

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 7 月 12 日(12.07.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/093628 A1

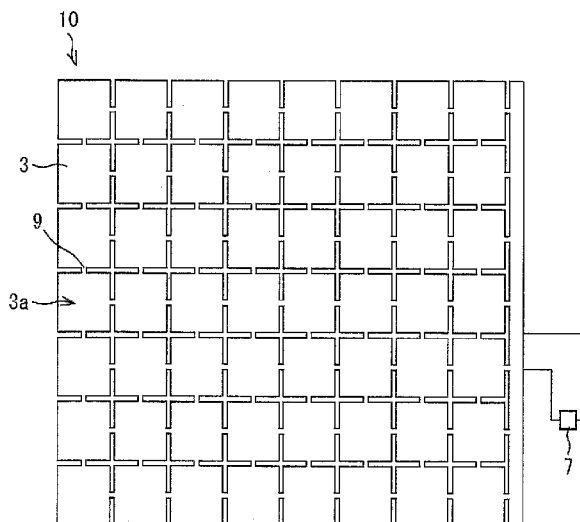
- (51) 国際特許分類:
H01J 1/312 (2006.01) H01J 9/50 (2006.01)
B01J 19/12 (2006.01) H01J 29/04 (2006.01)
G02F 1/13357 (2006.01) H01J 31/12 (2006.01)
G03G 15/02 (2006.01) H01J 63/06 (2006.01)
G21K 5/04 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)
H01J 9/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/080355
- (22) 国際出願日: 2011 年 12 月 28 日(28.12.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-000359 2011 年 1 月 5 日(05.01.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 金子 俊博
(KANEKO, Toshihiro). 岩松 正(IWAMATSU, Ta-
dashi).
- (74) 代理人: 特許業務法人原謙三国際特許事務所
(HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK);
〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2
番 6 号 大和南森町ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: ELECTRON EMISSION ELEMENT, ELECTRON EMISSION DEVICE, ELECTROSTATIC CHARGING DEVICE, IMAGE FORMING DEVICE, SELF-LUMINESCENT ELECTRON BEAM HARDENING DEVICE, IMAGE DISPLAY DEVICE, BLOWER DEVICE, COOLING DEVICE, METHOD FOR PRODUCING ELECTRON EMISSION ELEMENT AND METHOD FOR REPAIRING ELECTRON EMISSION ELEMENT

(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、電子放出素子の修復方法

[図1]



(57) Abstract: An electron emission element (1) includes an electrode substrate (2) and a thin-film electrode (3) and emits an electron from the thin-film electrode (3) by applying voltage between the electrode substrate (2) and the thin-film electrode (3). An electron acceleration layer (4) is provided between the electrode substrate (2) and the thin-film electrode (3). The thin-film electrode (3) includes a plurality of thin-film small electrodes (3a) arranged in lattice and thin-film small electrode connecting portions (9) connecting adjacent thin-film small electrodes (3a) longitudinally and laterally.

(57) 要約: 電子放出素子 (1) は、電極基板 (2) と薄膜電極 (3) とを備え、電極基板 (2) と薄膜電極 (3) との間に電圧を印加することによって、薄膜電極 (3) から電子を放出させる。電極基板 (2) と薄膜電極 (3) との間には、電子加速層 (4) が設けられている。薄膜電極 (3) は、格子状に配置された複数の薄膜小電極 (3a) と、隣接する薄膜小電極 (3a) 同士を縦横に連結する薄膜小電極連結部 (9) とを備える。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

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、電子放出素子の修復方法

技術分野

[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。

背景技術

[0002] 従来知られている電子放出素子として、電界電子放出を利用したものがある。電界電子放出は、電子を放出させるために2つの電極間に電圧を印加する。この印加電圧により両電極間に高電界を形成することで、一方の電極（エミッタ）からトンネル効果により電子を放出させる方法である。エミッタの構造の違いにより、スピント型、カーボンナノチューブ（CNT）型などの電界電子放出素子が知られている。

[0003] また、電子放出素子を大気中で使いたいという要望がかねてから存在する。しかし、上記の電界電子放出を用いた電子放出素子を、大気中で動作させることには原理的な困難を伴う。なぜなら、電界電子放出を実現するためには高電界が必要であり、放出された電子は高いエネルギーを有する。高エネルギーの電子が大気中の気体分子と衝突すると、気体分子を電離させる。電離により生じた陽イオンは、素子近傍に形成されている高電界により素子表面へ向かって加速され衝突しスパッタリングを起こす。このスパッタリングにより、電子放出素子が破壊される。また、高エネルギーの電子が、酸素分子に衝突した場合は、電離せずにオゾンを生成することが知られている。オゾンは非常に活性が高く、有害物質であり、加えて様々な物質を劣化させる。

[0004] 上記の理由から、一般的に電界電子放出を用いた電子放出素子は、真空中

に封止して使用する。電子を真空中から取り出す必要がある場合には、真空層と大気を隔てる電子透過窓を設置して、電子を真空層から大気中へ透過させる必要がある。

[0005] 一方、大気中にて安定して動作させることの可能な電子放出素子として、MIM型、あるいはMIS型と呼ばれる電子放出素子が知られている（特許文献1参照）。MIM型電子放出素子は、薄膜金属電極、絶縁体層、金属電極基板の3層から構成される。MIS型電子放出素子は、薄膜金属電極、絶縁体層、半導体電極基板の3層から構成される。これらの素子において、絶縁体層において電子は加速されるので、以下では、絶縁体層のことを電子加速層と呼ぶ。電子加速層を挟む両電極に電圧を印加すると、電子加速層内にて加速された電子の一部が素子表面の薄膜電極を透過し、素子全面より二次元的に放出される。

[0006] 電極間に形成される電界により電子が加速され、電子が素子外に放出される、という点において、MIM型、及びMIS型電子放出素子と、電界電子放出を利用した電子放出素子は同様である。しかし、形成される電界が素子内に限定される、という点において電界電子放出を利用した電子放出素子とは大きく異なる。動作時に生じる電界が素子内に限定されることが、MIM型、及びMIS型電子放出素子の大気中における安定動作を可能としている。

[0007] 上記のように、MIM型、およびMIS型の電子放出素子は、大気中にて安定動作が可能であり、かつ面放出型の電子放出素子である。面放出型の電子放出素子である利点を利用するために、素子の大面積化が強く望まれている。素子の大面積化を進めるにあたって、製造工程上の困難はない。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開2009-146891号公報（公開日：2009年7月2日）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかし、MIM型、およびMIS型の電子放出素子においては、製造段階において両電極間が電氣的に短絡されてしまうリーク欠陥を完全に排除することができない。また、上記電子放出素子の初期動作時は、電子放出が不安定な傾向がありリーク欠陥が発生する可能性が高い。

[0010] 従来のMIM型、およびMIS型電子放出素子の場合、図4に示すように従来の薄膜電極210は素子表面全体に形成されており、リーク欠陥が生じた際に、素子全体がリーク不良による不良品となってしまう。単位面積あたり一定の割合でリーク欠陥が発生すると仮定すると、素子面積を大きくするほど、一つの素子がリーク欠陥を含み不良となる可能性が高くなる。すなわち生産段階における歩留まりが、大幅に低下する虞がある。

[0011] 本発明は、上記課題を鑑みてなされたものであり、薄膜電極に生じたリーク欠陥を容易に修復することの可能な電子放出素子等を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の一態様に係る電子放出素子は、電極基板と薄膜電極とを備え、当該電極基板と薄膜電極との間に電圧を印加することによって、当該電極基板と薄膜電極との間において電子を加速させて、当該薄膜電極から電子を放出させる電子放出素子であって、

上記電極基板と上記薄膜電極との間には、少なくとも絶縁体微粒子からなる電子加速層が設けられている。

[0013] 上記薄膜電極は、格子状に配置された複数の薄膜小電極と、隣接した薄膜小電極同士を縦横に連結する薄膜小電極連結部とを備えることを特徴としている。

[0014] 上記の構成によれば、電極基板と薄膜電極との間に電圧が印加されると、電子加速層内に電界が形成されると同時に、電流の担い手として電子が流れる。その電子の一部が、印加電圧の形成する電界により加速され、弾道電子として電子加速層から放出され、薄膜電極側より素子外部へと放出される。

[0015] 本発明の一態様に係る電子放出素子は、上記電極基板と、上記複数の薄膜小電極のうちのいずれかとの間において電氣的短絡が発生した場合、電極基板と薄膜電極とは同電位になる。その結果、電子加速層には電界が生じず電子を放出することはできなくなる。すなわち、電子放出素子として動作不良となる。

[0016] 上記動作不良を修復するために、電氣的短絡が発生した上記薄膜小電極部と、他の上記薄膜小電極とを連結する上記薄膜小電極連結部に、上記薄膜電極の表面側からレーザー照射することによって、該薄膜小電極連結部を電氣的に断線させることを可能とする。

[0017] 電氣的短絡部を含む薄膜小電極部と、その他の薄膜小電極とを電氣的に断線することにより、上記電極基板と薄膜電極との間の抵抗値は所定の値に修復される。よって、電極基板と薄膜電極との間には所定の電界が形成され、当該電子放出素子は正常に動作することが可能となる。結果、電子放出素子全体を容易に救済することができる。

[0018] 以上のように、本発明の一態様に係る電子放出素子では、薄膜電極に生じたリーク欠陥（電氣的短絡）を容易に修復できる効果を奏する。

[0019] 本発明の一態様に係る電子放出素子の製造方法は、上記の課題を解決するために、

電極基板と薄膜電極とを備え、当該電極基板と薄膜電極との間に電圧を印加することによって、当該電極基板と薄膜電極との間で電子を加速させて、当該薄膜電極から放出させる電子放出素子の製造方法であって、

上記電極基板上に、少なくとも絶縁体微粒子からなる電子加速層を形成する工程と、

上記電子加速層上に、格子状に配置された複数の薄膜小電極と、隣接する薄膜小電極同士を縦横に連結する薄膜小電極連結部とを備える薄膜電極を形成する工程と、を含むことを特徴としている。

