

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4268471号
(P4268471)

(45) 発行日 平成21年5月27日 (2009.5.27)

(24) 登録日 平成21年2月27日 (2009.2.27)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 J 9/02 (2006.01)

H O 1 J 9/02 B

H O 1 J 1/304 (2006.01)

H O 1 J 1/30 F

H O 1 J 35/06 (2006.01)

H O 1 J 35/06 B

H O 1 J 63/06 (2006.01)

H O 1 J 63/06

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-272129 (P2003-272129)
 (22) 出願日 平成15年7月9日 (2003.7.9)
 (65) 公開番号 特開2005-32638 (P2005-32638A)
 (43) 公開日 平成17年2月3日 (2005.2.3)
 審査請求日 平成18年6月6日 (2006.6.6)

(73) 特許権者 000002303
 スタンレー電気株式会社
 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号
 (74) 代理人 100091340
 弁理士 高橋 敬四郎
 (74) 代理人 100105887
 弁理士 来山 幹雄
 (72) 発明者 松本 貴裕
 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 ス
 タンレー電気株式会社内
 (72) 発明者 三村 秀典
 宮城県仙台市青葉区栗生1-9-9
 審査官 山口 剛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷陰極の製造方法、及び冷陰極を用いた装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) グラファイト製の基板またはグラファイト製の線状部材を準備する工程と、
 (b) 前記基板または線状部材の表面をプラズマに晒す処理、前記基板または線状部材の表面の機械的研磨を行う処理、及び前記基板または線状部材の表面にレーザビームを照射する処理からなる群より選択された少なくとも1つの処理を行うことにより、該基板または線状部材の表面に、高さがあうねりをもった尾根状の凹凸を形成する工程と
 を有する冷陰極の製造方法。

【請求項2】

(a) グラファイト製の基板またはグラファイト製の線状部材を準備する工程と、
 (b) 前記基板または線状部材の表面を水素プラズマに晒すことにより、該基板または線状部材の表面に、高さがあうねりをもった尾根状の凹凸を形成する工程と
 を有する冷陰極の製造方法。

【請求項3】

表面に、母材と一体の微細な突起であって、高さがあうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極に対向するように配置された電子引出電極と、

前記冷陰極と前記電子引出電極とに、該冷陰極から電子が放出される大きさの電圧を印加する第1の電源と、

前記冷陰極から放出された電子が衝突する位置に配置され、電子の衝突によって放射線

10

20

を放射するターゲットと、

前記ターゲットに、前記電子引出電極に対して正の電圧を印加する第2の電源とを有し、前記ターゲットが、尖った先端を有する導電性材料で形成されており、前記冷陰極の表面の任意の点を中心として前記ターゲットの先端を通過する仮想的な球面を描いた時、該ターゲットが前記仮想的な球面の内側に入らないように配置されている放射線源。

【請求項4】

表面に、母材と一体のであって、高さがうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極に対向するように配置され、該冷陰極から電子を放出させる電圧が印加される電子引出電極と、

前記冷陰極から放出された電子を加速する電界を発生させる陽極と、

前記陽極により加速された電子が衝突する位置に配置され、電子の衝突によって光を放射する蛍光材料からなる蛍光部材と

を有する照明装置。

【請求項5】

表面に、母材と一体の微細な突起であって、高さがうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極に対向するように配置され、該冷陰極から電子を放出させる電圧が印加される電子引出電極と、

相互に異なる電圧が印加され、前記冷陰極から放出された電子を加速する電界を発生させる第1及び第2の陽極と、

前記第1及び第2の陽極により加速された電子が衝突する位置に配置され、電子の衝突によって可視光を放射する蛍光材料からなる蛍光部材と、

前記第1の陽極によって加速された電子の衝突する位置から放射された第1の可視光を前方に集光させる第1の集光器と、

前記第2の陽極によって加速された電子の衝突する位置から放射された第2の可視光が、前記第1の可視光の照射領域からずれた領域に照射されるように、該第2の可視光を集光させる第2の集光器と

を有する照明装置。

【請求項6】

表面に、母材と一体の微細な突起であって、高さがうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極の周囲を取り囲むように配置され、該冷陰極から電子を放出させる電圧が印加される金属層と、

前記金属層に印加された電圧によって前記冷陰極から放出された電子が入射し、電子の入射によって蛍光を放射する蛍光体層と

を有する照明装置。

【請求項7】

表面に、母材と一体の微細な突起であって、高さがうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極に対向するように配置されたアノード電極と、

前記冷陰極と前記アノード電極とに、該冷陰極から電子が放出される大きさの電圧を印加する第1の電源と

を有する冷陰極装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷陰極の製造方法、及び冷陰極を用いた装置に関し、特に冷陰極の表面に電界を発生させて、その電界により冷陰極から電子を放出させる冷陰極の製造方法、冷陰極装置、冷陰極を用いた放射線源及び照明装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

真空中に置かれた金属の表面に閾値以上の電界を発生させると、金属中の電子が、表面近傍のポテンシャル障壁を量子トンネル効果によって通過し、室温でも真空中に放出される。この現象を、冷陰極電界放出、または単に電界放出（フィールドエミッション）と呼ぶ。近年、冷陰極電界放出を利用した平面型の画像表示装置（フィールドエミッションディスプレイ：FED）が提案され、陰極線管（CRT）に代わる表示装置として期待されている。

