeitkonstante ohne einen mit einer Thoriumschicht versehenen Wolframdrahtfaden verbessert wird, während die Kurve **90B** die reduzierte Leistungszunahme zeigt, die vorliegt, wenn für die Fadensegmente ein mit einer Thoriumschicht versehener Wolframdraht verwendet wird.

[0067] Bezüglich der oben erwähnten zweiten Konsequenz, d. h. reduzierte elektrische Impedanz in der Fadenbaugruppe, wird angemerkt, dass durch das Reduzieren des Fadensegmentdrahtdurchmes-

sers wie oben beschrieben auch die elektrische Impedanz zunimmt. Weiterhin steigert das Aufkohlen des Fadensegmentdrahts die elektrische Impedanz noch weiter. Somit verbessern die zum Verbessern der Leistungsableitung für die Fadenbaugruppe 60 ergriffenen Schritte wünschenswerterweise auch den Verlust an elektrischer Impedanz.

[0068] Es wird nun auf die **Fig. 6** und **Fig. 7** Bezug genommen, um zusätzliche Konfigurationen der Fadenbaugruppe 60 zu beschreiben, die genutzt werden können, um einen Strahl von Elektronen, die beim Betrieb von der Fadenbaugruppe emittiert werden, auf gewünschte Weise zu formen. Bei einer Ausführungsform sind die Fadensegmente 64A–D bei Betrachtung vom Ende aus in einer abgewinkelten Konfiguration angeordnet. Wie in **Fig. 6** gezeigt sind die Fadensegmente in einem Pfeilmuster angeordnet, wobei das Fadensegmentpaar 64A und B sowie das Fadensegmentpaar 64C und 64D entlang gedachter Linien positioniert sind, die einen Winkel θ_1 mit einer vertikalen Linie parallel zu einer in der Figur gezeigten z-Achse bilden. Bei einer Ausführungsform beträgt der Winkel θ_1 etwa 67 Grad, üblicherweise als der "Pierce-Winkel" bekannt, wenngleich auch andere Werte für θ_1 möglich sind.

[0069] Eine Anordnung der Fadensegmente 64A–D auf diese Weise erzeugt vorteilhafterweise einen selbstfokussierten Strahl 92 von Elektronen in einer y-z-Ebene zur Ausbreitung von der Fadenbaugruppe 60 in der z-Richtung während des Betriebs.

[0070] In **Fig. 7** ist ein repräsentatives Fadensegment 64A mit einer zentralen Abschnittsspule 65 gezeigt, die so positioniert ist, dass mit benachbarten Endabschnittsspulen 65 ein Winkel θ_2 definiert wird. Bei einer Ausführungsform ist der Winkel θ_2 der Pierce-Winkel, etwa 67 Grad, wenngleich auch andere Werte für θ_2 möglich sind. Eine Anordnung der Fadensegmentsspulen 65 auf diese Weise fokussiert den Elektronenstrahl 92 weiter in der x-z-Ebene zur Ausbreitung von der Fadenbaugruppe in der z-Richtung während eines Betriebs.

[0071] Man beachte, dass diese abgewinkelte Spulenkonfiguration ungeachtet der Anzahl von Spulen in den zentralen und Endabschnitten jedes Fadensegments erreicht werden kann und dass gegebenenfalls verschiedene Winkelkonfigurationen ähnlich denen wie in **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt auf jedem Fadensegment enthalten sein können. Im Allgemeinen versteht sich, dass das Formen der Fadensegmente auf die in **Fig. 7** gezeigte Weise aufgrund der relativ kleineren Längen jedes Segments im Vergleich mit bekannten längeren Fäden ermöglicht wird.

[0072] Es wird nun allgemein auf die **Fig. 8A–Fig. 12** Bezug genommen. Wie oben erwähnt können die Fadensegmente der Fadenbaugruppe andere Kon-

figurationen enthalten, die innerhalb der Ansprüche der vorliegenden Erfindung liegen. Die **Fig. 8A** und **Fig. 8B** zeigen ein mögliches Beispiel davon, wobei eine Fadenbaugruppe 160 in einem Kathodenkopf 156 angeordnet gezeigt ist. Die Fadenbaugruppe enthält mehrere n Fadensegmente 164A, B, ..., N wie in vorausgegangenen Ausführungsformen, definiert durch ein längliches leitendes Glied 165. Die Fadenbaugruppe 160 ist in einem in der Oberfläche 56A des Kathodenkopfes 56 definierten Hohlraum 56A angeordnet. Mit dieser Positionierung ist die Fadenbaugruppe 160 so orientiert, dass sie beim Bestromen einen Elektronenstrom emittiert. Man beachte, dass die Fadenbaugruppe, wenngleich sie zentral auf der Kathodenkopfoberfläche 56A angeordnet ist, bei anderen Ausführungsformen gegebenenfalls außeral axial bezüglich der Kathodenkopfmittle platziert sein könnte. Diese Möglichkeit existiert mit jeder der hierin beschriebenen Ausführungsformen.

[0073] Jedes der Fadensegmente 164A–N ist in einer bestimmten Konfiguration geformt, am besten in **Fig. 8B** zu sehen. Wie zuvor enthält jedes Fadensegment 164A–N einen zentralen Abschnitt 166, der konfiguriert ist, während des Fadenbaugruppenbetriebs Elektronen zu emittieren, zwischen zwei benachbarten Endabschnitten 168 angeordnet. In der in **Fig. 8B** gezeigten Perspektive ist der zentrale Abschnitt 166 bezüglich der Kathodenkopfoberfläche 56B relativ flach, während jeder der Endabschnitte 168 in einer Pfeilform abgewinkelt ist, wobei die Seiten jedes Pfeils einen Winkel θ_3 definieren, wie in **Fig. 8B** gezeigt. Jeder Endabschnittspfeil definiert auch einen Winkel θ_4 mit dem zentralen Abschnitt 166. Diese Winkelkonfigurationen der Endabschnitte 168 und ihre jeweilige Position bezüglich des zentralen Abschnitts 166 liefern wünschenswerterweise einen Selbstfokussierungseffekt für die von dem zentralen Abschnitt emittierten Elektronen.

[0074] Die Fadensegmente 164A–N sind über mehrere Zwischenverbindungen 178 miteinander zusammengeschaltet, um die Segmente zueinander in elektrischer Reihe zu platzieren. Die beiden äußeren Fadensegmente 164A und 164N sind mit einem jeweiligen Anschluss 176 verbunden. Man beachte, dass die Fadensegmente, wenngleich hier in elektrischer Reihe gezeigt, alternativ gegebenenfalls elektrisch parallel platziert werden könnten.

[0075] Die Fadensegmentzwischenverbindungen 178 sind auf einem von zwei wärmeleitenden Isolatorn 180 befestigt, die an entgegengesetzten Enden des Kathodenkopfhohlraums 56A angeordnet sind. Dies liefert eine elektrische Isolation der Fadenbaugruppe 160 bezüglich des Kathodenkopfs 56 und ermöglicht dabei eine Wärmeableitung der Fadenbaugruppe bezüglich des Kathodenkopfs.

[0076] Es wird nun auf **Fig. 9A** und **Fig. 9B** Bezug genommen beim Beschreiben einer Fadenbaugruppe gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Insbesondere ist eine Fadenbaugruppe **260** mit mehreren Fadensegmenten **264A, B, ..., N** gezeigt, integral durch ein längliches leitendes Glied **265** definiert, wie etwa einen mit einer Thoriumschicht versehenen Wolframdraht, und parallel zueinander in einer "leiterartigen" Konfiguration angeordnet. Wie in vorausgegangenen Ausführungsformen enthält jedes Fadensegment **264A–N** einen von zwei benachbarten Endabschnitten **268** begrenzten elektronenemittierenden zentralen Abschnitt **266**. Die Fadensegmente **264A–N** sind durch gebogene koppelnde Abschnitte **269** des leitenden Glieds **265** miteinander zusammengeschaltet. Als solches werden die koppelnden Abschnitte als Teil der Fadensegmente **264** angesehen. Jedes Ende der leitenden Glieder **265** definiert einen Anschluss **276** zum elektrischen Verbinden der Fadenbaugruppe **260** mit einer nicht gezeigten Stromquelle.

[0077] Wie am besten in **Fig. 9B** zu sehen, ist die Fadenbaugruppe **260** in zwei in einer Kühlkörperstruktur **270** definierten Schlitzen **273** eingesetzt. Die Schlitze sind so bemessen, dass sie die koppelnden Abschnitte **269** und Abschnitte der Endabschnitte **268** jedes Fadensegments **264A–N** aufnehmen. Wärmeleitende Isolatoren **280** sind ebenfalls in den Schlitzen **273** enthalten, um eine elektrische Isolation des leitenden Glieds **265** und der Kühlkörperstruktur **270** zu liefern. Auf diese Weise wird wie bei den anderen Ausführungsformen die Wärme jedes Fadensegments **264A–N** an die Kühlkörperstruktur **270** abgeführt, was eine schnellere thermische Zeitkonstante beim Kathodenbetrieb gestattet. Man beachte, dass das leitende Glied **265**, wenngleich es hier als ein einzelner integraler Draht ausgebildet ist, bei anderen Ausführungsformen als mehrere verbundene Elemente konfiguriert sein kann.

[0078] **Fig. 10** zeigt noch eine weitere mögliche Ausführungsform einer Fadenbaugruppe, bei **360** bezeichnet, die mehrere Fadensegmente **364A–N** enthält, die jeweils als eine Fadenspule mit einer einzelnen Wicklung implementiert sind. Jedes gewickelte Fadensegment **364A–N** enthält einen zentralen Abschnitt **366**, der in erster Linie für die Emission von Elektronen während des Betriebs verantwortlich ist und der von benachbarten Endabschnitten **368** begrenzt wird. Mehrere leitende Zwischenverbindungen **378** sind enthalten, um die Fadensegmente **364A–N** in Reihe zu schalten. Die leitenden Zwischenverbindungen **378** sind thermisch an einen Kühlkörper **370** gekoppelt, um eine relativ schnelle Wärmeableitung von den Fadensegmenten **364A–N** zu ermöglichen. Wie zuvor können die Fadensegmente elektrisch in Reihe (wie gezeigt) oder parallel sein. Außerdem kann jede Anzahl von Spulen den zentralen Ab-

schnitt und/oder die Endabschnitte jedes Fadensegments definieren, wie der Fachmann versteht.

[0079] Es wird Bezug genommen auf **Fig. 11A–Fig. 11D** beim Beschreiben noch einer weiteren möglichen Ausführungsform einer allgemein bei **460** bezeichneten Fadenbaugruppe. Die Fadenbaugruppe **460** enthält mehrere Fadensegmente **464A–464N**, die aus einem kontinuierlichen Stück leitenden Materials definiert sind, wie etwa einem leitenden Draht **465**, ähnlich der in **Fig. 9A** und **Fig. 9B** dargestellten Ausführungsform.

[0080] Ein Kühlkörper/eine Stützstruktur ("Kühlkörper") **470** ist mit der Fadenbaugruppe **460** enthalten. Der Kühlkörper **470** ist bei diesem besonderen Ausführungsbeispiel als eine mehrteilige Struktur konfiguriert und enthält einen zentralen Abschnitt **470A**, der lateral zwischen zwei äußeren Abschnitten **470B** und **470C** angeordnet ist. Der zentrale und die äußeren Abschnitte **470A–C** definieren eine Blockstruktur, die auf einem Basisabschnitt **470D** angeordnet ist.

[0081] Der zentrale Abschnitt **470A** und die äußeren Abschnitte **470B** und **470C** definieren zusammen zwei Reihen von Schlitzen **473** durch den Kühlkörper **470**. Die Schlitze **473** nehmen Abschnitte der Fadensegmente **464A–N** auf, damit die Segmente teilweise auf die in **Fig. 11A** gezeigte Weise in den Kühlkörper **470** so eingesetzt werden können, dass der Kühlkörper den Faden in der gewünschten Position wie in der Figur gezeigt stützt. Der an jedem Anschlussende der Schlitzreihen angeordnete Schlitz **473** ist bemessen im Hinblick auf einen entsprechenden Anschluss **476** des leitenden Drahts **465**, um durch den Kühlkörper **470** hindurchzutreten, damit die Fadenbaugruppe elektrisch mit einer geeigneten Stromquelle verbunden wird. Dies ist am besten in den **Fig. 11B** und **Fig. 11D** zu sehen.

[0082] Der zentrale Abschnitt **470A** und die äußeren Abschnitte **470B** und **470C** des Kühlkörpers **470** bestehen bei der vorliegenden Ausführungsform aus einem Material, das sowohl elektrisch isolierende Eigenschaften besitzt als auch wärmeleitend ist. Ein derartiges Material ermöglicht, dass der leitende Draht **465** elektrisch isoliert wird, während gleichzeitig gegebenenfalls ein geeigneter Wärmeweg für das Abführen von Hitze von jedem Fadensegment **464A–N** bereitgestellt wird. Bei einem Ausführungsbeispiel, als Beispiel, bestehen die Komponenten des Kühlkörpers **470** aus einer wärmeleitenden und elektrisch isolierenden Keramik wie etwa Aluminiumnitrid, das die gewünschten Eigenschaften elektrische Isolation und Wärmeleitfähigkeit bietet. Der Einsatz eines derartigen Materials ermöglicht die Eliminierung einer separaten elektrischen Isolationskomponente, bei **280** in der in **Fig. 9A–Fig. 9B** gezeigten Ausführungsform zu sehen, als Beispiel.

[0083] Bei einer weiteren Ausführungsform kann das leitende Material, das die Fadensegmente bildet, so behandelt werden, dass es eine äußere Oberfläche enthält, die wärmeleitend ist, aber elektrisch isolierend. Beispielsweise kann der leitende Draht, der jedes der Fadensegmente in **Fig. 11A–Fig. 11D** definiert und der aus einem leitenden Material wie etwa einem mit einer Thoriumschicht versehenen Wolfram besteht, einer Keramik-Kataphorese-Prozedur unterzogen werden, die die äußere Oberfläche des Drahtes mit einer dünnen Keramikschicht überzieht. Diese Keramikschicht liefert eine elektrische Isolation für den leitenden Draht und die Fadensegmente, die sie definiert, und behält dabei die Fähigkeit der Segmente bei, Wärme zu einem elektrisch und/oder thermisch leitenden Kühlkörper wie etwa rostfreiem Stahl oder anderen Metall zu leiten.

