

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4932864号
(P4932864)

(45) 発行日 平成24年5月16日(2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日(2012.2.24)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 J 1/312 (2006.01)	HO 1 J 1/30	M
HO 1 J 9/02 (2006.01)	HO 1 J 9/02	M
HO 1 J 31/12 (2006.01)	HO 1 J 31/12	C
HO 1 J 19/24 (2006.01)	HO 1 J 19/24	
G 2 1 K 1/00 (2006.01)	G 2 1 K 1/00	E
請求項の数 22 (全 21 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2009-41150 (P2009-41150)
 (22) 出願日 平成21年2月24日(2009.2.24)
 (65) 公開番号 特開2010-198850 (P2010-198850A)
 (43) 公開日 平成22年9月9日(2010.9.9)
 審査請求日 平成21年11月2日(2009.11.2)

(73) 特許権者 000005049
 シャープ株式会社
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
 (74) 代理人 110000338
 特許業務法人原謙三国際特許事務所
 (72) 発明者 長岡 彩絵
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
 シャープ株式会社内
 (72) 発明者 岩松 正
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
 シャープ株式会社内
 (72) 発明者 平川 弘幸
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
 シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子放出素子、電子放出装置、帯電装置、画像形成装置、電子線硬化装置、自発光デバイス、画像表示装置、送風装置、冷却装置、電子放出素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電極基板と薄膜電極と該電極基板および該薄膜電極に挟持された電子加速層とを有し、上記電極基板と上記薄膜電極との間に電圧が印加されると、上記電子加速層で電子を加速させて、上記薄膜電極から該電子を放出させる電子放出素子であって、

上記電子加速層は、絶縁体物質および導電微粒子が分散された樹脂バインダーを含み、上記絶縁体物質は微粒子であり、その平均径は、10～1000nmであることを特徴とする電子放出素子。

【請求項2】

上記導電微粒子は、抗酸化力が高い導電体であることを特徴とする請求項1に記載の電子放出素子。

【請求項3】

上記導電微粒子を成す導電体は、金、銀、白金、パラジウム、及びニッケルの少なくとも1つを含んでいることを特徴とする請求項1に記載の電子放出素子。

【請求項4】

上記導電微粒子の平均径は、3～10nmであることを特徴とする、請求項1から3のいずれか1項に記載の電子放出素子。

【請求項5】

上記絶縁体物質は、SiO₂、Al₂O₃、及びTiO₂の少なくとも1つを含んでいる、または有機ポリマーを含んでいることを特徴とする、請求項1から4のいずれか1項

に記載の電子放出素子。

【請求項 6】

上記微粒子である絶縁体物質の平均径は、12 ~ 110 nmであることを特徴とする、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子。

【請求項 7】

上記電子加速層における上記導電微粒子の割合が、重量比で 0.5 ~ 30%であることを特徴とする、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子。

【請求項 8】

上記電子加速層における上記導電微粒子の割合が、重量比で 1 ~ 10%であることを特徴とする、請求項 7 に記載の電子放出素子。

10

【請求項 9】

上記電子加速層の層厚は、12 ~ 6000 nmであることを特徴とする、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子。

【請求項 10】

上記電子加速層の層厚は、300 ~ 6000 nmであることを特徴とする、請求項 9 に記載の電子放出素子。

【請求項 11】

上記薄膜電極は、金、銀、炭素、タングステン、チタン、アルミ、及びパラジウムの少なくとも 1 つを含んでいることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子。

20

【請求項 12】

上記導電微粒子の周囲に、当該導電微粒子の大きさより小さい絶縁体物質である小絶縁体物質が存在することを特徴とする、請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子。

【請求項 13】

上記小絶縁体物質は、アルコール、脂肪酸、及びアルカンチオールの少なくとも 1 つを含んでいること特徴とする、請求項 12 に記載の電子放出素子。

【請求項 14】

請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子と、上記電極基板と上記薄膜電極との間に電圧を印加する電源部と、を備えたことを特徴とする電子放出装置。

30

【請求項 15】

請求項 14 に記載の電子放出装置と発光体とを備え、該電子放出装置から電子を放出して該発光体を発光させることを特徴とする自発光デバイス。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の自発光デバイスを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 17】

請求項 14 に記載の電子放出装置を備え、該電子放出装置から電子を放出して送風することを特徴とする送風装置。

【請求項 18】

請求項 14 に記載の電子放出装置を備え、該電子放出装置から電子を放出して被冷却体を冷却することを特徴とする冷却装置。

40

【請求項 19】

請求項 14 に記載の電子放出装置を備え、該電子放出装置から電子を放出して感光体を帯電することを特徴とする帯電装置。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の帯電装置を備えたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 21】

請求項 14 に記載の電子放出装置を備えることを特徴とする電子線硬化装置。

【請求項 22】

電極基板と薄膜電極と該電極基板および該薄膜電極に挟持された電子加速層とを有し、

50

上記電極基板と上記薄膜電極との間に電圧が印加されると、上記電子加速層で電子を加速させて、上記薄膜電極から該電子を放出させる電子放出素子の製造方法であって、

樹脂バインダーに絶縁体物質が分散された分散液を調整する分散液調整工程と、

上記分散液に導電微粒子が分散された混合液を調整する混合液調整工程と、

上記電極基板上に、上記混合液を塗布して上記電子加速層を形成する電子加速層形成工程と、を含み、

上記絶縁体物質は微粒子であり、その平均径は、 $10 \sim 1000 \text{ nm}$ であることを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、電圧を印加することにより電子を放出する電子放出素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の電子放出素子として、スピント (Spindt) 型電極、カーボンナノチューブ (CNT) 型電極などが知られている。このような電子放出素子は、例えば、FED (Field Emission Display) の分野に応用検討されている。このような電子放出素子は、尖鋭形状部に電圧を印加して約 1 GV/m の強電界を形成し、トンネル効果により電子放出させる。

20

【0003】

しかしながら、これら2つのタイプの電子放出素子は、電子放出部表面近傍が強電界であるため、放出された電子は電界により大きなエネルギーを得て気体分子を電離しやすくなる。気体分子の電離により生じた陽イオンは強電界により素子の表面方向に加速衝突し、スパッタリングによる素子破壊が生じるという問題がある。また、大気中の酸素は電離エネルギーより解離エネルギーが低いため、イオンの発生より先にオゾンが発生する。オゾンは人体に有害である上、その強い酸化力により様々なものを酸化することから、素子の周囲の部材にダメージを与えるという問題が存在し、これを避けるために周辺部材には耐オゾン性の高い材料を用いなければならないという制限が生じている。

【0004】

30

そこで、上記とは別のタイプの電子放出素子として、MIM (Metal Insulator Metal) 型やMIS (Metal Insulator Semiconductor) 型の電子放出素子が知られている。これらは素子内部の量子サイズ効果及び強電界を利用して電子を加速し、平面状の素子表面から電子を放出させる面放出型の電子放出素子である。これらは素子内部の電子加速層で加速した電子を放出するため、素子外部に強電界を必要としない。従って、MIM型及びMIS型の電子放出素子においては、上記スピント型やCNT型、BN型の電子放出素子のように気体分子の電離によるスパッタリングで破壊されるという問題やオゾンが発生するという問題を克服できる。また、このような電子放出素子の機械的強度を高めるために、例えば、特許文献1には、電子加速層として、複数の絶縁物粒子からなる粉体層とこの粉体層を覆う酸化物絶縁体からなる固定層とを設けた電子放出素子が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2000-311640号公報 (平成12年11月7日公開)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、MIM型やMIS型の上記従来の電子放出素子を、大気中で動作させた場合、様々な気体分子が素子表面に吸着し、電子加速層の電気的特性などを変質させ、電子放出

50

電流が減少するという問題が新たに発生している。

【0007】

これら電子加速層で電子を加速するMIM型やMIS型の従来の電子放出素子の表面は、電子加速層に電界を印加する上部電極（薄膜電極）の役割を担っており、一般的に金属薄膜で構成されている。また、MIM型やMIS型の従来の電子放出素子の表面は、電子加速層で加速された電子を、金属薄膜をトンネルして真空中に放出させる役割をも担っており、金属薄膜の膜厚が薄いほど電子加速層で加速された電子のトンネル確率が高くなり、電子放出量が多くなる。そのため、金属薄膜の膜厚は薄い方が好ましいと言えるが、金属薄膜の膜厚が薄すぎると、緻密な膜を形成することが困難であるため、気体分子のバリア効果がほとんどない。従って、大気中で電子放出素子を動作させた場合、気体分子が内部の電子加速層に侵入し、電子加速層の電気的特性を変質させ、電子放出電流が減少するという課題が発生する。