[0020] 上記の構成によれば、薄膜電極に生じたリーク欠陥（電氣的短絡）を容易に修復できることが可能な電子放出素子を製造することができる。

[0021] 本発明の他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分分かるであろう。また、本発明の利点は、添付図面を参照した次の説明で明白になるであろう。

発明の効果

[0022] 以上のように、本発明に係る電子放出素子は、薄膜電極に生じたリーク欠陥（電氣的短絡）を容易に修復できる効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施形態の電子放出素子を用いた電子放出装置の構成を示す上面図である。

[図2]本発明の一実施形態の電子放出素子を用いた電子放出装置の構成を示す断面図である。

[図3]本発明の一実施形態の電子放出素子を用いた電子放出装置のレーザー修復方法を示す上面図である。

[図4]従来の一実施形態の電子放出素子を用いた電子放出装置の構成を示す上面図である。

[図5]図1の電子放出装置を用いた帯電装置の一例を示す図である。

[図6]図1の電子放出装置を用いた電子線硬化装置の一例を示す図である。

[図7]図1の電子放出装置を用いた自発光デバイスの一例を示す図である。

[図8]図1の電子放出装置を用いた自発光デバイスの他の一例を示す図である。

[図9]図1の電子放出装置を用いた自発光デバイスのさらに別の一例を示す図である。

[図10]図1の電子放出装置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11]図1の電子放出装置を用いた送風装置、およびそれを具備した冷却装置の一例を示す図である。

[図12]図1の電子放出装置を用いた送風装置、およ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

[0024] 以下、本発明の一態様に係る電子放出素子および電子放出装置の実施形態および実施例について、図1～図12を参照して説明する。なお、以下に記述する実施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何ら限定されるものではない。

[0025] [実施形態1]

本発明に係る一実施形態の電子放出素子1を備えた電子放出装置10の構成を示す断面図を図2に示す。図2に示すように、電子放出装置10は、本発明に係る一実施形態の電子放出素子1と電源7とを備えている。

[0026] (電子放出素子1の構成)

図2に示すように、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、その間に挟まれた電子加速層4とを備えている。電子加速層4は、絶縁体微粒子5を堆積させた絶縁体微粒子層内に導電微粒子6を分散させることによって形成される。電子加速層4において、導電微粒子6は絶縁体微粒子5の表面に付着した状態で存在している(図2の拡大図参照)。

[0027] 電源7は、電極基板2と薄膜電極3との両電極間に電圧を印加するための電源である。電極基板2と薄膜電極3との両電極間に電圧が印加されると、電子加速層4に電流の担い手として電子が流れる。それと同時に、電極基板2と薄膜電極3に挟まれた電子加速層4には、印加された電圧により高電界が形成される。電極基板2と薄膜電極3との間を流れる電子は、この高電界により加速され、その電子の一部が弾道電子として電子加速層4から放出される。電子加速層4から放出された弾道電子は、薄膜電極3をトンネルして、あるいは薄膜電極3の孔(隙間)を通過して電子放出素子1の外部へと放出される。薄膜電極3の孔(隙間)は、薄膜電極3の膜厚が薄いこと、および電子加速層4の表面粗さの影響を薄膜電極3が受けることにより生じる。

[0028] (電極基板2)

電極基板2は、薄膜電極3と対になり電子加速層4内に電圧を印加するた

めの電極である。これに加え、電子放出素子 1 の支持体としての役割も担う。したがって、電極基板 2 として用いる物質には、ある程度の強度を有すること、直に接する物質との接着性が良好なこと、適度な導電性を有することが求められる。電極基板 2 の具体的な例としては、ステンレス、アルミニウム、チタン、および銅などの金属基板、ならびにシリコン、ゲルマニウム、およびガリウム砒素などの半導体基板を挙げることができる。

[0029] また、電極基板 2 として、ガラス基板やプラスチック基板などの絶縁体基板を用いることも可能である。この場合、絶縁体基板は電子放出素子 1 の支持体としての機能を担う。したがって、電極基板 2 として絶縁体基板を用いる場合は、絶縁体基板表面に薄膜電極を成膜する必要がある。薄膜電極として成膜する物質は、優れた導電性を有し、薄膜形成することが可能であれば特に限定されない。ただし、電子放出素子 1 に対して、大気中における安定動作を望む場合は、成膜する物質として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。

[0030] 電子放出素子 1 の用途に応じて、薄膜電極に用いる物質としてスズ添加酸化インジウム (ITO) も有用である。

[0031] また、電極基板 2 として、絶縁体基板表面に強靱な薄膜電極を形成する必要がある場合は、ガラス基板表面にチタン／銅の二層膜を成膜したものを用いてもよい。この場合の一例として、チタンの膜厚は 200 nm とし、銅の膜厚は 1000 nm とする。ただし、これら材料および数値に限定されることはない。

[0032] (薄膜電極 3)

薄膜電極 3 は、電極基板 2 と対になり電子加速層 4 内に電圧を印加するための電極である。したがって、導電電極 3 に用いる物質は、導電性を有し電圧印加が可能となる物質であれば特に制限されない。ただし、電子放出素子 1 の動作環境として大気中を想定する場合は、薄膜電極 3 として、酸化物および硫化物形成反応のない金が最適な物質となる。また、酸化物形成反応の比較的小さい銀、パラジウム、タングステンなども問題なく実使用に耐える

物質である。

[0033] 本発明に係る一実施形態の電子放出素子を用いた電子放出装置 10 の構成を示す上面図を図 1 に示す。薄膜電極 3 は、格子状に配置した複数の薄膜小電極 3 a と、隣接する薄膜小電極 3 a 同士を縦横に連結する薄膜小電極連結部 9 とからなり、図 1 に示す形状をなす。

[0034] ここで、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、10～55 nm の範囲とすることが好ましい。電子放出素子 1 において、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 10 nm である。薄膜電極 3 の膜厚が 10 nm 未満の場合、平面電極として電氣的導通を十分に確保できない。一方、電子放出素子 1 から外部へ電子放出を可能とするために許容される、薄膜電極 3 の最大膜厚は 55 nm である。薄膜電極 3 の膜厚が 55 nm より厚くなると、弾道電子のトンネル確率が著しく減少するため、電子放出素子 1 から外部への電子放出が不可能となる。

[0035] (電子加速層 4)

電子加速層 4 は、絶縁体微粒子 5 および導電微粒子 6 から成る。絶縁体微粒子 5 は単分散であり、かつ整列して充填している。これにより、絶縁体微粒子 5 間の接点および導通路が均等に生じる。そのため、電子を効率的にトラップしながら伝導させることができ、弾道電子が薄膜電極 3 下において増産され、多量の電子が放出される。結果、電子放出の効率を向上できる。上記の構造からなる電子放出素子 1 は、半導電性の輸送特性を示す。

[0036] 電子加速層 4 は、絶縁体微粒子 5 に加えて導電微粒子 6 を備えている。図 2 に示すように、導電微粒子 6 は絶縁体微粒子層内に分散されており、絶縁体微粒子 5 の表面に付着した状態で存在する。導電微粒子 6 には、電子加速層 4 においてトラップされた電子の薄膜電極 3 下までの移動を補助し、生成される弾道電子数を増加させる効果がある。よって、電子加速層 4 が導電粒子 6 を有することにより、さらに電子放出量が高められる。

[0037] 絶縁体微粒子 5 の直径（平均径）は 5～1000 nm であることが好まし

く、15～500nmであることがより好ましい。これによって、電子加速層4内を電流が流れる際に発生するジュール熱を効率よく散逸させることができる。したがって、電子放出素子1が動作時の発熱により破壊されることを防ぐことができる。さらに、電子加速層4の膜厚を変更することにより、電子放出素子1の抵抗値を任意かつ容易に調整することが可能となる。絶縁体微粒子5に用いる物質としては、酸化シリコン、酸化アルミニウム、および酸化チタンといったものが実用的である。販売されている製品としては、例えば日産化学工業株式会社の製造販売するコロイダルシリカが利用可能である。

[0038] 電子加速層4の層厚は、8～3000nmであるのが好ましい。これにより、電子加速層4の表面を平坦化すること、および層厚方向における電子加速層4の抵抗値の制御が可能となる。電子加速層4の層厚は、30～1000nmとすることがより好ましい。

[0039] なお、電子加速層4には、導電微粒子6が含まれていてもいなくても良い。すなわち電子加速層4は、少なくとも絶縁体微粒子5が充填された絶縁体微粒子層を備えていればよい。本実施形態において、電子加速層4に含まれる導電微粒子6は、電子放出素子1の電子放出量向上のために加えているものである。適切な量の導電微粒子6を添加することによって、素子内電流を適正な値に制御することができる。これにより、電子放出量を増加させる効果が得られる。なお、添加する導電微粒子6の量が多すぎると、素子内電流のみとなる結果、電子を全く放出しなくなる。一方、添加する導電微粒子6の量が少なすぎると、素子内電流が少なくなる結果、放出される電子の量が少なくなる。

[0040] (電子放出素子1の製造方法)

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。電子放出素子1の製造工程は、電極基板2の親水性処理と、電子加速層4の形成と、薄膜小電極3aと薄膜小電極連結部9とを備える薄膜電極3の成膜とからなる。電極基板2には、金属基板、半導体基板、ならびに絶縁体基板表面に

導電性薄膜を成膜したもののいずれかを使用する。

[0041] (電子加速層 4 の形成)

電極基板 2 の表面に、電子加速層 4 を形成する。電子加速層 4 は絶縁体微粒子 5 を堆積させた絶縁体微粒子層内に導電微粒子 6 を分散させることによって形成される。電子加速層 4 において、導電微粒子 6 は絶縁体微粒子 5 の表面に付着した状態で存在している。電極基板 2 の親水性処理と、絶縁体微粒子層の形成と、導電微粒子 6 の分散方法とを以下に示す。

[0042] (電極基板 2 の親水性処理と絶縁体粒子層の形成)

電極基板 2 上に絶縁体微粒子分散液を用いて、絶縁体微粒子 5 の薄膜を形成する。絶縁体微粒子分散液は、単分散の絶縁体微粒子 5 を水中に分散させたものである。絶縁体微粒子分散液を電極基板 2 上に塗布し、薄膜を形成するためにはスピコート法を用いる。

