

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-159623

(P2011-159623A)

(43) 公開日 平成23年8月18日(2011.8.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 J 35/06 (2006.01)	HO 1 J 35/06	B
	HO 1 J 35/06	E
	HO 1 J 35/06	C

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2010-279974 (P2010-279974)
 (22) 出願日 平成22年12月16日 (2010.12.16)
 (31) 優先権主張番号 12/698, 851
 (32) 優先日 平成22年2月2日 (2010.2.2)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデー、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (72) 発明者 セルジオ・ルメイトル
 アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ミルウォーキー、エレクトリック・アベニュー、4855番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線陰極及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 X線陰極システム及びX線陰極の製造方法を提供すること。

【解決手段】 開示した実施形態はX線管陰極フィラメントシステムなどの実施形態を含む。本X線管陰極フィラメントシステムは、サブストレートと該サブストレート上に配置されたコーティング(74)とを含む。本陰極フィラメントシステムでは、サブストレートからではなくコーティング(74)から電子ビーム(18、90)が放出される。電子ビーム(18、90)は熱電子効果を使用することにより発生させている。

【選択図】 図3

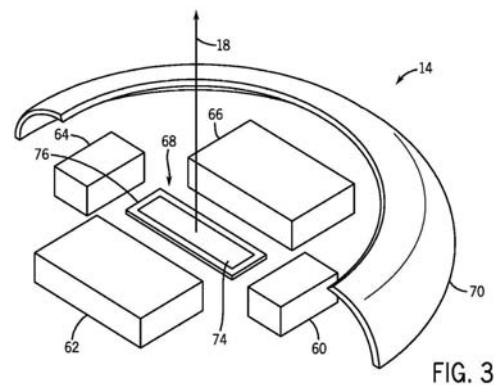


FIG. 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

サブストレートと、
前記サブストレート上に配置されたコーティング(74)と、を備えたX線管陰極アセンブリシステムであって、

熱電子効果を介して前記サブストレートからではなく前記コーティング(74)から電子ビーム(18、90)が放出されている、X線管陰極アセンブリシステム。

【請求項 2】

前記コーティング(74)は、炭化ハフニウム、炭化タンタル、ニホウ化ハフニウム、炭化ジルコニウム、窒化ハフニウム、窒化タンタル、窒化ジルコニウム、ニホウ化タンゲステンのうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載のシステム。

10

【請求項 3】

前記サブストレートは、タンゲステン、タンタル、ドーブしたタンゲステン、ドーブしたタンタルのうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 4】

前記サブストレートは、平坦なサブストレート(76)、ワインド式サブストレート(80)、湾曲したサブストレート(87)、スロット付き(77)サブストレートのうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 5】

前記コーティング(74)は前記サブストレートを部分的に覆っている、請求項1に記載のシステム。

20

【請求項 6】

前記コーティング(74)は概ね4.5電子ボルト(eV)未満の仕事関数を備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項 7】

前記コーティング(74)は概ね3400を超る融点を備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項 8】

前記熱電子効果は、直接加熱、間接加熱、あるいはこれらの組み合わせを介して実現される、請求項1に記載のシステム。

30

【請求項 9】

前記コーティング(74)は、化学蒸着法、スパッタリング、粉体加圧成形、高エネルギーボールミル加工、焼結、高温浸炭、あるいはこれらの組み合わせの利用によって前記サブストレート上に配置される、請求項1に記載のシステム。

【請求項 10】

サブストレート上に配置されたコーティング(74)を備えた第1の陰極フィラメントと、

前記第1の陰極フィラメントから陰極・ターゲット間距離だけ離しかつこれと対面して位置決めされたターゲット陽極(16)であって、熱電子効果を介して前記サブストレートからではなく該第1の陰極フィラメントのコーティング(74)から第1の電子ストリーム(18、90)が放出されると共に、これがX線(20)を発生させるために該ターゲット陽極(16)上の第1の焦点(72)まで加速されているターゲット陽極(16)と、

40

を備えるX線管システム。

【請求項 11】

前記コーティング(74)は、炭化ハフニウム、炭化タンタル、ニホウ化ハフニウム、炭化ジルコニウム、窒化ハフニウム、窒化タンタル、窒化ジルコニウム、ニホウ化タンゲステンのうちの少なくとも1つを含み、かつ前記サブストレートはタンゲステン、タンタル、ドーブしたタンゲステン、ドーブしたタンタルのうちの少なくとも1つを含む、請求項10に記載のシステム。

50

【請求項 1 2】

前記陰極・ターゲット間距離は概ね 40 mm を超える距離を備える、請求項 1 0 に記載のシステム。

【請求項 1 3】

少なくとも 1 つのバイアス電極 (60、62、64、66)、反射体カップ (84)、またはこれらの組み合わせを備えており、該バイアス電極 (60、62、64、66) は前記第 1 の電子ストリーム (18、90) を能動的に偏向させており、かつ該反射体カップ (84) は該第 1 の電子ストリーム (18、90) を受動的に整形している、請求項 1 0 に記載のシステム。

【請求項 1 4】

前記第 1 の陰極フィラメントから陰極・電極間距離だけ離して位置決めされた引出電極 (69) を備えており、該引出電極 (69) は前記第 1 の電子ストリーム (18、90) をターゲット陽極 (16) 上の第 1 の焦点 (72) まで加速させる支援をする、請求項 1 0 に記載のシステム。

【請求項 1 5】

前記陰極・電極間距離は概ね 15 mm を超える距離を備える、請求項 1 4 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書に開示する主題は X 線管に関し、また具体的には X 線陰極システム及び X 線陰極の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

X 線管は典型的には、電子を大きな加速度で放出する陰極などの電子発生源を含む。放出された電子のうちの一部はターゲット陽極に当たることがある。ターゲット陽極との電子の衝突によって、コンピュータ断層 (CT) 撮像システム、X 線スキャナー、その他など多種多様な医用デバイスで使用し得る X 線を発生させている。熱電子陰極システムでは、熱電子効果を介して (すなわち、加熱されることに応答して) 電子を放出するように誘導を受け得るフィラメントが含まれる。しかし適正な電子衝撃を可能とさせるために、陰極と陽極の間の距離は短く保たなければならない。さらに、熱電子 X 線陰極は典型的には、フィラメントの表面の全体にわたって電子を放出させる。したがって、すべての電子を小さい焦点に集束させることは極めて困難である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】米国特許第 7 3 5 2 8 4 0 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

したがって、改善された X 線陰極システム及び X 線陰極の製造方法が提供されることが望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

一実施形態では、X 線陰極管フィラメントはサブストレートと該サブストレート上に配置されたコーティングとを含む。電子ビームをサブストレートからではなくこのコーティングから放出させるために熱電子効果が利用される。

【0006】

第 2 の実施形態では、第 1 の陰極フィラメントとターゲット陽極とを含む X 線管システムを提供する。この第 1 の陰極フィラメントは、サブストレートと該サブストレート上に

10

20

30

40

50

配置されたコーティングとを含む。このターゲット陽極は、第1の陰極フィラメントから陰極・ターゲット間距離だけ離間させると共に該第1の陰極フィラメントに対面するように位置決めされる。第1の陰極フィラメントのコーティングから熱電子効果によって第1の電子ストリームが放出され、これをターゲット陽極上の第1の焦点に至るように加速させてX線を発生させている。

【0007】

第3の実施形態では、X線陰極システムを製造する方法を提供する。本製造方法は、フィラメントのサブストレート上にコーティングを配置させるステップと、該コーティングしたフィラメントを陰極アセンブリ内に設置するステップと、を含む。このコーティングはフィラメントのサブストレートと比べてより小さい仕事関数を有する。

10

【0008】

本発明に関するこれらの特徴、態様及び利点、並びにその他の特徴、態様及び利点については、同じ参照符号が図面全体を通じて同じ部分を表している添付の図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことによってより理解が深まるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本技法の一実施形態による例示的なCT撮像システムの概要図である。

【図2】本技法の一実施形態による陽極及び陰極アセンブリを含むX線管アセンブリの一実施形態を表した図である。

【図3】本技法の一実施形態による部分コーティングの熱電子フィラメントを含む陰極アセンブリの一実施形態を表した図である。

20

【図4】本技法の一実施形態による矩形の形状に配置させたコーティングを有する熱電子フィラメントの一実施形態を表した図である。

【図5】本技法の一実施形態による格子パターンに配置させたコーティングを有する熱電子フィラメントの一実施形態を表した図である。

【図6】本技法の一実施形態による矩形の形状に配置させたコーティングを有するスロット付き熱電子フィラメントの一実施形態を表した図である。

【図7】本技法の一実施形態による部分コーティングのウィンド式フィラメントの一実施形態を表した図である。

【図8】本技法の一実施形態による部分コーティングの直線状ワイヤフィラメントの一実施形態を表した図である。

30

【図9】本技法の一実施形態による間接的電子放出で使用し得る部分コーティングの湾曲フィラメントを表した図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