[0084] Man beachte, dass weniger als alle der Komponenten des Kühlkörpers **470** gegebenenfalls aus Aluminiumnitrid bestehen können. Man beachte weiterhin, dass der Kühlkörper **470**, wenngleich hier als eine mehrteilige Komponente gezeigt, bei einer Ausführungsform als ein einzelnes integrales Teil definiert sein kann. Ein Beispiel dieser Art von Ansatz ist in **Fig. 12A** gezeigt, wo der Kühlkörper **470** als ein einzelnes integrales Teil ausgebildet ist. Wie bei anderen Ausführungsformen erwähnt, sind die Fadensegmente **464A–N** durch gebogene koppelnde Abschnitte **469** des leitenden Drahts, der die Fadensegmente definiert, miteinander gekoppelt. Bei der dargestellten Ausführungsform stehen die koppelnden Abschnitte **469**, die als Teil der Fadensegmente angesehen werden, in direktem physischem Kontakt mit, und deshalb direkt wärmeabgeführt mit, dem Kühlkörper **470**. Im Gegensatz dazu wird der Abschnitt jedes Fadensegments **464** von **Fig. 11A–Fig. 11D**, der sich über den zentralen Abschnitt **470A** des Kühlkörpers **470** hinaus erstreckt, so betrachtet, dass er dem Kühlkörper **470** exponiert oder nicht direkt dorthin wärmeabgeführt ist. Dessen ungeachtet definiert jedes Fadensegment **464** einen leitenden Wärmeweg zu dem Kühlkörper über die Endabschnitte jedes Fadensegments, die kontinuierlich mit den wärmeabgeführten koppelnden Abschnitten **469** verbunden sind. Diese Anordnung ermöglicht das Transferieren von Wärme von jedem Fadensegment zum Kühlkörper **470** in erster Linie über Leitung. Der Abschnitt jedes in **Fig. 11A** gezeigten Fadensegments **464**, der von dem zentralen Kühlkörperabschnitt **470** exponiert ist, besitzt eine Länge, die in **Fig. 11A** durch "L" angegeben ist. Man beachte, dass zwar jedes in **Fig. 11A** gezeigte Fadensegment **464** von gleicher Länge L ist, die Fadensegmente gegebenenfalls bei anderen Ausführungsformen jeweils unterschiedliche Längen aufweisen können.

[0085] Ein Vorzug der hierin offenbarten Fadenbaugruppen gemäß der verschiedenen dargestell-

ten Ausführungsformen wird durch die folgende Gleichung illustriert:

$$P \propto 1/\sqrt{\tau}, \quad (2)$$

wobei P die Leistung ist, die erforderlich ist, um ein beispielhaftes Fadensegment anzusteuern, und τ die thermische Zeitkonstante des Fadensegments ist, wie bereits erwähnt. Wie Gleichung (2) nahelegt, ist die Leistung, die zum Ansteuern eines Fadensegments der Länge L erforderlich ist, wie etwa eines beliebigen der **Fig. 11A–Fig. 11C** gezeigten Fadensegmente **464**, umgekehrt proportional zu der Quadratwurzel der thermischen Zeitkonstante τ . Wenn die thermische Zeitkonstante τ durch das Reduzieren der Fadensegmentlänge L (gemäß Gleichung (1)) reduziert wird, steigt somit die Leistung P, die erforderlich ist, um das Fadensegment anzusteuern.

[0086] Wenngleich die Abmessungen entsprechend der jeweiligen Anwendung variieren können, besitzt bei einer Ausführungsform jedes Fadensegment der in **Fig. 11A–Fig. 11D** gezeigten Fadenbaugruppe **460** eine Länge L von etwa 300 mil, der die Fadensegmente definierende leitende Draht einen Durchmesser von etwa 7 mil und die zentralen Abschnitte der Fadensegmente sind in einem Abstand von 27 mil voneinanderweg beabstandet.

[0087] Es versteht sich, dass die in **Fig. 11A–Fig. 11D** gezeigte Fadenbaugruppenkonfiguration modifiziert werden kann und dennoch innerhalb des Schutzbereichs der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bleibt. Beispielsweise veranschaulicht **Fig. 12B** eine derartige Modifikation, bei der der zentrale Abschnitt **470A** der Fadenbaugruppe **460** derart bemessen ist, dass die darin definierten Schlitzte **473** nicht vollständig durch den Körper verlaufen, sondern vielmehr nur teilweise dort hindurch verlaufen. Diese Konfiguration ermöglicht, dass die Fadensegmente **464A–464N** innerhalb der entsprechenden Schlitzte **473** sitzen. Beispielsweise verlaufen die in **Fig. 12B** gezeigten Schlitzte **473** etwa über zwei Drittel der Höhe des zentralen Abschnitts **470A**. Man beachte, dass jedes Fadensegment **464** in **Fig. 12B** in einem ähnlichen Abstand über dem zentralen Abschnitt **470A** verläuft, wie die Fadensegmente von dem zentralen Abschnitt in der in **Fig. 11A** gezeigten Ausführungsform verlaufen. Natürlich kann das Ausmaß an exponiertem Fadensegment entsprechend der Notwendigkeit oder jeweiligen Anwendung variieren.

[0088] Die äußeren Abschnitte **470B** und **470C** in **Fig. 12** enthalten jeweils mehrere Einsatzabschnitte **480**, die mit den Schlitzten **473** zusammenpassen, um den Fadendraht darin zu sichern, wenn die Außenabschnitte mit dem zentralen Abschnitt verbunden werden. Der Fadendraht kann hartgelötet oder anderwei-

tig auf geeignete Weise innerhalb der Schlitze **473** befestigt werden.

[0089] Wie oben angemerkt stehen Abschnitte der Fadensegmente in physischem Kontakt mit dem Kühlkörper, um einen Weg von thermischer Kommunikation zwischen dem Fadensegment und dem Kühlkörper zu definieren. Alternative Ausführungsformen könnten noch ein weiteres wärmeleitendes Material nutzen, um diesen Wärmeweg zu verbessern. Zusätzlich dazu, dass ein Hartlotmaterial verwendet wird, um den Fadendraht innerhalb der Schlitze zu befestigen, könnte beispielsweise das Hartlotmaterial verwendet werden, um die Wärmeleitung zwischen einem Drahtsegment und dem Kühlkörper zu verbessern. Ein beispielhafter Ansatz ist in **Fig. 12A** bezeichnet. Wie gezeigt ist, sind die Schlitze **473** im wesentlichen mit einem Hartlotmaterial gefüllt, bei **475** bezeichnet. Zusätzlich zu dem Befestigen des Drahts innerhalb des Schlitzes erhöht das Hartlotmaterial den Wärmekontakt zwischen dem Draht und dem Kühlkörper, wodurch der Wärmetransfer von dem Draht zu dem Kühlkörper verbessert wird. Bevorzugt weist das Hartlot eine gute Wärmeleitfähigkeit auf und besteht aus einem Material, das nicht negativ mit dem Fadenmaterial interagiert. Bevorzugt sollte das Hartlot Keramik (oder welches Kühlkörpermateriale auch immer verwendet wird) benutzen und sollte bei ausreichend hohen Temperaturen schmelzen, um beim Fadenbetrieb festzubleiben. Wenn beispielsweise ein mit einer Thoriumschicht versehener Wolframdraht für den Faden verwendet wird, könnte ein kupferbasiertes Hartlot verwendet werden, wie etwa das Hartlot Copper-ABA® von der Firma Wesgo®. Natürlich könnten auch andere geeignete Hartlotmaterialien verwendet werden.

[0090] Die Gestalt und Konfiguration der Fadensegmente kann gegenüber dem, was explizit in **Fig. 11A–Fig. 12** gezeigt ist, modifiziert werden. Beispielsweise können statt einer stufenleiterartigen Konfiguration die Fadensegmente in einer Ausführungsform abgewinkelt sein oder könnten sogar eine Helixstruktur definieren; in einem derartigen Fall sind die Schlitze des Kühlkörpers so geformt, wie dies erforderlich ist, um vorbestimmte Abschnitte der helixförmigen leitenden Ader aufzunehmen. Die Fadensegmente von **Fig. 12** könnten aber auch, wenngleich hier als durch einen einzelnen durchgehenden Draht definiert, alternativ jeweils durch separate Drähte definiert sein, die elektrisch parallel zueinander sind. Es wird deshalb in Betracht gezogen, dass diese und weitere mögliche Modifikationen innerhalb der Prinzipien der vorliegenden Erfindung enthalten sind.

[0091] Es sei weiterhin angemerkt, dass die in Verbindung mit **Fig. 8A–Fig. 12** erörterten Ausführungsformen wie die obigen so konfiguriert sein können, dass sie Fadenbaugruppen mit ausgewählten Abschnitten mit abgeänderten Austrittsarbeiten enthal-

ten, damit bevorzugt Elektronen aus den ausgewählten Abschnitten emittiert werden, wie weiter in der '975er Anmeldung beschrieben. Beispielsweise können die zentralen Abschnitte der in **Fig. 8A–Fig. 8B**, **Fig. 9A–Fig. 9B** und **Fig. 10–Fig. 12** gezeigten Fadensegmente so modifiziert werden, dass die Austrittsarbeiten ihrer jeweiligen Fadenmaterialien bezüglich unbehandelten Abschnitten der Fadensegmente abgeändert sind. Wie erörtert erfolgt dies im Hinblick auf eine Verbesserung der Elektronenemission und der Gesamtfadensegmentleistung beim Kathodenbetrieb.

[0092] In Übereinstimmung mit der obigen Erörterung veranschaulichen die **Fig. 13–Fig. 18** zusätzliche Ausführungsformen der Fadenbaugruppen und Kühlkörperstrukturen. Wieder sind diese Ausführungsformen alles Variationen der zuvor erörterten Ausführungsformen und liefern alternative Implementierungen zum Bereitstellen und Erreichen anderer Wärme-, Leistungs- und/oder Elektronendichte-Charakteristiken je nach den Notwendigkeiten einer jeweiligen Anwendung.

[0093] Beispielsweise veranschaulichen die Ausführungsformen der **Fig. 13–Fig. 15**, wie die leitenden Drahtabschnitte (in diesen jeweiligen Ausführungsformen **565**, **665**) der Drahtsegmente, die innerhalb der Schlitze des Kühlkörpers (z. B. **570** in **Fig. 15A** und **Fig. 15B**) angeordnet sind, zueinander variierende Längen besitzen. Beispielsweise sind bei der Ausführungsform von **Fig. 13** die Längen an den Endpositionen **568** relativ länger im Vergleich zu den Längen im zentralen Abschnitt **566** der Fadenbaugruppe **560A**. Im Gegensatz dazu sind bei der Fadenbaugruppe **560B** der **Fig. 14** und **Fig. 15** die Längen der Fadensegmente in dem Gebiet der Endpositionen **668** relativ kürzer und nehmen zum zentralen Abschnitt **666** zu. Wie zu verstehen ist, können diese verschiedenen Fadenbaugruppen in Verbindung mit einer Kühlkörperstruktur ähnlich den zuvor erörterten verwendet werden. Beispielsweise veranschaulicht **Fig. 15**, wie die in **Fig. 14** gezeigte Fadenbaugruppe **560B** in Verbindung mit einem allgemein bei **570** bezeichneten Kühlkörper verwendet werden könnte, der ähnlich dem oben in Verbindung mit **Fig. 11** beschriebenen ist. Jene Details werden hier nicht wiederholt.

[0094] Außerdem kann, wie in den Ausführungsformen von **Fig. 16–Fig. 17** gezeigt ist, die Gestalt des Kühlkörperabschnitts ebenfalls wieder je nach den Notwendigkeiten der jeweiligen thermischen Antwort und Ausgangsleistung, die für eine gegebene Anwendung benötigt werden, variiert werden. Beispielsweise könnte bei der Ausführungsform von **Fig. 16** eine Fadenbaugruppe **464A** (oben in Verbindung mit **Fig. 11** beschrieben) funktional mit einem Kühlkörper mit einer alternativen Konfiguration implementiert werden, wie sie etwa bei **670** gezeigt ist. Wie in die-

sem Beispiel dargestellt, besitzt die obere Oberfläche **670A** des Kühlkörpers **670** eine nach außen gekrümmte Gestalt. Alternativ könnte, wie in **Fig. 17** gezeigt ist, ein Kühlkörper **770** mit einer oberen Oberfläche **770A** implementiert sein mit einer nach innen gekrümmten Gestalt und Konfiguration. Man beachte, dass diese alternativen Kühlkörperkonfigurationen zwar mit einer bestimmten Fadenbaugruppe gezeigt sind, andere Baugruppenkonfigurationen ebenfalls verwendet werden könnten, einschließlich beispielsweise die Konfigurationen von **Fig. 13** und **Fig. 14**.

[0095] Es versteht sich weiterhin, dass die Fadensegmente selbst alternative Konfigurationen aufweisen können, wiederum je nach den Notwendigkeiten einer bestimmten Konfiguration. Um beispielsweise verschiedene Elektronenstrahlintensitäten zu erzielen, könnten die Fadensegmente in verschiedenen Positionen orientiert sein. Ein Beispiel für einen derartigen Ansatz ist in der Ausführungsform von **Fig. 18** gezeigt, in der die Fadensegmente gebogen oder abgewinkelt sind. Hier sind die Segmente **864A** ... **N** physisch zum zentralen Abschnitt **866** der Baugruppe orientiert. Wiederum könnte dieser Ansatz auch mit anderen hierin gelehrt Konfigurationen kombiniert werden, wie etwa den Ausführungsformen von **Fig. 13** und **Fig. 14**.