10

【0008】

この結果、大気中において安定して電子を発生させることはできず、特に電子加速層に導電微粒子が含まれている場合には、大気中の酸素により導電微粒子の酸化が進み、電子加速層を劣化させ、電子放出が止まってしまう。

【0009】

さらに、電子加速層に微粒子が含まれており、その分散性が悪く凝集体となっていると、素子の性能が均一にならず、安定した電子供給はできなくなる。また、特許文献1のように、電子加速層に絶縁物粒子が含まれていると、電子加速層表面の凹凸が粗くなり、その上の金属薄膜を薄く形成することが困難となる。よって、金属薄膜は上記したように薄い方が好ましいが、このように薄く形成することができなくなると、電子を効率よく放出させることができなくなる。

20

【0010】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、電子加速層の劣化を抑制でき、真空中だけでなく大気圧中でも効率よく安定した電子放出を可能とし、さらに機械的強度を高めて形成される、電子放出素子等の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の電子放出素子は、上記課題を解決するために、電極基板と薄膜電極と該電極基板および該薄膜電極に挟持された電子加速層とを有し、上記電極基板と上記薄膜電極との間に電圧が印加されると、上記電子加速層で電子を加速させて、上記薄膜電極から該電子を放出させる電子放出素子であって、上記電子加速層は、絶縁体物質および導電微粒子が分散された樹脂バインダーを含むことを特徴としている。

30

【0012】

上記構成によると、電極基板と薄膜電極との間には、絶縁体物質および導電微粒子が分散された樹脂バインダーを含む電子加速層が設けられている。この電子加速層は、絶縁体物質と導電微粒子とが樹脂バインダーに分散された薄膜の層であり、半導電性を有する。この半導電性の電子加速層に電圧を印加すると、電子加速層内に電流が流れ、その一部は印加電圧の形成する強電界により弾道電子となって放出される。ここで、導電微粒子はバインダー樹脂に分散されており、つまり、導電微粒子の周囲にはバインダー樹脂が存在しているため、大気中の酸素による酸化に伴う素子劣化を発生し難い。よって、真空中だけでなく大気圧中でも安定して動作させることができる。

40

【0013】

また、絶縁体物質および導電微粒子は樹脂バインダーに分散しているため、凝集が起こり難く、素子の性能が均一になり、安定した電子供給が可能である。また、樹脂バインダーは電極基板との接着性が高く、機械的強度が高い。さらに、樹脂バインダーにより、電子加速層表面の平滑性をよくすることができ、その上の薄膜電極を薄く形成することができる。従って、本発明の電子放出素子は、電子加速層を絶縁体物質および導電微粒子がほぼ均一に拡散した薄膜にでき、性能が均一で、機械的強度の高いものとなる。

50

【0014】

このように、本発明の電子放出素子は、電子加速層の劣化を抑制でき、真空中だけでなく大気圧中でも効率よく安定した電子放出が可能となる。さらに本発明の電子放出素子は、機械的強度を高められる。

【0015】

また、本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記導電微粒子は、抗酸化力が高い導電体であってもよい。

【0016】

ここで、ここで言う抗酸化力が高いとは、酸化物形成反応の低いことを指す。一般的に熱力学計算より求めた、酸化物生成自由エネルギーの変化量 $G [kJ/mol]$ 値が負で大きい程、酸化物の生成反応が起こり易いことを表す。本発明では $G > -450 [kJ/mol]$ 以上に該当する金属元素が、抗酸化力の高い導電微粒子として該当する。また、該当する導電微粒子の周囲に、その導電微粒子の大きさよりも小さい絶縁体物質を付着、または被覆することで、酸化物の生成反応をより起こし難くした状態の導電微粒子も、抗酸化力が高い導電微粒子に含まれる。

【0017】

上記構成によると、導電微粒子として抗酸化力が高い導電体を用いることから、大気中の酸素による酸化に伴う素子劣化を発生し難いため、電子放出素子を大気圧中でもより安定して動作させることができる。よって、寿命を長くでき、大気中でも長時間連続動作をさせることができる。

【0018】

本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記導電微粒子は、貴金属であってもよい。このように、上記導電微粒子が、貴金属であることで、導電微粒子の、大気中の酸素による酸化などをはじめとする素子劣化を防ぐことができる。よって、電子放出素子の長寿命化を図ることができる。

【0019】

本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記導電微粒子を成す導電体は、金、銀、白金、パラジウム、及びニッケルの少なくとも1つを含んでいてもよい。このように、上記導電微粒子を成す導電体が、金、銀、白金、パラジウム、及びニッケルの少なくとも1つを含んでいることで、導電微粒子の、大気中の酸素による酸化などをはじめとする素子劣化を、より効果的に防ぐことができる。よって、電子放出素子の長寿命化をより効果的に図ることができる。

【0020】

本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記導電微粒子の平均径は、導電性を制御する必要から、上記絶縁体物質の大きさよりも小さくしなければならず、 $3 \sim 10 \text{ nm}$ であるのが好ましい。このように、上記導電微粒子の平均径を、上記絶縁体物質の微粒子径よりも小さく、好ましくは $3 \sim 10 \text{ nm}$ とすることにより、電子加速層内で、導電微粒子による導電パスが形成されず、電子加速層内での絶縁破壊が起こり難くなる。また原理的には不明確な点が多いが、粒子径が上記範囲内の導電微粒子を用いることで、弾道電子が効率よく生成される。

【0021】

本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記絶縁体物質は、 SiO_2 、 Al_2O_3 、及び TiO_2 の少なくとも1つを含んでいてもよい。または有機ポリマーを含んでいてもよい。上記絶縁体物質が、 SiO_2 、 Al_2O_3 、及び TiO_2 の少なくとも1つを含んでいる、あるいは、有機ポリマーを含んでいると、これら物質の絶縁性が高いことにより、上記電子加速層の抵抗値を任意の範囲に調整することが可能となる。特に、絶縁体物質として酸化物(SiO_2 、 Al_2O_3 、及び TiO_2)を用い、導電微粒子として抗酸化力が高い導電体を用いる場合には、大気中の酸素による酸化に伴う素子劣化をより一層発生し難くなるため、大気圧中でも安定して動作させる効果をより顕著に発現させることができる。

10

20

30

40

50

【0022】

ここで、上記絶縁体物質は微粒子であってもよく、その平均径が10～1000nmであるのが好ましく、12～110nmであるのがより好ましい。この場合、粒子径の分散状態は平均粒径に対してブロードであっても良く、例えば平均粒径50nmの微粒子は、20～100nmの領域にその粒子径分布を有していても問題ない。上記微粒子である絶縁体物質の平均径を好ましくは10～1000nm、より好ましくは12～110nmとすることにより、上記絶縁体物質の大きさよりも小さい上記導電微粒子の内部から外部へと効率よく熱伝導させて、素子内を電流が流れる際に発生するジュール熱を効率よく逃がすことができ、電子放出素子が熱で破壊されることを防ぐことができる。さらに、上記電子加速層における抵抗値の調整を行いやすくすることができる。

10

【0023】

本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記電子加速層における上記導電微粒子の割合が、重量比で0.5～30%が好ましい。0.5%より少ない場合は導電微粒子として素子内電流を増加させる効果を発揮せず、30%より多い場合は導電微粒子の凝集が発生する。中でも、2～20%であるのがより好ましい。

【0024】

本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記電子加速層の層厚は、12～6000nmであるのが好ましく、300～6000nmであるのがより好ましい。上記電子加速層の層厚を、好ましくは12～6000nm、より好ましくは300～6000nmとすることにより、電子加速層の層厚を均一化すること、また層厚方向における電子加速層の抵抗調整が可能となる。この結果、電子放出素子表面の全面から一様に電子を放出させることが可能となり、かつ素子外へ効率よく電子を放出させることができる。

20

【0025】

本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記薄膜電極は、金、銀、炭素、タングステン、チタン、アルミ、及びパラジウムの少なくとも1つを含んでいてもよい。上記薄膜電極に、金、銀、炭素、タングステン、チタン、アルミ、及びパラジウムの少なくとも1つが含まれることによって、これら物質の仕事関数の低さから、電子加速層で発生させた電子を効率よくトンネルさせ、電子放出素子外に高エネルギーの電子をより多く放出させることができる。

【0026】

本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記導電微粒子の周囲に、当該導電微粒子の大きさよりも小さい絶縁体物質が存在してもよい。このように、上記導電微粒子の周囲に、当該導電微粒子の大きさよりも小さい絶縁体物質が存在することは、素子作成時の導電微粒子の分散液中での分散性向上に貢献する他、導電微粒子の、大気中の酸素による酸化などをはじめとする素子劣化を、より効果的に防ぐことができる。よって、電子放出素子の長寿命化をより効果的に図ることができる。

