

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5126741号
(P5126741)

(45) 発行日 平成25年1月23日 (2013. 1. 23)

(24) 登録日 平成24年11月9日 (2012. 11. 9)

(51) Int. Cl.

H 0 1 J 1/304 (2006.01)

F I

H 0 1 J 1/30

F

請求項の数 3 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2007-335190 (P2007-335190)	(73) 特許権者	000002303
(22) 出願日	平成19年12月26日 (2007. 12. 26)		スタンレー電気株式会社
(65) 公開番号	特開2009-158304 (P2009-158304A)		東京都目黒区中目黒2丁目9番13号
(43) 公開日	平成21年7月16日 (2009. 7. 16)	(74) 代理人	100077805
審査請求日	平成22年12月13日 (2010. 12. 13)		弁理士 佐藤 辰彦
		(74) 代理人	100081477
			弁理士 堀 進
		(74) 代理人	100099690
			弁理士 鷲 健志
		(74) 代理人	100109232
			弁理士 本間 賢一
		(74) 代理人	100125210
			弁理士 加賀谷 剛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電界放射型電子源

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電界が印加されることにより電子を放出する電界放射型電子源において、
冷陰極の先端に、芳香族化合物の個々の分子を直立するように蒸着してなることを特徴とする電界放射型電子源。

【請求項 2】

前記芳香族化合物は、ベンゼン、フタロシアニン、フラバントロン、トリ-8-ハイドロキノリンアルミニウム、コロネン、ペンタセンからなる群から選択される1種の化合物であることを特徴とする請求項1記載の電界放射型電子源。

【請求項 3】

前記冷陰極は、タングステン、チタン、タンタル、六ホウ化ランタンからなる群から選択される1種の材料であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の電界放射型電子源。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電界が印加されることにより電子を放出する電界放射型電子源に関するものである。

【背景技術】

【0002】

10

20

従来、透過電子顕微鏡、電子線描画装置、X線回折装置等に用いられ、電界が印加されることにより電子を放出する電界放射型電子源が知られている。前記電界放射型電子源の冷陰極から放出される電子の電流（放出電流） J は、電界の強さを F 、仕事関数を ϕ 、定数を A 、 B としたときに、次式（１）で表される。

【０００３】

$$J = A (F^2 / \phi) \exp [-B \phi^{3/2} / F] \quad \dots\dots (1)$$

前記式（１）によれば、仕事関数 ϕ を低くすることにより大きな放出電流 J を得ることができることが明らかである。

【０００４】

ところで、前記電界放射型電子源としては、タングステンからなる冷陰極に金属薄膜を被覆してなるものが知られている（例えば特許文献１参照）。前記電界放射型電子源は、タングステン単結晶（３１０）面の側面に純金薄膜と純アルミニウム薄膜とを被覆し、該（３１０）面の先端にタングステン・金・アルミニウム三元合金薄膜とを被覆することにより、仕事関数 ϕ がタングステン（ $\phi = 5.5 \text{ eV}$ ）よりも低くなり大きな放出電流 J を得ることができることとされている。

10

【０００５】

さらに大きな放出電流 J を得るには、前記冷陰極に、仕事関数 ϕ がタングステンより低い物質、例えば酸化バリウム、カーボン等をコーティングすることが考えられる。前記酸化バリウムの仕事関数 ϕ は 2.0 eV であり、前記カーボンの仕事関数 ϕ は 4.5 eV である。

20

【０００６】

前記カーボン的一种として、例えば、カーボンナノチューブを挙げることができる。しかしながら、前記カーボンナノチューブを前記冷陰極にコーティングしてなる電界放射型電子源は、該カーボンチューブが容易にガス吸着を行うため、真空動作下において、該カーボンチューブから脱ガスが多量にかつ永続的に起こり、安定な電界放射動作をすることは困難であるという問題がある。

【０００７】

また、前記酸化バリウム、カーボン等の薄膜をコーティングした電界放射型電子源は、界面部分が脆弱化するため、電界を掛けた際に低電界で界面部分から放電が生じるため、電界放射型電子源の破壊が容易に起ってしまう問題を生じる。

30

【０００８】

更に、金属冷陰極と前記酸化バリウム、カーボン等の薄膜界面との間には接触抵抗が生じるため、低電流で放出電流の飽和が起こり、大きな放出電流 J を得ることは困難になるという問題も有する。

【特許文献１】特開平１１－２９７１８９号公報

【特許文献２】特開２０００－２０８０２９号公報

【非特許文献１】Tien T. TSONG, ATOM-PROBE FIELD MICROSCOPY, Cambridge University press, 1990, p. 110-115

【非特許文献２】F. Iwatsu, H. Morikawa and T. Tera, Journal de Physique (1987) Colloque C6-263, "An Attempt to Image Organic Molecules with FIM"