[0096] Aus der obigen Erörterung ist ersichtlich, dass Fadensegmente der hierin beschriebenen Fadenbaugruppen als Beispiele für mehrere Mittel zum gleichzeitigen Emittieren eines Elektronenstrahls zum Auftreffen auf die Targetoberfläche einer Anode dienen. Es sei jedoch daran erinnert, dass die Fadensegmentbaugruppen hierin nur einige wenige Beispiele von solchen mehreren Mitteln sind. Tatsächlich könnten andere Strukturen, Komponenten oder Baugruppen ebenfalls als mehrere Mittel zur gleichzeitigen Elektronenemission dienen und gleichzeitig innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Ansprüche liegen. Die vorliegende Erfindung sollte als solches nicht auf das beschränkt sein, was hierin explizit beschrieben und gezeigt ist.

[0097] Gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ermöglicht die hierin beschriebene Fadenbaugruppe, dass durch Herabsetzen der thermischen Zeitkonstante des Fadens relativ schnellere Fadenschaltzeiten erzielt werden können. Die Verwendung von mehreren, relativ kurzen Fadensegmenten erhöht die mechanische Robustheit der Fadenbaugruppe. Selbstfokussierende Konfigurationen können genutzt werden, um scharfe Strahlprofile zu erzeugen. Gegebenenfalls können mit einer Thoriumschicht versehene Fäden leichter mit dem vorliegenden Design als mit traditionellen Fadendesigns genutzt werden. Weiterhin wird die Schaltzeitverbesserung erzielt unter gleichzeitiger Steuerung der Leistungsableitung und elektrischen Impedanz auf innerhalb akzeptable Bereiche.

[0098] Die vorliegende Erfindung kann in anderen spezifischen Formen verkörpert werden, ohne von ihrem Gedanken oder ihren essentiellen Charakteristiken abzuweichen. Die beschriebenen Ausführungsformen sind in jeder Hinsicht nur als illustrativ und nicht restriktiv zu verstehen. Der Schutzbereich der Erfindung wird deshalb durch die beigefügten Ansprüche anstatt durch die vorausgegangene Beschreibung angegeben. Alle Änderungen, die innerhalb der Bedeutung und des Bereichs von Äquivalenz der Ansprüche fallen, sollen innerhalb ihres Schutzbereichs eingeschlossen sein.

Patentansprüche

1. Röntgenröhre, umfassend:
eine Vakuumhülle;
eine Anode, die innerhalb der Vakuumhülle positioniert ist und eine Targetoberfläche enthält; und
eine bezüglich der Anode positionierte Kathode, wobei die Kathode eine Fadenbaugruppe enthält, umfassend:
mehrere Fadensegmente, die jeweils zur gleichzeitigen Emission eines Elektronenstrahls zum Auftreffen auf der Targetoberfläche der Anode konfiguriert sind, wobei jedes Fadensegment einen Wärmeableitungsweg zu einem Kühlkörper enthält.
2. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei der Kühlkörper ein Abschnitt der Kathode ist.
3. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei die Fadensegmente elektrisch miteinander in Reihe geschaltet sind.
4. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei die Fadensegmente elektrisch miteinander parallel geschaltet sind.
5. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei die Fadensegmente eine thermische Zeitkonstante steuern zum Modifizieren des Elektronenstrahls.
6. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei die Fadensegmente so konfiguriert sind, dass sie den Elektronenstrahl auf vorbestimmte Weise formen.
7. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei die Fadensegmente im Wesentlichen parallel zueinander zwischen dem ersten und zweiten Kühlkörper angeordnet sind.
8. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei alle Fadensegmente von im Wesentlichen gleicher Länge sind.
9. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei jedes der Fadensegmente folgendes enthält:

einen ersten und zweiten Endabschnitt, der jeweils mindestens einen Abschnitt des Wärmeableitungswegs zu dem Kühlkörper definieren; und
einen zentralen Abschnitt, der zwischen den Endabschnitten angeordnet ist, wobei der zentrale Abschnitt zum Emittieren von Elektronen konfiguriert ist.

10. Röntgenröhre nach Anspruch 9, wobei der zentrale Abschnitt flach ist und wobei jeder Endabschnitt bezüglich des zentralen Abschnitts abgewinkelt ist.

11. Röntgenröhre nach Anspruch 10, wobei jeder Endabschnitt eine V-förmige Gestalt definiert.

12. Röntgenröhre nach Anspruch 9, wobei die zentralen Abschnitte der Fadensegmente parallel zueinander verlaufen und jeweils geradlinig sind und wobei die Endabschnitte jedes Fadensegments L-förmig sind.

13. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei die Fadensegmente aus einem einzelnen durchgehenden leitenden Element bestehen und wobei die Fadensegmente durch U-förmige koppelnde Abschnitte des durchgehenden leitenden Elements gekoppelt sind.

14. Röntgenröhre nach Anspruch 13, wobei die koppelnden Abschnitte in in dem Kühlkörper definierten Schlitzten aufgenommen sind.

15. Röntgenröhre nach Anspruch 9, wobei die ersten, zweiten und Endabschnitte jedes Fadensegments auf einer schraubenförmigen Spule aus einem leitenden Element enthalten sind.

16. Röntgenröhre nach Anspruch 9, wobei die zentralen Abschnitte der Fadensegmente in einer Reihe parallel zueinander linear ausgerichtet sind.

17. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei die Fadensegmente aus mit einer Thoriumschicht versehenem Wolfram bestehen.

18. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei die Fadensegmente aus mit einer Lanthanschicht versehenem Wolfram bestehen.

19. Röntgenröhre nach Anspruch 1, wobei der Wärmeableitungsweg mindestens teilweise mit einem Hartlotmaterial definiert ist.

20. In einer Röntgenstrahlenröhre eine Fadenbaugruppe, umfassend:
mindestens einen ersten Kühlkörper; und
mehrere Fadensegmente, die jeweils thermisch mit dem mindestens ersten Kühlkörper verbunden sind, wobei die Fadensegmente zum gleichzeitigen Emittieren eines Elektronenstrahls konfiguriert sind.

21. Fadenbaugruppe nach Anspruch 20, wobei die Fadensegmente parallel zueinander sind und wobei die Fadensegmente parallele Wärmeableitungswege aufweisen.

22. Fadenbaugruppe nach Anspruch 20, wobei jedes Fadensegment einen zwischen zwei Endabschnitten angeordneten zentralen Abschnitt enthält.

23. Fadenbaugruppe nach Anspruch 22, wobei der zentrale Abschnitt so modifiziert ist, dass er bevorzugt einen Teil des Elektronenstrahls emittiert.

24. Fadenbaugruppe nach Anspruch 22, wobei jeder Endabschnitt thermisch mit dem mindestens ersten Kühlkörper über Leitung verbunden ist.

25. Fadenbaugruppe nach Anspruch 20, weiterhin umfassend:

einen ersten wärmeleitenden elektrischen Isolator, der zwischen dem ersten Kühlkörper und den Fadensegmenten angeordnet ist; und
einen zweiten wärmeleitenden elektrischen Isolator, der zwischen einem zweiten Kühlkörper und den Fadensegmenten angeordnet ist.

26. Fadenbaugruppe nach Anspruch 20, wobei jedes Fadensegment ein Draht mit einem runden Querschnitt ist, der mehrere schraubenartige Spulen definiert, und wobei mindestens eine Spule jedes Fadensegments Elektronen emittiert.

27. Fadenbaugruppe nach Anspruch 20, wobei jedes Fadensegment einen zentralen Abschnitt mit mindestens einer Spule und zwei Endabschnitten, die jeweils mindestens eine Spule definieren, definiert.

28. Fadenbaugruppe nach Anspruch 20, wobei mindestens einige der Fadensegmente aus Wolfram bestehen.

29. Fadenbaugruppe nach Anspruch 28, wobei das Wolfram mit einer Thoriumschicht versehen ist.

30. Fadenbaugruppe nach Anspruch 20, wobei mindestens ein Abschnitt der Fadensegmente Mittel umfasst zum Modifizieren der Austrittsarbeit des Fadensegments.

31. Fadenbaugruppe nach Anspruch 30, wobei das Mittel zum Modifizieren einen aufgekohlten Abschnitt umfasst.

32. Fadenbaugruppe nach Anspruch 20, wobei die Wärmeverbindung mindestens teilweise über ein Hartlotmaterial bereitgestellt wird.

33. Fadenbaugruppe nach Anspruch 20, wobei mindestens ein Teil der Fadensegmente innerhalb

von innerhalb des Kühlkörpers ausgebildeten Schlitzen angeordnet ist.

34. Fadenbaugruppe nach Anspruch 33, wobei die Schlitze mindestens teilweise mit einem Hartlotmaterial gefüllt sind.

35. Fadenbaugruppe nach Anspruch 34, wobei das Hartlotmaterial kupferbasiert ist.

36. Röntgenröhre, umfassend:
eine Vakuumhülle;
eine Anode, die innerhalb der Vakuumhülle positioniert ist und eine Targetoberfläche enthält; und
eine bezüglich der Anode positionierte Kathode, wobei die Kathode folgendes enthält:
eine Fadenbaugruppe, umfassend:
einen Kühlkörper;
mehrere Fadensegmente konfiguriert für gleichzeitige Emission eines Elektronenstrahls zum Auftreffen auf der Targetoberfläche der Anode, wobei die Fadensegmente elektrisch in Reihe geschaltet sind, wobei jedes Fadensegment folgendes enthält:
einen ersten und zweiten Endabschnitt, wobei die Endabschnitte thermisch mit dem Kühlkörper verbunden sind; und
einen zwischen dem ersten und zweiten Endabschnitt angeordneten zentralen Abschnitt, wobei der zentrale Abschnitt eine modifizierte Austrittsarbeit für das bevorzugte Emittieren von Elektronen aufweist.

37. Röntgenröhre nach Anspruch 36, wobei die mehreren Fadensegmente über mehrere leitende Zwischenverbindungen elektrisch in Reihe geschaltet sind.

38. Röntgenröhre nach Anspruch 37, weiterhin umfassend wärmeleitende Isolatoren, die zwischen dem Kühlkörper und den leitenden Zwischenverbindungen angeordnet sind, um die leitenden Zwischenverbindungen elektrisch von dem ersten und zweiten Kühlkörper zu isolieren.

39. Röntgenröhre nach Anspruch 38, wobei der erste und zweite Endabschnitt bezüglich des zentralen Abschnitts abgewinkelt sind.

40. Röntgenröhre nach Anspruch 39, wobei mindestens eines der Fadensegmente aus mit einer Thoriumschicht versehenem Wolfram besteht.

41. Röntgenröhre nach Anspruch 40, wobei mindestens ein Abschnitt von mindestens einigen der Fadensegmente aufgekohlt sind, um die Austrittsarbeit des entsprechenden Abschnitts des Fadensegments zu modifizieren.

42. Röntgenröhre nach Anspruch 41, wobei jedes Fadensegment von im Wesentlichen gleicher Länge und Konfiguration ist.

43. Röntgenröhre nach Anspruch 36, wobei die Wärmeverbindung zwischen dem ersten und dem zweiten Endabschnitt und dem Kühlkörper mindestens teilweise über ein Hartlotmaterial bereitgestellt wird.

44. Röntgenröhre nach Anspruch 36, wobei der erste und zweite Endabschnitt jedes Fadensegments über koppelnde Abschnitte gekoppelt sind und wobei mindestens ein Abschnitt jedes der koppelnden Abschnitte innerhalb von innerhalb des Kühlkörpers ausgebildeten Schlitzen aufgenommen ist.

45. Röntgenröhre nach Anspruch 44, wobei die Schlitze mindestens teilweise mit einem Hartlotmaterial gefüllt sind.

46. Röntgenröhre nach Anspruch 45, wobei das Hartlotmaterial kupferbasiert ist.

47. Fadenbaugruppe, umfassend:
einen Kühlkörper, der mehrere Schlitze definiert;
mehrere Fadensegmente, die zur gleichzeitigen Emission eines Elektronenstrahls konfiguriert sind, wobei ein Abschnitt jedes Fadensegments innerhalb eines entsprechenden mindestens einen der Schlitze angeordnet ist und wobei jedes Fadensegment folgendes enthält:
einen ersten und zweiten Endabschnitt, wobei die Endabschnitte thermisch mit dem Kühlkörper verbunden sind; und
einen zentralen Abschnitt, der zwischen dem ersten und zweiten Endabschnitt angeordnet ist.

48. Fadenbaugruppe nach Anspruch 47, wobei die mehreren Fadensegmente durch eine durchgehende Ader aus leitendem Draht definiert sind, so dass die Fadensegmente elektrisch in Reihe geschaltet sind.

49. Fadenbaugruppe nach Anspruch 47, wobei die Fadensegmente elektrisch parallel geschaltet sind.

50. Fadenbaugruppe nach Anspruch 47, wobei der Kühlkörper aus einem elektrisch isolierenden und wärmeleitenden Material besteht.

51. Fadenbaugruppe nach Anspruch 50, wobei der Kühlkörper aus einer Keramik besteht.

52. Fadenbaugruppe nach Anspruch 50, wobei der Kühlkörper aus Aluminiumnitrid besteht.

53. Fadenbaugruppe nach Anspruch 50, wobei der Kühlkörper weiterhin eine Verbundstruktur mit einem zentralen Abschnitt, zwei äußeren Abschnitten und einem Basisabschnitt, auf dem der zentrale und die äußeren Abschnitte angeordnet sind, umfaßt.

54. Fadenbaugruppe nach Anspruch 47, wobei die Schlitze des Kühlkörpers vollständig durch den Körper des Kühlkörpers verlaufen.

55. Fadenbaugruppe nach Anspruch 48, wobei benachbarte Fadensegmente durch koppelnde Abschnitte des leitenden Drahts gekoppelt sind, wobei jeder koppelnde Abschnitt physisch mit einem Abschnitt des Kühlkörpers verbunden ist.

56. Fadenbaugruppe nach Anspruch 48, wobei der leitende Draht mit einer isolierenden Schicht beschichtet ist, um den leitenden Draht elektrisch von dem Kühlkörper zu isolieren.

57. Fadenbaugruppe nach Anspruch 56, wobei die isolierende Schicht aus einem Keramikmaterial besteht.

58. Fadenbaugruppe nach Anspruch 47, wobei der Abschnitt jedes Fadensegments, der von dem entsprechenden mindestens einen der Schlitze verläuft, eine gleichförmige Länge aufweist.