【0003】

電界放出型冷陰極装置の代表的な例として、スピント（C. A. Spindt）らの提案によるスピント型冷陰極装置が挙げられる。スピント型冷陰極装置においては、モリブデン等からなる微小な円錐状の突起を冷陰極として用いる。ところが、微小な円錐状の突起を、形状の再現性良く作製することが困難であり、製造歩留まりが低い。

10

【0004】

特許文献1～特許文献4に、カーボンナノチューブ等を用いた冷陰極装置が開示されている。これらの冷陰極装置では、支持基板上に形成されたカーボンナノチューブが冷陰極として作用する。また、特許文献1の従来技術の欄に、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）薄膜やダイヤモンド薄膜を支持基板上に堆積させ、この薄膜を冷陰極として用いる技術が開示されている。

【0005】

20

【特許文献1】特開2003-86080号公報

【特許文献2】特開2003-86079号公報

【特許文献3】特開平11-329312号公報

【特許文献4】特開平10-149760号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

支持基板上にカーボンナノチューブ等を形成した構造では、カーボンナノチューブ等と支持基板との間で十分な密着性が得られない。また、支持基板上に形成されたカソード電極と冷陰極との界面での電圧降下が、電子放出特性の劣化（電流飽和）の原因になる。また、界面に電流が集中することにより、冷陰極の破壊等が生じやすくなる。

30

【0007】

本発明の目的は、冷陰極と支持基板との密着性が問題にならず、良好な電子放出特性を実現可能な冷陰極装置及びその製造方法を提供することである。

【0008】

本発明の他の目的は、上記冷陰極装置を利用した放射線源及び照明装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一観点によると、

40

（a）グラファイト製の基板またはグラファイト製の線状部材を準備する工程と、

（b）前記基板または線状部材の表面をプラズマに晒す処理、前記基板または線状部材の表面の機械的研磨を行う処理、及び前記基板または線状部材の表面にレーザビームを照射する処理からなる群より選択された少なくとも1つの処理を行うことにより、該基板または線状部材の表面に、高さがうねりをもった尾根状の凹凸を形成する工程とを有する冷陰極の製造方法が提供される。

【0010】

本発明の他の観点によると、

（a）グラファイト製の基板またはグラファイト製の線状部材を準備する工程と、

（b）前記基板または線状部材の表面を水素プラズマに晒すことにより、該基板または

50

線状部材の表面に、高さがうねりをもった尾根状の凹凸を形成する工程とを有する冷陰極の製造方法が提供される。

【 0 0 1 1 】

本発明のさらに他の観点によると、

表面に、母材と一体の微細な突起であって、高さがうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極に対向するように配置された電子引出電極と、

前記冷陰極と前記電子引出電極とに、該冷陰極から電子が放出される大きさの電圧を印加する第 1 の電源と、

前記冷陰極から放出された電子が衝突する位置に配置され、電子の衝突によって放射線を放射するターゲットと、

前記ターゲットに、前記電子引出電極に対して正の電圧を印加する第 2 の電源とを有し、前記ターゲットが、尖った先端を有する導電性材料で形成されており、前記冷陰極の表面の任意の点を中心として前記ターゲットの先端を通過する仮想的な球面を描いた時、該ターゲットが前記仮想的な球面の内側に入らないように配置されている放射線源が提供される。

【 0 0 1 2 】

本発明のさらに他の観点によると、

表面に、母材と一体のであって、高さがうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極に対向するように配置され、該冷陰極から電子を放出させる電圧が印加される電子引出電極と、

前記冷陰極から放出された電子を加速する電界を発生させる陽極と、

前記陽極により加速された電子が衝突する位置に配置され、電子の衝突によって光を放射する蛍光材料からなる蛍光部材とを有する照明装置が提供される。

【 0 0 1 3 】

本発明のさらに他の観点によると、

表面に、母材と一体の微細な突起であって、高さがうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極に対向するように配置され、該冷陰極から電子を放出させる電圧が印加される電子引出電極と、

相互に異なる電圧が印加され、前記冷陰極から放出された電子を加速する電界を発生させる第 1 及び第 2 の陽極と、

前記第 1 及び第 2 の陽極により加速された電子が衝突する位置に配置され、電子の衝突によって可視光を放射する蛍光材料からなる蛍光部材と、

前記第 1 の陽極によって加速された電子の衝突する位置から放射された第 1 の可視光を前方に集光させる第 1 の集光器と、

前記第 2 の陽極によって加速された電子の衝突する位置から放射された第 2 の可視光が、前記第 1 の可視光の照射領域からずれた領域に照射されるように、該第 2 の可視光を集光させる第 2 の集光器と

を有する照明装置が提供される。

【 0 0 1 4 】

本発明のさらに他の観点によると、

表面に、母材と一体の微細な突起であって、高さがうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極の周囲を取り囲むように配置され、該冷陰極から電子を放出させる電圧が印加される金属層と、