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

本発明は、上記事情に鑑み、小さな印加電圧で大きな放出電流を得ることができる電界放射型電子源を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

かかる目的を達成するために、本発明は、電界が印加されることにより電子を放出する電界放射型電子源において、冷陰極の先端に、芳香族化合物の個々の分子を直立するように蒸着してなることを特徴とする。

50

【0011】

本発明によれば、電界が印加されたときに、前記冷陰極の先端に直立するように蒸着された前記芳香族化合物の個々の分子から大量の電子を放出することができ、結果として、印加電圧が小さいときでも大きな放出電流を得ることができる。

【0012】

ここで、前記芳香族化合物の分子は、共役不飽和環を構成する原子が隣接する他の原子と sp^2 結合することにより平板構造を形成していて、該平板構造の分子の両面に π 電子の非局在化による π 電子雲を備えている。前記芳香族化合物は、典型的には、前記共役不飽和環を構成する原子として炭素のみを含むものであり、このような化合物として、例えばベンゼンを挙げることができる。また、前記芳香族化合物は、前記共役不飽和環を構成する原子として、炭素の他に、窒素、リン、硫黄、酸素を含むものであってもよく、このような化合物として、例えばフラバントロンを挙げることができる。また、前記芳香族化合物は、複数の共役不飽和環の縮合環であってもよく、このような化合物として、例えばコロネン、ペンタセンを挙げることができる。さらに、前記芳香族化合物は、金属と錯体を形成しているものであってもよく、このような化合物として、例えばフタロシアニン、トリ-8-ハイドロキノリンアルミニウムを挙げることができる。

10

【0013】

前記電界放射型電子源において、前記平板構造を有する個々の前記芳香族化合物の分子は、前記冷陰極の先端に対して直立するように蒸着されると考えられる。この結果、電界が印加されたときに、前記平板構造の分子の先端に電界集中が発生し、該電界集中により前記 π 電子が引き抜かれ、大きな放出電流を得ることができると考えられる。

20

【0014】

また、本発明において、前記冷陰極は、例えば、タングステン、チタン、タンタル、六ホウ化ランタンからなる群から選択される1種の材料を用いることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

次に、添付の図面を参照しながら本発明の実施の形態についてさらに詳しく説明する。図1は本実施形態の電界放射型電子源を示す模式図であり、図2は本実施例の電界放射型電子源の放出電流を示すグラフであり、図3及び図4は本実施例の電界放射型電子源の放出電流の変動を示すグラフである。

30

【0016】

図1に示す本実施形態の電界放射型電子源1は、タングステンからなる冷陰極2の先端に、芳香族化合物の分子、例えばペンタセンの分子3aからなる蒸着膜3が形成されたものであり、図示しないチャンバ内に設けられている。

【0017】

電界放射型電子源1は、例えば次のようにして作成することができる。まず、(100)、(110)、(111)等の結晶面を有するタングステンからなる電極部材を用意し、該電極部材の表面を研磨することにより冷陰極2を形成する(例えば非特許文献1参照)。前記研磨は、例えば、電極部材を、水酸化アンモニウム溶液と水酸化カリウム溶液との混合溶液、又は水酸化カリウム溶液に浸漬した状態で、該電極部材を正電極として、該正電極に相対向する負電極との間に数VのAC電圧を印加することにより行うことができる。

40

【0018】

次に、冷陰極2を超高真空中でフラッシング処理することにより、冷陰極2の先端に清浄表面を形成する。次に、冷陰極2の先端に、ペンタセンの分子3aを蒸着することにより、蒸着膜3を形成する(例えば非特許文献2参照)。前記ペンタセンの分子3aの蒸着は、例えば、ペンタセンを搭載した蒸着ボード、又はペンタセンが塗布されたヒータに、真空中で冷陰極2の先端を近接させるか、或いは、真空中でペンタセンの蒸気に冷陰極2の先端を曝露することにより行うことができる。

【0019】

50

本実施形態の電界放射型電子源 1 によれば、冷陰極 2 と該冷陰極 2 から所定間隔を有して配置された図示しない陽極との間に電圧が印加されることにより、電界が印加されたときに、冷陰極 2 の先端に蒸着された蒸着膜 3 から大量の電子を放出することができ、結果として、印加電圧が小さいときでも大きな放出電流を得ることができる。

【0020】

蒸着膜 3 を構成するペンタセンは、芳香族化合物の一種である。前記芳香族化合物の分子は、共役不飽和環を構成する原子が隣接する他の原子と sp^2 結合することにより平板構造を形成していて、該平板構造の分子の両面に π 電子の非局在化による π 電子雲を備えている。このため、電界放射型電子源 1 において、前記平板構造を有するペンタセンの分子 3a は、冷陰極 2 の先端に対して直立するように蒸着されると考えられる。この結果、電界が印加されたときに、前記平板構造のペンタセンの分子 3a の先端に電界集中が発生し、該電界集中により前記 π 電子が引き抜かれ、大きな放出電流を得ることができると考えられる。