59. Fadenbaugruppe nach Anspruch 47, wobei die Schlitze mindestens teilweise mit einem Hartlotmaterial gefüllt sind.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

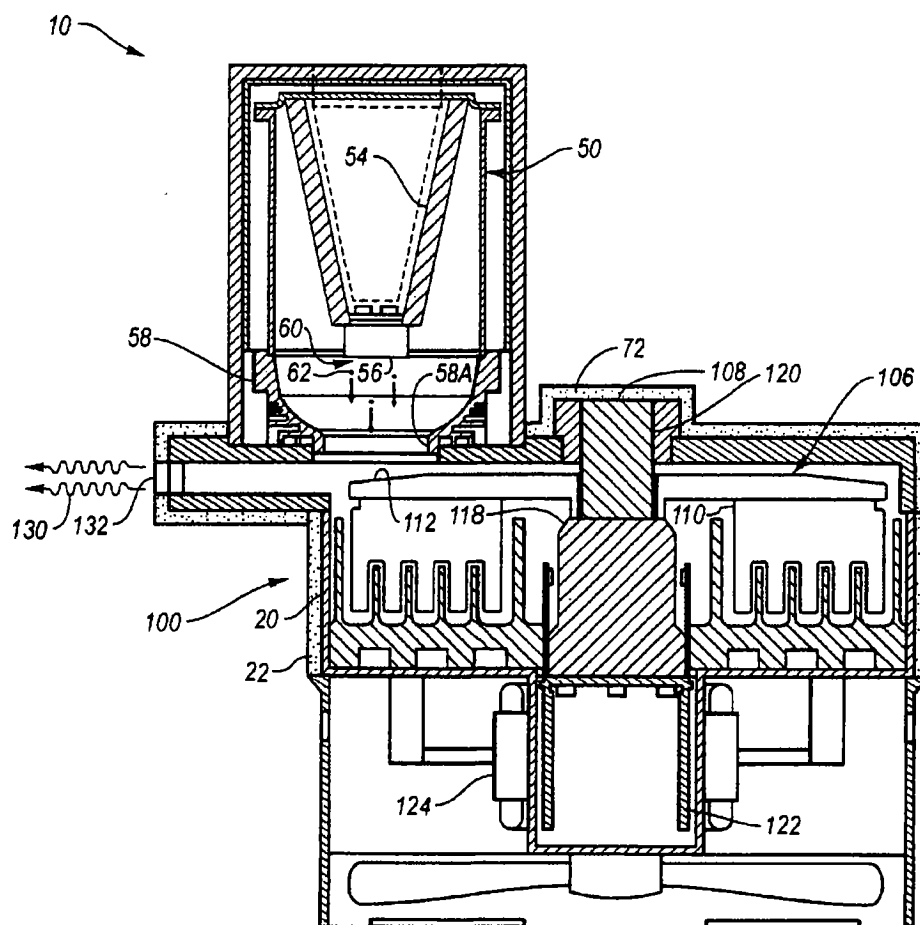


FIG. 1

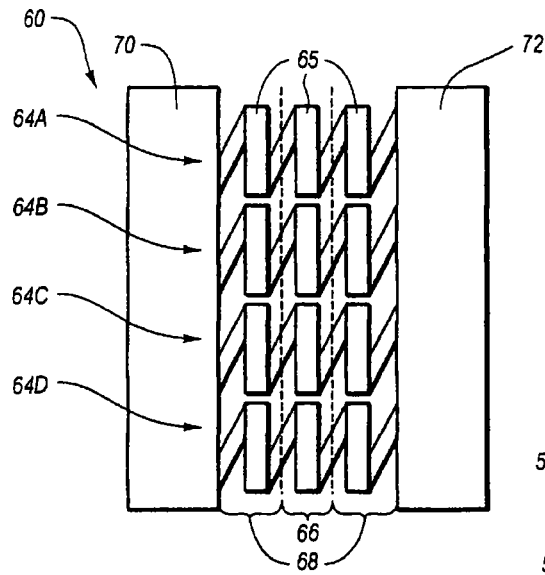


FIG. 2A

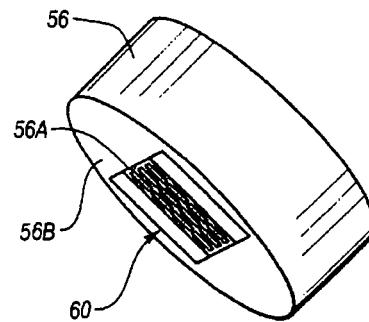


FIG. 2C

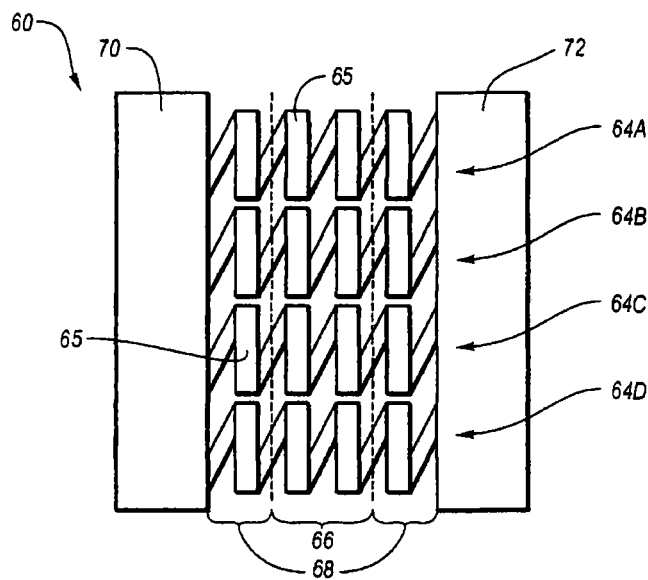


FIG. 2B

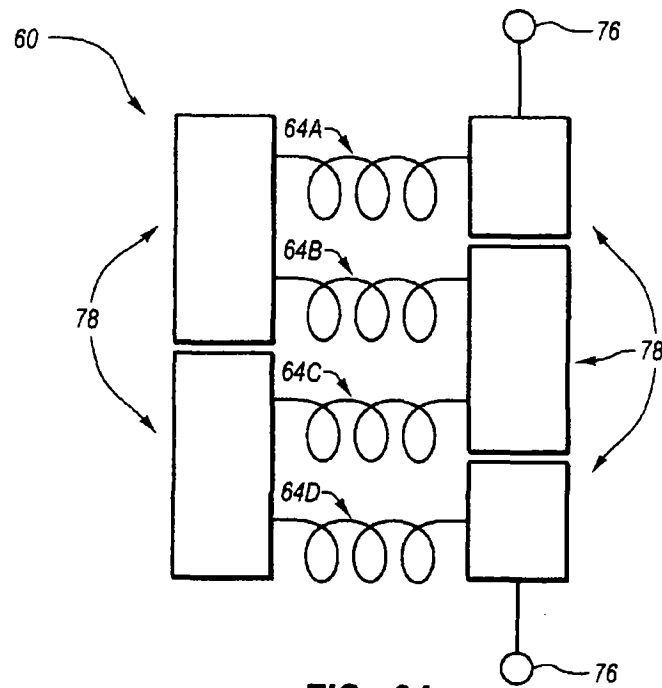


FIG. 3A