ある種のX線陰極アセンブリでは、電極のストリームを放出するために1つまたは複数の熱電子フィラメントを利用することがある。熱電子フィラメントは、熱エネルギーを与えることによってフィラメントの表面から電子を放出させるように誘導を受けることがある。フィラメント材料が高温であるほど、放出され得る電子の数が増えることは確かである。フィラメント材料は典型的には、熱電子効果によって電子を発生させるその能力に関して、かつ高い熱（幾つかのケースでは、概ね2500以上に至る）に耐えるその能力に関して選択される。従来ではそのフィラメント材料は、タングステンやドーブしたタングステン（すなわち、タングステンに不純物を添加したもの）などのタングステン誘導体とるように選択されてきた。タングステンは、高い融点と、比較的低い仕事関数（すなわち、電子を材料から出させるように誘導するのに要する最小エネルギーの一尺度）を有する。しかし従来はタングステンフィラメントは典型的には、本明細書で開示し検討したようなコーティング式フィラメントの実施形態と比べて同じ温度で放出する電子がより少ない。したがって、開示したコーティング式フィラメントの実施形態を利用するX線管は、従来は未コーティングのフィラメントを利用したX線管と比較した場合、同じ温度においてより大きなX線出力を発生させることが可能である。

40

50

【 0 0 1 1 】

本開示を詳細に検討する前に、上述の点を考慮に入れながら本明細書に記載したようなコーティング式フィラメントを組み込み得る撮像システムの実施形態を検討することは有益であろう。これを考慮に入れながらここで図面を見ると、図 1 は画像データを収集し処理するための撮像システム 10 を表した図である。図示した実施形態ではシステム 10 は、X 線投影データを収集し、その投影データを断層画像になるように再構成し、かつ表示及び解析のためにこの画像データを処理するように設計されたコンピュータ断層 (CT) システムである。撮像システム 10 について医用撮像のコンテキストで検討することにするが、本明細書で検討している技法及び構成は、手荷物や包装物のスクリーニングあるいは工業分野における製造部品の非破壊評価など別の非侵襲的撮像のコンテキストにも適用可能である。図 1 に示した実施形態では、CT 撮像システム 10 は X 線源 12 を含む。本明細書で詳細に検討しているように、線源 12 は X 線管などの 1 つまたは複数の従来の X 線源を含むことがある。例えば線源 12 は、以下で図 2 を参照しながらより詳細に記載するような陰極アセンブリ 14 及び陽極 16 を備えた X 線管を含むことがある。陰極アセンブリ 14 は、電子ストリーム 18 (すなわち、電子ビーム) を加速させることがあり、このうちの一部がターゲット陽極 16 に当たることがある。陽極 16 上に当たった電子ビーム 18 は X 線ビーム 20 の放出を生じさせる。

10

【 0 0 1 2 】

線源 12 はコリメータ 22 の近傍に位置決めされることがある。コリメータ 22 は、線源 12 の各放出点ごとに鉛やタングステンのシャッタなどの 1 つまたは複数のコリメート機能領域からなることがある。コリメータ 22 により典型的には、対象 24 または物体をその内部に位置決めさせた領域内を通過する 1 つまたは複数の X 線ビーム 20 のサイズ及び形状が規定される。各 X 線ビーム 20 は、検出器アレイの構成及び / または希望するデータ収集方法に応じて概して扇形状とすることも、円錐状とすることもできる。各 X 線ビーム 20 の減衰部分 26 は対象または物体を通過しており、これがその全体を参照番号 28 で表した検出器アレイに当たる。

20

【 0 0 1 3 】

検出器 28 は一般に、撮像システム 10 の視野域内に設置された対象または物体の中またはその周りを通じた後の X 線ビーム 20 を検出する複数の検出器素子により形成されている。各検出器素子は、X 線ビームが検出器 28 に当たった後に検出器素子の位置に入射した X 線ビームの強度を表す電気信号を発生させる。電気信号は、1 つまたは複数のスキャンデータ組を生成するように収集され処理される。

30

【 0 0 1 4 】

検査及び / または較正のプロトコルを実行し収集データを処理するように撮像システム 10 の動作をシステム制御器 30 によって指令している。線源 12 は典型的にはシステム制御器 30 によって制御される。一般にシステム制御器 30 は、その X 線検査シーケンス向けのパワー、焦点箇所、制御の信号その他を提供する。検出器 28 はシステム制御器 30 に結合されており、このシステム制御器 30 によって検出器 28 が発生させた信号の収集が指令される。システム制御器 30 はさらに、ダイナミックレンジの初期調整、デジタル画像データの交互配置その他など様々な信号処理及び過処理機能を実行することがある。本コンテキストではシステム制御器 30 はさらに、信号処理回路及び付属のメモリ回路を含むことがある。より詳細には以下でさらに検討することにするが、この付属のメモリ回路は、システム制御器 30 により実行されるプログラム、ルーチン及び / またはエンコード済みのアルゴリズム、構成パラメータ、画像データ、その他を保存することがある。一実施形態ではそのシステム制御器 30 は、汎用または特殊用途のコンピュータシステムなどのプロセッサベースのシステムの全体または一部として実現されることがある。

40

【 0 0 1 5 】

図 1 に示した実施形態では、システム制御器 30 は直線位置決めサブシステム 32 及び回転サブシステム 34 の動きをモータ制御器 36 を介して制御することがある。撮像システム 10 が線源 12 及び / または検出器 28 の回転を含むような一実施形態では、回転サ

50

ブシステム 34 は線源 12、コリメータ 22 及び / または検出器 28 を対象 24 の周りに回転させることがある。回転サブシステム 34 は静止した構成要素 (固定子) と回転する構成要素 (回転子) の両方を備えたガントリを含むことがあり得ることに留意すべきである。

【0016】

直線位置決めサブシステム 32 は、撮像する対象または物体をその上に位置決めさせるテーブルや支持体を直線的に変位させることがある。したがってこのテーブルまたは支持体が、ガントリ内部または撮像ボリューム (例えば、線源 12 と検出器 28 の間に位置するボリューム) 内部を直線的に移動すると共に、対象または物体の特定のエリアからのデータ収集、またこれによりこの当該エリアに関連する画像の作成を可能にすることがある。さらに、直線位置決めサブシステム 32 は、X 線ビーム 20 の形状及び / または方向を調整するようにコリメータ 22 の 1 つまたは複数の構成要素を変位させることがある。さらに、その線源 12 及び検出器 28 が z 軸 (すなわち、患者テーブルまたは支持体の長さ方向及び / または撮像ボアの長手方向に一般に関連付けされる軸) に沿ってより広げたま

10

【0017】

たは十分な有効域を提供するように構成された実施形態、かつ / またはその対象または物体に対する直線運動を必要としないような実施形態では、直線位置決めサブシステム 32 は存在しないことがある。

線源 12 はシステム制御器 30 の内部に配置させた X 線制御器 38 により制御し得ることは当業者であれば理解されよう。X 線制御器 38 は、線源 12 に対してパワー及びタイミングの信号を提供するように構成されることがある。さらに幾つかの実施形態ではその X 線制御器 30 は、システム 10 内部の様々な箇所にある X 線管または放出体を互いに同期させてあるいは互いに対して独立に動作させ得るように線源 12 を選択的に起動するように構成されることがある。

20

【0018】

さらにシステム制御器 30 はデータ収集システム (DAS) 40 を備えることがある。一実施形態ではその検出器 28 は、システム制御器 30 に対して、またさらに詳細にはデータ収集システム 40 に対して結合させている。データ収集システム 40 は、検出器 28 の読み出し用電子回路によって収集したデータを受け取る。データ収集システム 40 は典型的には、サンプリングしたアナログ信号を検出器 28 から受け取り、そのデータをコンピュータ 42 などのプロセッサベースのシステムによる後続の処理のためにデジタル信号に変換する。別法として別の実施形態ではその検出器 28 は、サンプリングしたアナログ信号をデータ収集システム 40 に送る前にデジタル信号に変換することがある。

30

【0019】

図示した実施形態では、システム制御器 30 に対してコンピュータ 42 を結合させている。データ収集システム 40 が収集したデータは、後続の処理のためにコンピュータ 42 に送られることがある。例えば検出器 28 から収集したデータは、撮像を受ける対象または物体の減衰係数の線積分の描出を生成するために、データ収集システム 40 及び / またはコンピュータ 42 において前処理及び較正を受けることがある。一実施形態ではそのコンピュータ 42 は、検出器 28 から収集したデータに対する過及び処理のためにデータ処理回路 44 を包含する。

