(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3580930号
(P3580930)
(45)発行日　平成16年10月27日(2004.10.27)　(24)登録日　平成16年7月30日(2004.7.30)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01J 1/304　H01J 1/30 F

請求項の数 6 (全 6 頁)

(21)出願番号　特願平8-6587
(22)出願日　平成8年1月18日(1996.1.18)
(65)公開番号　特開平9-199001
(43)公開日　平成9年7月31日(1997.7.31)
審査請求日　平成15年1月9日(2003.1.9)

(73)特許権者　000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号
(73)特許権者　596007142
杉野　隆
大阪府豊中市上新田３－４－１－３２２
(73)特許権者　596007153
白藤　純嗣
大阪府箕面市今宮３－２７－４１
(74)代理人　100102691
弁理士　中野　稔
(72)発明者　杉野　隆
大阪府豊中市上新田３－４－１－３２２
(72)発明者　白藤　純嗣
大阪府箕面市今宮３－２７－４１
最終頁に続く

(54)【発明の名称】電子放出装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
金属体と、前記金属体と接合された負性電子親和力を有する厚み１０ｎｍ以下の半導体薄膜と、前記金属体および前記半導体薄膜とは電気的に絶縁され前記半導体薄膜との間が空間であるように配置された電極とを備え、前記半導体薄膜がドナー不純物を添加したＮ型ダイヤモンドまたはＮ型窒化アルミニウムであることを特徴とする電子放出装置。
【請求項２】
前記半導体薄膜の表面に１つまたは２つ以上の突起を設けたことを特徴とする請求項１に記載の電子放出装置。
【請求項３】
金属体と、前記金属体の表面上に配置され高さ１０ｎｍ以下の尖塔形状を有し負性電子親和力を有する１つまたは２つ以上の半導体薄膜と、前記金属体および前記半導体薄膜とは電気的に絶縁され前記半導体との間が空間であるように配置された電極とを備え、前記半導体薄膜がドナー不純物を添加したＮ型ダイヤモンドまたはＮ型窒化アルミニウムであることを特徴とする電子放出装置。
【請求項４】
前記半導体薄膜が、リン（Ｐ）不純物を添加したＮ型ダイヤモンドであることを特徴とする請求項１～３のいずれかに記載の電子放出装置。
【請求項５】
前記半導体薄膜がＮ型ダイヤモンドであって、該半導体薄膜の表面を水素原子で終端した

ことを特徴とする請求項１～４のいずれかに記載の電子放出装置。
【請求項６】
前記半導体薄膜が、シリコン（Ｓｉ）不純物を添加したＮ型窒化アルミニウムであることを特徴とする請求項１～３のいずれかに記載の電子放出装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、半導体からの電子放出を利用する電子放出装置に関するものである。本発明の電子放出装置は、電子顕微鏡、オージェ電子分光装置等の分析機器やマイクロ波増幅管、更にフラット表示パネルなどのキーデバイスである電子線源として用いられる。
【０００２】
【従来の技術】
従来、電子線源としてファウラーノルトハイム放出を用いた電界放出型素子（フィールドエミッタ）の研究開発が金属やシリコンを中心とした半導体を用いて進められてきている（例えば Ｉ．Ｂｒｏｄｉｅ ａｎｄ Ｃ．Ａ．Ｓｐｉｎｄｔ，”Ｖａｃｕｕｍ Ｍｉｃｒｏｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ，” Ａｄｖａｎｃｅｓ ｉｎ Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ ａｎｄ Ｅｌｅｃｔｒｏｎ Ｐｈｙｓｉｃｓ，８３，ｐｐ．１－１０６，１９９２）。また、ダイヤモンド表面を電子放出面として利用するフィールドエミッタの試作が開示されている。（特開平５－２０５６１６号公報、特開平６－２０５９１号公報、特開平７－９４０７７号公報など）
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
フィールドエミッタには通常、低電界での電子放出、高電流密度動作、および長時間動作（長寿命化）が要求される。量子力学的トンネル現象を用いて固体材料から真空中に電子を取り出すため、用いる金属の仕事関数や半導体の電子親和力によって動作電界が大きく左右される。このため小さい仕事関数、又は電子親和力をもつ材料を選ぶことが必要である。低電界の動作しきい値を実現することは高電流密度動作にもつながる。
【０００４】
固体材料を尖塔型にし、高電界を集中させて高電流密度動作を行うと固体の温度が上昇し、固体表面の特性劣化や溶融が生じ、電子の放出効率が激減する。このためダイヤモンドなどの耐熱材料が選ばれる。しかし十分満足できるものが実現されていないのが現状である。
【０００５】
【課題を解決するための手段】
低電界動作を可能にするためには小さい仕事関数を有する金属の使用が要求され、実験的にはセシウムでその優位性が示されているが、酸化性、耐熱性等に課題があり、実用には至っていない。通常、安定な金属の仕事関数は４－６ｅＶでそれによって動作電界が決まる（図３）。本発明はこの動作電界を低下させる手段を提供する。Ｎ型半導体と金属によってショットキー接合を形成するとそのショットキー障壁高さは理想的には金属の仕事関数と半導体の電子親和力の差によって決まることが知られている。このショットキー接合では図４に示すように、逆方向電圧を印加することにより、金属から半導体の伝導帯に電子を供給することができる。この電子の濃度はショットキー障壁高さに依存し、障壁高さの減少で増加する。半導体の伝導帯を金属表面での真空準位と仮定すると、Ｎ型半導体を用いてショットキー接合を形成することは金属の仕事関数を減少させる有効な手段と考えられる。
【０００６】
次に半導体に供給された電子が真空中に放出されるためには、通常、半導体の電子親和力に値する障壁を越えなければならない。この課題を克服する手段として負性電子親和力を有する半導体を用いることが提案される。更に、半導体膜を電子のトンネリングが可能な程度に薄くすることにより金属から供給された電子を半導体内で衝突させることなく真空