前記金属層に印加された電圧によって前記冷陰極から放出された電子が入射し、電子の入射によって蛍光を放射する蛍光体層と

10

20

30

40

50

を有する照明装置が提供される。

【 0 0 1 5 】

本発明のさらに他の観点によると、

表面に、母材と一体の微細な突起であって、高さがうねりを持った尾根状の凹凸が形成されたグラファイトからなる冷陰極と、

前記冷陰極に対向するように配置されたアノード電極と、

前記冷陰極と前記アノード電極とに、該冷陰極から電子が放出される大きさの電圧を印加する第 1 の電源と

を有する冷陰極装置が提供される。

【発明の効果】

10

【 0 0 1 6 】

グラファイトからなる部材の表面に凹凸を形成することにより、冷陰極として用いることが可能になる。この冷陰極の表面の凸部は、本来グラファイト基板と一体であったものであるため、基板と凸部との密着性が問題になることはない。また、両者の間に明確な界面は存在しないため、基板と凸部との接触抵抗に起因する電子放出特性の劣化もない。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 7 】

【実施例 1】

【 0 0 1 8 】

本発明の第 1 の実施例による冷陰極の製造方法について説明する。表面が鏡面状のグラファイト製の基板を準備する。この基板の表面を水素プラズマに晒す。この水素プラズマ処理は、例えば、マイクロ波プラズマエッチング装置を用いて行うことができる。

20

【 0 0 1 9 】

図 1 (A) に、水素プラズマ処理前のグラファイト基板の表面の走査型電子顕微鏡 (S E M) 写真を示し、図 1 (B) に、水素プラズマ処理後のグラファイト基板の表面の S E M 写真を示す。図 1 (B) に示したグラファイト基板は、マイクロ波プラズマエッチング装置を用い、入力 R F パワー 8 0 0 W、圧力約 1 3 3 0 P a (約 1 0 T o r r)、水素流量 8 0 s c c m の条件で 3 0 分間の水素プラズマ処理を行ったものである。

【 0 0 2 0 】

図 1 (A) に示されるように、水素プラズマ処理前の基板表面は、ほぼ平坦である。水素プラズマ処理を行うと、図 1 (B) に示されているように、面内の寸法が約 0 . 5 μ m 程度の微細な凹凸が形成される。一つの窪みと、それに隣接する窪みとの境界に尾根状の凸部が形成されていると考えられる。この尾根状の凸部の高さは一定ではなく、うねりをもっていると考えられる。このため、尾根状の凸部に沿って、先の尖った突起部が離散的に分布していると考えられる。

30

【 0 0 2 1 】

凹凸の形成されたグラファイト基板の表面に電界を発生させると、突起部の先端に電界が集中する。このため、表面が鏡面状である場合に比べて、グラファイト基板から電子が放出されやすいと考えられる。

【 0 0 2 2 】

40

図 2 に、グラファイト基板の電子放出特性の測定結果を示す。横軸はグラファイト基板の表面に発生する電界を単位「 V / μ m 」で表し、縦軸は、グラファイト基板から放出された電子による電流を単位「 A 」で表す。図中の破線は、水素プラズマ処理前のグラファイト基板の測定結果を示し、実線は、水素プラズマ処理後のグラファイト基板の測定結果を示す。

【 0 0 2 3 】

水素プラズマ処理前の、表面が鏡面状のグラファイト基板からは、ほとんど電子が放出されないことがわかる。水素プラズマ処理により表面に凹凸を形成したグラファイト基板からは、表面の電界が 1 0 V / μ m を超えた領域で電子が放出されていることがわかる。このため、水素プラズマ処理したグラファイト基板は、冷陰極として用いることが可能で

50

ある。電子放出の閾値は、約 $10 \text{ V} / \mu\text{m}$ と考えられる。

【0024】

上記実施例では、表面を水素プラズマに晒すことにより、突起が形成される。このため、支持基板上に多数の突起を成長させるスピント型冷陰極に比べて、製造工程を簡略化することができる。水素プラズマ処理で形成された突起は、本来グラファイト基板と一体であったため、突起と下地との密着性に起因する問題は生じない。また、グラファイト基板自体がカソード電極となるため、突起とカソード電極との接触抵抗に起因する問題も生じない。このように、上記実施例による方法により、低価格、長寿命、かつ安定な冷陰極を作製することができる。

【0025】

水素プラズマ処理は、入力RFパワー $100 \sim 1000 \text{ W}$ 、圧力 $1.33 \times 10^{-2} \sim 1.33 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ ($1 \sim 100 \text{ Torr}$)、水素流量 $5 \sim 100 \text{ sccm}$ 、処理時間 $1 \sim 100$ 分の範囲内の条件で行ってもよい。この範囲内の条件で水素プラズマ処理を行っても、良好な電子放出特性を得ることができる。また、水素プラズマとグラファイト基板との間に適当な電位差を設けると、表面に形成される凹凸の高低差がより大きくなる場合がある。凹凸の高低差が大きくなると、より良好な電子放出特性を得ることができる。

【0026】

上記実施例では、マイクロ波プラズマエッチング装置を用いて水素プラズマ処理を行ったが、その他のプラズマエッチング装置、例えば電子サイクロトロン共鳴 (ECR) プラズマ装置、反応性イオンエッチング (RIE) 装置等を用いてもよい。また、グラファイトを化学的にエッチングするためのガスとして、水素以外に、酸素、 CF_4 等を用いることも可能である。なお、処理条件によっては、化学的なエッチング作用に物理的なスパッタリング作用が共存して、グラファイト基板の表面に凹凸が形成される。