30

【0027】

本発明の電子放出素子では、上記構成に加え、上記導電微粒子の周囲に存在する上記導電微粒子の大きさよりも小さい絶縁体物質は、アルコラート、脂肪酸、及びアルカンチオールの少なくとも1つを含んでいてもよい。このように、上記導電微粒子の周囲に存在する上記導電微粒子の大きさよりも小さい絶縁体物質が、アルコラート、脂肪酸、及びアルカンチオールの少なくとも1つを含んでいることで、素子作成時の導電微粒子の分散液中での分散性向上に貢献するため、導電微粒子の凝集体が元と成る電流の異常パス形成を生じ難くする他、絶縁体物質の周囲に存在する導電微粒子自身の酸化に伴う粒子の組成変化を生じないため、電子放出特性に影響を与えない。よって、電子放出素子の長寿命化をより効果的に図ることができる。

40

【0028】

ここで、本発明の電子放出素子では、上記導電微粒子の周囲に存在する上記導電微粒子の大きさよりも小さい絶縁体物質は、上記導電微粒子表面に付着して付着物質として存在するものであり、当該付着物質は、上記導電微粒子の平均径よりも小さい形状の集合体として

50

、上記導電微粒子表面を被膜していてもよい。このように、上記導電微粒子の周囲に存在する上記導電微粒子の大きさより小さい絶縁体物質が、上記導電微粒子表面に付着あるいは、上記導電微粒子の平均径より小さい形状の集合体として、上記導電微粒子表面を被膜していることで、素子作成時の導電微粒子の分散液中での分散性向上に貢献するため、導電微粒子の凝集体が元と成る電流の異常パス形成を生じ難くする他、絶縁体物質の周囲に存在する導電微粒子自身の酸化に伴う粒子の組成変化を生じないため、電子放出特性に影響を与えない。よって、電子放出素子の長寿命化をさらに効果的に図ることができる。

【0029】

本発明の電子放出装置は、上記いずれか1つの電子放出素子と、上記電極基板と上記薄膜電極との間に電圧を印加する電源部と、を備えたことを特徴としている。

10

【0030】

上記構成によると、電氣的導通を確保して十分な素子内電流を流し、薄膜電極から弾道電子を効率よく安定して放出させることができる。

【0031】

さらに、本発明の電子放出素子を自発光デバイス、及びこの自発光デバイスを備えた画像表示装置に用いることにより、安定で長寿命な面発光を実現する自発光デバイスを提供することができる。

【0032】

また、本発明の電子放出素子を、送風装置あるいは冷却装置に用いることにより、放電を伴わず、オゾンやNO_xを始めとする有害な物質の発生がなく、被冷却体表面でのスリップ効果を利用することにより高効率で冷却することができる。

20

【0033】

また、本発明の電子放出素子を、帯電装置、及びこの帯電装置を備えた画像形成装置に用いることにより、放電を伴わず、オゾンやNO_xを始めとする有害な物質を発生させることなく、長期間安定して被帯電体を帯電させることができる。

【0034】

また、本発明の電子放出素子を、電子線硬化装置に用いることにより、面積的に電子線硬化でき、マスクレス化が図れ、低価格化・高スループット化を実現することができる。

【0035】

本発明の電子放出素子の製造方法は、上記課題を解決するために、電極基板と薄膜電極と該電極基板および該薄膜電極に挟持された電子加速層とを有し、上記電極基板と上記薄膜電極との間に電圧が印加されると、上記電子加速層で電子を加速させて、上記薄膜電極から該電子を放出させる電子放出素子の製造方法であって、樹脂バインダーに絶縁体物質が分散された分散液を調整する分散液調整工程と、上記分散液に導電微粒子が分散された混合液を調整する混合液調整工程と、上記電極基板上に、上記混合液を塗布して上記電子加速層を形成する電子加速層形成工程と、を含むことを特徴としている。

30

【0036】

上記方法によると、電極基板上に、樹脂バインダーに絶縁体物質および導電微粒子が分散された混合液を塗布して電子加速層を設ける。このことによって、電極基板上に絶縁体物質および導電微粒子を薄く均一に被覆して、性能が均一で、効率よく安定した電子放出が可能な、機械的強度の高い素子を得ることができる。

40

【発明の効果】

【0037】

本発明の電子放出素子は、上記のように、上記電子加速層は、絶縁体物質および導電微粒子が分散された樹脂バインダーを含む。

【0038】

この電子加速層は、絶縁体物質と導電微粒子とが樹脂バインダーに分散された薄膜の層であり、半導電性を有する。この半導電性の電子加速層に電圧を印加すると、電子加速層内に電流が流れ、その一部は印加電圧の形成する強電界により弾道電子となって放出され

50

る。ここで、導電微粒子はバインダー樹脂に分散されており、つまり、導電微粒子の周囲にはバインダー樹脂が存在しているため、大気中の酸素による酸化に伴う素子劣化を発生し難い。よって、真空中だけでなく大気圧中でも安定して動作させることができる。

【0039】

また、絶縁体物質および導電微粒子は樹脂バインダーに分散しているため、凝集が起こり難く、素子の性能が均一になり、安定した電子供給が可能である。また、樹脂バインダーは電極基板との接着性が高く、機械的強度が高い。従って、本発明の電子放出素子は、電子加速層を絶縁体物質および導電微粒子がほぼ均一に拡散した薄膜にでき、性能が均一で、機械的強度の高いものとなる。

【0040】

このように、本発明の電子放出素子は、電子加速層の劣化を抑制でき、真空中だけでなく大気圧中でも効率よく安定した電子放出が可能となる。さらに本発明の電子放出素子は、機械的強度を高められる。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の一実施形態の電子放出素子の構成を示す模式図である。

【図2】図1の電子放出素子における電子加速層付近の断面の拡大図である。

【図3】電子放出実験の測定系を示す図である。

【図4】本発明の電子放出素子を用いた帯電装置の一例を示す図である。

【図5】本発明の電子放出素子を用いた電子線硬化装置の一例を示す図である。

【図6】本発明の電子放出素子を用いた自発光デバイスの一例を示す図である。

【図7】本発明の電子放出素子を用いた自発光デバイスの他の一例を示す図である。

【図8】本発明の電子放出素子を用いた自発光デバイスの更に別の一例を示す図である。

【図9】本発明の電子放出素子を用いた自発光デバイスを具備する画像表示装置の他の一例を示す図である。

【図10】本発明に係る電子放出素子を用いた送風装置及びそれを具備した冷却装置の一例を示す図である。

【図11】本発明の電子放出素子を用いた送風装置及びそれを具備した冷却装置の別の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0042】

以下、本発明の電子放出素子の実施形態および実施例について、図1～11を参照しながら具体的に説明する。なお、以下に記述する実施の形態および実施例は本発明の具体的な一例に過ぎず、本発明はこれらによって限定されるものではない。

【0043】

〔実施の形態1〕

図1は、本発明の電子放出素子の一実施形態の構成を示す模式図である。図1に示すように、本実施形態の電子放出素子1は、下部電極となる電極基板2と、上部電極となる薄膜電極3と、その間に挟まれて存在する電子加速層4とからなる。また、電極基板2と薄膜電極3とは電源7に繋がっており、互いに対向して配置された電極基板2と薄膜電極3との間に電圧を印加できるようになっている。電子放出素子1は、電極基板2と薄膜電極3との間に電圧を印加することで、電極基板2と薄膜電極3との間、つまり、電子加速層4に電流を流し、その一部を印加電圧の形成する強電界により弾道電子として、薄膜電極3を透過および/あるいは薄膜電極3の隙間から放出させる。なお、電子放出素子1と電源7とから電子放出装置10が成る。

【0044】

下部電極となる電極基板2は、電子放出素子の支持体の役割を担う。そのため、ある程度の強度を有し、直に接する物質との接着性が良好で、適度な導電性を有するものであれば、特に制限なく用いることができる。例えばSUSやTi、Cu等の金属基板、SiやGe、GaAs等の半導体基板、ガラス基板のような絶縁体基板、プラスチック基板等

10

20

30

40

50

が挙げられる。例えばガラス基板のような絶縁体基板を用いるのであれば、その電子加速層4との界面に金属などの導電性物質を電極として付着させることによって、下部電極となる電極基板2として用いることができる。上記導電性物質としては、導電性に優れた材料を、マグネトロンスパッタ等を用いて薄膜形成できれば、その構成材料は特に問わないが、大気中での安定動作を所望するのであれば、抗酸化力の高い導電体を用いることが好ましく、貴金属を用いることがより好ましい。また、酸化物導電材料として、透明電極に広く利用されているITO薄膜も有用である。また、強靱な薄膜を形成できるという点で、例えば、ガラス基板表面にTiを200nm成膜し、さらに重ねてCuを1000nm成膜した金属薄膜を用いてもよいが、これら材料および数値に限定されることはない。