10

【0021】

次に、本発明の実施例と比較例とを示す。

【実施例】

【0022】

まず、(011) の結晶面を有するタングステンからなり、長さが 5 mm、直径が 0.1 mm である電極部材を用意した。次に、濃度 25 wt % の水酸化アンモニウム溶液に前記電極部材を浸漬し、この状態で、該電極部材を正電極として、該正電極に相対向する円形の負電極との間に 2 ~ 3 V の DC 電圧を印加することにより、該電極部材の表面を電解研磨し、冷陰極 2 を形成した。

20

【0023】

次に、冷陰極 2 を、 10^{-8} Pa の超高真空下で通電加熱を用いてフラッシング処理することにより、冷陰極 2 に清浄表面を形成した。次に、 10^{-8} Pa の真空下に 10^{-6} Pa のペンタセンの蒸気を供給し、該ペンタセンの蒸気に冷陰極 2 の先端を数秒曝露することにより、冷陰極 2 の先端にペンタセンの分子 3a からなる蒸着膜 3 を形成し、本実施例の電界放射型電子源 1 を完成させた。

【0024】

次に、本実施例の電界放射型電子源 1 に対して、300 K の温度で 10^{-6} Pa の真空下において、冷陰極 2 と該冷陰極 2 から 4 mm の間隔を有して配置された図示しない陽極との間に電圧を印加することにより電界を発生させた。このとき、本実施例の電界放射型電子源 1 の放出電流を測定した。結果を図 2 に示す。

30

【0025】

さらに、冷陰極 2 と図示しない前記陽極との間に 10 kV の電圧を印加した状態で保持し、本実施例の電界放射型電子源 1 の放出電流の変動を測定した。結果を図 3 に示す。

【0026】

次に、本実施例の電界放射型電子源 1 に対して、500 K の温度で 10^{-6} Pa の真空下において、冷陰極 2 と図示しない前記陽極との間に 10 kV の電圧を印加した状態で保持し、本実施例の電界放射型電子源 1 の放出電流の変動を測定した。結果を図 4 に示す。

40

〔比較例〕

まず、前記実施例と全く同一にして、タングステンからなる冷陰極を形成し、これを本比較例の電界放射型電子源とした。本比較例の電界放射型電子源の冷陰極の先端には、前記芳香族化合物の分子は蒸着されていない。

【0027】

次に、300 K の温度で 10^{-6} Pa の真空下において、前記冷陰極と該冷陰極から 4 mm の間隔を有して配置された図示しない陽極との間に電圧を印加することにより電界を発生させた。このとき、本比較例の電界放射型電子源の放出電流を測定した。結果を図 2 に示す。

【0028】

50

図2から、印加電圧が約2000 eVであるときには、比較例の電界放射型電子源によれば約 7×10^{-10} Aの放出電流を得ることができ、実施例の電界放射型電子源1によれば比較例に対して約 10^4 倍である約 1×10^{-6} Aの放出電流を得ることができることが明らかである。また、 1×10^{-7} Aの放出電流を得るためには、比較例の電界放射型電子源によれば約8000 eVの印加電圧を必要とするが、実施例の電界放射型電子源1によれば比較例に対して約 $1/4$ である約2000 eVの印加電圧でよく、小さな印加電圧で大きな放出電流を得ることができることが明らかである。

【0029】

また、図3から、実施例の電界放射型電子源1によれば、温度が300 Kであるときには、放出電流が0.4～0.98 mAの範囲であって変動が大きいことが明らかである。また、電流値が突然上昇するスパイク状ノイズと、電流値が所定時間安定的に増加して一定値を示すステップ状ノイズとが発生していることが明らかである。一方、実施例の電界放射型電子源1によれば、温度が500 Kであるときには、放出電流が0.5～0.6 mAの範囲であって変動が小さいことが明らかである。また、スパイク状ノイズとステップ状ノイズとがほとんど発生していないことが明らかである。

10

【0030】

前記スパイク状ノイズ及び前記ステップ状ノイズは、ステップ・スパイク状ノイズと呼ばれ、冷陰極の先端に炭素系の物質が蒸着された電界放射型電子源に特徴的な電流変動現象である。温度が300 Kのときに発生した前記電流変動現象(図3)の原因は、前記チャンバ内の残留ガスの分子3aが電界放射型電子源1に吸着することにより、該電界放射型電子源1の仕事関数 ϕ が低下するためであると考えられる。そこで、前記残留ガスの分子3aの電界放射型電子源1への吸着頻度を減らすために、蒸着膜3のペンタセン分子3aが蒸発しない程度の温度である500 Kに上昇させると、図4に示すように前記電流変動現象の発生を抑制することができる。