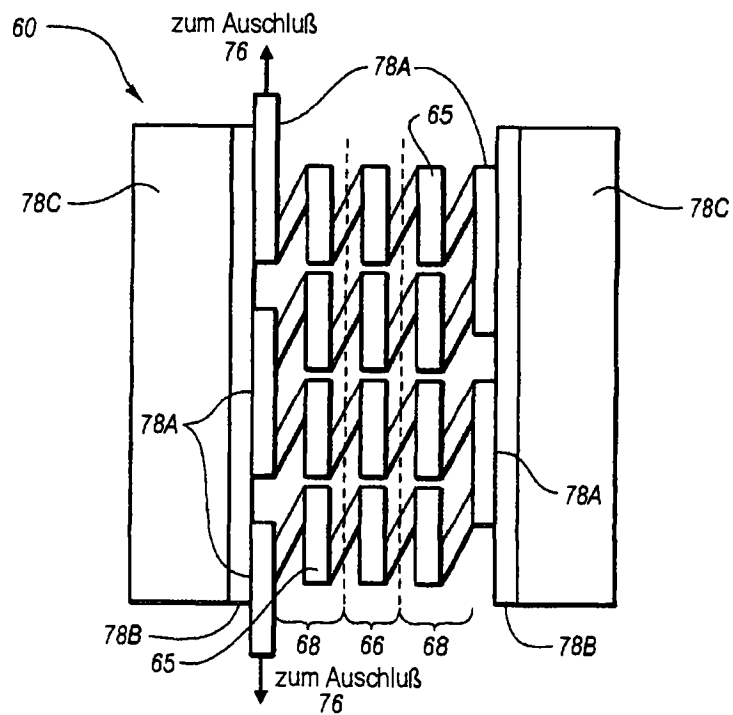


FIG. 3B

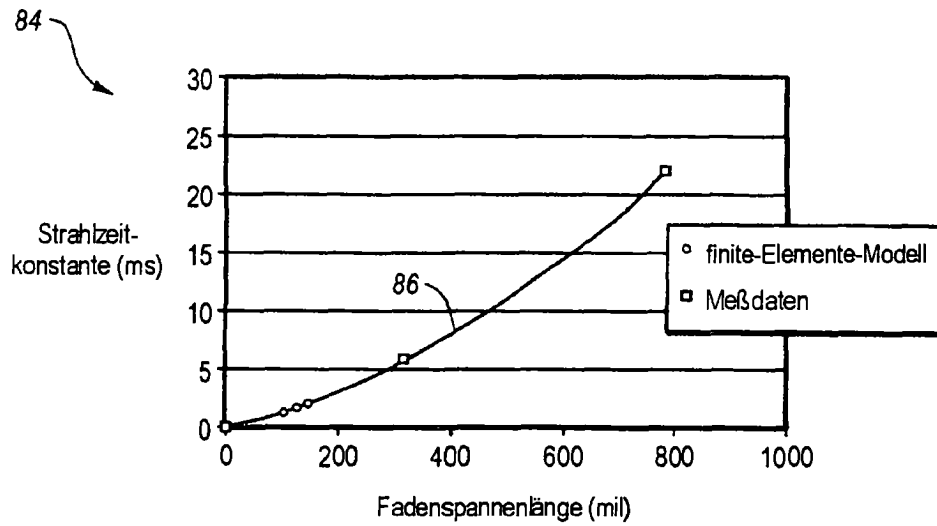


FIG. 4

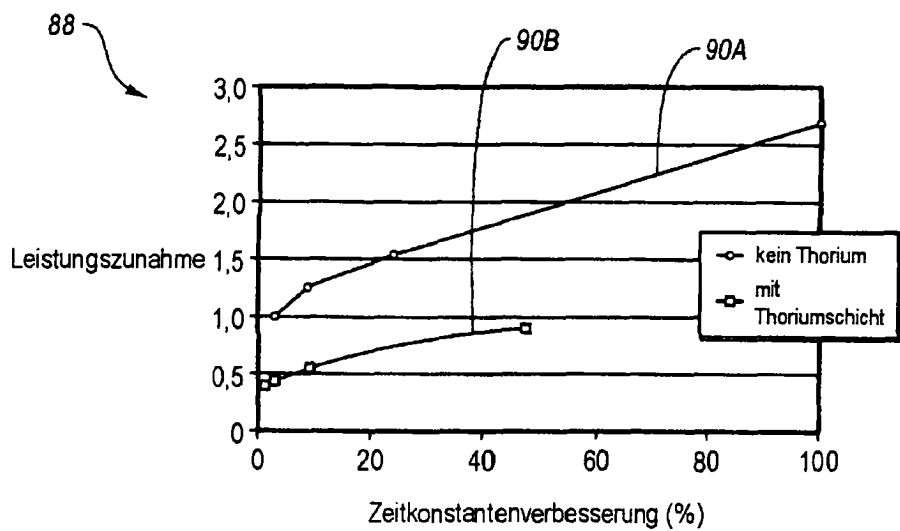


FIG. 5

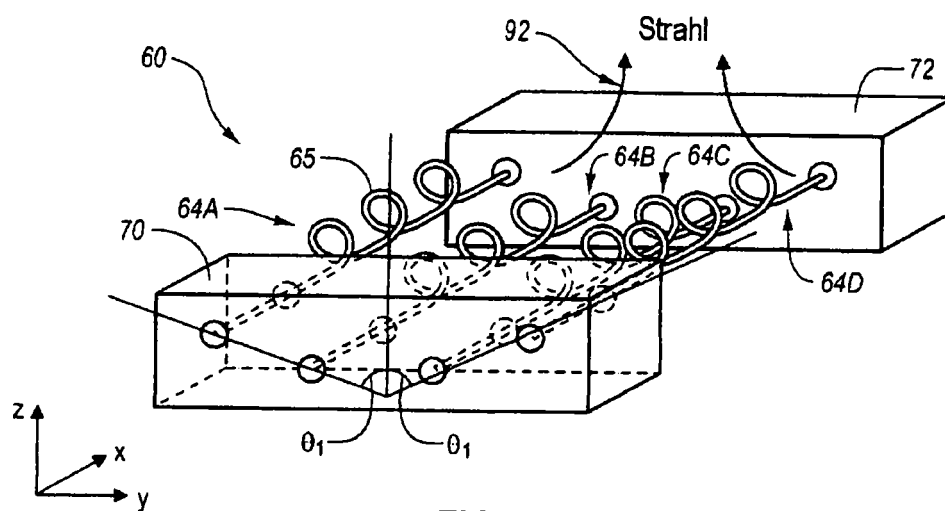


FIG. 6

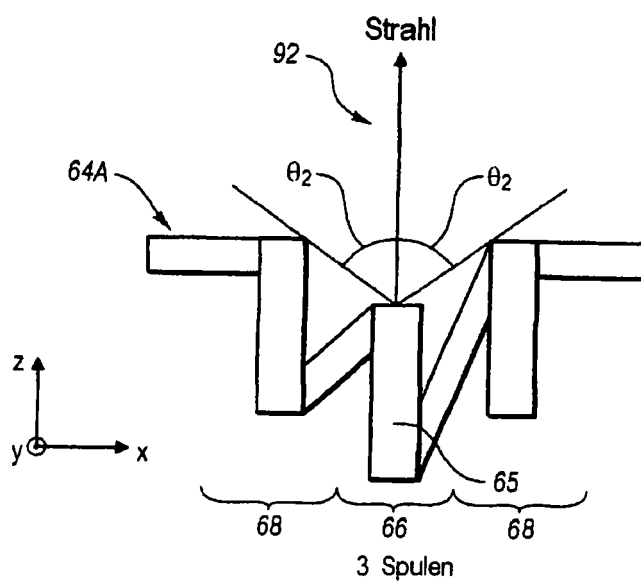


FIG. 7

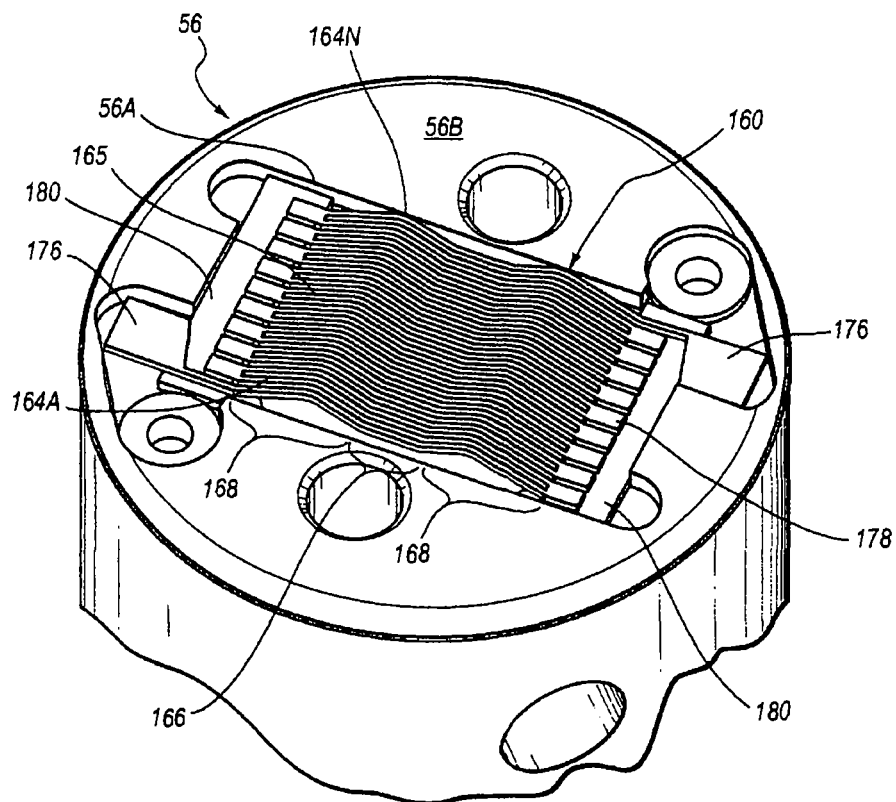


FIG. 8A

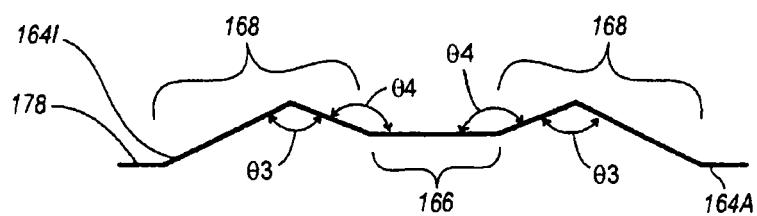
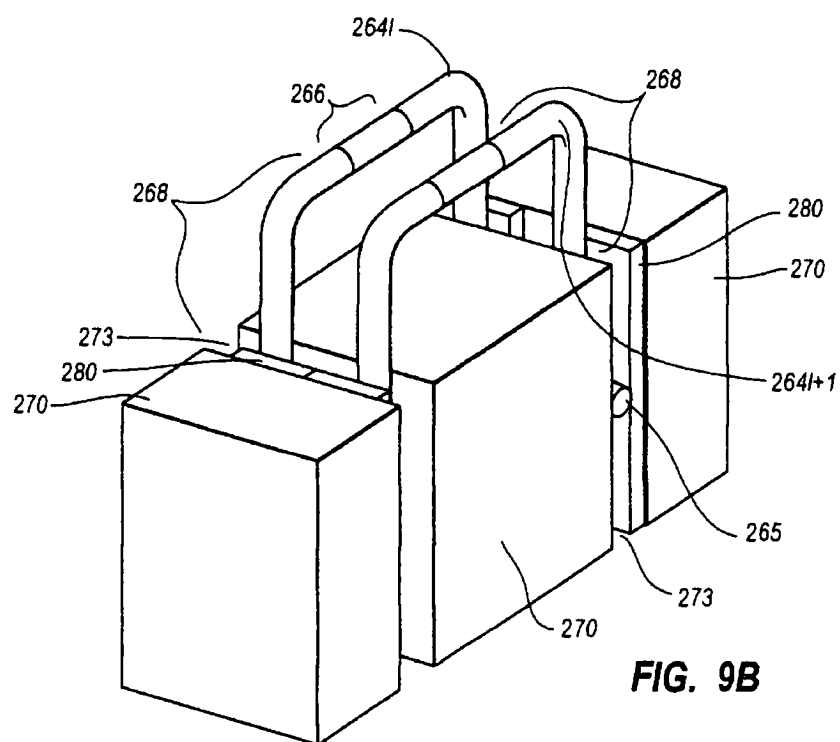
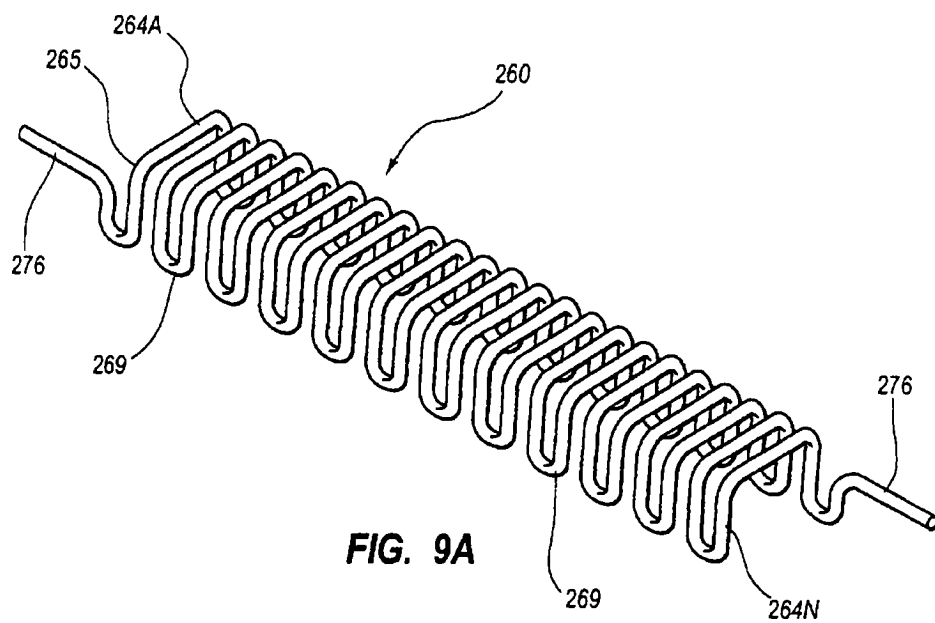