【0045】

薄膜電極3は、電子加速層4内に電圧を印加させるものである。そのため、電圧の印加が可能となるような材料であれば特に制限なく用いることができる。ただし、電子加速層4内で加速され高エネルギーとなった電子をなるべくエネルギーロス無く透過させて放出させるという観点から、仕事関数が低くかつ薄膜を形成することが可能な材料であれば、より高い効果が期待できる。このような材料として、例えば、仕事関数が4~5eVに該当する金、銀、炭素、タンゲステン、チタン、アルミ、パラジウムなどが挙げられる。中でも大気圧中での動作を想定した場合、酸化物および硫化物形成反応のない金が、最良な材料となる。また、酸化物形成反応の比較的小さい銀、パラジウム、タンゲステンなども問題なく実使用に耐える材料である。また薄膜電極3の膜厚は、電子放出素子1から外部へ電子を効率良く放出させる条件として重要であり、10~55nmの範囲とすることが好ましい。薄膜電極3を平面電極として機能させるための最低膜厚は10nmであり、これ未満の膜厚では、電氣的導通を確保できない。一方、電子放出素子1から外部へ電子を放出させるための最大膜厚は55nmであり、これを超える膜厚では弾道電子の透過が起こらず、薄膜電極3で弾道電子の吸収あるいは反射による電子加速層4への再捕獲が生じてしまう。

【0046】

電子加速層4は、図2に示すように、絶縁体物質5と導電微粒子6とが分散されたバインダー樹脂15を含んでいればよい。本実施形態では、電子加速層4には、絶縁体物質5として絶縁体微粒子5と、導電微粒子6とが分散された、バインダー樹脂15を含んでいる。

【0047】

また絶縁体微粒子5の大きさは、導電微粒子6に対して優位な放熱効果を得るため、導電微粒子6の直径よりも大きいことが好ましく、絶縁体微粒子5の直径(平均径)は10~1000nmであることが好ましく、12~110nmがより好ましい。

【0048】

絶縁体微粒子5の材料はSiO₂、Al₂O₃、TiO₂といったものが実用的となる。ただし、表面処理が施された小粒径シリカ粒子を用いると、それよりも粒子径の大きな球状シリカ粒子を用いるときと比べて、溶媒中に占めるシリカ粒子の表面積が増加し、溶液粘度が上昇するため、電子加速層4の膜厚が若干増加する傾向にある。また、絶縁体微粒子5の材料には、有機ポリマーから成る微粒子を用いてもよく、例えば、JSR株式会社の製造販売するスチレン/ジビニルベンゼンから成る高架橋微粒子(SX8743)、または日本ペイント株式会社の製造販売するスチレン・アクリル微粒子のファインスフェアシリーズが利用可能である。ここで、絶縁体微粒子5は、2種類以上の異なる粒子を用いてもよく、また、粒径のピークが異なる粒子を用いてもよく、あるいは、単一粒子で粒径がブロードな分布のものを用いてもよい。

【0049】

導電微粒子6の材料としては、弾道電子を生成するという動作原理の上ではどのような導電体でも用いることができる。ただし、大気圧動作させた時の酸化劣化を避ける目的から、抗酸化力が高い導電体である必要があり、貴金属が好ましく、例えば、金、銀、白金、パラジウム、ニッケルといった材料が挙げられる。このような導電微粒子6は、公知の

10

20

30

40

50

微粒子製造技術であるスパッタ法や噴霧加熱法を用いて作成可能であり、応用ナノ研究所が製造販売する銀ナノ粒子等の市販の金属微粒子粉体も利用可能である。弾道電子の生成の原理については後段で記載する。

【0050】

ここで、導電微粒子6の平均径は、導電性を制御する必要から、以下で説明する絶縁体微粒子5の大きさよりも小さくなくてはならず、3～10nmであるのがより好ましい。このように、導電微粒子6の平均径を、絶縁体微粒子5の粒子径よりも小さく、好ましくは3～10nmとすることにより、電子加速層4内で、導電微粒子6による導電パスが形成されず、電子加速層4内での絶縁破壊が起こり難くなる。また原理的には不明確な点が多いが、粒子径が上記範囲内の導電微粒子6を用いることで、弾道電子が効率よく生成される。

10

【0051】

また、電子加速層4全体における導電微粒子6の割合は、0.5～30重量%が好ましい。0.5重量%より少ない場合は導電微粒子として素子内電流を増加させる効果を発揮せず、30重量%より多い場合は導電微粒子の凝集が発生する。中でも、1～10重量%であることがより好ましい。

【0052】

なお、導電微粒子6の周囲には、導電微粒子6の大きさより小さい絶縁体物質である小絶縁体物質が存在していてもよく、この小絶縁体物質は、導電微粒子6の表面に付着する付着物質であってもよく、付着物質は、導電微粒子6の平均径より小さい形状の集合体として、導電微粒子6の表面を被膜する絶縁被膜であってもよい。小絶縁体物質としては、弾道電子を生成するという動作原理の上ではどのような絶縁体物質でも用いることができる。ただし、導電微粒子6の大きさより小さい絶縁体物質が導電微粒子6を被膜する絶縁被膜であり、絶縁被膜を導電微粒子6の酸化被膜によって賄った場合、大気中での酸化劣化により酸化皮膜の厚さが所望の膜厚以上に厚くなってしまふ恐れがあるため、大気圧動作させた時の酸化劣化を避ける目的から、有機材料による絶縁被膜が好ましく、例えば、アルコール、脂肪酸、アルカンチオールといった材料が挙げられる。この絶縁被膜の厚さは薄い方が有利であると言える。

20

【0053】

樹脂バインダー15は、基板電極2との接着性がよく、絶縁体微粒子5および導電微粒子6を分散でき、絶縁性を有するものであればよい。このような樹脂バインダー15として、例えば、テトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン、メチルトリメトキシシラン、メチルトリエトキシシラン、フェニルトリエトキシシラン、ヘキシルトリメトキシシラン、デシルトリメトキシシラン、加水分解性基含有シロキサン、ビニルトリメトキシシラン、ビニルトリエトキシシラン、2-(3,4エポキシシクロヘキシル)エチルトリメトキシシラン、3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、3-グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン、3-グリシドキシプロピルトリエトキシシラン、p-スチリルトリメトキシシラン、3-メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン、3-メタクリロキシプロピルトリエトキシシラン、3-アクリロキシプロピルトリメトキシシラン、N-2(アミノエチル)3-アミノプロピルトリメトキシシラン、N-2(アミノエチル)3-アミノプロピルトリエトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリエトキシシラン、3-トリエトキシシリル-N-(1,3-ジメチル-ブチリデン)プロピルアミン、N-フェニル-3-アミノプロピルトリメトキシシラン、3-ウレイドプロピルトリエトキシシラン、3-クロロプロピルトリメトキシシラン、3-メルカプトプロピルトリメトキシシラン、ビス(トリエトキシシリルプロピル)テトラスルフィド、3-イソシアネートプロピルトリエトキシシラン、などが挙げられる。これらの樹脂バインダーは、それぞれ単独で、あるいは2種以上を組み合わせ使用することができる。

30

40

【0054】

電極基板2上の電子加速層4が導電微粒子および絶縁体微粒子で構成されていると、機

50

会的強度が弱く、その上に薄膜電極を設けてももろく、壊れやすいため、電子放出も不安定になる。しかし、導電微粒子および絶縁体微粒子がバインダー樹脂15に分散されていると、樹脂バインダー15が電極基板2との接着性が高く機械的強度が高いため、電子放出素子1の機械的強度が増す。また、導電微粒子および絶縁体微粒子が樹脂バインダー15に分散していると、凝集が起こり難くなる。よって、電子放出素子1の性能が均一になり、安定した電子供給が可能となる。また、バインダー樹脂15により、電子加速層4表面の平滑性をよくすることができ、その上の薄膜電極3を薄く形成することができる。

【0055】

電子加速層4は薄いほど強電界がかかるため低電圧印加で電子を加速させることができるが、層厚を均一化できること、また層厚方向における電子加速層の抵抗調整が可能となることなどから、電子加速層4の層厚は、12~6000nmが好ましく、300~6000nmがより好ましい。

10

【0056】

次に、電子放出の原理について説明する。図2は、電子放出素子1の電子加速層4付近の断面を拡大した模式図である。図2に示すように、電子加速層4は、その大部分を絶縁体微粒子5およびバインダー樹脂15で構成され、その隙間に導電微粒子6が点在している。電子加速層4は絶縁体微粒子5およびバインダー樹脂15と少数の導電微粒子6とで構成されるため、半導電性を有する。よって電子加速層4へ電圧を印加すると、極弱い電流が流れる。電子加速層4の電圧電流特性は所謂バリスタ特性を示し、印加電圧の上昇に伴い急激に電流値を増加させる。この電流の一部は、印加電圧が形成する電子加速層4内の強電界により弾道電子となり、薄膜電極3を透過および/あるいはその隙間を通過して電子放出素子1の外部へ放出される。弾道電子の形成過程は、電子が電界方向に加速されつつトンネルすることによるものと考えられるが、断定できていない。