[0043] この際、電極基板 2 の極性に留意する必要がある。一般的に、電極基板 2 は疎水性であり、絶縁体微粒子分散液は親水性である。電極基板 2 と絶縁体微粒子分散液との極性が異なるために、素の電極基板 2 上に絶縁体微粒子分散液を塗布すると、絶縁体微粒子分散液は電極基板 2 表面において撥水された状態になる。その状態においてスピコートを実施しても、絶縁体微粒子 5 は電極基板 2 上に堆積しない。そこで、絶縁体微粒子分散液の電極基板 2 への濡れ性を改善するために、電極基板 2 の表面を親水性に処理する必要がある。電極基板 2 の表面を親水性処理するためには、電極基板 2 表面に紫外線処理を施す。紫外線処理の方法に限定はないが、例えば、真空度 2.0×10^{-4} Pa 下で電極基板 2 表面に、紫外線を 10 分間照射する。

[0044] 絶縁体微粒子層を形成するためのスピコートに用いる絶縁体微粒子分散液の固形分濃度は、 $10 \text{ wt} \%$ 以上 $50 \text{ wt} \%$ 以下が好ましい。固形分濃度が $10 \text{ wt} \%$ 未満であると、絶縁体微粒子分散液の粘度が低すぎて電極基板 2 上に絶縁体微粒子 5 を堆積することができない。一方、固形分濃度が $50 \text{ wt} \%$ より高い場合は、絶縁体微粒子分散液の粘度が高すぎるために、絶縁体微粒子 5 の凝集が起こる。その結果、電極基板 2 上に平坦な絶縁体微粒子

5の薄膜を形成することができない。

[0045] 電極基板2上に絶縁体微粒子分散液をスピコートする際の条件に限定はないが、例えば回転数500回転/分(rpm)で5秒間回転させたのち、回転数3000~4500rpmで10秒間回転を保持する。絶縁体微粒子分散液の塗布量に限定はないが、例えば0.2mL/cm²以上あればよい。この条件で形成した絶縁体微粒子層の膜厚は、電子放出素子1として用いるために適正である。また、絶縁体微粒子層の表面平坦性は、電子放出素子1を作製するために要求される基準を満たしている。

[0046] なお、絶縁体微粒子層形成に用いる絶縁体微粒子分散液の例としては、日産化学工業株式会社製の親水性シリカの分散液であるコロイダルシリカMP-4540(平均粒子径450nm、40wt%)、MP-3040(平均粒子径300nm、40wt%)、MP-1040(平均粒子径100nm、40wt%)、スノーテックス20(平均粒子径15nm、20wt%)、およびスノーテックスSX(平均粒子径5nm、20wt%)が挙げられる。

[0047] (導電微粒子6の分散)

導電微粒子6を絶縁体微粒子層内に分散させるために、上記の方法によって得られた絶縁体微粒子層上に導電微粒子分散液を塗布する。

[0048] 導電微粒子分散液は、導電微粒子6を分散溶媒に分散させて調製する。ここで、導電微粒子6の分散方法は特に限定されず、例えば超音波分散器を用いる。この分散溶媒としては、親水性の低い有機溶媒が好ましい。このことにより、導電微粒子分散液を塗布し導電微粒子6が絶縁体微粒子層内に分散する際に、先に形成した親水性の絶縁体微粒子5の配列を乱すことを防止できる。ここで用いる分散溶媒の例としては、トルエン、ベンゼン、キシレン、およびヘキサンなどが挙げられる。

[0049] 導電微粒子6の表面が、分散溶媒への分散性向上を目的として表面処理されている場合は、その表面処理方法に適した分散溶媒を選択するとよい。例えば、表面がアルコラート処理された導電微粒子6には、分散溶媒としてト

ルエンまたはヘキサンが好ましい。

[0050] また、導電性微粒子分散液として、市販されている導電微粒子 6 のナノコロイド液も使用可能である。導電微粒子 6 のナノコロイド液は、導電微粒子 6 がコロイドを形成しているためにお互いに凝集することがない。よって、導電微粒子 6 の高い分散性が実現されている。導電微粒子 6 のナノコロイド液の例としては、株式会社徳力化学研究所が製造販売する白金ナノ粒子コロイド液およびパラジウムナノ粒子コロイド液、ハリマ化成株式会社が製造販売する金ナノ粒子コロイド液、応用ナノ研究所が製造販売する銀ナノ粒子、および株式会社イオックスの製造販売するニッケルナノ粒子ペーストなどが挙げられる。

[0051] 導電微粒子分散液の絶縁体微粒子層上への塗布方法には、例えば、スピコート法を用いる。スピコート法以外の塗布方法として、例えば、滴下法、スプレーコート法、噴霧法、およびインクジェット法などを用いることも可能である。

[0052] 上記の方法により、表面に導電微粒子 6 が付着した絶縁体微粒子 5 が平坦に配列した絶縁体微粒子層からなる電子加速層 4 を得られる。

[0053] (薄膜電極 3 の成膜)

電子放出素子 1 の製造最終工程として、加速電子層 4 上に薄膜電極 3 を成膜する。電子放出素子 1 の薄膜電極 3 は、格子状に配置した複数の薄膜小電極 3 a と、隣接する薄膜小電極 3 a 同士を縦横に連結する薄膜小電極連結部 9 とからなり、図 1 に示す形状をなす。

[0054] 電子加速層 4 上に、薄膜電極 3 を成膜する方法は、所望の物質を任意の膜厚で成膜できる方法であれば限定されない。成膜方法として、例えばマグネトロンスパッタリング法や、真空蒸着法などが挙げられる。

[0055] (リーク欠陥発生時の素子救済方法)

図 3 に、電子放出素子 1 のいずれかの場所において、電極基板 2 と薄膜小電極との両電極間で、電氣的に短絡するリーク欠陥 1 2 (電氣的短絡) が発生した場合の上面図を示す。このリーク欠陥を含む薄膜小電極を薄膜小電極

3 bとする。電子放出素子 1 の製造、または検査工程において薄膜電極 3 のいずれかの面内にリーク欠陥 1 2 が検出された場合、電子放出素子 1 全体が不良品となる。リーク欠陥 1 2 を有する電子放出素子 1 を救済（修復）し良品とするためには、リーク欠陥 1 2 を含む薄膜小電極 3 b を、周囲の薄膜小電極 3 a から電氣的に絶縁（断線）すればよい。

[0056] 薄膜小電極 3 b と薄膜小電極 3 a との絶縁は、レーザー照射領域 1 3 に薄膜電極 2 の表面側からレーザーを照射して薄膜小電極連結部 9 を切断することにより容易に実現できる。この方法により、一部のリーク欠陥 1 2 のために素子全体が不良品になることを容易に防ぐことができる。すなわち、電子放出素子 1 が、薄膜小電極 3 a と薄膜小電極連結部 9 とからなる薄膜電極 3 を備えることにより、電子放出素子 1 の製造段階における歩留まり向上が実現される。

[0057] 薄膜小電極連結部 9 を切断するためのレーザーとして、発振波長が 1 0 6 4 n m のネオジウム添加イットリウム・アルミニウム・ガーネットレーザー（Y A G レーザー）を用いるが、所望の特性が得られるのであれば、使用するレーザーは限定されない。

〔実施例 1〕

（電子放出素子 1）

以下、本発明に係る電子放出素子 1 の実施例について説明する。

[0058] 電極基板 2 として 2 5 m m × 2 5 m m 角の I T O 基板を用いた。I T O 基板表面を親水性処理するために、真空度 2 0 P a 下で電極基板 2 の表面に紫外線を 1 0 分間照射した。

[0059] 絶縁体微粒子層を形成するための絶縁体微粒子分散液として、日産化学工業株式会社製のコロイダルシリカ M P - 1 0 4 0 （平均粒子径 1 0 0 n m 、 4 0 w t % ）を用いた。また、その塗布方法にはスピンコート法を用いた。コロイダルシリカ M P - 1 0 4 0 を電極基板 2 上に 1 m L 滴下し、回転数を 0 r p m から 3 0 0 0 r p m まで 5 秒間かけて上昇させたのち、3 0 0 0 r p m で 1 0 秒間回転を保持した。

[0060] 導電微粒子層を形成する導電微粒子 6 には、応用ナノ研究所株式会社製の平均径 10 nm の銀ナノ粒子を用いた。導電微粒子分散液を調製するために、トルエン溶媒 3.0 g と銀ナノ粒子 0.5 g を試薬瓶に投入し超音波分散器に 5 分間かけた。

[0061] この導電微粒子分散液を、スピコート法を用いて絶縁体微粒子層上に塗布した。導電微粒子層を形成するために、導電微粒子分散液を絶縁体微粒子層上に 2 mL 滴下し、回転数を 0 rpm から 3000 rpm まで 5 秒間かけて上昇させたのち、3000 rpm で 10 秒間回転を保持した。

[0062] 以上の製造工程を経て、電極基板 2 上に絶縁体微粒子層と導電微粒子層とから成る電子加速層 4 を形成した。本実施例 1 における電子加速層 4 の膜厚は 770 nm だった。

[0063] 最後に、電子加速層 4 上に金からなる薄膜電極 3 を成膜した。薄膜電極 3 は、格子状に配置した薄膜小電極 3a と、薄膜小電極連結部 9 からなり、図 1 に示す形状に成形した。薄膜電極 3 の層厚は 40 nm とし、また、薄膜小電極 3a の面積は 0.01 cm² とした。成膜方法には、マグネトロンスパッタリング法を用いた。

[0064] このようにして製造された電子放出素子 1 において、電子加速層 4 の表面は十分な平坦性を備えていることが確認された。そのことにより、電子放出素子 1 は、素子表面の全面から効率よく電子を放出する良好な電子放出特性を実現した。

[0065] [実施形態 2]
(帯電装置 90)

図 5 に、実施形態 1 で説明した本発明に係る一実施形態の電子放出素子 1 を備えた本発明に係る帯電装置の一例を示す。帯電装置 90 は、電子放出素子 1 とこれに電圧を印加するための電源 7 とを備える電子放出装置 10 と、感光体ドラム 11 とからなる。本発明の一実施形態に係る画像形成装置は、この帯電装置 90 を備えている。