FIG. 8B



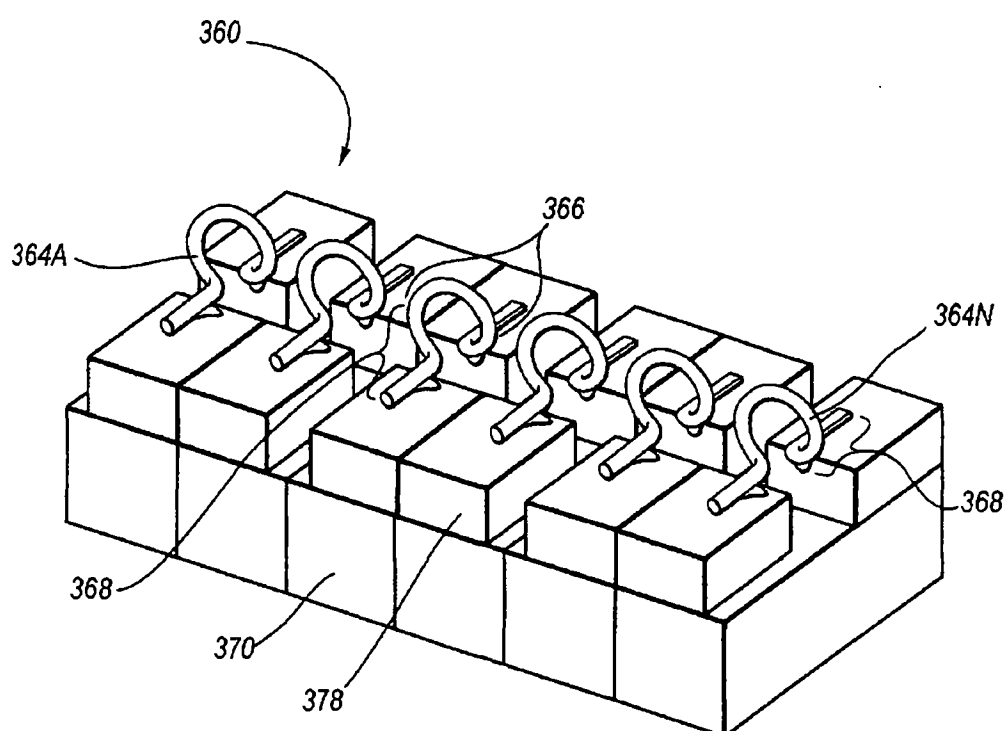


FIG. 10

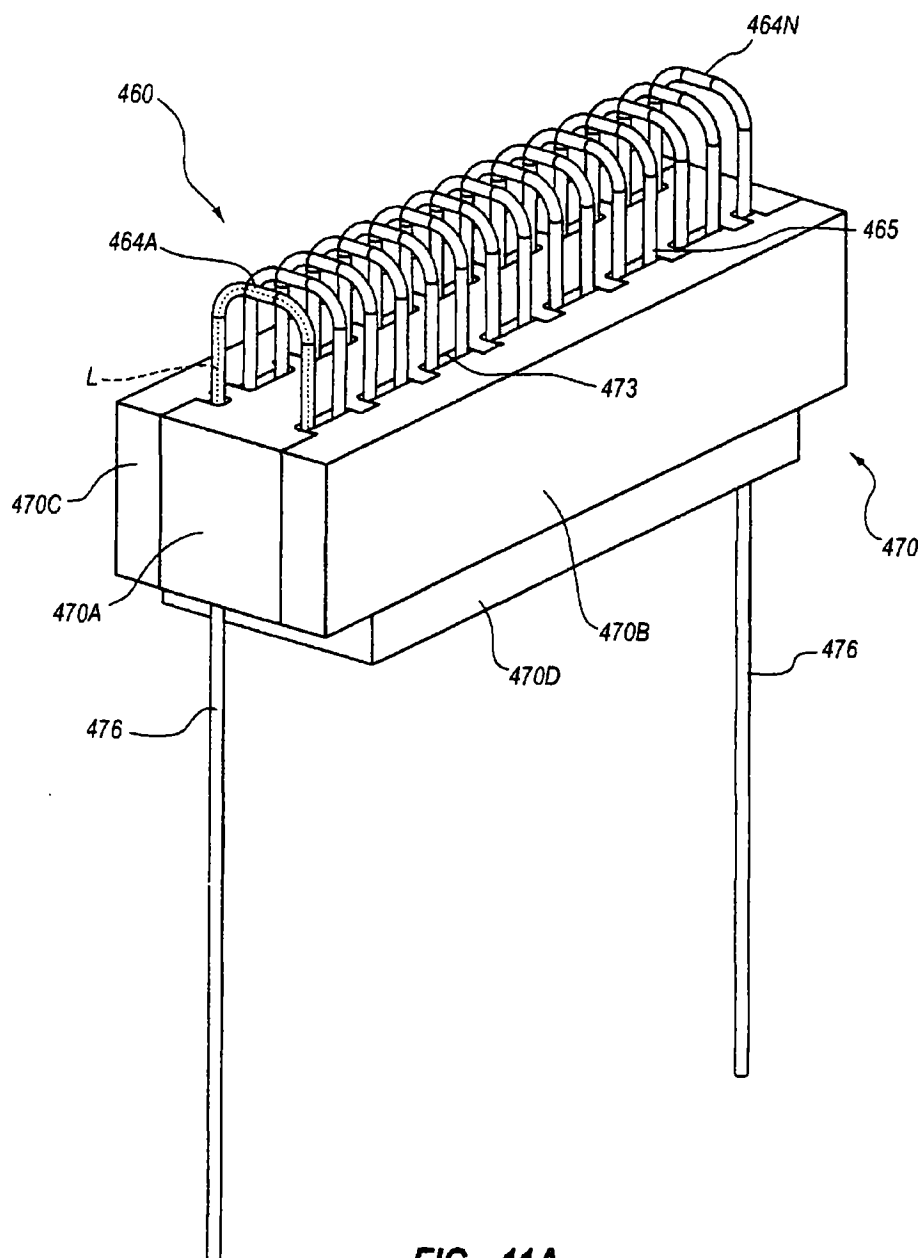


FIG. 11A

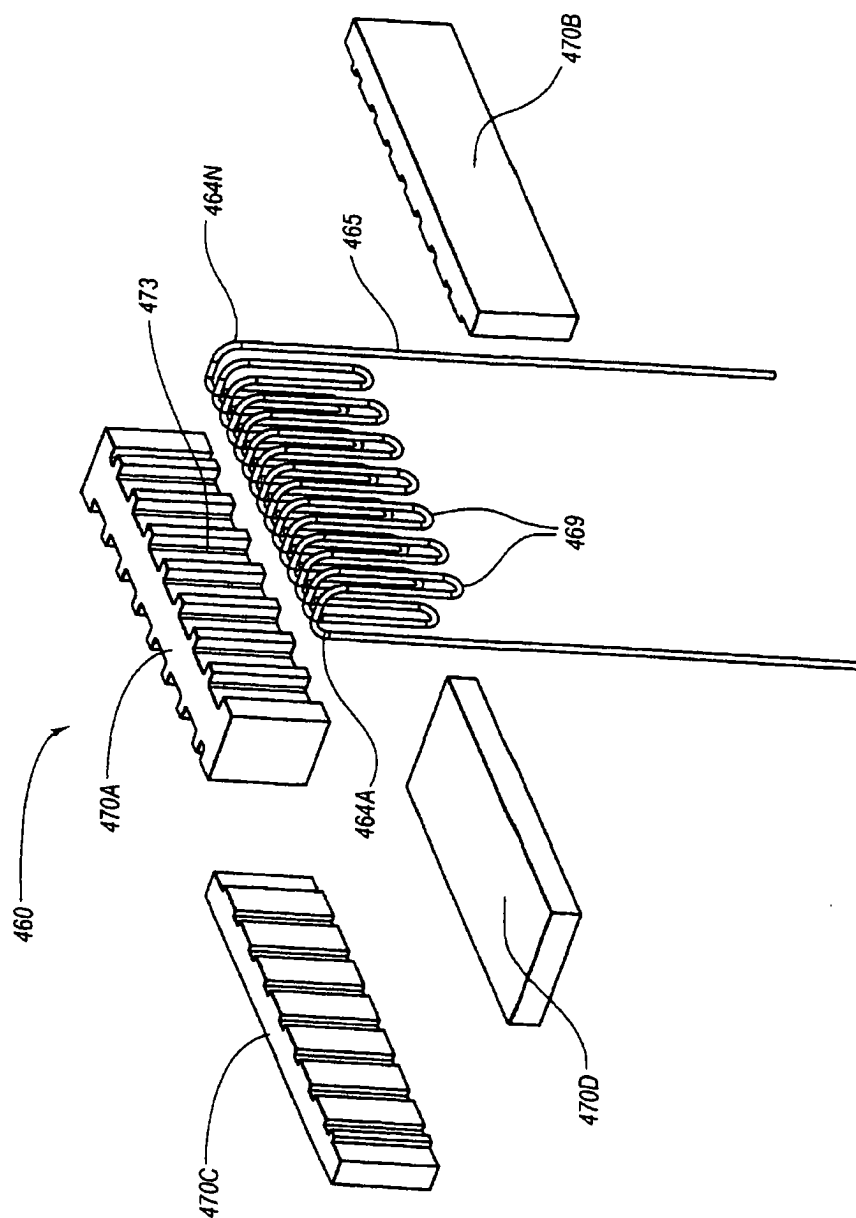


FIG. 11B

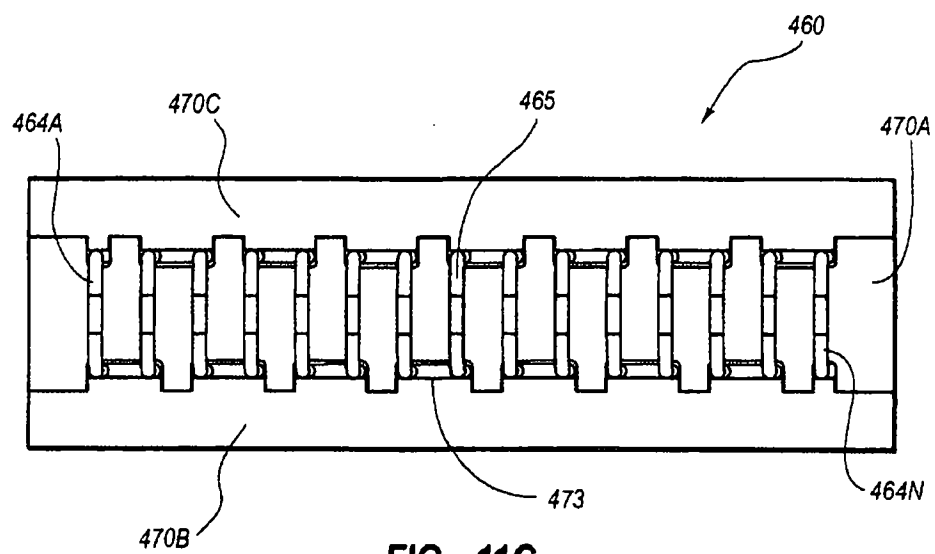


FIG. 11C

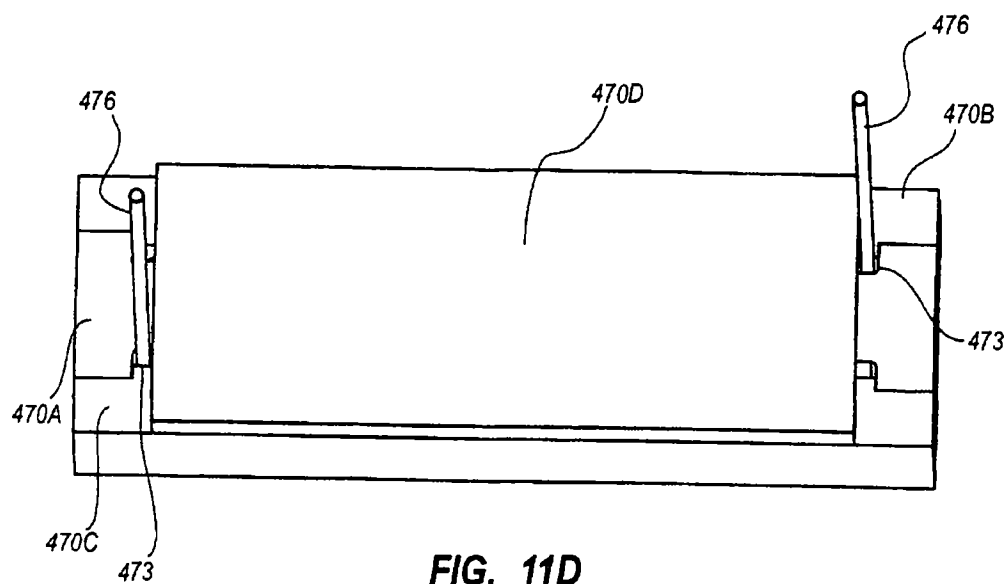


FIG. 11D

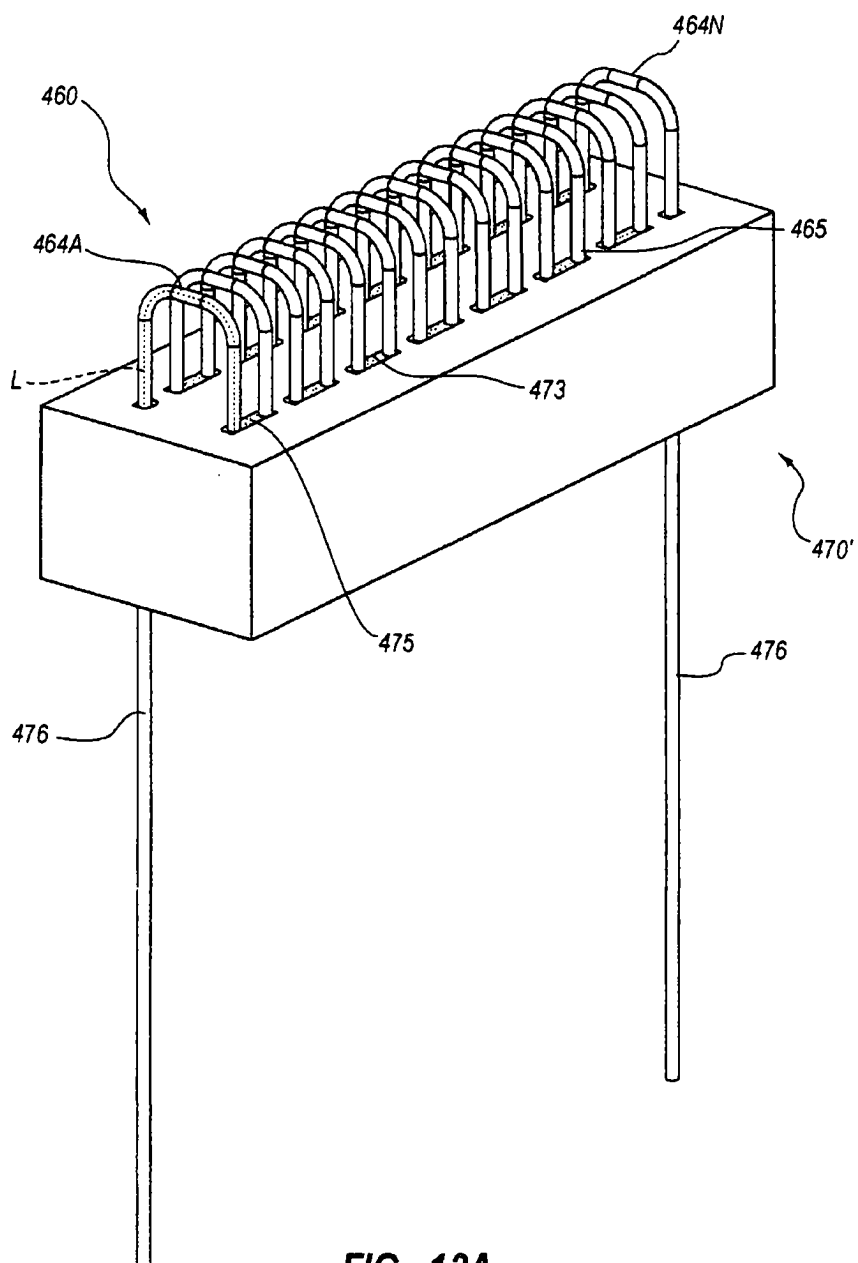


FIG. 12A

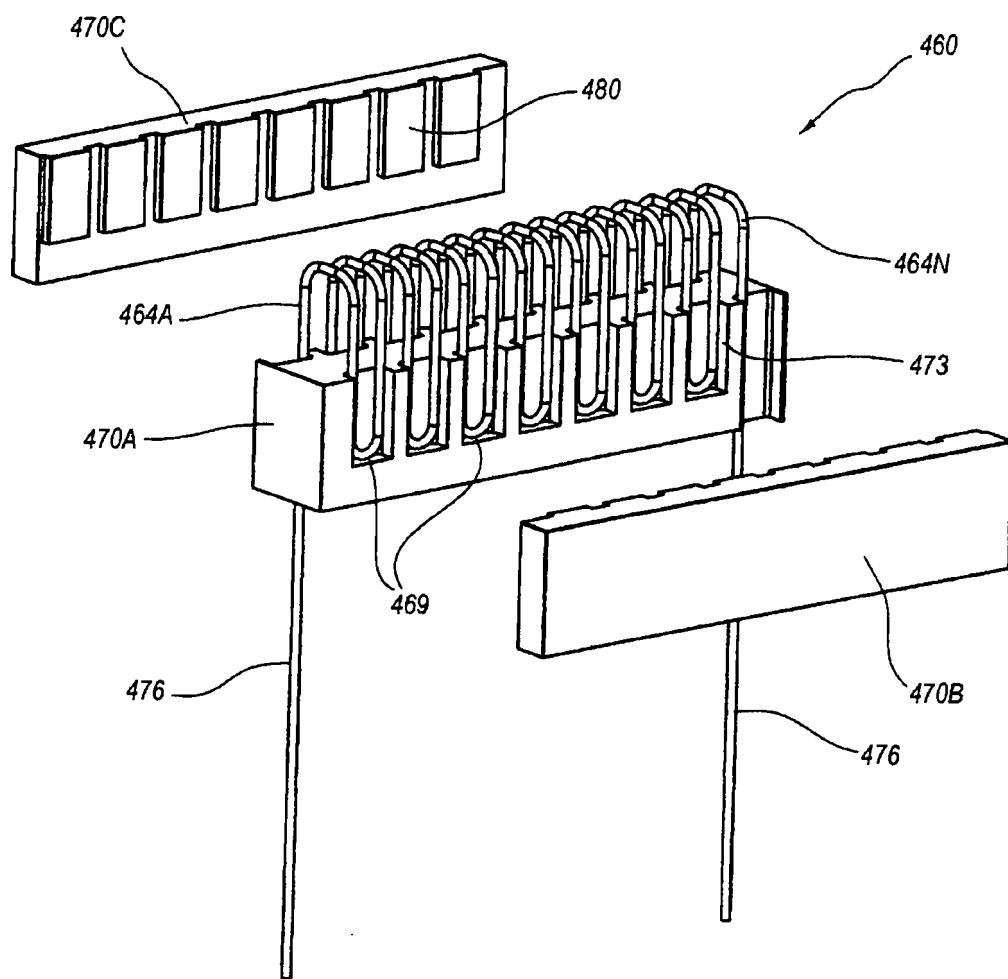


FIG. 12B

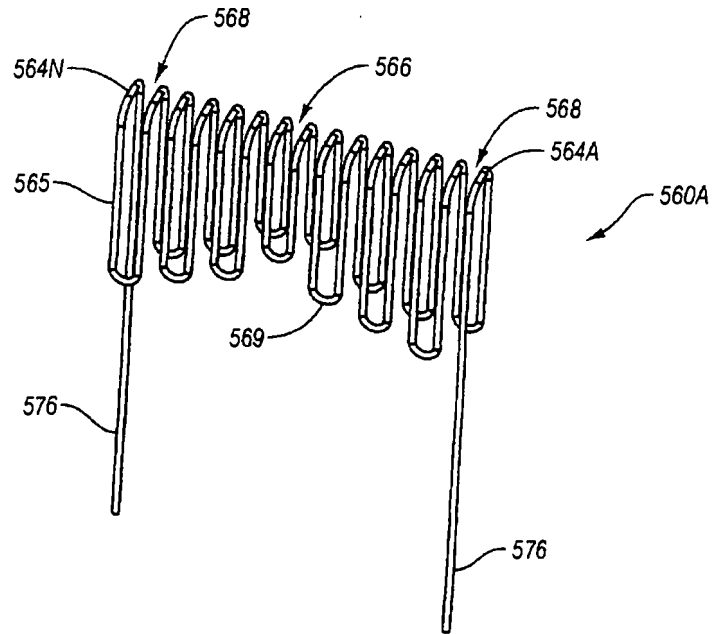


FIG. 13A