40

【0020】

コンピュータ 42 は、コンピュータ 42 が処理したデータ、コンピュータ 42 により処理しようとするデータ、またはコンピュータ 42 により実行させようとするルーチン及び / またはアルゴリズムの保存が可能なメモリ 46 を含むあるいはこれと連絡することがある。撮像システム 10 によって、所望の量またはタイプのデータ及び / またはコードの保存が可能なコンピュータアクセス可能な任意のタイプのメモリデバイスが利用され得ることを理解すべきである。さらにメモリ 46 は、システム 10 に対してローカル及び / またはリモートとし得る同じタイプまたは異なるタイプとした磁気式、半導体式または光学式のデバイスなどの 1 つまたは複数のメモリデバイスを含むことがある。

50

【 0 0 2 1 】

コンピュータ 4 2 はさらに、システム制御器 3 0 により有効とさせた機能（すなわち、スキャン動作及びデータ収集）を制御するように適応させることがある。さらにコンピュータ 4 2 は、キーボード及び/またはその他の入力デバイスを装備し得るオペレータワークステーション 4 8 を介してオペレータからコマンド及びスキャンパラメータを受け取るように構成されることがある。これによりオペレータは、オペレータワークステーション 4 8 を介してシステム 1 0 を制御することができる。したがってオペレータは、再構成画像及び/またはシステム 1 0 に関連するその他のデータをコンピュータ 4 2 から観察することができる。同様にオペレータは、撮像または較正ルーチンの開始、画像フィルタの選択及び適用、その他をオペレータワークステーション 4 8 を介して行うことができる。

10

【 0 0 2 2 】

図示したようにシステム 1 0 はさらに、オペレータワークステーション 4 8 に結合させたディスプレイ 5 0 を含むことがある。さらにシステム 1 0 は、オペレータワークステーション 4 8 に結合させると共にその電圧計測結果を印字するように構成されたプリンタ 5 2 を含むことがある。ディスプレイ 5 0 及びプリンタ 5 2 はさらに、コンピュータ 4 2 に対して直接的に結合させることや、オペレータワークステーション 4 8 を介して結合させることがある。さらにオペレータワークステーション 4 8 は、画像蓄積伝送システム（PACS）5 4 を含む、あるいはこれに結合されることがある。PACS 5 4 は、リモートシステム 5 6、放射線科情報システム（RIS）、病院情報システム（HIS）あるいは内部または外部のネットワークに結合させ、異なる箇所にいる他の者がその画像データに

20

【 0 0 2 3 】

上に示した一般的なシステム記述を考慮に入れながらここで図 2 を見ると、本図は図 1 に示した陰極アセンブリ 1 4 及び陽極 1 6 を含む実施形態を含む X 線管アセンブリ 5 8 の一実施形態を表している。図示した実施形態では、陰極アセンブリ 1 4 及びターゲット陽極 1 6 を互いから陰極・ターゲット間距離 d だけ離して設置すると共に、互いの方向に向くようにしている。陰極アセンブリ 1 4 は、1 組のバイアス電極（すなわち、偏向電極）6 0、6 2、6 4、6 6 と、フィラメント 6 8 と、引出電極 6 9 と、遮蔽 7 0 と、を含むことがある（これについては、以下で図 3 を参照しながらより詳細に記載することにする）。陽極 1 6 は、タングステン、モリブデンまたは銅を含む適当な任意の金属または複合材から製造されることがある。陽極の表面材料は典型的には、陽極 1 6 に当たる電子によって発生する熱に耐えるように比較的高い耐熱値を有するように選択される。ある種の実施形態ではその陽極 1 6 は、図示したように回転式円盤とすることがある。したがって陽極 1 6 は、入射する熱エネルギーを分散しより高い温度許容度を実現するために高速（例えば、毎分 1, 0 0 0 ~ 1 0, 0 0 0 回転）で回転させることがある。陽極 1 6 を回転させる結果として、焦点 7 2（すなわち、陽極上の電子が入射する箇所）の温度が陽極 1 6 を回転させないときと比べてより低い値に保たれ、これにより高フラックス X 線の実施形態での使用が可能となる。

30

【 0 0 2 4 】

陰極アセンブリ 1 4（すなわち、電子発生源）は、陰極アセンブリ 1 4 が発生させた電子ビーム 1 8 が陽極 1 6 の上にある焦点 7 2 上に集束するようして、陽極 1 6 から陰極・ターゲット間距離 d だけ離して位置決めされる。陰極アセンブリ 1 4 と陽極 1 6 の間の空間は典型的には、他の原子との電子衝突を最小限にしかつ電位を最大限にするために排気されている。典型的には、陰極 1 4 と陽極 1 6 の間に強力な電位（幾つかのケースでは、2 0 k V を超える電位）を生成し、これにより陰極 1 4 が放出した電子を熱電子効果を介して陽極 1 6 に強力に引きつけるようにしている。得られた電子ビーム 1 8 は陽極 1 6 に方向付けされる。焦点 7 2 において得られた電子衝撃は、制動放射効果（Bremsstrahlung effect）を通じて X 線ビーム 2 0（すなわち、制動放射線）を発生させることになる。

40

【 0 0 2 5 】

50

距離 d は、長さや幅などの焦点 72 の特性の決定に関する、またしたがって発生させた X 線ビーム 20 の撮像性能に関する 1 つの要因である。距離 d が大きすぎると、十分な数の電子が陽極 16 に当たらない、かつ/または適正なサイズの X 線ビーム 20 を発生させるには電子ビーム 18 の広がりが大きすぎることにもなり得る。得られた X 線画像は、ボケその他の撮像アーチファクトを含むことがある。従来方法では、適当な X 線ビーム 20 を発生させる能力をもつような小さい（例えば、 0.25 mm^2 未満より概して小さい）焦点を画定させるように距離 d は概ね 50 mm 未満に設定されていた。本明細書に開示すると共に添付の図面を参照しながら以下でより詳細に検討している実施形態によれば、その距離 d を概ね 50 mm 以上の距離 d に設定することが可能である。開示した実施形態によれば実際に、大きな陰極・ターゲット間距離において極めて小さい焦点サイズが可能であり、これにより電子回収体やビーム制御用マグネットなどの別のデバイスを X 線管アセンブリ 58 の内部に収容することが可能となる。

10

【0026】

ある種の実施形態では、その陰極アセンブリ 14 と陽極 16 の間に引出電極 69 が含まれかつ配置されている。別の実施形態では引出電極 69 を含めていない。含める場合にその引出電極は、陽極 16 の電位（幾つかのケースでは、 20 kV を超える）に保持させることがある。引出電極 69 は開口部 71 を含む。開口部 71 によって引出電極 69 を介した電子の通過が可能となる。図示した実施形態では、陰極アセンブリ 14 から陰極・電極間距離 e の位置に引出電極が位置決めされる。陰極・電極間距離 e もまた、長さや幅などの焦点 72 の特性の決定に関する、またしたがって発生させた X 線ビーム 20 の撮像性能に関する 1 つの要因である。電子は距離 e の間で加速を受けると共に、距離 $d - e$ の間では加速を受けずにドリフトする。距離 e が大きすぎると、十分な数の電子が陽極 16 に当たらない、かつ/または適正なサイズの X 線ビーム 20 を発生させるには電子ビーム 18 の広がりが大きすぎることにもなり得る。得られた X 線画像は、ボケやその他の撮像アーチファクトを含むことがある。従来方法では、適当な X 線ビーム 20 を発生させる能力をもつような小さい（例えば、 0.25 mm^2 未満より概して小さい）焦点を画定させるように距離 e は概ね 50 mm 未満に設定されていた。本明細書に開示すると共に添付の図面を参照しながら以下でより詳細に検討している実施形態によれば、その距離 e を概ね 15 mm から 50 mm を超えるまでの距離 e に設定することが可能である。

20

【0027】

図 3 を見ると本図は、そのフィラメント 68 がコーティング式の平坦熱電子フィラメントであるような X 線陰極アセンブリ 14 の一実施形態を表している。図示した実施形態では、フィラメント 68 はサブストレート 76 上に配置されたコーティング 74 を含む。ある種の実施形態ではそのコーティング 74 は、炭化ハフニウム、炭化タンタル、二ホウ化ハフニウム、炭化ジルコニウム、窒化ハフニウム、窒化タンタル、窒化ジルコニウム、二ホウ化タングステン及びこれらの誘導体などの材料から製造されること、並びに図 4 ~ 6 を参照しながら以下でより詳細に記載するようなサブストレート 76 上に被着させることがある。サブストレート 76 は、タングステンやタンタルなどの材料からなるスラブ (slab) または矩形の形態とするように製造されることがある。サブストレート 76 は、ワイヤ、ワイヤ式ワイヤ、湾曲した円盤、平坦な円盤、その他などの別の形状を有することがあることを理解すべきである。