中へ放出することができる。この状態にすると金属を用いた従来型のフィールドエミッタと等価なエネルギーバンド構造と見なすことができ、かつ障壁高さが低下できると考えられる。

【０００７】

電子放出が起こる半導体表面の特性劣化を抑制するため、耐熱性を有する材料が必要となる。このような条件はダイヤモンドや窒化アルミニウム、窒化ホウ素等の窒素をＶ族元素として含有するＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体を用いることによって実現される。

【０００８】

【発明の実施の形態】

本発明に関する半導体材料の一例としてダイヤモンドを取り上げ、金属－ダイヤモンド接合部のバンド構造を図４に示す。ドナー不純物を添加したＮ型ダイヤモンドを用いる。ダイヤモンドの表面が水素処理されていない場合には電子親和力は２．３ｅＶの正の値を取ると報告されている（Ｍ．Ｗ．Ｇｅｉｓ，　Ｊ．Ａ．Ｇｒｅｇｏｒｙ　ａｎｄ　Ｂ．Ｂ．Ｐａｔｅ，　”Ｃａｐａｃｉｔａｎｃｅ－ｖｏｌｔａｇｅ　ｍｅａｓｕｒｅｍｅｎｔｓ　ｏｎ　ｍｅｔａｌ－ＳｉＯ２－ｄｉａｍｏｎｄ　ｓｔｒｕｃｔｕｒｅｓ　ｆａｂｒｉｃａｔｅｄ　ｗｉｔｈ　（１００）－　ａｎｄ　（１１１）－ｏｒｉｅｎｔｅｄ　ｓｕｂｓｔｒａｔｅｓ，”　ＩＥＥＥ　Ｔｒａｎｓ．　Ｅｌｅｃｔｒｏｎ　Ｄｅｖｉｃｅｓ，　３８，　ｐｐ．６１９－６２６，　１９９１）。

【０００９】

リン原子をドナー不純物として添加するとそのドナー準位は伝導帯端より０．２ｅＶに存在することが知られている。このため高濃度にリン原子を添加するとフェルミ準位は伝導帯端の方へ移動する。このダイヤモンドと金属（仕事関数４－６ｅＶ）のショットキー接合を作製することにより２－４ｅＶのショットキー障壁高さが得られる。金属と接合していない方のダイヤモンド表面を水素原子で終端することにより負性電子親和力が得られる。このため金属からダイヤモンドに供給された電子は容易に真空中に取り出される。この時、ダイヤモンド膜の電気抵抗は電子放出による電流密度を低減する要因となる。ダイヤモンド膜厚を電子がトンネリングできる程度、例えば１０ｎｍ以下、に薄くすることにより金属から供給された電子はダイヤモンド内で衝突することなく真空中に取り出されることになる。

【００１０】

【実施例】

図２に本発明の第１の実施例である電子放出装置の陰極部の作成工程を断面図により示す。図２（ａ）に示すように尖塔状に加工したＰｔ線１を水洗、乾燥後、マイクロ波プラズマＣＶＤ装置の反応管内にセットする。メタンと水素を原料ガスとしてマイクロ波プラズマによりガスを分解、励起してＰｔ銅線の先端にダイヤモンド薄膜２を成長させる（図２（ｂ））。この際、リン原子を不純物として添加するためホスフィンガスを同時に反応管へ供給する。ダイヤモンド薄膜の厚さが１０ｎｍ程度になるように成長を行う。

【００１１】

ダイヤモンド薄膜の成長が終了した後、メタンとホスフィンガスを止め、水素のマイクロ波プラズマを生成してダイヤモンド表面を５分間処理する。これはダイヤモンド表面を水素原子３で終端するためである（図２（ｃ））。

【００１２】

前記のように作製したダイヤモンド陰極と平板電極の距離を１００μｍにして1×10^{-7}Ｔｏｒｒの真空中に封入し図１に示す電子放出装置を形成した。この電子放出装置の特性を測定したところ、１ｋＶの印加電圧に対して０．１ｍＡの高い放出電流が得られた。又、１００時間の連続動作においてもダイヤモンド表面の変化および電子放出特性の劣化は認められなかった。