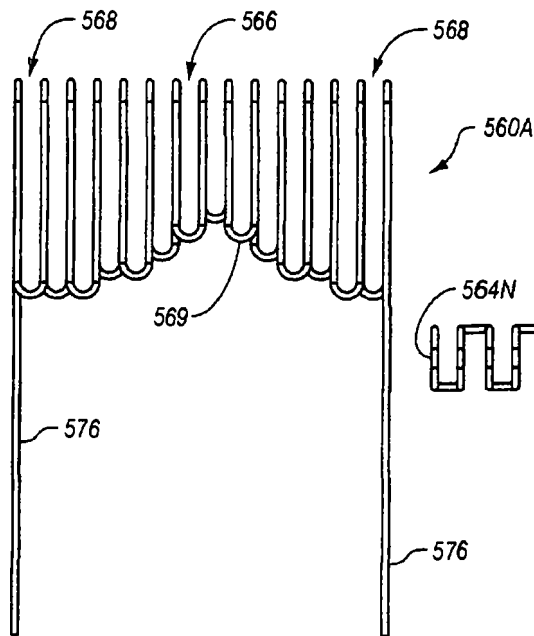


FIG. 13B

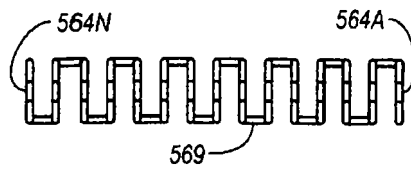


FIG. 13C

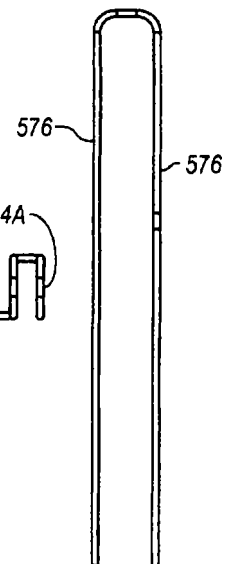


FIG. 13D

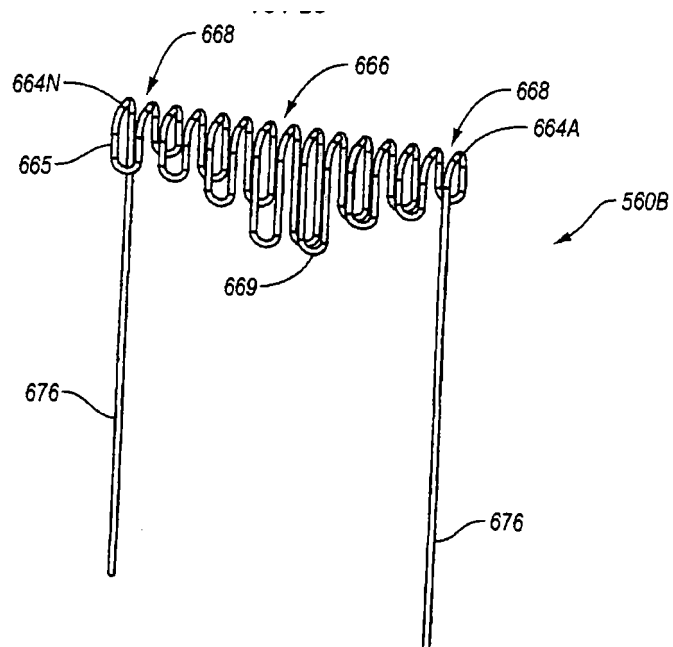


FIG. 14A

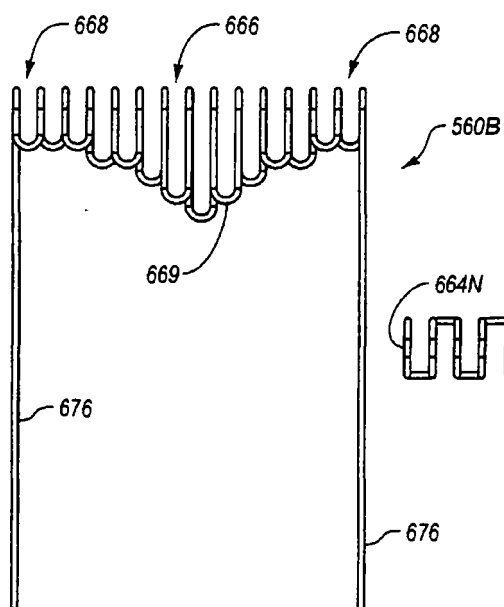


FIG. 14B

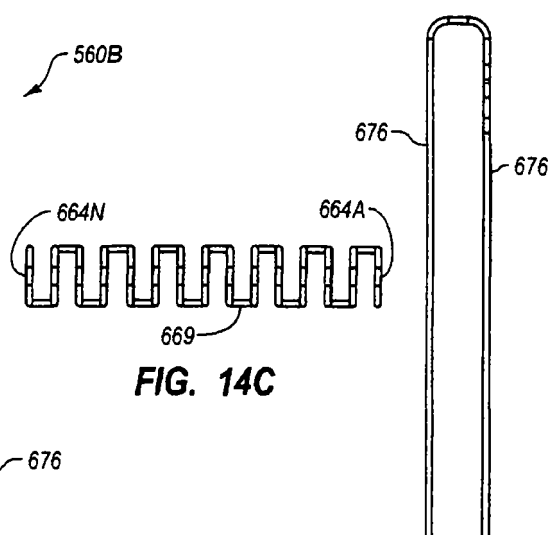


FIG. 14C

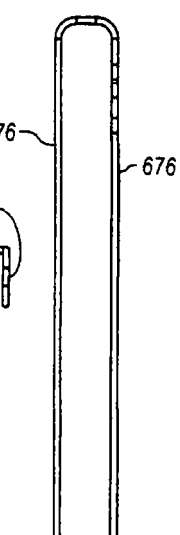
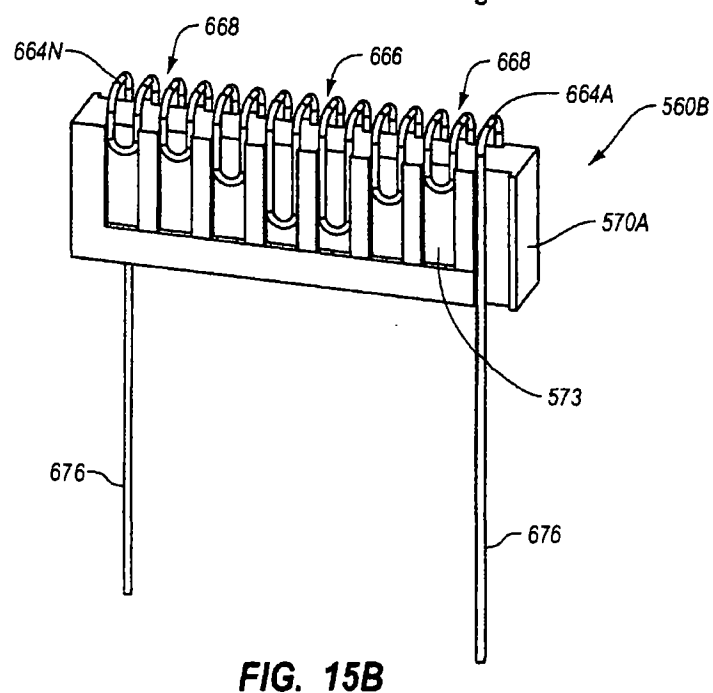
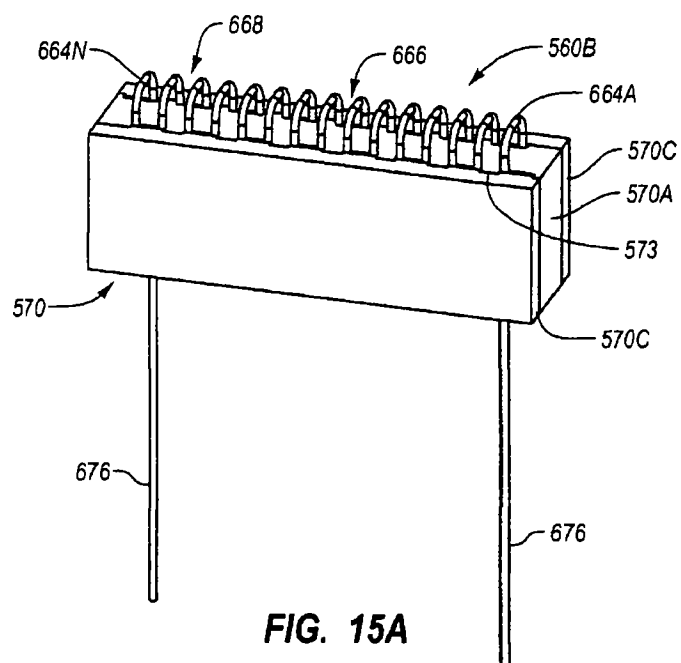