30

40

【0028】

コーティング 74 は、サブストレート 76 の仕事関数と比べてより低い仕事関数を有するように選択されることがある。すなわちコーティング 74 は、電子の放出に要する熱エネルギーをサブストレート 76 に要求される熱エネルギーと比べてより小さくし得る。実際にコーティングが概ね 3.5 eV の仕事関数を有するようなフィラメント実施形態では、放出される電子電流密度（すなわち、フィラメントの単位表面積あたり放出される電子の数及び密度に関連する一尺度）は、従来の未コーティングのタングステンフィラメントと比較した場合に同じ温度で概ね 100 倍改善することができる。したがってコーティング式フィラメント 68 は、従来のフィラメントが発生させる電子ビームと

50

比較すると同じ温度においてかなり多くの電子並びにより強力な電子ビーム18を発生させることができる。実際に、概ね4.5 eV未満の仕事関数を有するコーティングによって、従来のフィラメントが発生させる電子ビームと比較して同じ温度においてより強力な電子ビーム18を発生させるフィラメント68を得ることができる。さらにコーティング74は、X線管アセンブリ58内に存在することがあるある種の気体、並びにイオンの後方衝撃（例えば、反跳電子）に耐えるように選択されることがあり、これにより動作寿命の長いコーティング74が得られる。

【0029】

さらに、フィラメント68の熱電子温度（すなわち、電子放出が発生する温度）は、サブストレート76ではなくコーティング74が電子ビーム18の主要な放出層の役割をし得るように調節されることがある。仕事関数がより低いコーティング74は、仕事関数がより高いサブストレートと比べてより低い温度で電子を放出することになる。したがって、フィラメント68の温度を従来のフィラメントの場合の設定値と比べてより低い値（例えば、概ね400の温度値）に設定することができる。コーティング74は、コーティングの仕事関数がより低いためにより低い温度値で電子を放出することになる。より低い動作温度を用いることはさらに、コーティング式フィラメント68の長寿命化において有利となり得る。フィラメント68の障害は従来では熱電子動作の間にフィラメント68の材料が気化することによって生じていた。X線管アセンブリ58の内部で見られるような高真空条件では、材料損失は気化する材料の蒸気圧に比例する可能性がある。炭化ハフニウム、炭化タンタル、ニホウ化ハフニウム、炭化ジルコニウム、窒化ハフニウム、窒化タンタル、窒化ジルコニウム及びニホウ化タンゲステンを含むコーティング74などのコーティング74の実施形態の蒸気圧は、幾つかのケースでは従来のタンゲステンフィラメントと比べて同じ熱電子放出密度において6分の1の低さとなることがある。したがって、コーティング式フィラメント68の寿命は、フィラメント68がより低い材料気化を示し得るためかなり延長されることがある。

【0030】

炭化ハフニウム、炭化タンタル、ニホウ化ハフニウム、炭化ジルコニウム、窒化ハフニウム、窒化タンタル、窒化ジルコニウム、ニホウ化タンゲステン及びこれらの誘導体などの化学物質を用いる別の利点は、サブストレート76上に配置したときに得られるコーティング74を極めて安定とし得ることにある。すなわちフィラメント68は高温（例えば、概ね2500を超える温度）に曝されることがあるが、コーティング74が融解したり、下にあるサブストレート76とで合金や溶液を形成することない。実際にコーティング74は、概ね3400を超える融点を含め、サブストレート76と比べてより高い融点を有することがある。さらにコーティング74の実施形態は合同性の（congruent）気化を示すこと、すなわちハフニウム対炭素の比などコーティング内のある種の化学物質の比率を気化の間で一定に保つことができる。したがって化学的組成の変化によって熱電子電子放出に生じ得る変動がほとんどまたは全くない。

【0031】

図3はさらに、電子集束レンズとして使用し得る4つのバイアス電極（すなわち、長手内部（L-lib）バイアス電極60、幅左側（W-l）バイアス電極62、長手外部（L-ob）バイアス電極64及び幅右側（W-r）バイアス電極66）によって取り囲まれたコーティング式フィラメント68を表している。バイアス電極60、62、64、66を取り囲むように遮蔽70を位置決めし、これを陰極電位に接続させることがある。遮蔽70は例えば、電極幾何形状の先鋭な特徴に由来するピーク電界を緩和し、これにより高電圧安定度を向上させるのに役立て得る。図示した実施形態では、遮蔽70はさらにコーティング74も取り囲んでいる。上で言及したように平坦なフィラメント68の温度は、電子の大部分がフィラメント68のサブストレートからではなくコーティング74から放出されるように調節することができる。したがって、電子の大部分はコーティング74により画定されるプラナー領域と垂直な方向に出ることができる。したがって得られた電子ビーム18はバイアス電極60、62、64及び66によって取り囲まれている。バイア

10

20

30

40

50

ス電極 60、62、64 及び 66 は、能動的なビーム操縦を用いて陽極 16 上の極めて小さい焦点 72 内に電子ビーム 18 を集束させるのに役立て得る。すなわちバイアス電極 60、62、64 及び 66 はそれぞれ、電子ビーム 18 を電氣的に偏向させるための双極子場を生成することがある。電子ビーム 18 の偏向は次いで、電子ビーム 18 の焦点ターゲット調整の支援のために用いることがある。幅バイアス電極 62、66 は得られる焦点 72 の幅の規定に役立てるために使用することができ、一方長手バイアス電極 60、64 は得られる焦点 72 の長さの規定に役立てるために使用することができる。図 4 に示したもののなどの成形した放出性コーティングをバイアス電極 60、62、64 及び 66 の使用と組み合わせることによって、従来の X 線フィラメント実施形態と比較してかなり改善した焦点性能を実現することが可能である。実際にコーティング 74 の単独での使用あるいは

10

20

30

40

50

【0032】

図 4 を見ると本図は、部分コーティングされたフィラメント 68 の一実施形態を表している。図示した実施形態ではコーティング 74 は、矩形パターンで被着されさもなければ形成されると共に、サブストレート 76 の中心に位置決めされている。別の実施形態ではそのコーティング 74 はサブストレート 76 を完全に覆うことがあり、あるいは別の形状を含み得ることを理解すべきである。実際に、任意の数のコーティング形状またはパターンをサブストレート 76 上に配置させることがある。ある種の実施形態ではそのコーティング 74 は、化学蒸着法 (CVD) による、スパッタリングによる、または別の層形成技法によって製造されることがある。さらにコーティング式フィラメント 68 を製造するために、粉体加圧成形 (powder pressing)、高エネルギーボールミル加工、及び/または焼結などの別の技法が用いられることもある。追加的な製造技法の 1 つは高温浸炭の使用を含むことがある。高温浸炭では、例えばハフニウムなどのコーティング用化学物質を、ある種の形状またはパターンでフィラメント 68 の上に被着させることがある。一実施形態ではそのフィラメント 68 は次いで、炉などの外部ソースによって加熱を受けることがある。別の実施形態ではそのフィラメント 68 は次いで、高温での動作によってそれ自身で熱を発生させることがある。この 2 つのいずれの実施形態においても、フィラメントの加熱が炭化ハフニウムとなるようなハフニウムの浸炭を生じさせ、これにより炭化ハフニウムコーティング 74 が生成されることになる。タンタルやジルコニウムなどの別の化学物質を高温浸炭技法と連携して使用し得ることを理解すべきである。コーティング 74 の形状やパターンを規定するために使用し得る別の製造技法は、フォトリソグラフィ、フォトマスクング、マイクロリソグラフィ、その他などのマイクロチップ製作技法を含む。

【0033】

図 4 に示した実施形態では、幅 w を有するサブストレートのエッジの一部が未コーティングのまま残されるようにサブストレート 76 上に矩形のコーティング 74 を配置させている。上で言及したようにフィラメント 68 の熱電子温度は、コーティング 74 を主要放出表面として使用することによって電子ビーム 18 が生成されるように調整されることがある。したがって、サブストレート 76 の未コーティングのエッジの幅 w の値を、X 線管の電子ビーム集束機能を最適化するように選択することができる。電子ビームの集束機能は、放出された電子の大部分が所望の焦点 72 位置で陽極 16 に当たるように幅 w の値を選択することによって最適化することができる。さらに、サブストレート 76 のエッジが未コーティングのまま残されているため、極めてわずかな数の電子 (あったとしても) しかなサブストレート 76 の側面から放出されないことがある。したがって電子はターゲット陽極 16 から離れるように導かれることなくその多くの部分がターゲット陽極 16 に直に導かれるため、無駄になる電子の量が最小化される。