【0027】

上記実施例では、主として化学的なエッチング作用を利用して、グラファイト基板に凹凸を形成したが、主として物理的なスパッタリング作用を利用してもよい。例えば、スパッタリングガスとしてアルゴン (Ar) や窒素 (N_2) を用いることができる。また、サンドブラスト等の機械的な表面処理により、グラファイト基板の表面に凹凸を形成してもよい。また、パルスレーザビームをグラファイト基板の表面に照射して損傷を与えることにより、凹凸を形成してもよい。

【0028】

上述の表面処理を組み合わせてもよい。例えば、機械的な表面処理によって凹凸を形成し、その後化学的なエッチングまたは物理的なスパッタリングを行ってもよい。

【0029】

グラファイト表面に凹凸を形成した後、表面に CO_2 レーザ、Nd:YAG レーザ、エキシマレーザ等のレーザビームを照射することにより、電子放出特性を向上させることができるであろう。カーボンナノチューブを用いた冷陰極にレーザビームを照射すると電子放出特性が向上することが報告されている (例えば、J. S. Kim et. al., "Ultraviolet laser treatment of multiwall carbon nanotubes grown at room temperature" Appl. Phys. Lett. 82, 1607 (2003))。

【0030】

図3に、上記実施例による方法で作製したグラファイト製の冷陰極の電子放出特性を、従来の冷陰極の電子放出特性と比較して示す。横軸は、冷陰極の表面の電界を単位「 $\text{V} / \mu\text{m}$ 」で表し、縦軸は、電子放出に起因する電流を単位「A」で表す。図中の実線a、b、及びcは、それぞれ上記実施例による方法で作製したグラファイト製の冷陰極、FeNi合金基板上に熱CVDで形成したグラファイトナノファイバ (GNF) を用いた冷陰極、及びFeNi合金基板上にプラズマCVDにより形成したカーボンナノチューブ (CNT) を用いた冷陰極の電子放出特性を示す。

【0031】

実施例による方法で作製したグラファイト製の冷陰極のグラフの傾きが、他の2つの冷

10

20

30

40

50

陰極のグラフの傾きよりも急峻である。これは、抵抗成分が小さいことを表している。

【実施例 2】

【0032】

図 4 に、第 2 の実施例による X 線発生装置の概略断面図を示す。ガラスチューブ 1 内に、冷陰極 2、グリッド（電子引出電極）3、及び陽極（ターゲット）4 が配置されている。ガラスチューブ 1 内は、圧力 $1.33 \times 10^{-3} \sim 1.33 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-8} \text{ Torr}$) まで真空排気されている。ガラスチューブ 1 内にチタン等のゲッター材を封入しておくことが好ましい。冷陰極 2 は、上記第 1 の実施例による方法で作製したグラファイト製の基板である。グリッド 3 は、冷陰極 2 の凹凸が形成された面に対向するように配置され、両者の間隔は例えば $50 \mu\text{m}$ に設定される。

10

【0033】

陽極 4 は、グリッド 3 を介して冷陰極 2 に対向するように配置されている。陽極 4 は尖った先端を有し、その先端が冷陰極 2 の方を向くように配置されている。

【0034】

グリッド 3 が接地され、冷陰極 2 に電源 5 が負電圧を印加する。グリッド 3 と冷陰極 2 との電位差は、冷陰極 2 から電子が放出されるのに十分な大きさとする。冷陰極 2 から電子が放出される閾値が約 $10 \text{ V} / \mu\text{m}$ である。このため、冷陰極 2 に印加する電圧を -500 V 以下（冷陰極 2 とグリッド 3 との電位差が 500 V 以上）にすれば、電子を放出させることができる。

【0035】

20

電源 6 が陽極 4 に正電圧を印加する。冷陰極 2 から放出された電子が、グリッド 3 を通り抜けて、陽極 4 に到達する。陽極 4 に到達した電子のエネルギーが陽極材料の特性 X 線のエネルギーよりも大きい場合には、電子の入射位置から X 線が放射される。陽極材料が銅（Cu）である場合、特性 X 線（Cu K）のエネルギーは 8.04 keV である。このため、電源 6 の電圧を 8.04 kV よりも大きくすることにより、X 線を発生させることができる。

【0036】

陽極 4 から発生した X 線 8 は、ガラスチューブ 1 に設けられた X 線透過窓 7 から外部に放射される。X 線透過窓 7 は、X 線の吸収係数の低い材料、例えばベリリウム、グラファイト、ポリイミド、アルミニウム、窒化ボロン等の薄膜で形成されている。X 線透過膜 7 にポリイミド膜を使用する場合、 8.04 keV のエネルギーにおける吸収係数が 6.68 cm^{-1} であるため、ポリイミド膜の厚さを $330 \mu\text{m}$ にすることにより 80% 程度の透過率を得ることができる。

30

【0037】

冷陰極 2 とグリッド 3 とにパルス電圧を印加することにより、冷陰極 2 から電子をパルス的に放出させることができる。これにより、高輝度短パルスの X 線を得ることができる。