[0066] 本発明の一実施形態に係る画像形成装置において、帯電装置 90 における

電子放出素子 1 は、被帯電体である感光体ドラム 11 に対向して設置される。電源 7 を用いて電子放出素子 1 に電圧を印加することにより、電子放出素子 1 は電子を放出し感光体ドラム 11 の表面を帯電させる。ここで、帯電装置 90 に備えられる電子放出素子 1 は、感光体ドラム 11 の表面から、例えば 3 ～ 5 mm の間隔をもっ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 程度が好ましい。電子放出素子 1 における電子加速層 4 は、例えば電源 7 より 25 V の電圧を印加された時に、単位時間当たり $1 \mu\text{A} / \text{cm}^2$ の電子が放出されるように構成されていればよい。なお、本発明の一実施形態に係る画像形成装置において、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。電子放出素子 1 は電子放出効率が高いため、帯電装置 90 は効率よく感光体ドラム 11 を帯電させる。

[0067] 帯電装置 90 として用いられる電子放出素子 1 は、素子外に電界を形成しないので、大気中で動作しても放電を伴わない。したがって、帯電装置 90 を大気中にて使用してもオゾンが発生しない。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。よって、帯電装置 90 がオゾン発生を伴わないことは、画像形成装置の設計において自由度を増すことに功を奏する。従来の帯電装置において、オゾンが装置外に放出されない構造に設計しても、装置内で発生したオゾンは、装置内の有機材料、例えば感光体ドラム 11 やベルトなどを酸化し劣化させてしまう。上記の画像形成装置におけるオゾン発生に関する問題を、本発明の一実施形態に係る電子放出素子 1 を備える電子放出装置 10 を帯電装置 90 に用いることで解決することができる。

[0068] また、帯電装置 90 に備えられる電子放出素子 1 は、素子表面の全面から電子を放出する面電子放出源である。よって、帯電装置 90 は感光体ドラム 11 の回転方向に対して幅を持って帯電させることを可能とする。このことは、感光体ドラム 11 の特定箇所を帯電させる機会を多く有することを意味する。面電子放出源を備える帯電装置 90 は、線状で帯電するワイヤ帯電器などと比較して、より均一な帯電を実現する。また、帯電装置 90 を用いて

感光体ドラム 11 を帯電させる際に、電子放出素子 1 が必要とする印加電圧は 10 V 程度である。一方、コロナ放電器を利用したワイヤ帯電器の場合は、感光体ドラムを帯電するために数 k V の印加電圧を必要とする。このように、電子放出素子 1 を備えた帯電装置 90 は、コロナ放電器を備えたワイヤ帯電器と比較して、格段に低い印加電圧での動作を実現している。

[0069] 〔実施形態 3〕

（電子線硬化装置 100）

図 6 に、実施形態 1 で説明した本発明に係る一実施形態の電子放出装置 10 を備えた電子線硬化装置の一例を示す。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 とをからなる電子放出装置 10 と、放出された電子を加速させる加速電極 21 とを備えている。電子線硬化装置 100 では、電子放出素子 1 を電子放出源とし、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。その結果、レジスト 22 は電子線のエネルギーを吸収することで硬化する。

[0070] 一般的なレジストを硬化させるために必要とされるエネルギーは 10 e V 以下である。放出電子は 10 e V 以上のエネルギーを有しているので、レジストを単純に硬化させるという観点においては、電子をさらに加速する必要はない。ただし、電子線のレジストへの浸透深さは電子のエネルギーに依存することが知られている。例えば厚さ 1 μ m のレジスト 22 を厚さ方向に対して完全に硬化させるには、約 5 k V の加速電圧が必要となる。このように、レジスト 22 の膜厚に応じて、必要十分なエネルギーを放出電子に与えるために加速電極 21 が必要となる。

[0071] 従来からある一般的な電子線硬化装置は、電子放出源を真空封止し、電子放出源に高電圧（50～100 k V）を印加することで電子を放出させる。大気中にてレジストを硬化させる場合は、真空相と大気を隔てる電子透過窓を別途設置する必要がある。そして、電子透過窓を通じて真空中より大気中に電子を透過させた後に、電子を被照射物に照射する。この電子照射方法では、放出電子が電子透過窓を透過する際に、大きなエネルギーが電子透過窓

に吸収されてしまう。また、電子放出源に電界放出型の素子を用いるために、レジストに到達した電子は必要以上の高エネルギーを有する。そのため、多くの電子がレジストの膜厚を透過してしまい、エネルギー利用効率が低くなる。さらに、電界放出型の電子放出素子は点電子放出源であるため、一度に照射できる範囲が狭くスループットが低い。

[0072] これに対し、電子放出装置 10 を用いた本発明の一実施形態に係る電子線硬化装置 100 は、大気中にて動作可能であり真空封止の必要がない。また、電子放出素子 1 は電子放出効率が高いため、電子線硬化装置 100 は効率よく電子線を照射できる。また、電子透過窓を通さないでエネルギーのロスも無く、放出電子に対する加速電圧を下げる事が可能となる。さらに面電子放出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。

[0073] [実施形態 4]

図 7～9 に、実施形態 1 で説明した本発明に係る一実施形態の電子放出装置 10 を備えた本発明に係る自発光デバイス 31、31a、31b の例をそれぞれ示す。

[0074] (自発光デバイス 31)

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 とを備える電子放出装置 10 と、電子放出素子 1 から所定の間隔を有し対向した位置に、基材となるガラス基板 34、ITO 薄膜 33、および蛍光体 32 を備える発光部（発光体）36 と、電源 35 とを備える。電源 35 は、電子放出素子 1 における電極基板 2 と、ITO 薄膜 33 との間に電圧を印加するために自発光デバイス 31 に備えられる。

[0075] 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いる。例えば、赤色蛍光体として $Y_2O_3:Eu$ 、および $(Y, Gd)BO_3:Eu$ 、緑色蛍光体として $Zn_2SiO_4:Mn$ 、 $BaAl_{12}O_{19}:Mn$ 、青色蛍光体として $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ などが使用可能である。

[0076] 発光部 36 に形成される蛍光体 32 の厚みは $1\mu m$ 程度が好ましい。また

、ITO薄膜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150nmとする。蛍光体32の成膜には、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から成る塗布液を準備する。この塗布液を用いて、ITO薄膜33上にバーコーター法あるいは滴下法などの公知な方法で成膜するとよい。

[0077] 蛍光体32の発光輝度を上げるためには、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。そのために電源35を用いて、電極基板2とITO薄膜33との間に電圧を印加し、電子放出素子1から放出された電子を加速する。このとき、蛍光体32と電子放出素子1との間隔は0.3～1mmが好ましい。また、電源7からの電子放出素子1への印加電圧は18V、電源35からの電極基板2とITO薄膜33とへの印加電圧は500～2000Vが好ましい。

[0078] (自発光デバイス31a)

図8に示す自発光デバイス31aは、電子放出素子1とこれに電圧を印加する電源7とさらに蛍光体32とを備えている。自発光デバイス31aでは、蛍光体32は平面状であり、電子放出素子1の上部電極表面に配置されている。ここで、蛍光体32の層は、微粒子化した蛍光体粒子とバインダーであるエポキシ系樹脂とからなる塗布液を用いて、電子放出素子1の上部電極表面に成膜される。ただし、電子放出素子1そのものは外力に対して弱い構造なので、バーコーター法による成膜手段を利用すると素子が壊れる恐れがある。このため、蛍光体32の層を成膜する方法としては、滴下法またはスピコート法などが適している。

[0079] (自発光デバイス31b)

図9に示す自発光デバイス31bは、電子放出素子1とこれに電圧を印加する電源7とを備えており、この構成は電子放出装置10と同様である。これに加えて、自発光デバイス31には、電子放出素子1の電子加速層4に蛍光体微粒子を混合している。この場合、絶縁体微粒子5の一部を代替して、蛍光体微粒子を混合してもよい。

[0080] 自発光デバイス 3 1 b における発光輝度を向上するためには、電子加速層 4 における蛍光体微粒子の絶縁体微粒子 5 に対する混合比率を高くしたい。しかし、以下に示す理由により、その混合比率はある上限をもって制限される。一般的に、蛍光体微粒子は低い抵抗率を有する。そのため、電子加速層 4 において蛍光体微粒子の混合比率が増加していくと、電子加速層 4 の抵抗率は減少していく。電子加速層 4 が電子加速層として機能するためには、所定の抵抗率より高い抵抗率を有する必要がある。以上の理由によって、電子加速層 4 において絶縁体微粒子 5 の一部に代替して蛍光体微粒子を混合する場合、その混合比には最適値が存在する。例えば、絶縁体微粒子 5 として球状シリカ粒子（平均径 1 1 0 n m）、蛍光体微粒子として Z n S : M g（平均径 5 0 0 n m）を用いた場合、その重量混合比は 3 : 1 程度が最適となる。

[0081] （自発光デバイスのまとめ）

上記自発光デバイス 3 1, 3 1 a では、電子放出素子 1 より放出させた電子が蛍光体 3 2 に衝突することで自発光デバイスとなる。上記自発光デバイス 3 1 b では、電子加速層 4 内で加速された電子が蛍光体微粒子に衝突することで自発光デバイスとなる。

[0082] 電子放出素子 1 は電子放出効率が高いため、自発光デバイス 3 1, 3 1 a, 3 1 b は、効率よく発光を行える。なお、自発光デバイス 3 1, 3 1 a, 3 1 b は、電子放出源として電子放出素子 1 を用いているため、大気中における動作が可能であるが、真空封止することにより電子放出電流が上がり、さらに高効率な発光を実現する。

[0083] （画像表示装置 1 4 0）

本発明の一実施形態に係る自発光デバイスを備えた画像表示装置の一例を図 1 0 に示す。画像表示装置 1 4 0 は、自発光デバイス 3 1 b と液晶パネル 3 3 0 とを備えている。画像表示装置 1 4 0 では、自発光デバイス 3 1 b を液晶パネル 3 3 0 の後方に設置し、バックライトとして用いる。自発光デバイス 3 1 b を画像表示装置 1 4 0 に用いる場合、電源 7 による自発光デバイ