【0034】

図 5 を見ると本図は、サブストレート 76 上の格子パターンとしてコーティング 74 が

配置されたフィラメント 68 の一実施形態を表している。実際に、図示した格子パターンなどの任意の数のパターンが使用されることがある。例えば、焦点 72 の複数の様式を可能にするようなパターンが選択されることがある。あるモダリティでは、電子の大部分がコーティング 74 によってのみ放出されるようにその熱電子温度が調整されることがある。別のモダリティでは、コーティング 74 とサブストレート 76 の両方によって電子が放出されるようにその熱電子温度が調整されることがある。したがって、単一のコーティング式フィラメント 68 を用いることによって 2 つの焦点を生成させることがある。第 1 の焦点はコーティング 74 からの放出によって生成されることがあり、一方第 2 の焦点はコーティング 74 からの放出とサブストレート 76 からの放出の合成によって生成されることがある。したがって、任意のタイプのパターンでコーティングする能力は、例えば単一のフィラメント 68 による 2 つの焦点 72 の生成によって焦点 72 の柔軟性を可能にしている。

【0035】

複数の焦点 72 の生成に有用なある種の実施形態では、単一のフィラメント 68 がバイアス電極 60、62、64、66 のうちの 1 つまたは幾つかと組み合わせて使用される。これらの実施形態では、バイアス電極 60、62、64、66 のうちの 1 つまたは幾つかによって電子ビームを 1 つまたは複数の焦点 72 に能動的に偏向させることがある。例えば、バイアス電極 60、62、64、66 のうちの 1 つまたは幾つかは双極子場を最小化することによって第 1 の幅広の焦点 72 を画定することがある。双極子場を強めることによって、より幅狭の第 2 の焦点 72 が画定されることがある。実際に、双極子場に対する能動的な操作によって任意の数及びタイプの焦点を画定することができる。

【0036】

さらに別の実施形態では、複数の焦点 72 を画定するために複数のフィラメント 68 を使用することがある。サイズ、形状、コーティングパターン、熱電子温度、その他を含むフィラメントの特性に基づいて、複数のフィラメント 68 の各々が 1 つの焦点 72 を画定することがある。したがって、様々なタイプの焦点 72 (例えば、異なる表面積を有する焦点 72) を画定するために幾つかのフィラメント 68 が使用されることがある。さらに複数のフィラメント 68 を利用する実施形態では、上述のような複数の焦点 72 の画定及び生成を支援するためにバイアス電極 60、62、64、66 のうちの 1 つまたは幾つかの利用が組み合わされることがある。

【0037】

図 6 は、そのフィラメント 68 がスロット付きの平坦なフィラメント 68 であるようなフィラメント 68 の一実施形態を表している。複数のスロット 77 がフィラメント 68 のサブストレート 76 上に配置され、これにより概ねジグザグの形状を有するフィラメント 68 が得られる。このスロット 77 によってフィラメント 68 の断面積が低減される。したがって、加熱電流が低減させた断面を通過して流れるため、フィラメント 68 を加熱させ得る加熱電流を大幅に (例えば、概ね 20 A 未満の値まで) 低減することができる。加熱電流のこの低減によって、フィラメント 68 の効率及び寿命の上昇を得ることができる。陰極アセンブリ 14 に対するサブストレート 76 の固定を支援するために、サブストレート 76 内に 2 つの開口部 79 を含めている。

【0038】

図 6 に示した実施形態では、サブストレート 76 上に複数の矩形の形状をしたコーティング 74 を配置させている。上で言及したように、電子の大部分がコーティング 74 によってのみ放出されるようにフィラメント 68 の熱電子温度を調整することによって、コーティング 74 を電子の放出に使用することがある。上で記載したコーティング 74 及びそのコーティングパターンは、以下で図 7 を参照しながらより詳細に記載するワインド式フィラメントの実施形態などの別のフィラメント実施形態上に配置されることがあることを理解すべきである。

【0039】

図 7 は、ワイヤサブストレート 80 のターゲットに対面する表面上に設置させたコーテ

10

20

30

40

50

ィング74を含むwind式フィラメント78の一実施形態を表している。従来のwind式フィラメントは典型的には、wind式フィラメントの表面全体にわたって電子を放出する。したがって、従来のフィラメントのワイヤのうち陽極16の方向を向いていない部分からの電子放出のためにかなりの量のエネルギーが使用されてしまう。実際に、wind式フィラメント78の下側の巻き線の上側表面などの従来のwind式フィラメントの表面の大部分は通常、ターゲット陽極16から外れた方向を向いている。これに対して開示した実施形態によれば、コーティング74が常に陽極16と対面するようにワイヤサブストレート80上にコーティング74を設置させることが可能である。

【0040】

上で言及したように、wind式フィラメント78の温度は、コーティング74が主要放出層の役割をするように調整することができる。したがって、陽極16と対面するようにコーティング74を設置することによって、放出された電子18の多くの部分を陽極16上の極めて小さい焦点に当てることができる。したがって、コーティングしたwind式フィラメント78は従来のwind式フィラメントと比較したときに焦点性能の向上及び陰極・ターゲット間距離の増大を提供することが可能である。さらにコーティングwind式フィラメント78によれば、従来のワイヤwind式フィラメントと比較してより長い寿命を実現し得る。コーティング74の気化特性によって材料気化の削減が可能になり、これによりフィラメント78の動作寿命が増大する。実際にwind式フィラメント78を含め本明細書に開示したすべてのフィラメント実施形態によってより長い寿命を実現し得る。

【0041】

図8を見ると本図は、反射体カップ84内に位置決めされている直線状ワイヤフィラメント82の一実施形態を表している。図示した実施形態では、ワイヤサブストレート80はwind状態ではなく直線状のワイヤである。コーティング74はワイヤサブストレート80のうち陽極と対面する表面上に設置されることがあり、次いでワイヤサブストレート80が反射体カップ84の内部に設置されることがある。反射体カップ84は、電子ビーム18に対する受動的な整形によって電子ビーム18の集束を支援する。電子ビーム18に対する受動的な整形は、カップ84の幾何学形状、カップ内におけるワイヤフィラメント82の配置、及び/またはワイヤサブストレート80上でのコーティング74の設置を介して実現し得る。例えばカップ84の湾曲部分85は、より幅広のビーム18を画定するために外向きに湾曲させることや、より幅狭のビーム18を画定するために内向きに湾曲させることがある。ワイヤフィラメント82はより幅広のビーム18を画定するためにカップ84内のより高い高さ位置に設置されることがある。コーティング74は、より幅広のビーム18を画定するためにワイヤフィラメント82の表面のより大きな部分上に設置させることや、より幅狭のビームを画定するためにワイヤフィラメント82の表面のより小さい部分上に設置させることがある。実際に、受動的な電子ビーム18の整形の使用を介して多種多様な焦点72に至れるように、任意の数のカップ84形状、ワイヤフィラメント82箇所、及び/またはコーティング設置を使用することがあり得る。図2、3、4、5及び6に記載した平坦なフィラメント68などの任意の数のコーティング式フィラメントの実施形態をカップ84などの反射体カップと一緒に使用できることを理解すべきである。実際に、開示したコーティング式フィラメントの実施形態は、反射体カップ84と一緒に、かつ/または図2及び3に示したバイアス電極60、62、64及び66と一緒に使用し得る。

【0042】

図9を見ると本図は、間接加熱放出で使用し得るコーティング74を有する湾曲した円盤フィラメント放出体86の一実施形態を表している。電子は、材料の加熱のされ方の如何によらず材料から放出され得る。この材料は、直接加熱されることや、例えば材料自体が電子によって叩かれることによって間接的に加熱されることがある。すなわち、加熱を生じさせるために電子放出それ自体を使用し、これにより熱電子効果及び追加的な電子放

出を生じさせることがある。図示したように、直接型加熱のタングステンワイヤなどの電子発生源 88 は、電子ビーム 90 を放出し、この電子ビーム 90 を湾曲した円盤フィラメント 86 の後ろ側上に集束するように導くことがある。電子ビーム 90 は湾曲した円盤フィラメント 86 上に当たり、この湾曲円盤フィラメント 86 の温度を上昇させることがある。湾曲円盤フィラメント 86 の熱は次いで、例えば熱伝導を介してコーティング 74 に移されることがある。したがってコーティング 74 は、熱電子効果によってコーティング 74 が電子を放出する点まで加熱されることがある。実際に電子発生源 88 の役割をワイヤがしているようなある種の実施形態では、当該ワイヤが発生させる電子数と比べてコーティング 74 によってより多くの電子を発生させることができる。