20

【0057】

以上のように、電子放出素子1では、電子加速層4は、絶縁体微粒子5と導電微粒子6とが樹脂バインダー15に分散された薄膜の層である。ここで、導電微粒子4はバインダー樹脂に分散されており、つまり、導電微粒子4の周囲にはバインダー樹脂15が存在しているため、大気中の酸素による酸化に伴う素子劣化を発生し難い。よって、電子放出素子1を、真空中だけでなく大気圧中でも安定して動作させることができる。また、絶縁体物質5および導電微粒子6は樹脂バインダー15に分散しているため、凝集が起こり難く、電子放出素子1の性能が均一になり、電子放出素子1は、安定した電子供給が可能である。また、樹脂バインダー15は電極基板2との接着性が高く、機械的強度が高い。さらに、樹脂バインダー15により、電子加速層4表面の凹凸を平坦にでき、その上の薄膜電極3を薄く形成することができる。

30

【0058】

従って、電子放出素子1は、電子加速層4を絶縁体物質5および導電微粒子6がほぼ均一に拡散した薄膜とすることができ、性能が均一で、機械的強度の高いものとなる。

【0059】

このように、電子放出素子1は、電子加速層4の劣化を抑制でき、真空中だけでなく大気圧中でも効率よく安定した電子放出が可能となる。さらに電子放出素子1は、簡便で安価に機械的強度を高められる。

40

【0060】

次に、電子放出素子1の、製造方法の一実施形態について説明する。

【0061】

まず、絶縁体物質5と樹脂バインダー15と有機溶媒中に分散させた絶縁体物質含有樹脂バインダー分散液を得る。ここで用いられる有機溶媒としては、絶縁体物質5と樹脂バインダー15とを分散でき、かつ塗布後に乾燥できれば、特に制限なく用いることができ、例えば、メタノール、エタノール、プロパノール、2-プロパノール、ブタノール、2-ブタノールなどが挙げられる。これらの有機溶媒は、それぞれ単独で、あるいは2種以上を組み合わせて使用することができる。分散方法は特に限定されるものではなく、例え

50

ば、常温で超音波分散器にかけることで分散させることができる。絶縁体物質の含有率は、3～50重量%が好ましい。3重量%より少ない場合は絶縁体として電子加速層4の抵抗を調整するという効果を発揮せず、50重量%より多い場合は絶縁体物質4の凝集が発生する。なかでも、20～30重量%であることがより好ましい。

【0062】

次に、導電微粒子溶液を、上記のように得られた絶縁体物質含有樹脂バインダー溶液と混合して絶縁体物質および導電微粒子混合溶液を得る。混合方法は特に限定されるものではなく、例えば、常温で攪拌すればよい。ここで、この混合に際して、導電微粒子が粉末状の場合は、有機溶媒中に分散させた導電微粒子溶液を用いるのがよい。この有機溶媒としては、導電微粒子6を分散でき、かつ塗布後に乾燥できれば、特に制限なく用いることができ、例えば、ヘキサン、トルエンなどが挙げられる。導電微粒子の含有率は、0.5～30重量%が好ましい。1重量%より少ない場合は導電微粒子として素子内電流を増加させる効果を発揮せず、30重量%より多い場合は導電微粒子の凝集が発生する。中でも、2～20重量%であることがより好ましい。

10

【0063】

上記のように形成した絶縁体物質および導電微粒子混合溶液を、電極基板2上に、スピコート法を用いて塗布することで、電子加速層4を形成する。スピコート法による成膜、乾燥、を複数回繰り返すことで所定の膜厚にすることができる。電子加速層4は、スピコート法以外に、例えば、滴下法、スプレーコート法等の方法でも成膜することができる。そして、電子加速層4上に薄膜電極3を成膜する。薄膜電極3の成膜には、例えば、マグネトロンスパッタ法を用いればよい。また、薄膜電極3は、例えば、インクジェット法、スピコート法、蒸着法等を用いて成膜してもよい。

20

【0064】

(実施例)

以下の実施例では、本発明に係る電子放出素子を用いて電流測定した実験について説明する。なお、この実験は実施の一例であって、本発明の内容を制限するものではない。

【0065】

まず実施例1～4の電子放出素子を以下のように作製した。そして、作成した実施例1～4の電子放出素子について、図3に示す実験系を用いて単位面積あたりの電子放出電流の測定実験を行った。図3の実験系では、電子放出素子1の薄膜電極3側に、絶縁体スペーサ9を挟んで対向電極8を配置させる。そして、電子放出素子1および対向電極8は、それぞれ、電源7に接続されており、電子放出素子1にはV1の電圧、対向電極8にはV2の電圧が印加されるようになっている。このような実験系を 1×10^{-8} ATMの真空中に配置して電子放出実験を行った。また、実験では、絶縁体スペーサ9を挟んで、電子放出素子と対向電極との距離は5mmとした。

30

【0066】

(実施例1)

まず、10mLの試薬瓶にエタノール溶媒2.0gとテトラメトキシシランKBM-04(信越化学工業株式会社製)0.5gを入れ、絶縁体物質5として平均径12nmの球状シリカ粒子AEROSIL R8200(エポニックエグサジャパン株式会社製)を0.5g投入し、試薬瓶を超音波分散器にかけ、絶縁体物質含有樹脂バインダー分散液Aを調製した。分散液Aに占める絶縁体物質の含有率は17重量%であった。

40

【0067】

このようにして得られた分散液Aと、導電微粒子6を含む導電微粒子溶液を混合した。この導電微粒子6を含む導電微粒子溶液としては、銀ナノ粒子含有ヘキサン分散溶液(応用ナノ粒子研究所製、銀微粒子の平均粒径4.5nm、銀微粒子固形分濃度7%)を用いた。絶縁体物質含有樹脂バインダー分散液A1.0g中に銀ナノ粒子含有ヘキサン分散溶液1.0gを投入し、常温で攪拌し、絶縁体物質および導電微粒子混合溶液Bを得た。混合溶液Bに占める導電微粒子6の含有率は4.5重量%であった。

【0068】

50

電極基板 2 として 30 mm 角の SUS 基板上に、上記で得られた混合液 B を滴下後、スピコート法を用いて 8000 rpm、10 s で絶縁体物質および導電微粒子含有樹脂バインダーを堆積させ、電子加速層 4 を得た。電子加速層 4 の膜厚は約 0.81 μm であった。

【0069】

電子加速層 4 の表面には、マグネトロンスパッタ装置を用いて薄膜電極 3 を成膜することにより、実施例 2 の電子放出素子を得た。薄膜電極 3 の成膜材料として金を使用し、薄膜電極 3 の層厚は 30 nm、同面積は 0.014 cm^2 とした。

【0070】

この電子放出素子を用いた図 3 の実験系を、 1×10^{-8} ATM の真空中において、薄膜電極への印加電圧 $V_1 = 27.4 \text{ V}$ 、対抗電極への印加電圧 $V_2 = 100 \text{ V}$ としたところ、単位面積当たりの電子放出電流 0.21 mA/cm^2 が確認された。

10

【0071】

(実施例 2)

実施例 1 と同様にして得られた分散液 A と、導電微粒子 6 を含む導電微粒子溶液を混合した。この導電微粒子 6 を含む導電微粒子溶液としては金ナノ粒子含有ナフテン分散溶液（ハリマ化成株式会社製、金微粒子の平均粒径 5.0 nm、金微粒子固形分濃度 52%）を用いた。分散液 A 3.0 g 中に金ナノ粒子含有ナフテン分散溶液液 0.68 g を投入し、常温で攪拌し、絶縁体物質および導電微粒子混合溶液 C を得た。混合溶液 C に占める導電微粒子 6 の含有率は 9.6 重量%であった。

20

【0072】

電極基板 2 として 30 mm 角の SUS 基板上に、上記で得られた混合溶液 C を滴下後、スピコート法を用いて 3000 rpm、10 s で絶縁体物質および導電微粒子含有樹脂バインダーを堆積させ、電子加速層 4 を得た。電子加速層 4 の膜厚は約 1.6 μm であった。

【0073】

電子加速層 4 の表面には、マグネトロンスパッタ装置を用いて薄膜電極 3 を成膜することにより、実施例 3 の電子放出素子を得た。薄膜電極 3 の成膜材料として金を使用し、薄膜電極 3 の層厚は 40 nm、同面積は 0.014 cm^2 とした。