ス 3 1 b への印加電圧は、20～35 V が好ましい。また、自発光デバイス 3 1 b は、20～35 V の電圧を印加された際に、例えば単位時間当たり $10 \mu\text{A} / \text{cm}^2$ の電子が放出されるように構成されていればよい。また、自発光デバイス 3 1 b と液晶パネル 3 3 0 との距離は、0.1 mm 程度が好ましい。

[0084] (その他の画像表示装置)

また、自発光デバイス 3 1 をマトリックス状に配置することによって、新規な画像表示装置を実現する。この画像表示装置は、電子放出素子より放出された電子による蛍光体の発光を利用しており、広義の意味での電界放出ディスプレイ (FED) といえる。この場合、電源 7 による自発光デバイス 3 1 への印加電圧は、20～35 V が好ましい。自発光デバイス 3 1 は、20～35 V の電圧を印加された際に、例えば単位時間当たり $10 \mu\text{A} / \text{cm}^2$ の電子が放出されるように構成されていればよい。

[0085] [実施形態 5]

実施の形態 1 で説明した本発明に係る電子放出装置 1 0 を利用した本発明に係る送風装置の例を示す。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。

[0086] (送風装置 1 5 0, 送風装置 1 6 0)

従来の送風装置あるいは冷却装置のように、送風のみを用いて被冷却体を冷却する場合、被冷却体の表面における空気の流速が 0 となる。すなわち、被冷却体から最も熱を奪える部分の空気が置換されず冷却効率が悪い。この問題を解消するためには、被冷却体に通常空気ではなく、電子やイオンといった荷電粒子を含んだ空気を送風することが効果的である。なぜなら、被冷却体近傍に送風された荷電粒子を含んだ空気は、静電的な力によって被冷却体表面に引き寄せられ、すでに被冷却体表面に存在していた空気と置換されるからである。

[0087] 本発明に係る電子放出装置 1 0 を備えた、本発明の一実施形態に係る送風

装置の例を以下に示す。

[0088] 図 1 1 に示す送風装置 1 5 0 は、電子放出素子 1 とこれに電圧を印加する電源 7 とからなる電子放出装置 1 0 を備える。送風装置 1 5 0 において、電子放出装置 1 0 は電氣的に接地された被冷却体 4 1 に向かって電子を放出する。このことにより、イオン風を発生させて被冷却体 4 1 を冷却する。この場合、電子放出素子 1 への印加電圧は 1 8 V 程度が好ましい。また、電子放出素子 1 は電圧 1 8 V を印加された際に、例えば単位時間当たり $1 \mu A / cm^2$ の電子を放出するように構成されていることが好ましい。

[0089] 図 1 2 に示す送風装置 1 6 0 は、図 1 0 に示す送風装置 1 5 0 に、さらに送風ファン 4 2 を組み合わせたものである。電子放出装置 1 0 が電氣的に接地された被冷却体 4 1 に向かって電子を放出し、イオン風を発生させる。さらに送風ファン 4 2 が被冷却体 4 1 に向かって送風することで送風装置 1 6 0 は被冷却体 4 1 を冷却する。この場合、送風ファン 4 2 による風量は、 $0.9 \sim 2 L / (分 \cdot cm^2)$ とするのが好ましい。

[0090] 本発明の一実施形態に係る送風装置 1 5 0 および送風装置 1 6 0 では、送風する空気中に電子やイオンといった荷電粒子を含んでいるので、送風のみによる冷却装置と比較して、冷却効率の格段の向上を実現する。さらに、電子放出素子 1 は電子放出効率が高いため、送風装置 1 5 0 および送風装置 1 6 0 は、さらに高効率な冷却が可能となる。また、送風装置 1 5 0 および送風装置 1 6 0 は大気中における長時間の動作も可能である。

[0091] 本発明の一実施形態に係る電子放出素子の修復方法は、上記の課題を解決するために、

上述した電子放出素子における電氣的短絡を修復する電子放出素子の修復方法であって、

上記電極基板と、上記複数の薄膜小電極のいずれかとの間において電氣的短絡が発生した場合、電氣的短絡が発生した上記薄膜小電極部と他の上記薄膜小電極とを連結する上記薄膜小電極連結部に上記薄膜電極の表面側からレーザー照射することによって、該薄膜小電極連結部を電氣的に断線させるこ

とを特徴としている。

[0092] 上記の構成によれば、電子放出素子の薄膜電極に生じたリーク欠陥（電氣的短絡）を容易に修復できる効果を奏する。

[0093] また、上記加速層は少なくとも絶縁体微粒子からなる絶縁体微粒子層を備えている。上記絶縁体微粒子層が単分散の絶縁体微粒子からなり、かつ整列して充填していると、絶縁体微粒子間の接点および導通路が均等に生じる。

[0094] そのため、電子を効率的にトラップしながら伝導させることができ、弾道電子が薄膜電極下において増産され、多量の電子が放出される。したがって、本発明に係る電子放出素子は、電子放出効率の向上に効果を奏する。

[0095] 本発明の一実施形態に係る電子放出素子において、上記電子加速層を構成する絶縁体微粒子には、酸化シリコン、酸化アルミニウム、および酸化チタンの少なくとも1つを含んでいてもよい。これらの物質の抵抗率（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制御することが可能となる。

[0096] また、ここで用いる絶縁体微粒子の平均径は、5～1000nmであるのが好ましい。さらに好ましくは、上記絶縁体微粒子の平均径を15～500nmとすることにより、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、電子放出素子が熱により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制御を容易にすることができる。

[0097] 本発明の一実施形態に係る電子放出素子においては、上記構成に加え、上記電子加速層の層厚は、8～3000nmであるのが好ましい。これにより、電子加速層の表面を平坦化すること、および層厚方向における電子加速層の抵抗値の制御が可能となる。また、上記電子加速層の層厚は、30～1000nmとすることがより好ましい。

[0098] 本発明の一実施形態に係る電子放出装置は、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ることを特徴としている。

- [0099] 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。
- [0100] さらに、本発明の一実施形態に係る電子放出素子を自発光デバイス、および、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、安定かつ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。
- [0101] また、本発明の一実施形態に係る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、放電を伴わない送風装置、および冷却装置を実現する。送風装置、および冷却装置が放電を伴わずに動作することにより、オゾンや窒素酸化物を始めとする有害な物質を発生することなく被冷却体を冷却する。また、荷電粒子による被冷却体表面におけるスリップ効果を利用することにより、被冷却体を高効率に冷却できる効果を奏する。
- [0102] また、本発明の一実施形態に係る電子放出素子は、帯電装置、および該帯電装置を備えた画像形成装置に用いられることにより、放電を伴わない帯電装置、および画像形成装置を実現する。放電を伴わないことにより、オゾンや窒素酸化物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可能となる。
- [0103] また、本発明の一実施形態に係る電子放出素子は、面電子放出源であるという特徴を備える。従来の電界電子放出素子が点電子放出源であることに對し、上記電子放出素子は、一度に広範囲に電子を照射することを可能とする。電子線硬化装置に上記電子放出素子を用いることにより、二次元的に電子線を照射しレジストを硬化することを可能とする。また、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。
- [0104] また、本発明の一実施形態に係る電子放出素子の製造方法においては、上記電子加速層を形成する工程内に、上記絶縁体微粒子からなる絶縁体微粒子層を上記電極基板上に形成する工程を含んでいる。
- [0105] 上記絶縁体微粒子層の形成において、絶縁体微粒子を水中に分散した絶縁体微粒子分散液をスピコート法を用いて電極基板上に塗布して絶縁体微粒子層を形成する絶縁体微粒子層形成工程を含むことを特徴としている。

[0106] 絶縁体微粒子層の形成においてスピンコート法を用いることにより、絶縁体微粒子を簡便に広範囲に塗布することができる。よって、広範囲にわたって電子放出する必要のあるデバイスに好適に用いることができる。

[0107] 本発明は、上述した各実施形態および各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。

[0108] 発明の詳細な説明の項においてなされた具体的な実施形態または実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

産業上の利用可能性

[0109] 本発明に係る電子放出素子は、電気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、およびファクシミリなどの画像形成装置の帯電装置に適用可能である。また、電子線硬化装置、蛍光体と組み合わせることにより画像表示装置、および放出された電子が発生させるイオン風を利用する冷却装置などに、適用することができる。

符号の説明

- [0110] 1 電子放出素子
2 電極基板
3 薄膜電極
3 a 薄膜小電極
3 b リーク欠陥 1 2 を含む薄膜小電極
4 電子加速層
5 絶縁体微粒子
6 導電微粒子

- 7 電源（電源部）
- 9 薄膜小電極連結部
- 10 電子放出装置
- 11 感光体ドラム
- 12 リーク欠陥
- 13 レーザー照射領域
- 21 加速電極
- 22 レジスト
- 31, 31a, 31b 自発光デバイス
- 32 蛍光体（発光体）
- 33 ITO薄膜
- 34 ガラス基板
- 35 電源
- 36 発光部
- 41 被冷却体
- 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
- 200 従来の電子放出素子
- 210 従来の薄膜電極
- 330 液晶パネル

請求の範囲

- [請求項1] 電極基板と薄膜電極とを備え、当該電極基板と薄膜電極との間に電圧を印加することによって、当該電極基板と薄膜電極との間において電子を加速させて、当該薄膜電極から放出させる電子放出素子であって、
- 上記電極基板と上記薄膜電極との間には、少なくとも絶縁体微粒子からなる電子加速層が設けられており、
- 上記薄膜電極は、格子状に配置された複数の薄膜小電極と、隣接する薄膜小電極同士を縦横に連結する薄膜小電極連結部とを備えることを特徴とする電子放出素子。
- [請求項2] 上記絶縁体微粒子は単分散であり、かつ整列して充填して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3] 上記絶縁体微粒子は、酸化シリコン、酸化アルミニウム、および酸化チタンの少なくとも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] 上記絶縁体微粒子の平均径は、5～1000nm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] 上記電子加速層の層厚は、8～3000nmであ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] 請求項1～5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。
- [請求項7] 請求項6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8] 請求項7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9] 請求項6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10] 請求項6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。