FIG. 14D



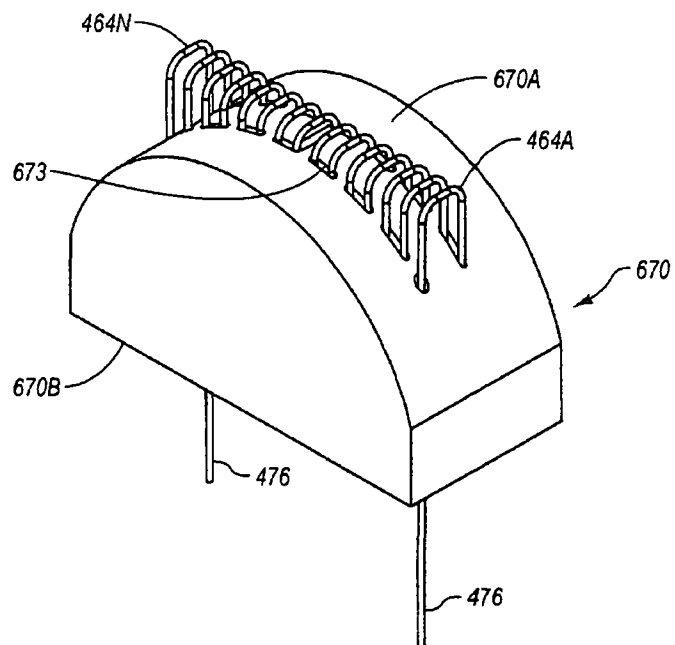


FIG. 16A

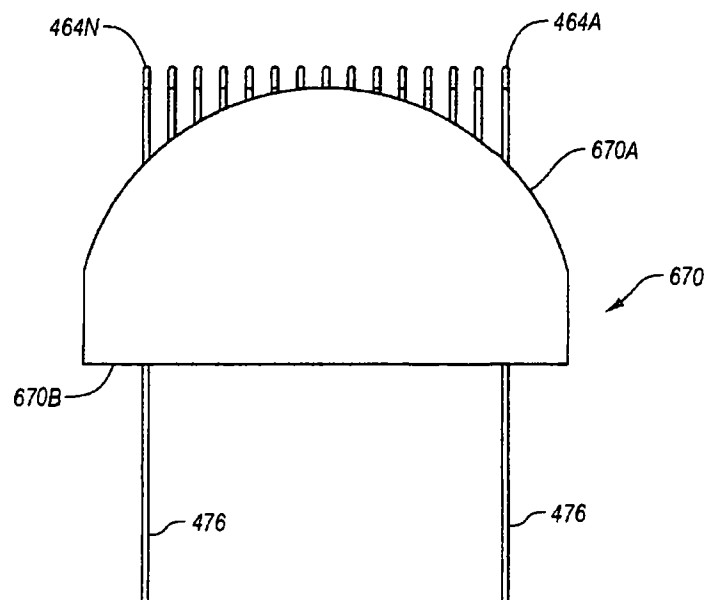


FIG. 16B

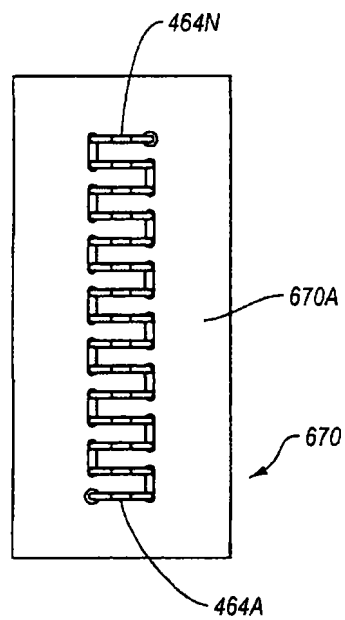


FIG. 16C

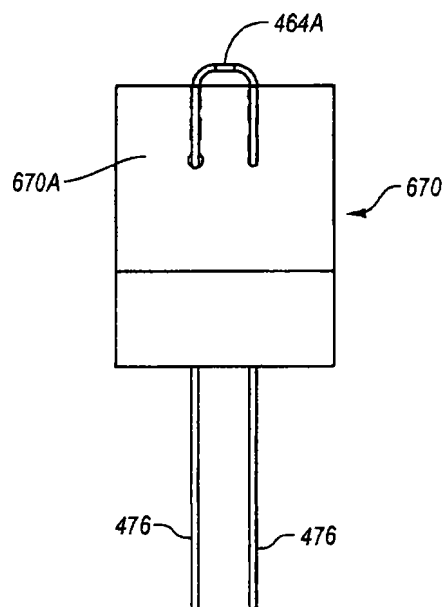


FIG. 16D

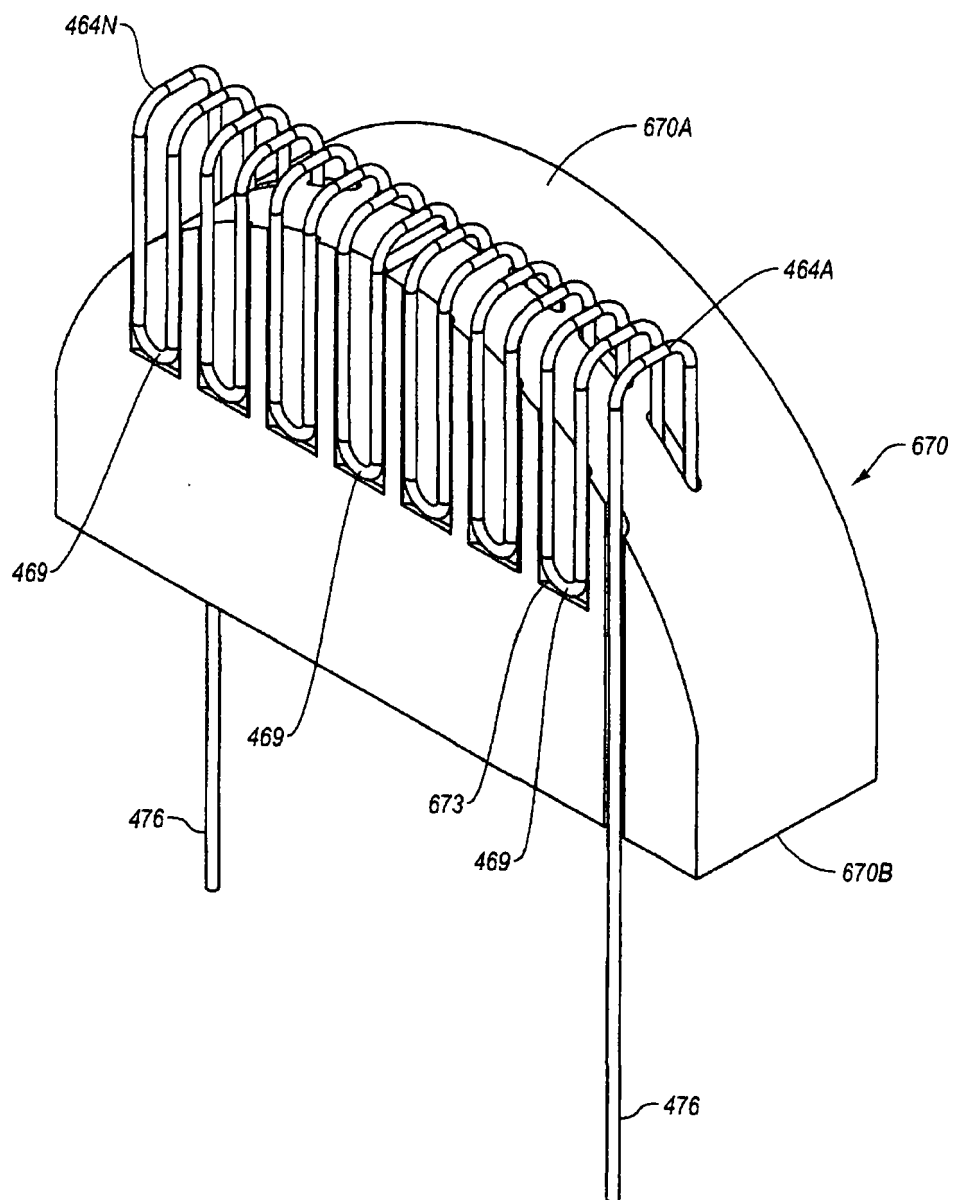


FIG. 16E

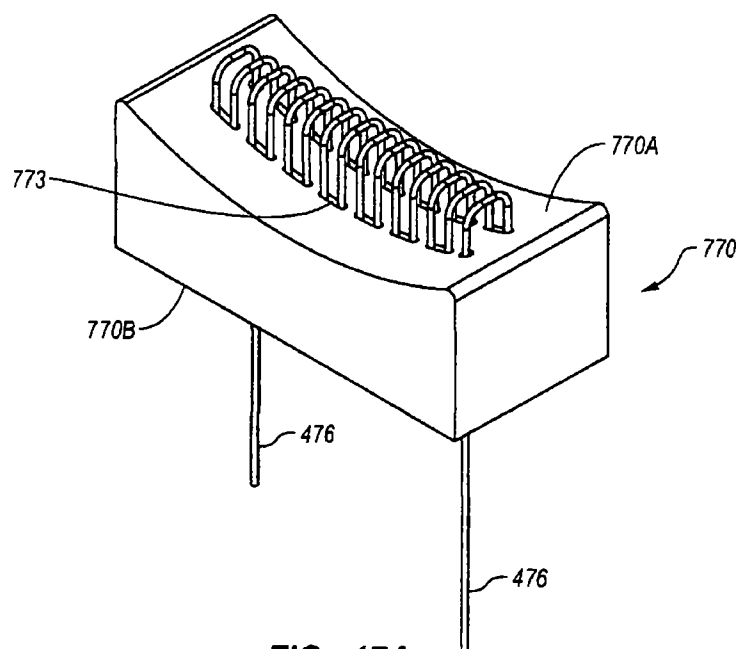


FIG. 17A

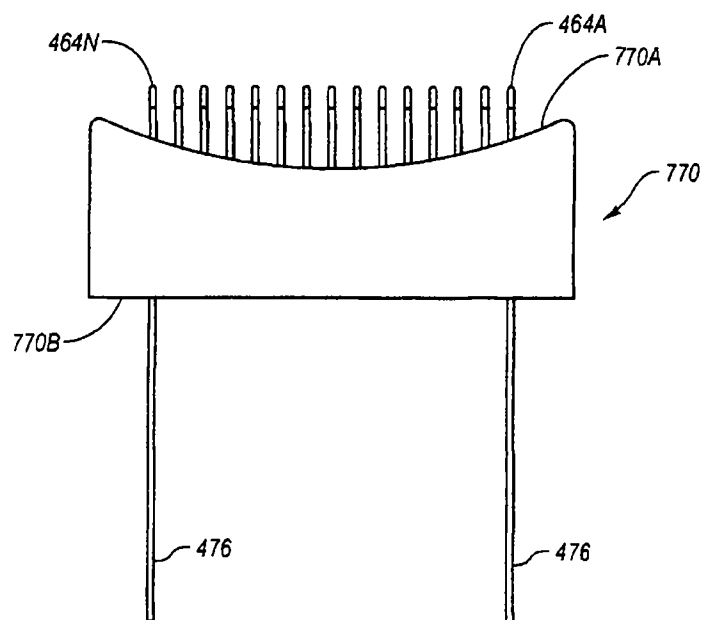


FIG. 17B

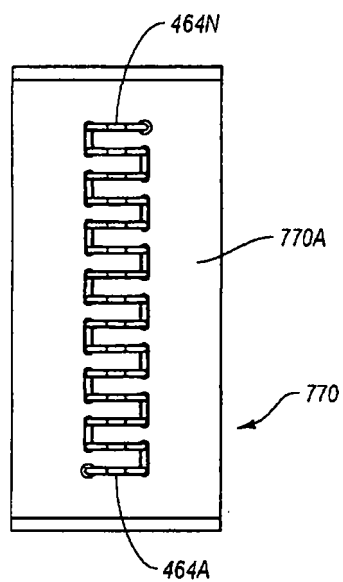


FIG. 17C

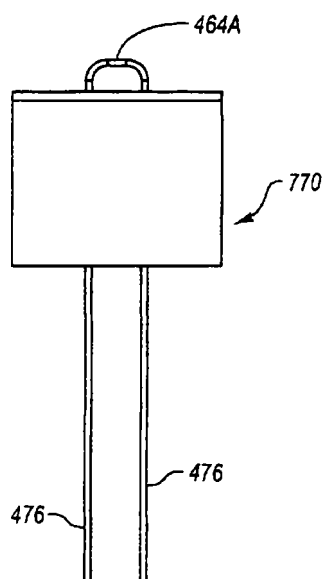


FIG. 17D

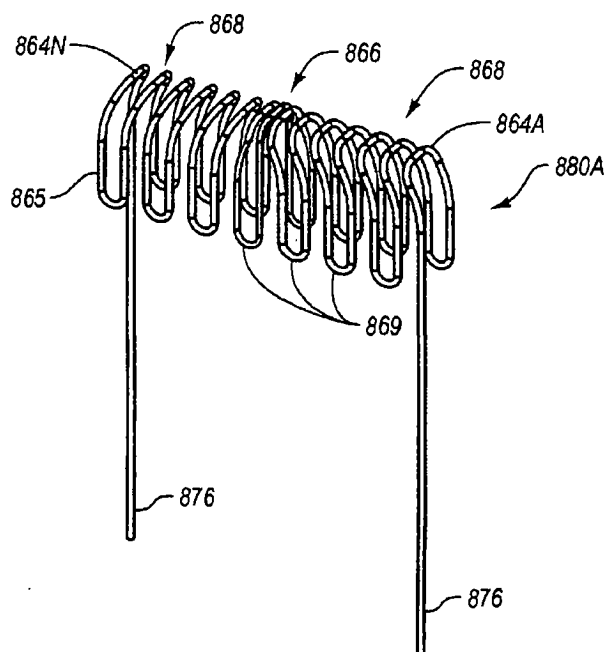


FIG. 18A

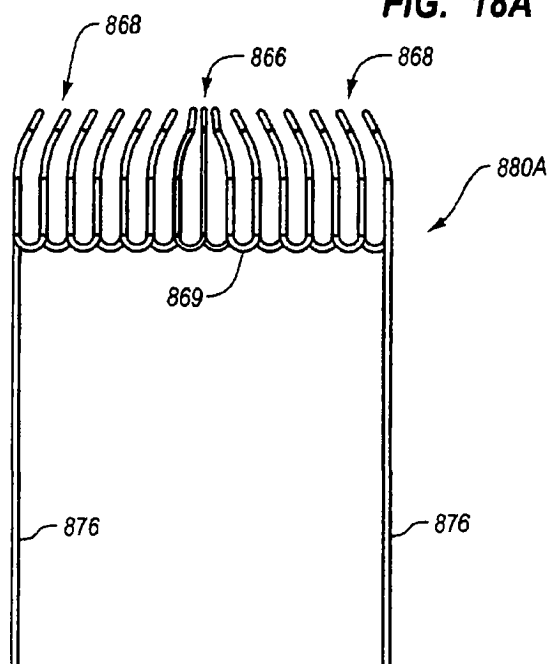


FIG. 18B

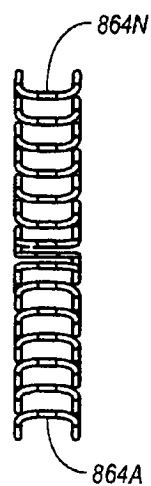


FIG. 18C

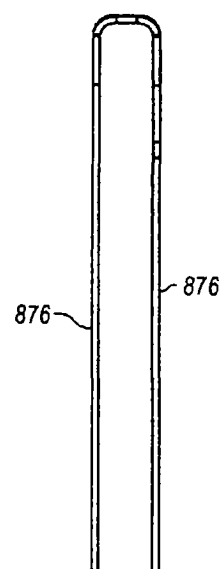


FIG. 18D

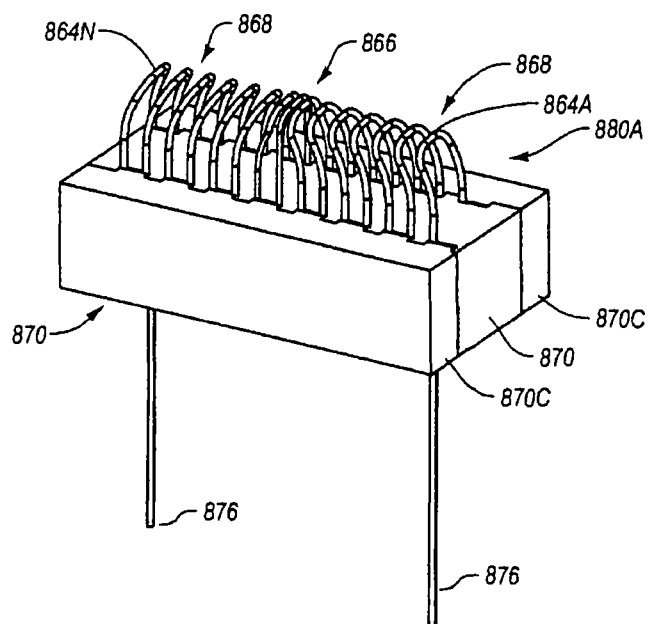


FIG. 18E

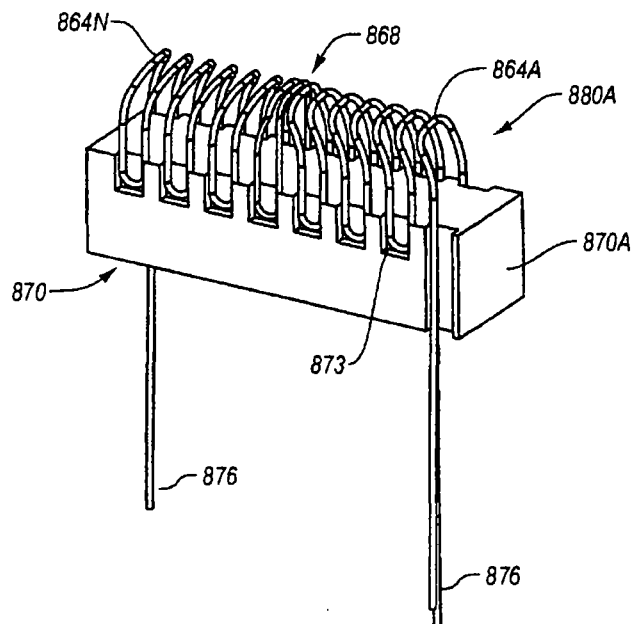


FIG. 18F