【0074】

この電子放出素子を用いた図 3 の実験系を、 1×10^{-8} ATM の真空中において、薄膜電極への印加電圧 $V_1 = 27.5 \text{ V}$ 、対抗電極への印加電圧 $V_2 = 100 \text{ V}$ としたところ、単位面積当たりの電子放出電流 0.39 mA/cm^2 が確認された。

30

【0075】

(実施例 3)

10 mL の試薬瓶にメタノール溶媒 2.5 g とメチルトリメトキシシラン KBM-13（信越化学工業株式会社製）0.5 mL を入れ、絶縁体物質 5 として平均径 12 nm の球状シリカ粒子 AEROSIL RX200（エポニックエグサジャパン株式会社製）を 0.5 g 投入し、試薬瓶を超音波分散器にかけ、絶縁体物質含有樹脂バインダー分散液 D を調製した。分散液 D に占める絶縁体物質の含有率は 14 重量%であった。

40

【0076】

10 mL の試薬瓶にトルエン溶媒 2.5 g を入れ、導電微粒子 6 として銀ナノ粒子（応用ナノ粒子研究所製、銀微粒子の平均粒径 10 nm）を 0.5 g 投入し、試薬瓶を超音波分散器にかけ、導電微粒子溶液 E を調製した。

【0077】

上記得られた分散液 D 1.0 g に、導電微粒子溶液 E 1.0 g を投入し、常温で攪拌し、絶縁体物質および導電微粒子混合溶液 F を得た。混合溶液 F に占める導電微粒子 6 の含有率は 8.3 重量%であった。

【0078】

電極基板 2 として 30 mm 角の SUS 基板上に、上記で得られた混合液 F を滴下後、ス

50

ピンコート法を用いて6000rpm、10sで絶縁体物質および導電微粒子含有樹脂バインダーを堆積させ、電子加速層4を得た。電子加速層4の膜厚は約1.2μmであった。

【0079】

電子加速層4の表面には、マグネトロンスパッタ装置を用いて薄膜電極3を成膜することにより、実施例4の電子放出素子を得た。薄膜電極3の成膜材料として金を使用し、薄膜電極3の層厚は40nm、同面積は0.014cm²とした。

【0080】

この電子放出素子を用いた図3の実験系を、 1×10^{-8} ATMの真空中において、薄膜電極への印加電圧 $V_1 = 20.0$ V、対抗電極への印加電圧 $V_2 = 100$ Vとしたところ、単位面積当たりの電子放出電流 1.00 mA/cm²が確認された。

10

【0081】

(実施例4)

10mLの試薬瓶にエタノール溶媒2.5gとテトラメトキシシランKBM-04(信越化学工業株式会社製)0.5gを入れ、絶縁体物質5として平均径50nmの球状シリカ粒子EP-C413(キャボット株式会社製)を0.5g投入し、試薬瓶を超音波分散器にかけ、絶縁体物質含有樹脂バインダー分散液Gを調製した。分散液Gに占める絶縁体物質5の含有率は14重量%であった。

【0082】

導電微粒子6を含む導電微粒子溶液として、金ナノ粒子含有ナフテン分散溶液(ハリマ化成株式会社製、金微粒子の平均粒径5.0nm、銀微粒子固形分濃度52%)を用いた。分散液G3.0g中に金ナノ粒子含有ナフテン分散溶液0.68gを投入し、常温で攪拌し、絶縁体物質および導電微粒子混合溶液Hを得た。混合溶液Hに占める導電微粒子の含有率は9.6重量%であった。

20

【0083】

電極基板2として30mm角のSUS基板上に、上記で得られた混合液Hを滴下後、ピンコート法を用いて3000rpm、10sで絶縁体物質および導電微粒子含有樹脂バインダーを堆積させ、電子加速層4を得た。電子加速層4の膜厚は約1.7μmであった。

【0084】

電子加速層4の表面には、マグネトロンスパッタ装置を用いて薄膜電極3を成膜することにより、実施例5の電子放出素子を得た。薄膜電極3の成膜材料として金を使用し、薄膜電極の層厚は40nm、同面積は0.014cm²とした。

30

【0085】

この電子放出素子を用いた図3の実験系を、 1×10^{-8} ATMの真空中において、薄膜電極への印加電圧 $V_1 = 18.5$ V、対抗電極への印加電圧 $V_2 = 100$ Vとしたところ、単位面積当たりの電子放出電流 1.17 mA/cm²が確認された。

【0086】

ここで、上記実施例1~4の電子放出素子は、電子加速層4に絶縁体物質と導電微粒子とが分散されたバインダー樹脂を含んでいたが、その変形例である、絶縁体物質のみが分散されたバインダー樹脂を含む電子加速層4'についても電子放出が確認された。そこで、この変形例について以下で説明する。

40

【0087】

(変形例)

電極基板2として30mm角のSUS基板上に、実施例1と同様にして得られた分散液Aを滴下後、ピンコート法を用いて3000rpm、10sで絶縁体物質含有樹脂バインダーを堆積させ電子加速層4'を得た。電子加速層4'の膜厚は約1.5nmであった。

【0088】

電子加速層4'の表面には、マグネトロンスパッタ装置を用いて薄膜電極3を成膜する

50

ことにより、変形例の電子放出素子を得た。薄膜電極 3 の成膜材料として金を使用し、薄膜電極 3 の層厚は 40 nm、同面積は 0.014 cm^2 とした。

【0089】

この変形例の電子放出素子を用いた図 3 の実験系を、 $1 \times 10^{-8} \text{ ATM}$ の真空中において、薄膜電極への印加電圧 $V_1 = 17.2 \text{ V}$ 、対抗電極への印加電圧 $V_2 = 100 \text{ V}$ としたところ、単位面積当たりの電子放出電流は、 0.05 mA/cm^2 が確認された。

【0090】

〔実施の形態 2〕

図 4 に、実施の形態 1 で説明した本発明に係る電子放出素子 1 を用いた本発明に係る帯電装置 90 の一例を示す。帯電装置 90 は、電子放出素子 1 とこれに電圧を印加する電源 7 とからなり、感光体 11 を帯電させるものである。本発明に係る画像形成装置は、この帯電装置 90 を具備している。本発明に係る画像形成装置において、帯電装置 90 を成す電子放出素子 1 は、被帯電体である感光体 11 に対向して設置され、電圧を印加することにより、電子を放出させ、感光体 11 を帯電させる。なお、本発明に係る画像形成装置では、帯電装置 90 以外の構成部材は、従来公知のものを用いればよい。ここで、帯電装置 90 として用いる電子放出素子 1 は、感光体 11 から、例えば 3 ~ 5 mm 隔てて配置するのが好ましい。また、電子放出素子 1 への印加電圧は 25 V 程度が好ましく、電子放出素子 1 の電子加速層の構成は、例えば、25 V の電圧印加で、単位時間当たり $1 \mu\text{A/cm}^2$ の電子が放出されるようになっていけばよい。

【0091】

帯電装置 90 として用いられる電子放出素子 1 は、大気中で動作させても放電を伴わず、従って帯電装置 90 からのオゾンの発生は無い。オゾンは人体に有害であり環境に対する各種規格で規制されているほか、機外に放出されなくとも機内の有機材料、例えば感光体 11 やベルトなどを酸化し劣化させてしまう。このような問題を、本発明に係る電子放出素子 1 を帯電装置 90 に用い、また、このような帯電装置 90 を画像形成装置が有することで、解決することができる。

【0092】

さらに帯電装置 90 として用いられる電子放出素子 1 は、面電子源として構成されるので、感光体 11 の回転方向へも幅を持って帯電を行え、感光体 11 のある箇所への帯電機会を多く稼ぐことができる。よって、帯電装置 90 は、線状で帯電するワイヤ帯電器などと比べ、均一な帯電が可能である。また、帯電装置 90 は、数 kV の電圧印加が必要なコロナ放電器と比べて、10 V 程度と印加電圧が格段に低くてすむというメリットもある。

【0093】

〔実施の形態 3〕

図 5 に、実施の形態 1 で説明した本発明に係る電子放出素子 1 を用いた本発明に係る電子線硬化装置 100 の一例を示す。電子線硬化装置 100 は、電子放出素子 1 とこれに電圧を印加する電源 7、さらに電子を加速させる加速電極 21 を備えている。電子線硬化装置 100 では、電子放出素子 1 を電子源とし、放出された電子を加速電極 21 で加速してレジスト 22 へと衝突させる。一般的なレジスト 22 を硬化させるために必要なエネルギーは 10 eV 以下であるため、エネルギーだけに注目すれば加速電極は必要ない。しかし、電子線の浸透深さは電子のエネルギーの関数となるため、例えば厚さ $1 \mu\text{m}$ のレジスト 22 を全て硬化させるには約 5 kV の加速電圧が必要となる。