【0038】

図 5 を参照して、陽極 4 の形状及び配置について説明する。冷陰極 2 の表面上の点 P_1 を中心として、陽極 4 の先端の点 P_2 を通過する仮想的な球面 S を考える。陽極 4 が仮想的な球面 S の内側に入らない場合、点 P_1 から放出された電子は、陽極 4 までの最短経路を通り、その先端の点 P_2 に到達する。従って、冷陰極 2 の表面上の任意の点について、上記条件が満たされる場合、冷陰極 2 から放出された電子の大部分が、陽極 4 の先端に到達することになる。このとき、X 線光源を点光源と考えることができる。点光源から放射された X 線は、微小な領域に集光させることができる。

40

【0039】

冷陰極 2 が円盤状であり、陽極 4 の先端が円錐状である場合を考える。両者は、円盤状の冷陰極 2 の中心軸と、円錐状の陽極 4 の中心軸とが一致するような位置関係にされている。冷陰極 2 の表面の外周線上の点 P_1 と陽極 4 の先端の点 P_2 とを結ぶ直線と、冷陰極 2 の表面とのなす角度を θ_2 とする。陽極 4 の先端部をその中心軸を含む平面で切断した

50

断面において、頂角に対応する角度の $1/2$ を θ_1 とする。下記の式が満たされる時、X線源を点光源と考えることができる。

【0040】

(数1)

$$\theta_1 < \theta_2 = \arctan(a/b)$$

ここでは、陽極4の形状及び配置を、数式(1)に従って規定することによりX線源を点光源とみなすための条件を示した。一般的に用いられているように、陽極4の先端を先鋭化する代わりに、収束電子レンズ等を用いて電子線を陽極4上に集束させることによっても、X線点光源を得ることができる。

【実施例3】

【0041】

図6に、第3の実施例による照明装置の断面図を示す。一端が閉じ他端が開放された円筒状のガラスバルブ10の開放端に、フェースガラス11が低融点フリットガラスにより接着され、外壁が構成されている。外壁の内部の空間は、圧力が $1.33 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ($1 \times 10^{-5} \text{ Torr}$) 以下になるように真空排気されている。ガラスバルブ10内に、その閉じられた端部からフェースガラス11の方に向かって、冷陰極12、グリッド(電子引出電極)13、及び陽極14が順番に配置されている。

【0042】

冷陰極12は、上記第1の実施例による方法で作製されたグラファイト基板であり、その凹凸を付された面がフェースガラス11に対向している。冷陰極12の凹凸が形成された面に対向するように、グリッド13が配置されている。冷陰極12とグリッド13との間隔は、 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 程度に設定される。グリッド13は平面に沿った形状にしてもよいが、冷陰極12から遠ざかる方向に膨らんだ球面に沿う形状にしてもよい。冷陰極12とグリッド13とに電圧を印加すると、両者が近づく向きの静電気力が発生する。グリッド13を球面に沿う形状にすることにより、グリッド13と冷陰極12との接触を生じにくくすることができる。

【0043】

陽極14は円環状の導体で構成されている。なお、陽極14をメッシュ状にしてもよい。フェースガラス11の内面に厚さ約 $20 \mu\text{m}$ の蛍光体層16が密着し、その表面にアルミニウムからなる厚さ $100 \sim 200 \text{ nm}$ のメタルバック膜15が形成されている。白色ランプを作製する場合には、白色蛍光体、例えば $\text{Y}_2\text{O}_3\text{S}:\text{Tb}$ と $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ とを混合した蛍光体を溶媒に溶かしてフェースガラス11の内面に塗布し、乾燥させることにより、蛍光体層16が形成される。

【0044】

冷陰極12、グリッド13、及び陽極14は、それぞれリードピン17、18、及び19により、ガラスバルブ10内に支持されている。リードピン17、18、及び19は、ガラスバルブ10の閉じられた端部を貫通して外部まで導出されている。ガラスバルブ10内のリードピン19の先端が、接触片20を介してメタルバック膜15に電氣的に接続されている。リードピン17を介して冷陰極12に所定の電圧が印加され、リードピン18を介してグリッド13に所定の電圧が印加され、リードピン19を介して陽極14に所定の電圧が印加される。さらに、接触片20を介してメタルバック膜15に、陽極14に印加されている電圧と同じ電圧が印加される。

【0045】

陽極14の一部に、バリウム(Ba)、チタン(Ti)等のゲッター材が溶接等により固定されている。ゲッター材は、ガラスバルブ10内を高真空に保つ役割を果たす。

【0046】

冷陰極12とグリッド13との間に、冷陰極12から電子が放出されるのに十分な大きさの電圧が印加される。陽極14には、グリッド13に印加される電圧よりも高い電圧が印加される。冷陰極12から放出された電子が、グリッド13を通過し、陽極14に印加されている電圧によって加速され、メタルバック膜15に入射する。メタルバック膜15

10

20

30

40

50

に入射した電子は、メタルバック膜 15 を貫通し、蛍光体層 16 まで到達する。これにより、蛍光体層 16 から蛍光が発生し、フェースガラス 11 を透過して外部に放射される。フェースガラス 11 に凸レンズの機能を持たせることにより、放射される蛍光を集光することができる。