[請求項11] 請求項6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12] 請求項11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13] 請求項6に記載の電子放出装置を備えたことを特徴とする電子線硬化装置。

[請求項14] 電極基板と薄膜電極とを備え、当該電極基板と薄膜電極との間に電圧を印加することによって、当該電極基板と薄膜電極との間で電子を加速させて、当該薄膜電極から放出させる電子放出素子の製造方法であって、

上記電極基板上に、少なくとも絶縁体微粒子からなる電子加速層を形成する工程と、

上記電子加速層上に、格子状に配置された複数の薄膜小電極と、隣接する薄膜小電極同士を縦横に連結する薄膜小電極連結部とを備える薄膜電極を形成する工程と、を含むことを特徴とする電子放出素子の製造方法。

[請求項15] 上記加速層を形成する工程が、上記絶縁体微粒子からなる絶縁体微粒子層を上記電極基板上に形成する工程をさらに含んでおり、

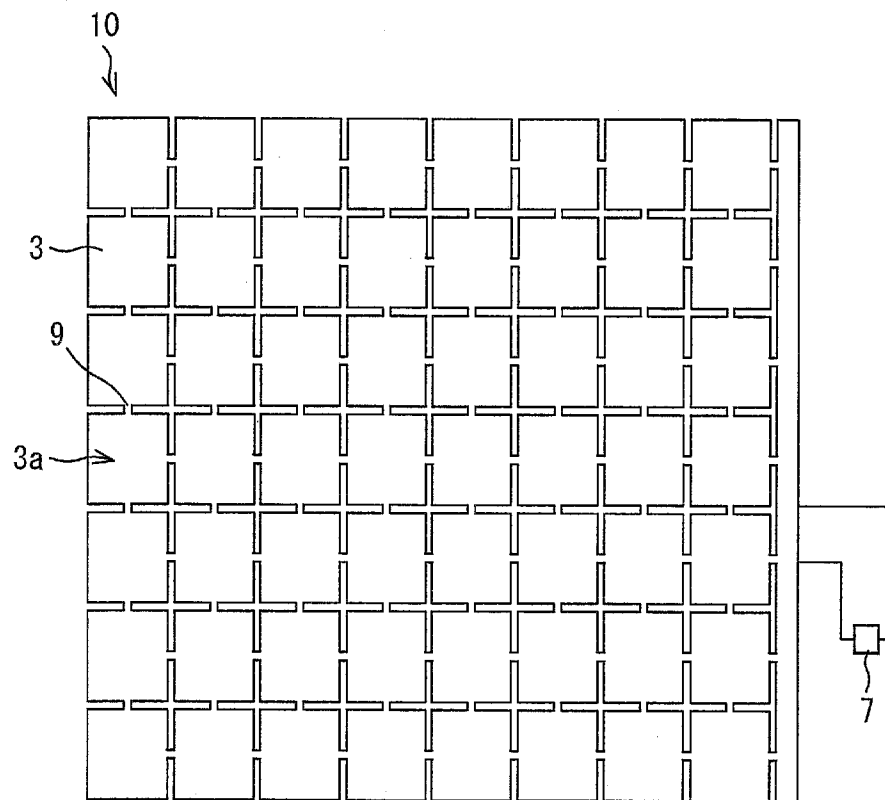
上記絶縁体微粒子層は、水中に上記絶縁体微粒子を分散させて得られる絶縁体微粒子分散液を、スピンコート法を用いて上記電極基板上に塗布することによって、上記絶縁体微粒子層を形成すること、を特徴とする請求項14に記載の電子放出素子の製造方法。

[請求項16] 請求項1～5のいずれかに記載の電子放出素子における電氣的短絡を修復する電子放出素子の修復方法であって、

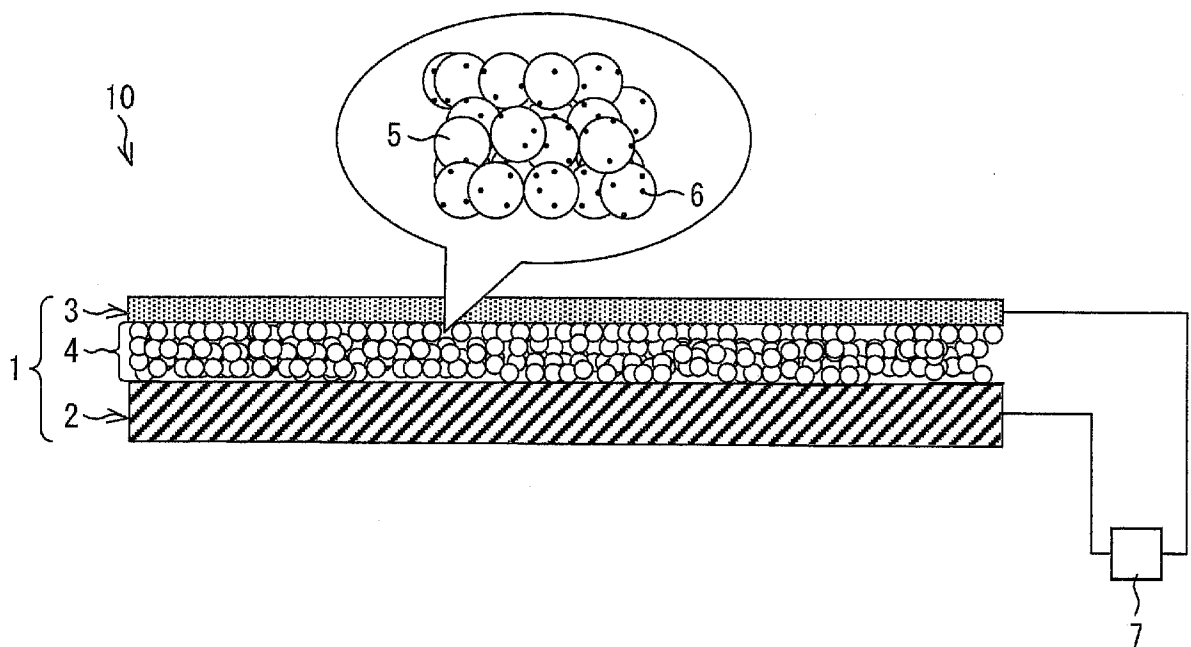
上記電極基板と、上記複数の薄膜小電極のいずれかとの間において

電氣的短絡が発生した場合、電氣的短絡が発生した上記薄膜小電極と他の上記薄膜小電極とを連結する上記薄膜小電極連結部に上記薄膜電極の表面側からレーザー照射することによって、該薄膜小電極連結部を電氣的に断線させることを特徴とする、電子放出素子の修復方法。

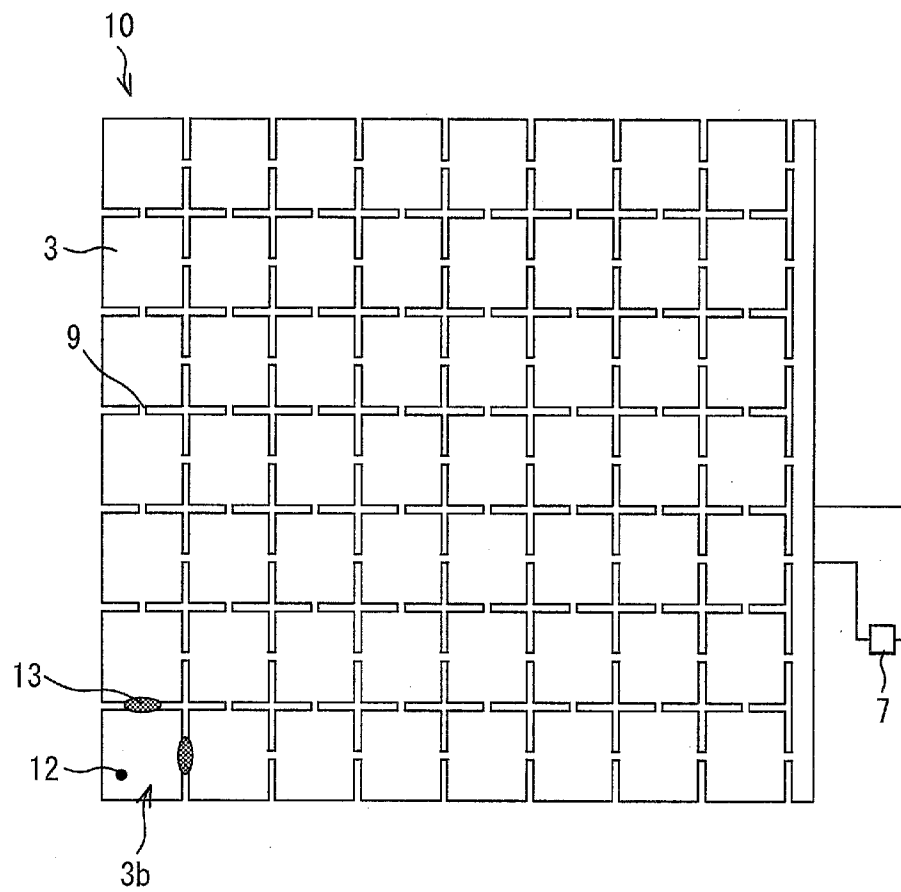
[図1]