【0094】

従来からある一般的な電子線硬化装置は、電子源を真空封止し、高電圧印加 ($50 \sim 100 \text{ kV}$) により電子を放出させ、電子窓を通して電子を取り出し、照射する。この電子放出の方法であれば、電子窓を透過させる際に大きなエネルギーロスが生じる。また、レジストに到達した電子も高エネルギーであるため、レジストの厚さを透過してしまい、エネルギー利用効率が低くなる。さらに、一度に照射できる範囲が狭く、点状で描画することになるため、スループットも低い。

【0095】

10

20

30

40

50

これに対し、電子放出素子 1 を用いた本発明に係る電子線硬化装置は、大気中動作可能であるため、真空封止の必要がない。また、電子透過窓を通さないのでエネルギーのロスも無く、印加電圧を下げるができる。さらに面電子源であるためスループットが格段に高くなる。また、パターンに従って電子を放出させれば、マスクレス露光も可能となる。

【0096】

〔実施の形態 4〕

図 6 ~ 8 に、実施の形態 1 で説明した本発明に係る電子放出素子 1 を用いた本発明に係る自発光デバイスの例をそれぞれ示す。

【0097】

図 6 に示す自発光デバイス 31 は、電子放出素子 1 とこれに電圧を印加する電源 7 と、さらに、電子放出素子 1 と離れ、対向した位置に、基材となるガラス基板 34、ITO 膜 33、そして蛍光体 32 が積層構造を有する発光部 36 と、から成る。

【0098】

蛍光体 32 としては赤、緑、青色発光に対応した電子励起タイプの材料が適しており、例えば、赤色では $Y_2O_3 : Eu$ 、 $(Y, Gd)BO_3 : Eu$ 、緑色では $Zn_2SiO_4 : Mn$ 、 $BaAl_{12}O_{19} : Mn$ 、青色では $BaMgAl_{10}O_{17} : Eu^{2+}$ 等が使用可能である。ITO 膜 33 が成膜されたガラス基板 34 表面に、蛍光体 32 を成膜する。蛍光体 32 の厚さ $1 \mu m$ 程度が好ましい。また、ITO 膜 33 の膜厚は、導電性を確保できる膜厚であれば問題なく、本実施形態では $150 nm$ とした。

【0099】

蛍光体 32 を成膜するに当たっては、バインダーとなるエポキシ系樹脂と微粒子化した蛍光体粒子との混練物として準備し、バーコーター法或いは滴下法等の公知な方法で成膜するとよい。

【0100】

ここで、蛍光体 32 の発光輝度を上げるには、電子放出素子 1 から放出された電子を蛍光体へ向けて加速する必要がある。その場合は電子放出素子 1 の電極基板 2 と発光部 36 の ITO 膜 33 の間に、電子を加速する電界を形成するための電圧印加するために、電源 35 を設けるとよい。このとき、蛍光体 32 と電子放出素子 1 との距離は、 $0.3 \sim 1 m$ で、電源 7 からの印加電圧は $18 V$ 、電源 35 からの印加電圧は $500 \sim 2000 V$ にするのが好ましい。

【0101】

図 7 に示す自発光デバイス 31' は、電子放出素子 1 とこれに電圧を印加する電源 7、さらに、蛍光体 32 を備えている。自発光デバイス 31' では、蛍光体 32 は平面状であり、電子放出素子 1 の表面に蛍光体 32 が配置されている。ここで、電子放出素子 1 表面に成膜された蛍光体 32 の層は、前述のように微粒子化した蛍光体粒子との混練物から成る塗布液として準備し、電子放出素子 1 表面に成膜する。但し、電子放出素子 1 そのものは外力に対して弱い構造であるため、バーコーター法による成膜手段は利用すると素子が壊れる恐れがある。このため滴下法或いはスピコート法等の方法を用いるとよい。

【0102】

図 8 に示す自発光デバイス 31'' は、電子放出素子 1 とこれに電圧を印加する電源 7 を備えており、さらに、電子放出素子 1 の電子加速層 4 に蛍光体 32' として蛍光の微粒子が混入されている。この場合、蛍光体 32' の微粒子を絶縁体微粒子 5 と兼用させてもよい。但し前述した蛍光体の微粒子は一般的に電気抵抗が低く、絶縁体微粒子 5 に比べると明らかに電気抵抗は低い。よって蛍光体の微粒子を絶縁体微粒子 5 に変えて混合する場合、その蛍光体の微粒子の混合量は少量に抑えなければ成らない。例えば、絶縁体微粒子 5 として球状シリカ粒子 (平均径 $110 nm$)、蛍光体微粒子として $ZnS : Mg$ (平均径 $500 nm$) を用いた場合、その重量混合比は $3 : 1$ 程度が適切となる。

【0103】

上記自発光デバイス 31, 31', 31'' では、電子放出素子 1 より放出させた電子を

10

20

30

40

50

蛍光体 32, 32 に衝突させて発光させる。なお、自発光デバイス 31, 31', 31" は、電子放出素子 1 が大気中で電子を放出できるため、大気中動作可能であるが、真空封止すれば電子放出電流が上がり、より効率よく発光することができる。

【0104】

さらに、図 9 に、本発明に係る自発光デバイスを備えた本発明に係る画像表示装置の一例を示す。図 9 に示す画像表示装置 140 は、図 8 で示した自発光デバイス 31" と、液晶パネル 330 とを併せている。画像表示装置 140 では、自発光デバイス 31" を液晶パネル 330 の後方に設置し、バックライトとして用いている。画像表示装置 140 に用いる場合、自発光デバイス 31" への印加電圧は、20 ~ 35 V が好ましく、この電圧にて、例えば、単位時間当たり $10 \mu A / cm^2$ の電子が放出されるようになってい

10

【0105】

また、本発明に係る画像表示装置として、図 6 に示す自発光デバイス 31 を用いる場合、自発光デバイス 31 をマトリックス状に配置して、自発光デバイス 31 そのものによる FED として画像を形成させて表示する形状とすることもできる。この場合、自発光デバイス 31 への印加電圧は、20 ~ 35 V が好ましく、この電圧にて、例えば、単位時間当たり $10 \mu A / cm^2$ の電子が放出されるようになってい

【0106】

〔実施の形態 5〕

図 10 及び図 11 に、実施の形態 1 で説明した本発明に係る電子放出素子 1 を用いた本発明に係る送風装置の例をそれぞれ示す。以下では、本願発明に係る送風装置を、冷却装置として用いた場合について説明する。しかし、送風装置の利用は冷却装置に限定されることはない。

20

【0107】

図 10 に示す送風装置 150 は、電子放出素子 1 とこれに電圧を印加する電源 7 とからなる。送風装置 150 において、電子放出素子 1 は、電氣的に接地された被冷却体 41 に向かって電子を放出することにより、イオン風を発生させて被冷却体 41 を冷却する。冷却させる場合、電子放出素子 1 に印加する電圧は、18 V 程度が好ましく、この電圧で、雰囲気下に、例えば、単位時間当たり $1 \mu A / cm^2$ の電子を放出することが好ましい。

30

【0108】

図 11 に示す送風装置 160 は、図 10 に示す送風装置 150 に、さらに、送風ファン 42 が組み合わされている。図 11 に示す送風装置 160 は、電子放出素子 1 が電氣的に接地された被冷却体 41 に向かって電子を放出し、さらに、送風ファン 42 が被冷却体 41 に向かって送風することで電子放出素子から放出された電子を被冷却体 41 に向かって送り、イオン風を発生させて被冷却体 41 を冷却する。この場合、送風ファン 42 による風量は、 $0.9 \sim 2 L / 分 / cm^2$ とするのが好ましい。

【0109】

ここで、送風によって被冷却体 41 を冷却させようとするとき、従来の送風装置あるいは冷却装置のようにファン等による送風だけでは、被冷却体 41 の表面の流速が 0 となり、最も熱を逃がしたい部分の空気は置換されず、冷却効率が悪い。しかし、送風される空気の中に電子やイオンといった荷電粒子が含まれていると、被冷却体 41 近傍に近づいたときに電氣的な力によって被冷却体 41 表面に引き寄せられるため、表面近傍の雰囲気を入れ替えることができる。ここで、本発明に係る送風装置 150, 160 では、送風する空気の中に電子やイオンといった荷電粒子を含んでいるので、冷却効率が格段に上がる。送風装置 150 および送風装置 106 は、大気中動作も可能である。