20

【0031】

以上から、本実施例の電界放射型電子源1においては、蒸着膜3のペンタセン分子3aが蒸発しない程度の温度に加熱することにより、長時間に亘って安定した放出電流を得ることができることが明らかである。

【0032】

本実施形態では、冷陰極2としてタングステンを用いているが、チタン、タンタル、六ホウ化ランタン等を用いてもよい。また、蒸着膜3を構成する芳香族化合物としては、ペンタセンに代えて、例えば、ベンゼン、フタロシアニン、フラバントロン、トリ-8-ハイドロキノリンアルミニウム、コロネン、オリゴチオフェン、アントラセン、ペリレン、AlQ3、エチレン、アセチレン、ポリアセチレン、ビレン、ベンゾキノン、アントラキノン、アミノピロリジン、ハロピリジン、ピラジン、インドール、キノリン、スチルベン、テトラフェニルナフタセン、ジフェニルアントラセン、テトラフェニルベンジン、からなる群から選択される1種の化合物を用いてもよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本実施形態の電界放射型電子源を示す模式図。

40

【図2】本実施例の電界放射型電子源の放出電流を示すグラフ。

【図3】本実施例の電界放射型電子源の放出電流の変動安定性を示すグラフ。

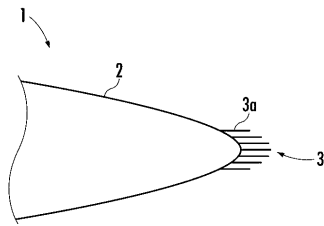
【図4】本実施例の電界放射型電子源の放出電流の変動を示すグラフ。

【符号の説明】

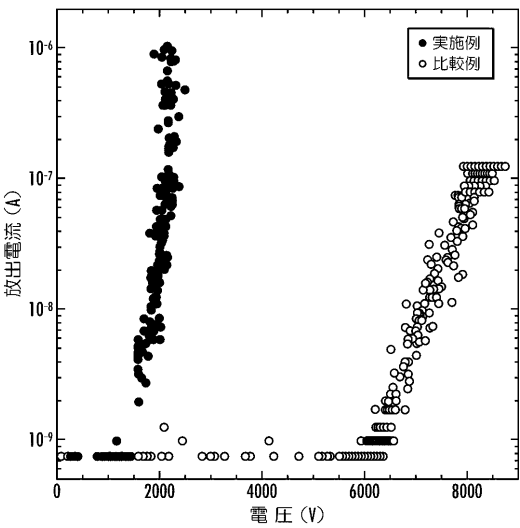
【0034】

1…電界放射型電子源、 2…冷陰極、 3a…芳香族化合物の分子。

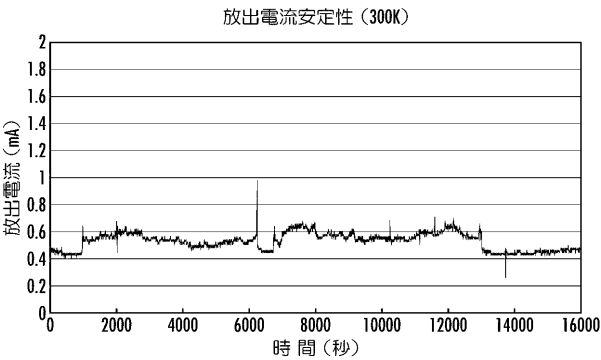
【図 1】
FIG.1



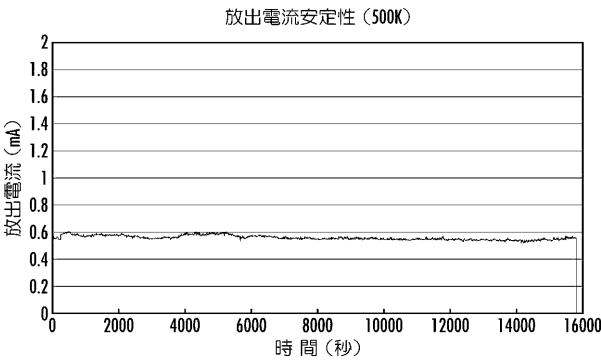
【図 2】
FIG.2



【図 3】
FIG.3



【図 4】
FIG.4



フロントページの続き

- (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 根尾 陽一郎
静岡県浜松市東区半田山2丁目6番10号 医大宿舎J-539

審査官 山口 剛

- (56)参考文献 特開2006-331997 (JP, A)
米国特許第05726524 (US, A)
特開2005-243389 (JP, A)
特表2003-515461 (JP, A)
特開2005-032500 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01J 1/30- 1/316
H01J 37/073