【0043】

湾曲した円盤放出体 86 の湾曲したサブストレート 87 は、極めて小さい焦点 72 になるように電子ビーム 18 を最適に発生させるような形状とさせることがある。したがって、所望のサイズ及び焦点 72 からの距離に基づいて、湾曲したサブストレート 87 の曲率（すなわち、勾配）が算出されることがある。湾曲したサブストレート 87 の勾配を大きくすると電子ビーム 18 が小さくより近い焦点 72 に集束することになる。湾曲したサブストレート 87 の勾配を小さくすると、電子ビーム 18 がより大きくより遠い焦点 72 に集束することになる。同様に、コーティング 74 は電子ビーム 18 の集束も支援し得る。例えば、サブストレート 87 のより大きな区域をコーティングするとより強力な電子ビーム 18 が生じることになり、若干大きくなった焦点 72 上に当たることがある。焦点性能を向上させるためにさらに、湾曲した放出体 86 を反射体カップ 84 内に設置すること、かつ/または図 2 及び 3 に示したようなバイアス電極 60、62、64 及び 66 と一緒に使用することがある。

【0044】

開示した X 線管陰極並びに得られる X 線管アセンブリは、既存の撮像システムに後付けできることを理解すべきである。すなわち、開示した陰極実施形態を包含した X 線管により従来の X 線管を置き換えることができる。X 線管の置き換え以外は、後付けした撮像システムについて他の修正は全く不要である。例えばより低い動作温度などその他の最適化を希望するような後付けでは、後付けした撮像システムの駆動が修正されることがある。

【0045】

本発明の技術的効果には、陰極・ターゲット間距離を増大させる機能、焦点サイズを小さくする能力、従来のエネルギーレベルを用いた X 線放射の発生の大幅な増大、並びにフィラメントの持続時間の増大が含まれる。陰極・ターゲット間距離を増大させると、X 線管アセンブリの内部に電子回収体やビーム操縦用マグネットなどの別のデバイスの設置が可能になる。開示した実施形態によれば、電子ビームの品質及びパワーを大幅に向上させるような追加的な集束システム、様式及び技法が可能となる。

【0046】

この記載では、本発明（最適の形態を含む）を開示するため、並びに当業者による任意のデバイスやシステムの製作と使用及び組み込んだ任意の方法の実行を含む本発明の実施を可能にするために例を使用している。本発明の特許性のある範囲は本特許請求の範囲によって規定していると共に、当業者により行われる別の例を含むことができる。こうした別の例は、本特許請求の範囲の文字表記と異なる構造要素を有する場合や、本特許請求の範囲の文字表記と実質的に差がない等価的な構造要素を有する場合があるが、本特許請求の範囲の域内にあるように意図したものである。

【符号の説明】

【0047】

- 10 撮像システム
- 12 X 線源
- 14 陰極アセンブリ
- 16 陽極
- 18 電子ビーム

10

20

30

40

50

2 0	X線ビーム	
2 2	コリメータ	
2 4	対象	
2 6	減衰部分	
2 8	検出器	
3 0	システム制御器	
3 2	直線位置決めサブシステム	
3 4	回転サブシステム	
3 6	モータ制御器	
3 8	X線制御器	10
4 0	データ収集システム	
4 2	コンピュータ	
4 4	データ処理回路	
4 6	メモリ	
4 8	オペレータワークステーション	
5 0	ディスプレイ	
5 2	プリンタ	
5 4	画像蓄積伝送システム (P A C S)	
5 6	リモートシステム	
5 8	X線管アセンブリ	20
6 0	バイアス電極	
6 2	バイアス電極	
6 4	バイアス電極	
6 6	バイアス電極	
6 8	フィラメント	
6 9	引出電極	
7 0	遮蔽	
7 1	開口部	
7 2	焦点	
7 4	コーティング	30
7 6	サブストレート	
7 7	スロット	
7 8	フィラメント	
7 9	開口部	
8 0	サブストレート	
8 2	フィラメント	
8 4	反射体カップ	
8 5	湾曲部分	
8 6	湾曲した円盤フィラメント	
8 7	湾曲したサブストレート	40
8 8	電子発生源	
9 0	電子ビーム	

【 図 1 】

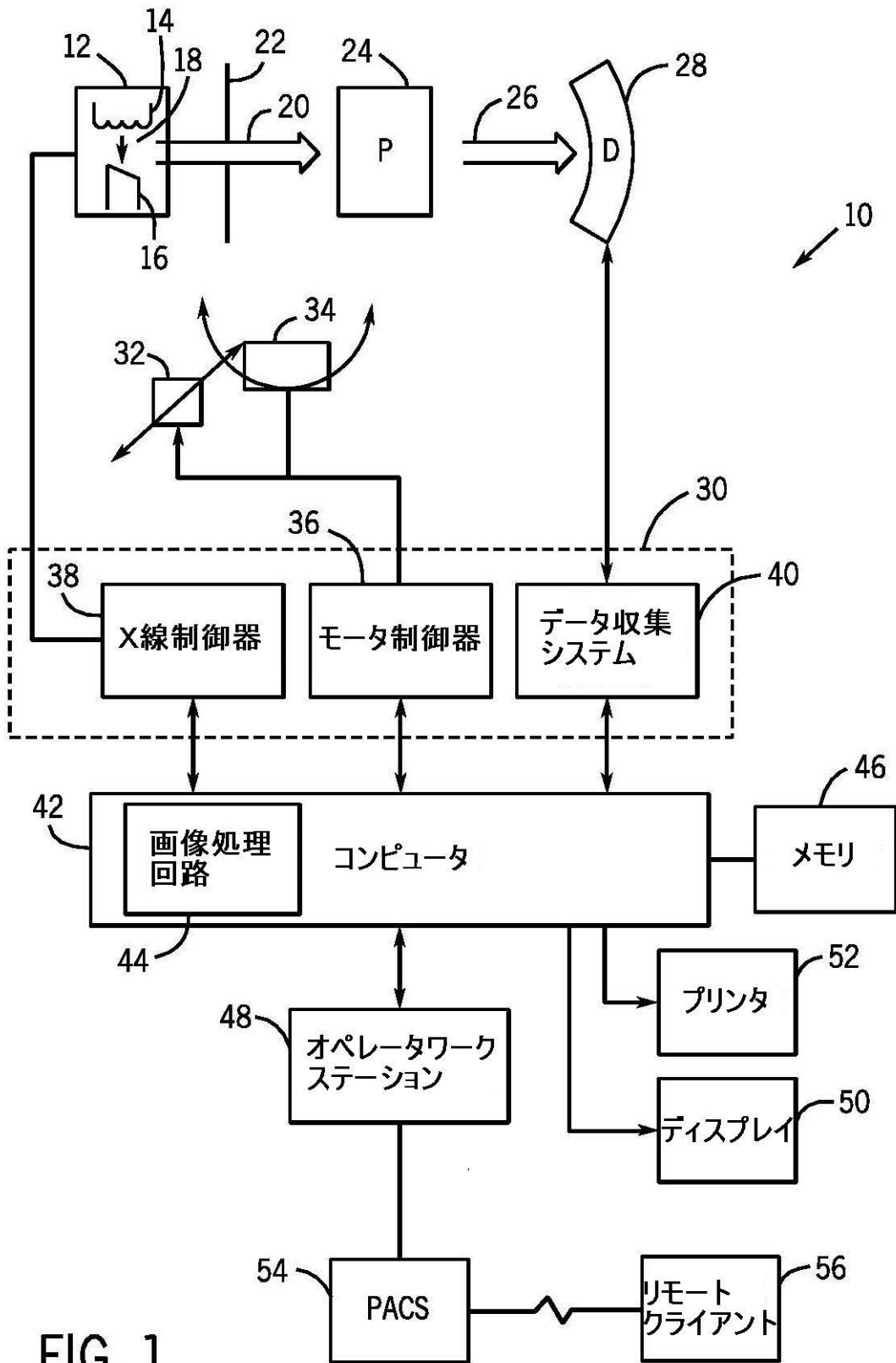
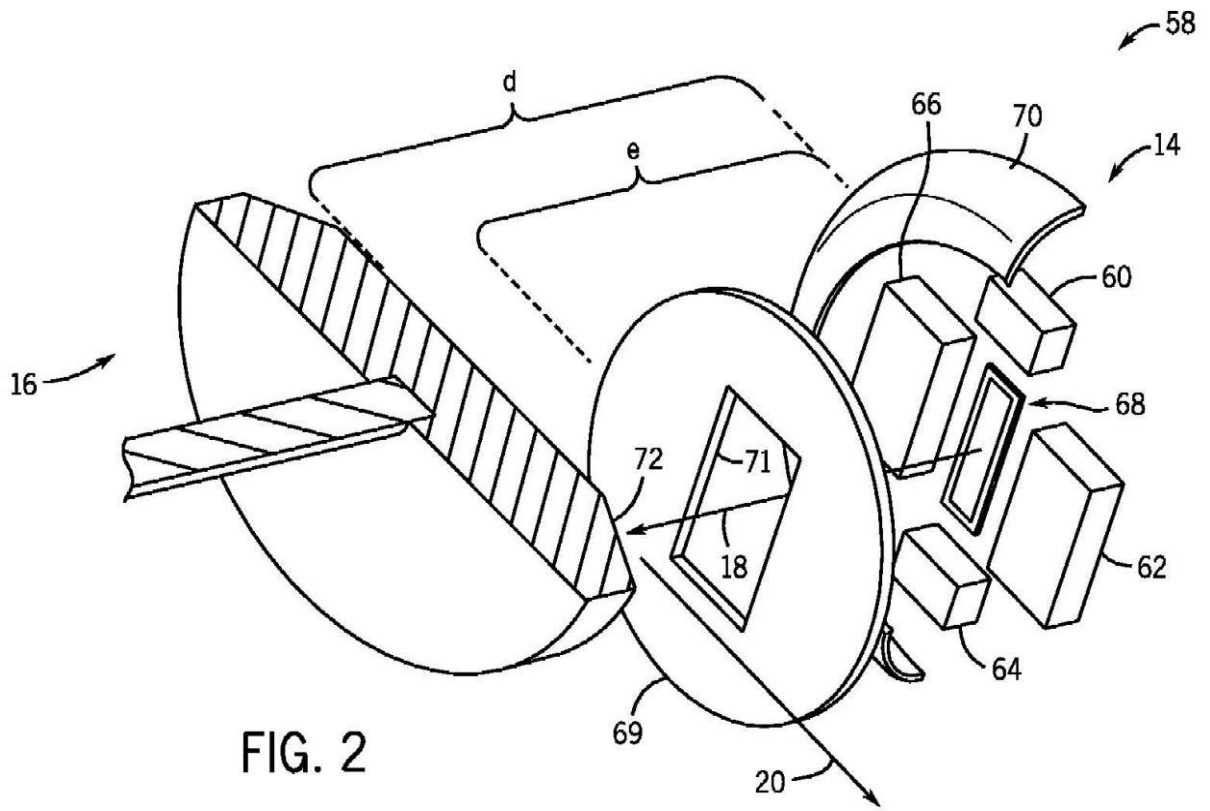