【0047】

例えば、グリッド 13 と冷陰極 12 との間隔が 0.5 mm の場合、グリッド 13 を接地し、冷陰極 12 に -10 kV の電圧を印加することにより、電流密度 1 mA/cm² の電流を得ることができる。陽極 14 には、30 kV 程度の正電圧を印加する。これにより、エネルギー 30 keV の電子がメタルバック膜 15 に衝突し、白色蛍光体を効率よく発光させることができる。

10

【0048】

メタルバック膜 15 を薄くしすぎると、ピンホール等が発生し、蛍光体層 16 で発光した蛍光の反射効率が低下してしまう。また、厚くしすぎると、メタルバック膜 15 に衝突した電子がメタルバック膜 15 内で吸収されてしまい、蛍光体層 16 まで到達しなくなってしまう。このため、メタルバック膜 15 の厚さを、上述のように 100 ~ 200 nm とすることが好ましい。

【0049】

上記第 3 の実施例では、蛍光体層 16 を白色蛍光体で形成した場合を説明したが、その他の波長の蛍光を発生する蛍光材料で形成してもよい。例えば、波長 250 nm 以下の紫外線を発生させたい場合には、蛍光体層 16 を、結晶性のよいダイヤモンド薄膜、窒化アルミニウム (AlN) 膜、窒化ボロン (BN) 膜等で構成すればよい。この場合、フェースガラス 11 を、紫外線を透過させる材料で形成する必要がある。

20

【実施例 4】

【0050】

図 7 に、第 4 の実施例による照明装置の断面図を示す。図 6 に示した第 3 の実施例では、陽極 14 が 1 つだけ配置されていたが、第 4 の実施例では、2 つの陽極 14 A 及び 14 B が配置されている。以下、第 3 の実施例による照明装置の構成と異なる点について説明する。

【0051】

2 つの陽極 14 A 及び 14 B が、ガラスバルブ 10 の中心軸を含む仮想平面に関して面対象になる位置に配置されている。ガラスバルブ 10 の中心軸に平行な視線で見たとき、陽極 14 A 及び 14 B の各々は、半円周部分と、その両端を接続する直径部分とで構成される。陽極 14 A 及び 14 B は、それぞれリードピン 19 A 及び 19 B で支持されている。

30

【0052】

陽極 14 A に対応して蛍光体層 16 A 及びメタルバック膜 15 A が配置され、陽極 14 B に対応して蛍光体層 16 B 及びメタルバック膜 15 B が配置されている。冷陰極 12 から放出され、陽極 14 A で加速された電子が、メタルバック膜 15 A に衝突する。メタルバック膜 15 A に電子が衝突すると、蛍光体層 16 A で発光が生じる。同様に、冷陰極 12 から放出され、陽極 14 B で加速された電子が、メタルバック膜 15 B に衝突し、蛍光体層 16 B で発光が生じる。

40

【0053】

フェースガラス 11 に、凸レンズ 12 A 及び 12 B が組み込まれている。蛍光体層 16 A で発光した蛍光は、凸レンズ 12 A で集光され、前方に放射される。蛍光体層 16 B で発光した蛍光は、凸レンズ 12 B で集光され、前方に放射される。一方の凸レンズ 12 A の光軸と他方の凸レンズ 12 B の光軸とは、平行ではなく、その向きが相互にずれている。このため、凸レンズ 12 A で集光された光線束で照射される被照射領域と、凸レンズ 12 B で集光された光線束で照射される被照射領域とは一致せず、相互にずれることになる。

【0054】

50

陽極 1 4 A 及び 1 4 B の一方に選択的に加速用電圧を印加することにより、蛍光体層 1 6 A 及び 1 6 B のうち一方を選択的に発光させることができる。また、陽極 1 4 A 及び 1 4 B の双方に電圧を印加することにより、蛍光体層 1 6 A 及び 1 6 B の双方を発光させることができる。このように、発光部分の面積及び形状を変化させることができる。

【 0 0 5 5 】

蛍光体層 1 6 A 及び 1 6 B のうち一方を選択的に発光させることにより、相互にずれた 2 つの被照射領域のうち、一方の被照射領域を選択的に照らすことができる。蛍光体層 1 6 A 及び 1 6 B の双方を発光させることにより、2 つの被照射領域を同時に照らすこともできる。

【 0 0 5 6 】

また、陽極 1 4 A 及び 1 4 B に印加する加速電圧を異ならせることにより、蛍光体層 1 6 A 及び 1 6 B からの発光強度を異ならせることができる。これにより、2 つの被照射領域の明るさを異ならせることができる。

【 0 0 5 7 】

凸レンズ 1 2 A で集光された光線束がほぼ水平方向に伝搬し、凸レンズ 1 2 B で集光された光線束が水平よりもやや下向きに伝搬するように照明装置の姿勢を調節しておき、第 4 の実施例による照明装置を、自動車用ヘッドライトとして使用することができる。1 つの照明装置で、ハイビーム及びロービームの両方を放射することができる。

【 実施例 5 】

【 0 0 5 8 】

図 8 に、第 5 の実施例による照明装置の断面図を示す。両端が塞がれた円筒状のガラスチューブ 3 0 の中心軸に沿って、線状の冷陰極 3 1 が配置されている。冷陰極 3 1 は、グラファイト製の線状部材を、上記第 1 の実施例による方法で表面処理し、表面に微細な凹凸を形成したものである。冷陰極 3 1 は、その両端においてリードピン 3 4 により支持されている。リードピン 3 4 は、ガラスチューブ 3 0 の端面を貫通して外部まで導出されている。リードピン 3 4 を介して、冷陰極 3 1 に所定の電圧が印加される。