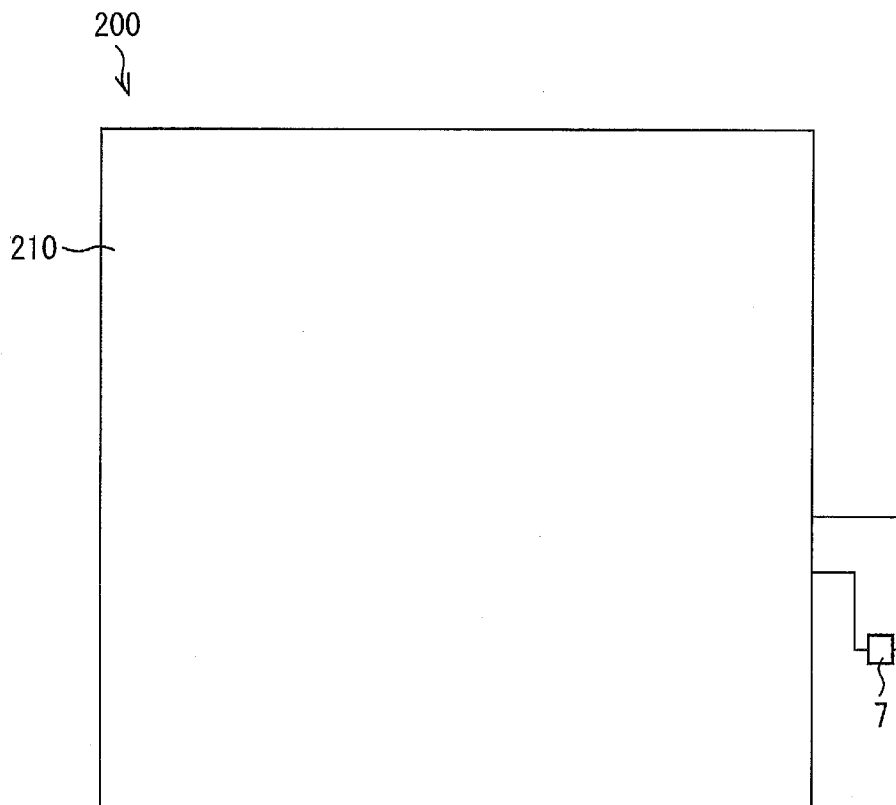
[図2]



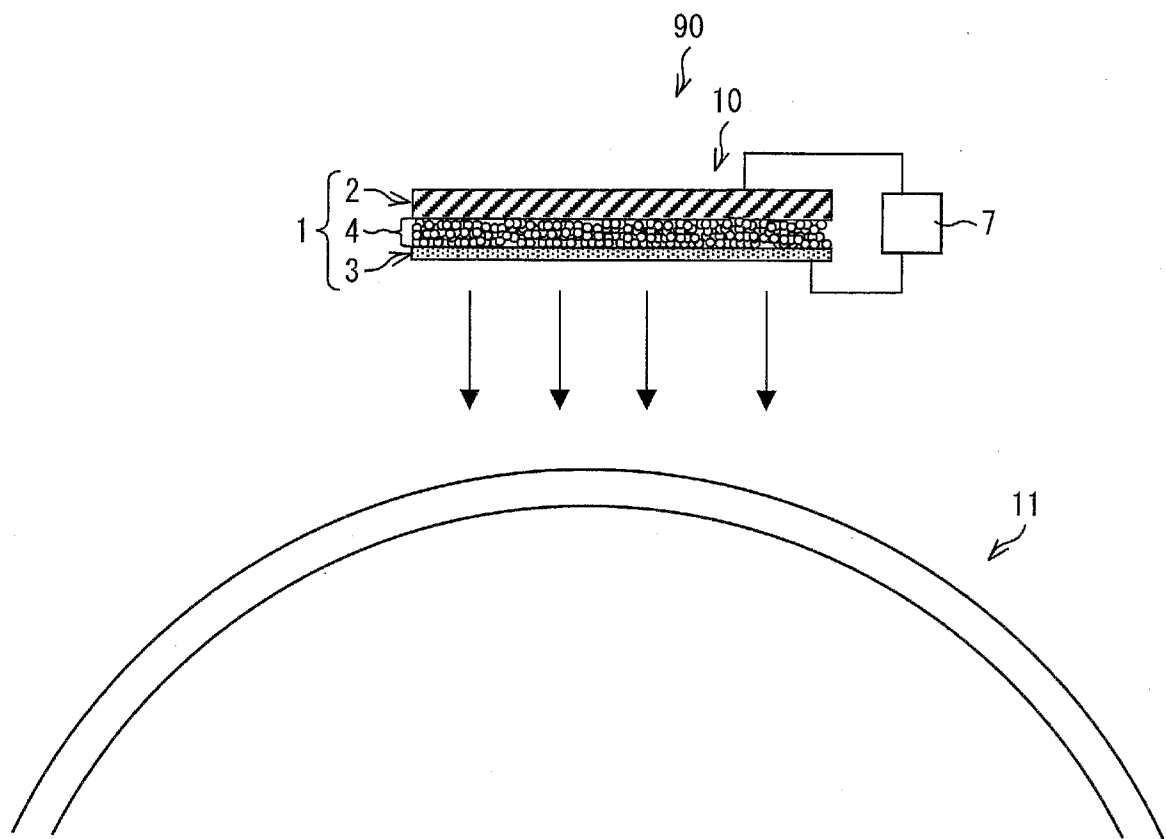
[図3]



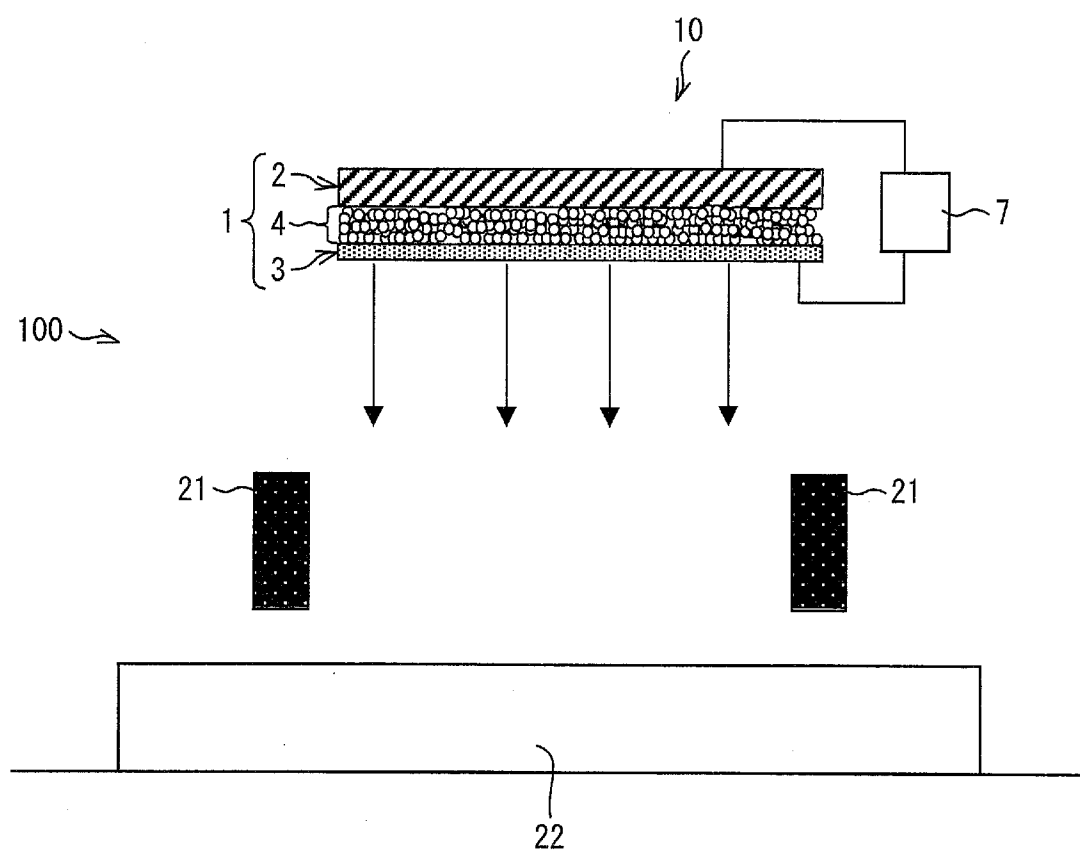
[図4]



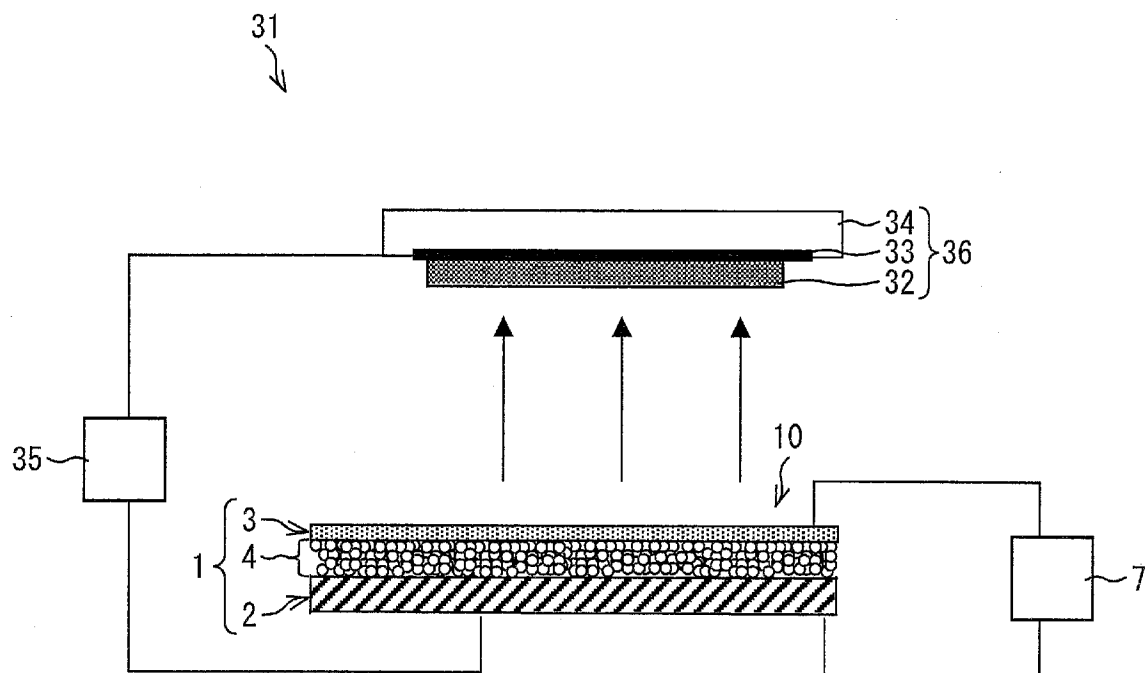
[図5]