FIG. 1

【 図 2 】



【 図 3 】

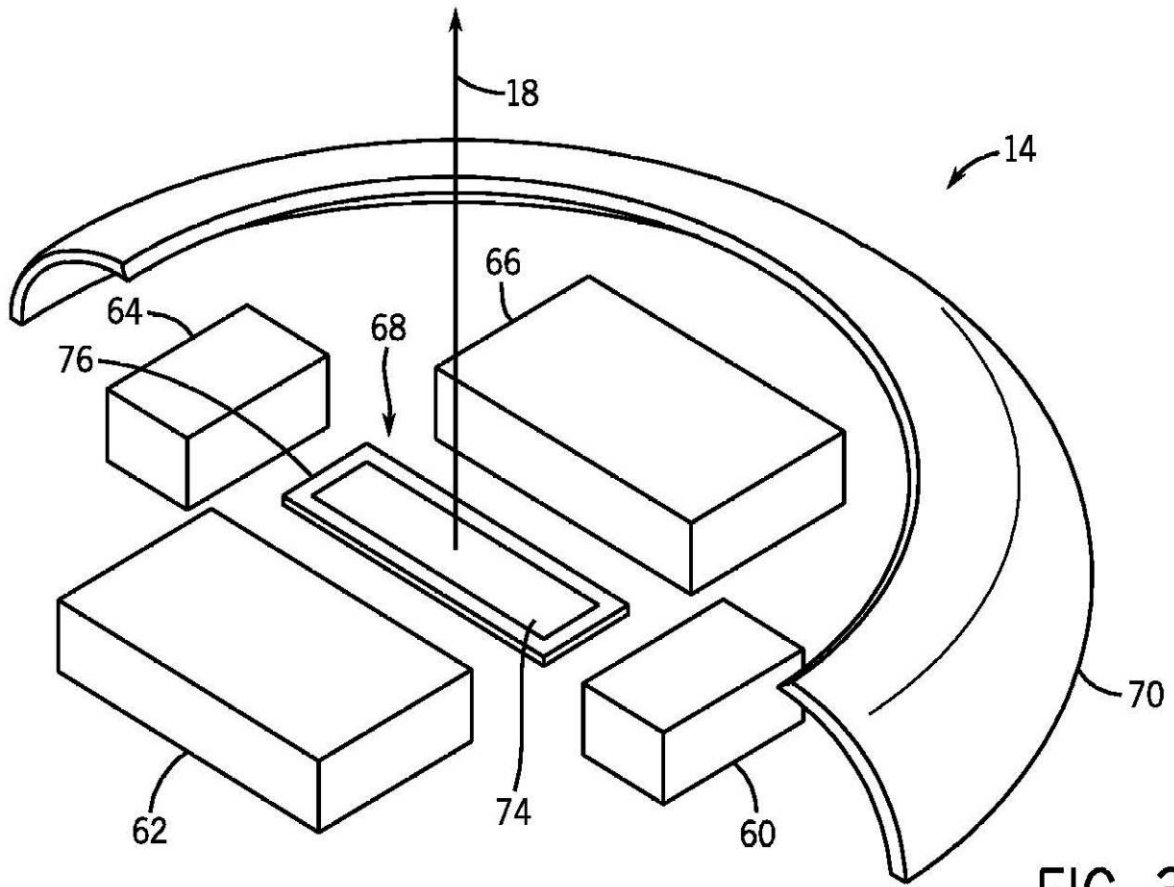


FIG. 3

【 図 4 】

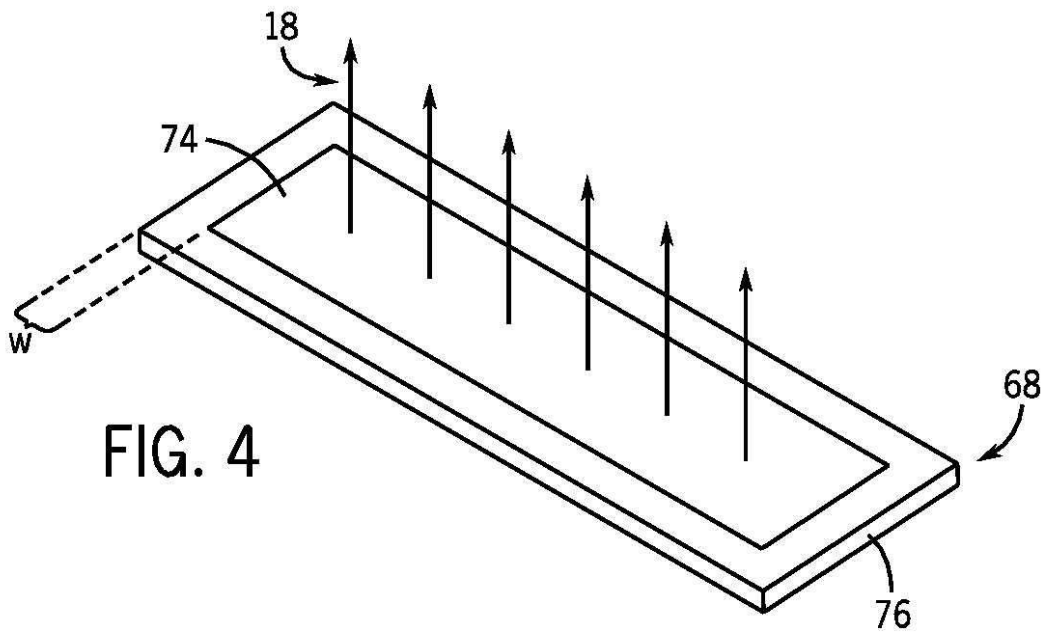
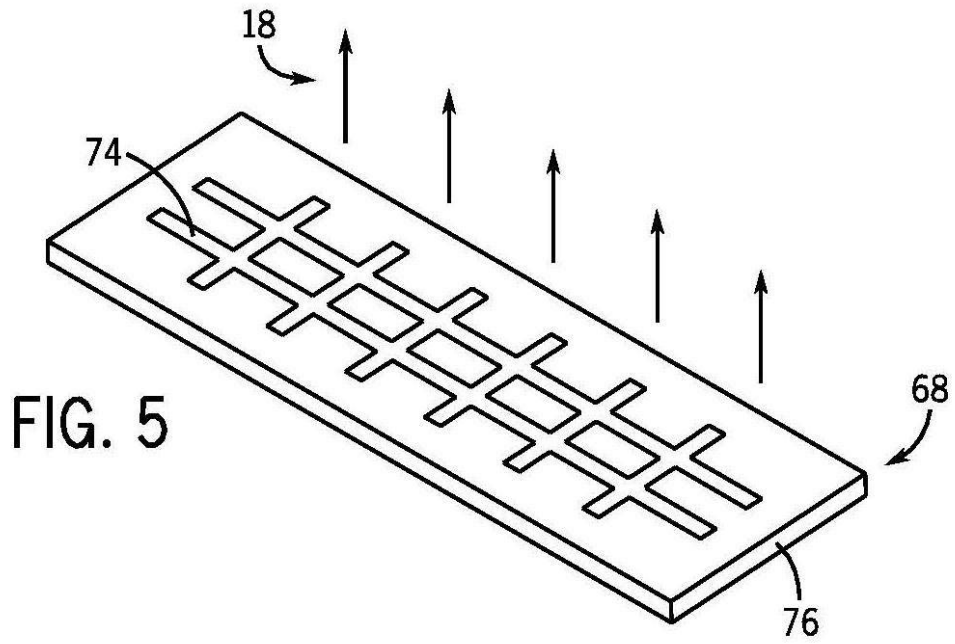
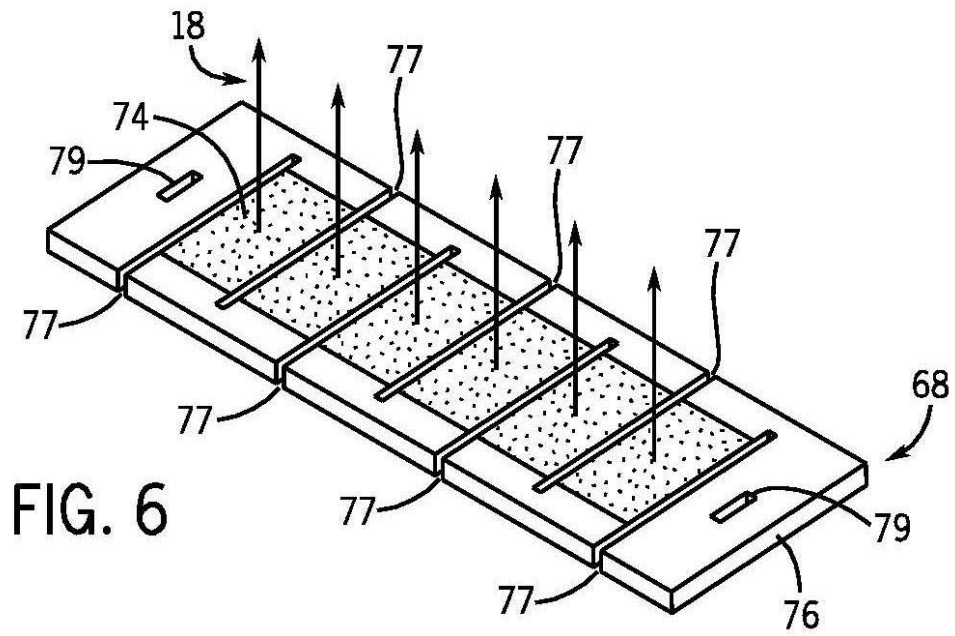


FIG. 4

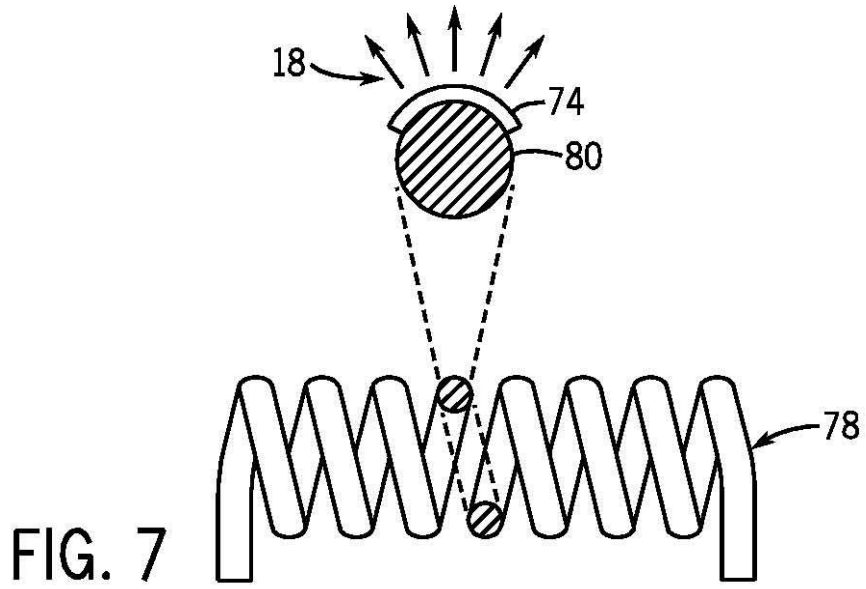
【 図 5 】



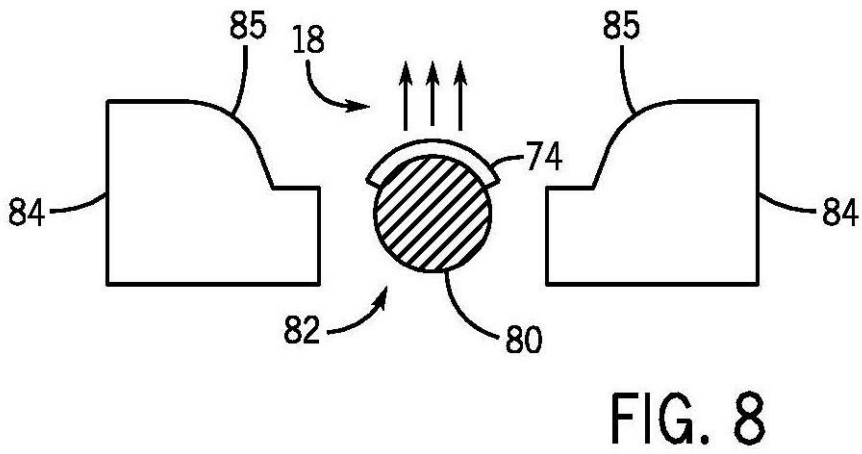
【 図 6 】