【 0 0 5 9 】

ガラスチューブ 3 0 の内周面に蛍光体層 3 3 が密着している。蛍光体層 3 3 の内周面上にメタルバック膜 3 2 が形成されている。メタルバック膜 3 2 は、ガラスチューブ 3 0 の端面を貫通するリードピン 3 5 に接続されている。リードピン 3 5 を介して、メタルバック膜 3 2 に、冷陰極 3 1 に対して正の電圧が印加される。

【 0 0 6 0 】

冷陰極 3 1 の表面の電界が、電子放出の閾値を超えると、冷陰極 3 1 から電子が放出される。冷陰極 3 1 から放出された電子は、メタルバック膜 3 2 に衝突し、メタルバック膜 3 2 を通り抜けて蛍光体層 3 3 まで到達する。蛍光体層 3 3 で発光が生じ、ガラスチューブ 3 0 の側面を通して、光が外部に放射される。

【 0 0 6 1 】

この際、ガラスチューブ 3 0 が長いと、その中央部で電圧降下が生じ、中央部の輝度が低下する場合がある。印加する電圧を直流ではなく交流にすることにより、電圧降下に起因する中央部の輝度低下を抑制することができる。印加する交流電圧の周波数は、例えば、1 0 H z ~ 1 k H z とすればよいであろう。

【 0 0 6 2 】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等により、大型表示素子、平面型画像表示装置等の作製が可能なことは当業者に自明であろう。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 3 】

実施例の冷陰極は、放射線発生装置や照明装置の電子ビーム源として使用することができる。放射線発生装置は、レントゲン装置、X 線投影画像装置、時間分解 X 線分光装置、X 線非破壊検査装置、X 線リソグラフィ装置、X 線殺菌装置、X 線分光装置、X 線樹脂硬

10

20

30

40

50

化装置等のX線光源に利用することができる。また、照明装置は、蛍光表示管、高輝度ランプ、自動車用ヘッドライト、紫外または赤外光源等に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1(A)】水素プラズマ処理前のグラファイト基板のSEM写真である。

【図1(B)】実施例による方法で水素プラズマ処理を行ったグラファイト基板のSEM写真である。

【図2】水素プラズマ処理前後のグラファイト基板の電子放出特性を示すグラフである。

【図3】実施例による方法で作製したグラファイト製の冷陰極、従来のカーボンナノチューブおよびグラファイトナノファイバを使用した冷陰極の電子放出特性を示すグラフである。