40

【0110】

本発明は上述した各実施形態および実施例に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

50

【産業上の利用可能性】

【0111】

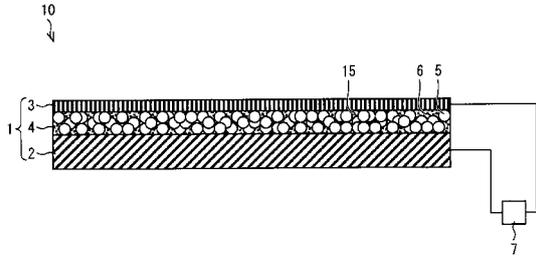
本発明に係る電子放出素子は、電氣的導通を確保して十分な素子内電流を流し、薄膜電極から弾道電子を放出させることが可能である。よって、例えば、電子写真方式の複写機、プリンタ、ファクシミリ等の画像形成装置の帯電装置や、電子線硬化装置、或いは発光体と組み合わせることにより画像表示装置、または放出された電子が発生させるイオン風を利用することにより冷却装置等に、好適に適用することができる。

【符号の説明】

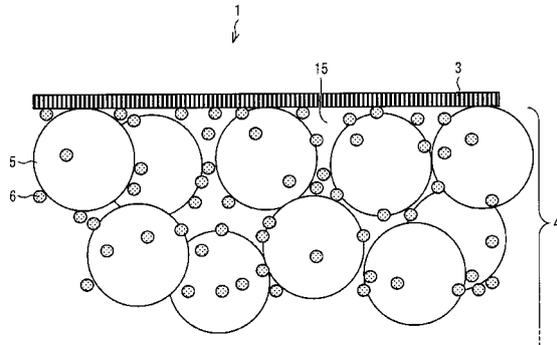
【0112】

1	電子放出素子	10
2	電極基板	
3	薄膜電極	
4	電子加速層	
5	絶縁体微粒子（絶縁体物質）	
6	導電微粒子	
7	電源（電源部）	
8	対向電極	
9	絶縁体スペーサ	
10	電子放出装置	
11	感光体	20
15	バインダー樹脂	
21	加速電極	
22	レジスト	
31, 31', 31''	自発光デバイス	
32, 32'	蛍光体	
33	ITO膜	
34	ガラス基板	
35	電源	
36	発光部	
41	被冷却体	30
42	送風ファン	
90	帯電装置	
100	電子線硬化装置	
140	画像表示装置	
150	送風装置	
160	送風装置	
330	液晶パネル	

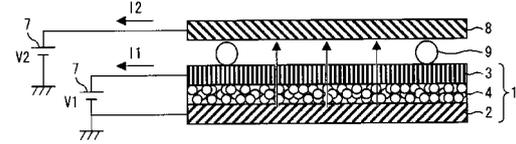
【図1】



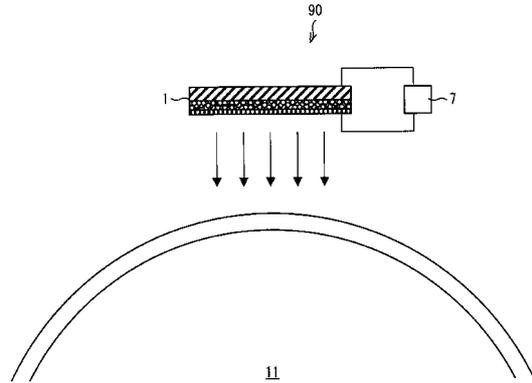
【図2】



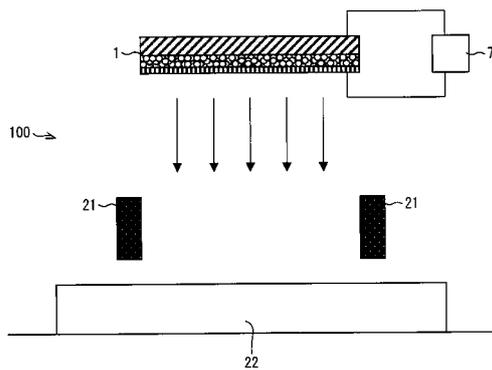
【図3】



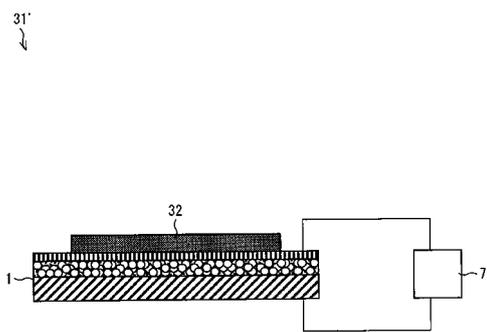
【図4】



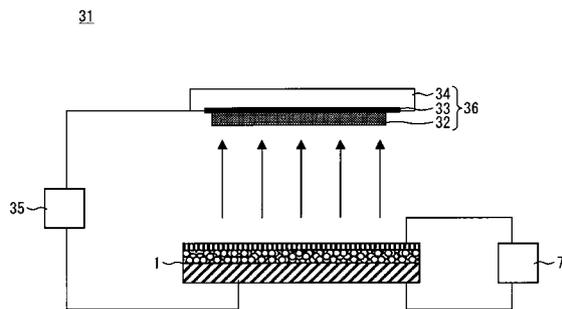
【図5】



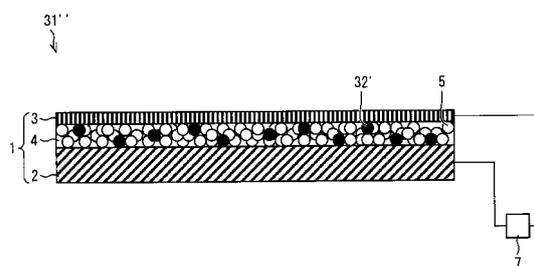
【図7】



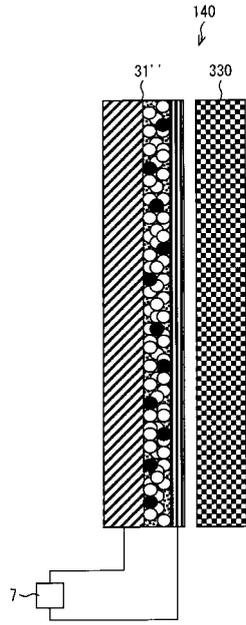
【図6】



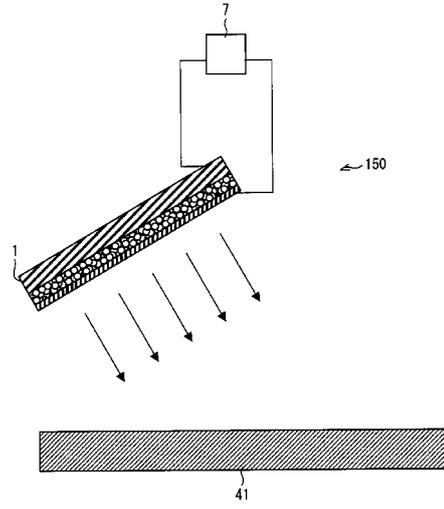
【図8】



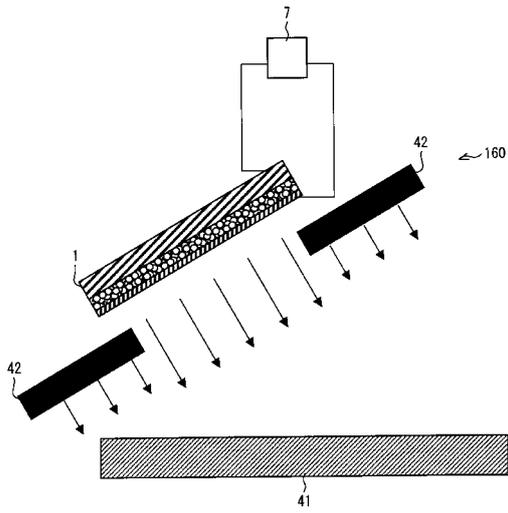
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
G 2 1 K	5/04	(2006.01)	G 2 1 K	5/04 E
B 0 1 J	19/12	(2006.01)	G 2 1 K	5/04 F
H 0 1 J	7/24	(2006.01)	B 0 1 J	19/12 C
			H 0 1 J	7/24

(72)発明者 井村 康朗
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内

審査官 居島 一仁

(56)参考文献 特開2009-019084(JP,A)
 特開2005-328041(JP,A)
 国際公開第2009/066723(WO,A1)
 特開2009-146891(JP,A)
 特開2005-209396(JP,A)
 特開2004-327084(JP,A)
 特開2003-331712(JP,A)
 特開2004-039519(JP,A)
 特開平01-298623(JP,A)
 特開2006-054162(JP,A)
 理化学辞典,日本,岩波書店,1958年11月28日,増訂版,296ページ

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
 H01J 1/30-1/316
 H01J 9/02
 H01J 31/12
 JSTPlus/JST7580(JDreamII)