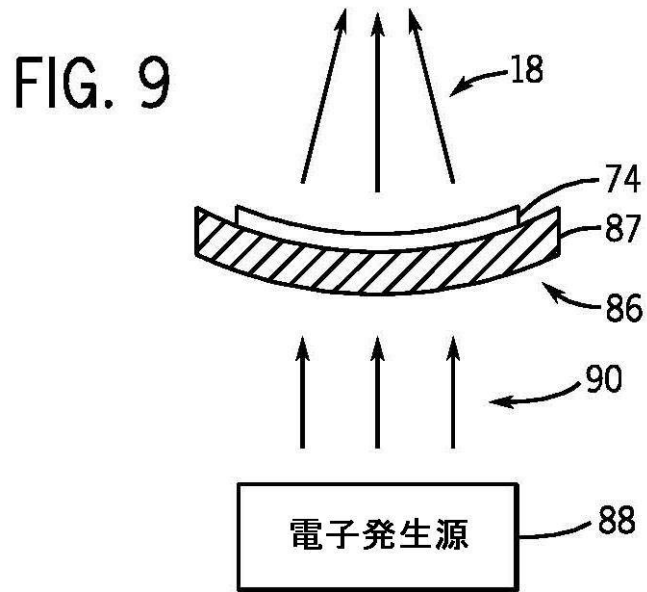
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジュリン・ワン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、リサーチ・サークル、1番
- (72)発明者 セルジイ・ザリュボフスキー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、リサーチ・サークル、1番
- (72)発明者 アンドレイ・イヴァノヴィッチ・メシュコフ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、リサーチ・サークル、1番