10

【図4】第2の実施例によるX線発生装置の概略断面図である。

【図5】第2の実施例によるX線発生装置の主要部の断面図である。

【図6】第3の実施例による照明装置の断面図である。

【図7】第4の実施例による照明装置の断面図である。

【図8】第5の実施例による照明装置の断面図である。

【符号の説明】

【0065】

1、30 ガラスチューブ

2、12、31 冷陰極

20

3、13 グリッド

4、14 陽極

5、6 電源

7 X線透過窓

8 X線

10 ガラスバルブ

11 フェースガラス

15、32 メタルバック膜

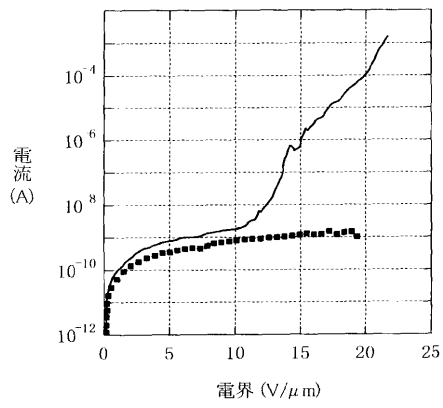
16、33 蛍光体層

17、18、19、34、35 リードピン

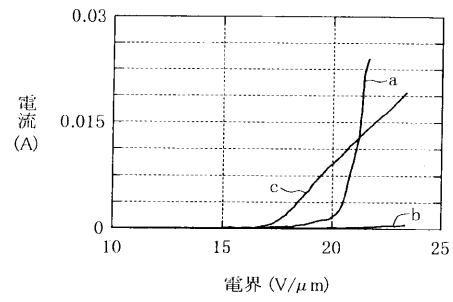
30

20 接触片

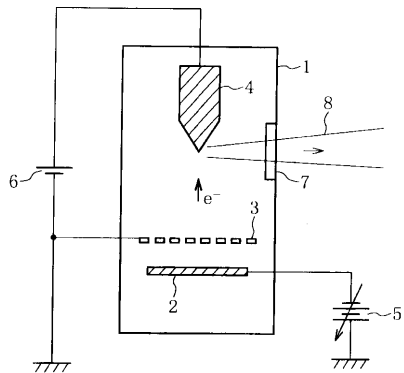
【図 2】



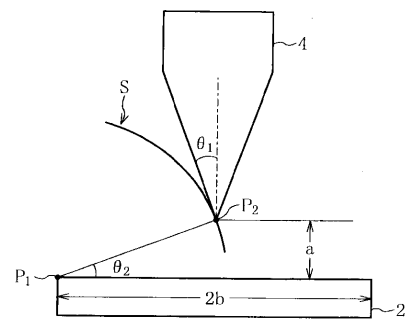
【図 3】



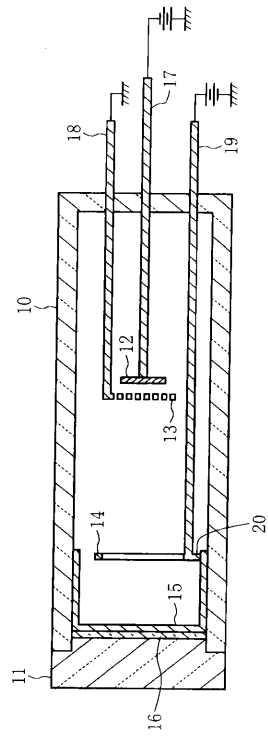
【図 4】



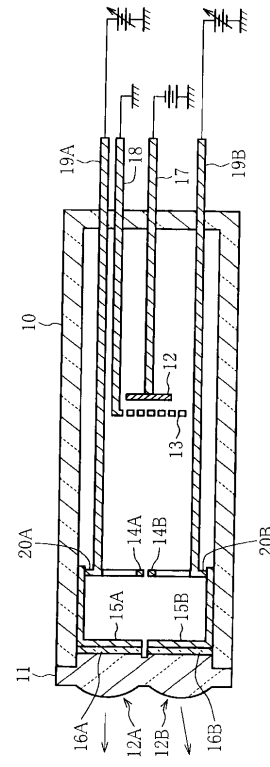
【図 5】



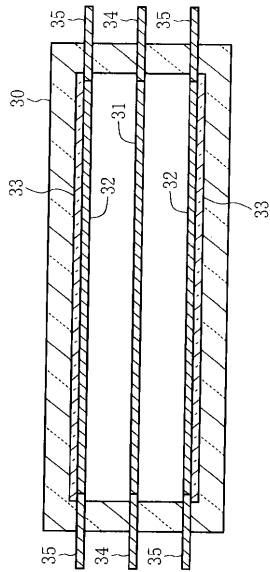
【図 6】



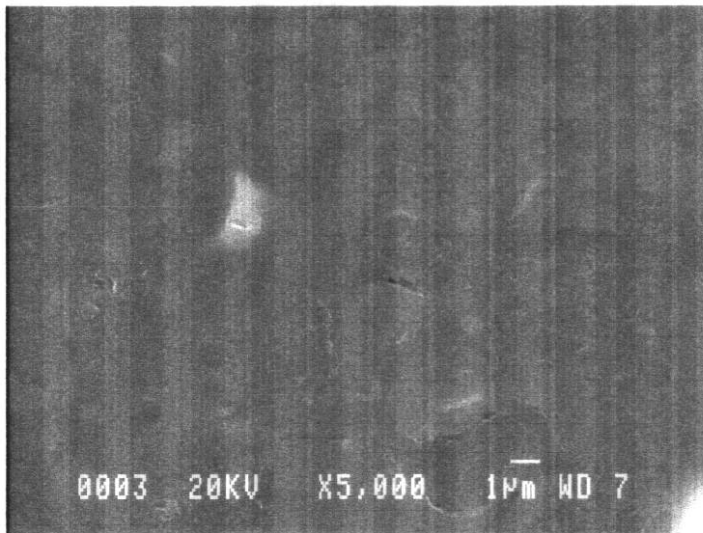
【図 7】



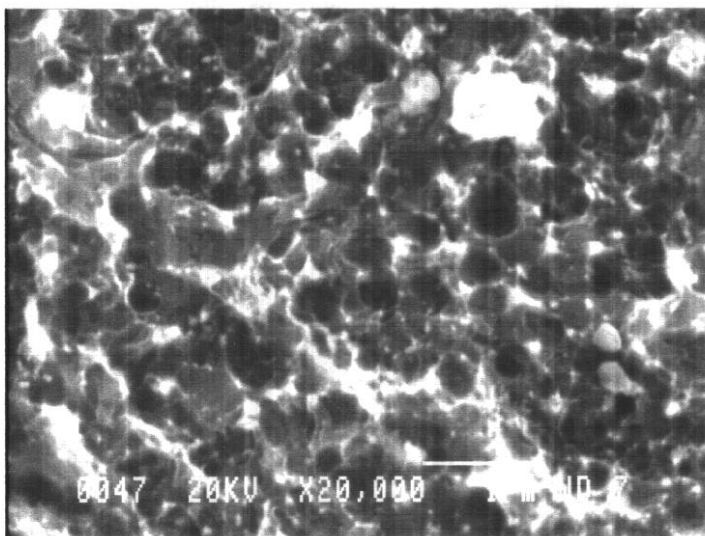
【図 8】



【図 1 (A)】



【図 1 (B)】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-215788(JP,A)
特開平09-221309(JP,A)
特開平07-335154(JP,A)
特開2002-042735(JP,A)
特開平06-333539(JP,A)
特開平04-087145(JP,A)
特開2001-357771(JP,A)
特開平09-185942(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 9/02
H01J 1/30 - 1/316