【００１３】

次に、本発明の第２の実施例を説明する。第１の実施例と同様に尖塔状に加工したＰｔ線を水洗、乾燥後、熱ＣＶＤ装置の反応管内にセットする。トリメチルアルミニウムとＮＨ

$_3$を原料ガスとしてＰｔ線の先端にＡｌＮ薄膜を形成する。この際ＡｌＮ薄膜中にＳｉを不純物として添加する。ＡｌＮ薄膜の厚みが１０ｎｍ程度になるように成長を止めた。

【００１４】

前記のように作製したＡｌＮ陰極と平板電極の距離を３０μｍにして1×10^{-7}Ｔｏｒｒの真空中で封管に封入し、図１に模式図を示す電子放出装置を形成した。この電子放出装置の特性を測定したところ、２．５ｋＶの印加電圧に対して８０μＡの高い放出電流が得られた。又、１００時間の連続動作においてもＡｌＮ表面の変化および電子放出特性の劣化は認められなかった。

【００１５】

上記第１および第２の実施例では金属としてＰｔを用いたが、Ｔａやタングステン等の高融点金属の他、銅も使用することができる。

【００１６】

また、半導体の表面に１つまたは２つ以上の突起を設けることにより、優れた電子放出特性を得ることができる。さらに、図５に示すように平面状の金属６の表面に高さ１０ｎｍ以下の尖塔形状を有する１つまたは２つ以上の半導体７を配置することもできる。このような尖塔形状を有する半導体を金属表面上に２つ以上設けることによって、放出電流密度が極めて高い電子放出装置を実現することができる。

【００１７】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の電子放出装置は高輝度で安定な特性を有しているため、高精度を必要とするオージエ電子分光装置等の分析機器の電子銃やマイクロ波増幅管、更に表示機器のキーデバイスとして利用すると効果的である。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の電子放出装置の一実施例を示す模式図。

【図２】本発明の電子放出装置の陰極部作成工程を表す断面図。

【図３】従来の電子放出装置のエネルギーバンド構造を示す模式図。

【図４】本発明の電子放出装置のエネルギーバンド構造を示す模式図。

【図５】本発明の電子放出装置の他の実施例を示す模式図。

【符号の説明】

１・・・金属

２・・・半導体薄膜

３・・・表面終端した水素原子

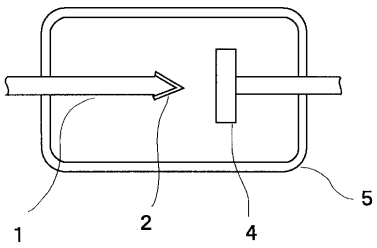
４・・・平板電極

５・・・封管

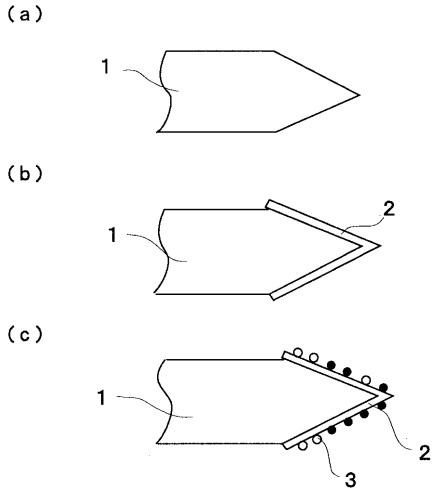
６・・・平面状の金属

７・・・尖塔形状を有する半導体

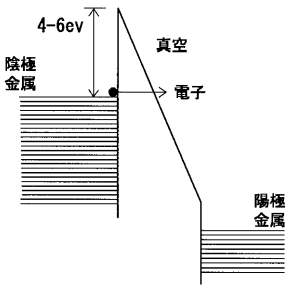
【図１】


1
2
4
5

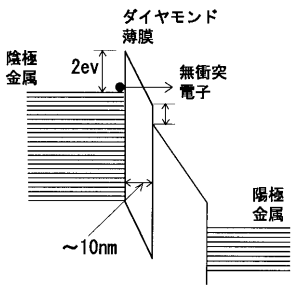
【図２】


(a)
1
(b)
1
2
(c)
1
2
3

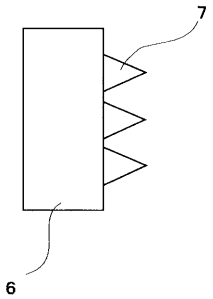
【図３】


4-6ev
真空
陰極
金属
電子
陽極
金属

【図４】


ダイヤモンド
薄膜
陰極
金属
2ev
無衝突
電子
陽極
金属
～10nm

【図５】


7
6

フロントページの続き

(72)発明者 鹿田 真一
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内
(72)発明者 塩見 弘
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

審査官 波多江 進

(56)参考文献 特開平７－７８５８１（ＪＰ，Ａ）
特開平６－３１８４２８（ＪＰ，Ａ）
特開平７－９４０７７（ＪＰ，Ａ）
特開平８－７７４６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
H01J 1/304
JSTPlusファイル(JOIS)