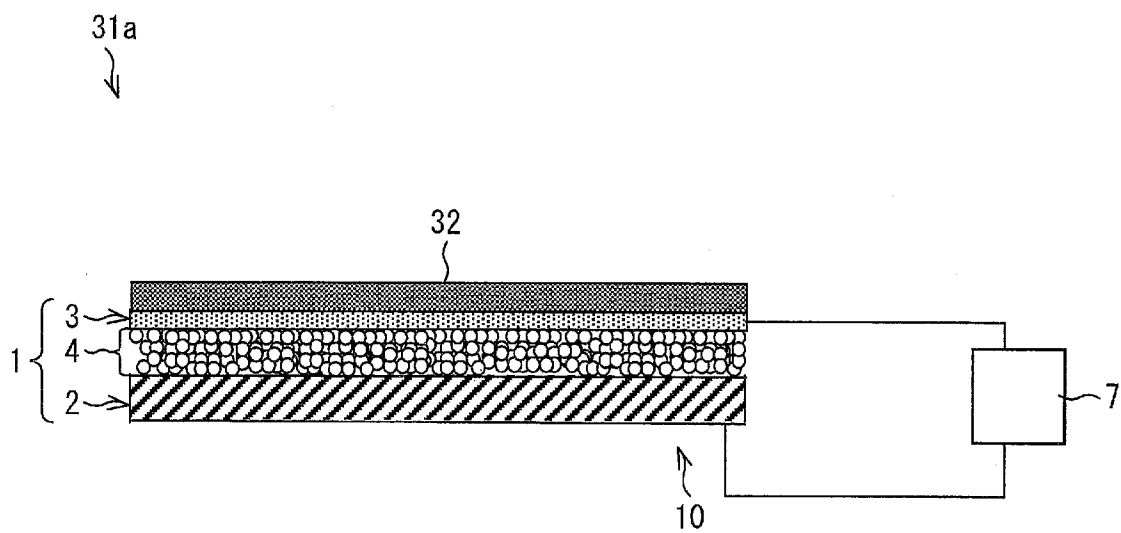
[図6]



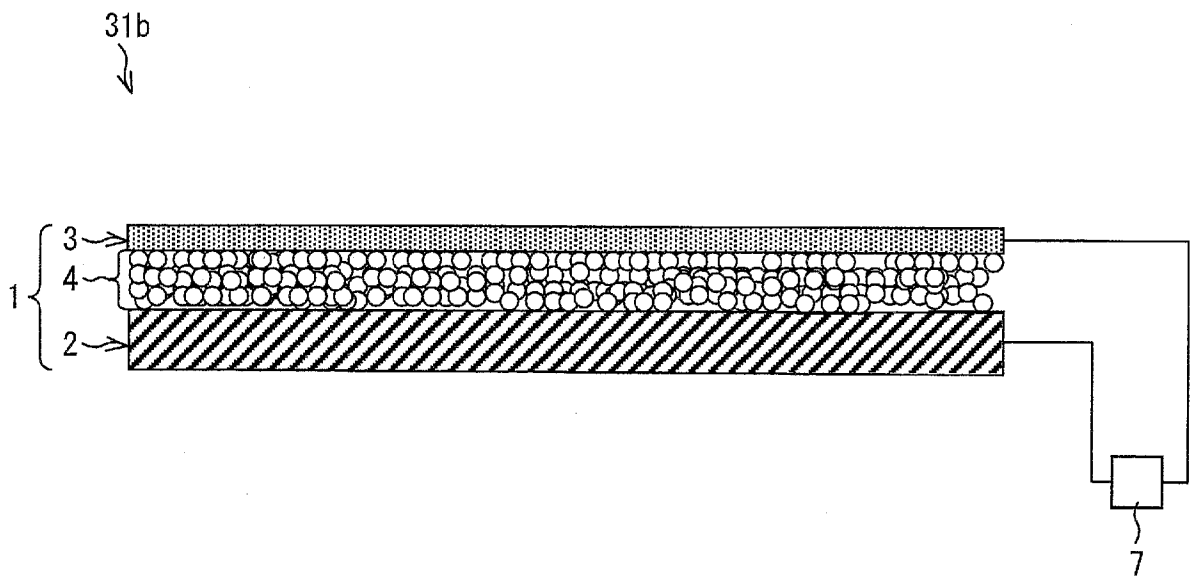
[図7]



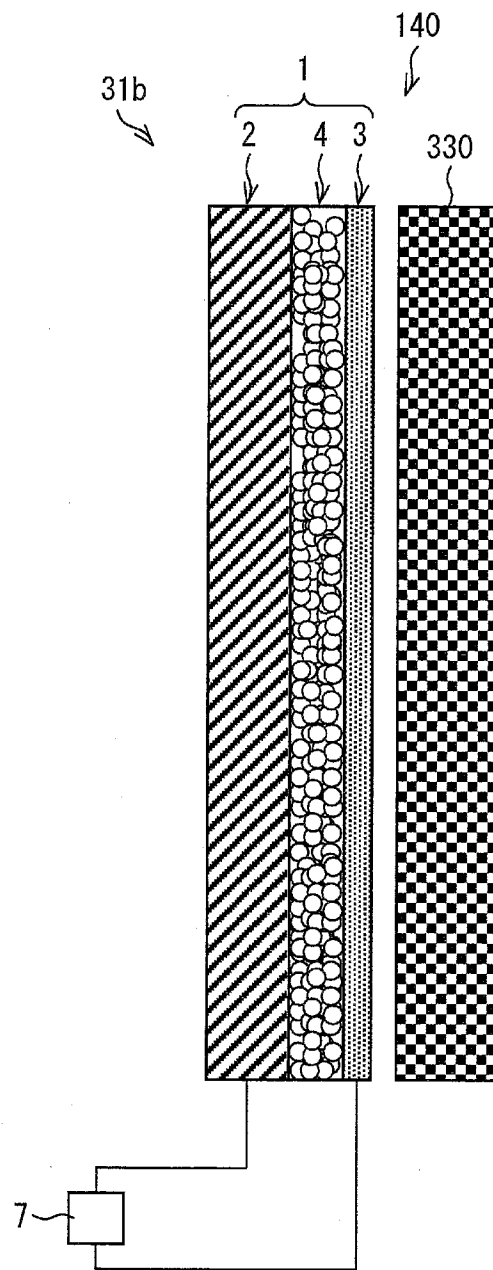
[図8]



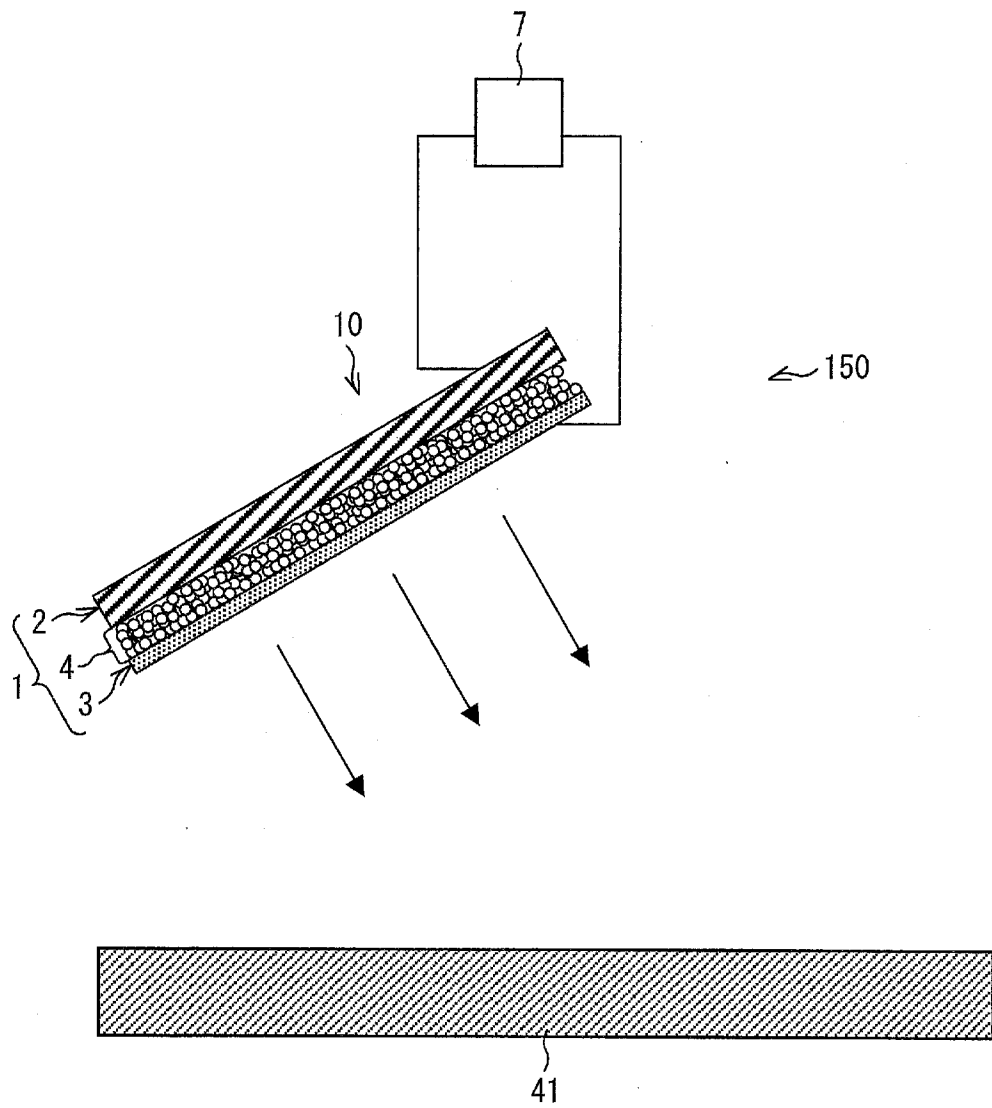
[図9]



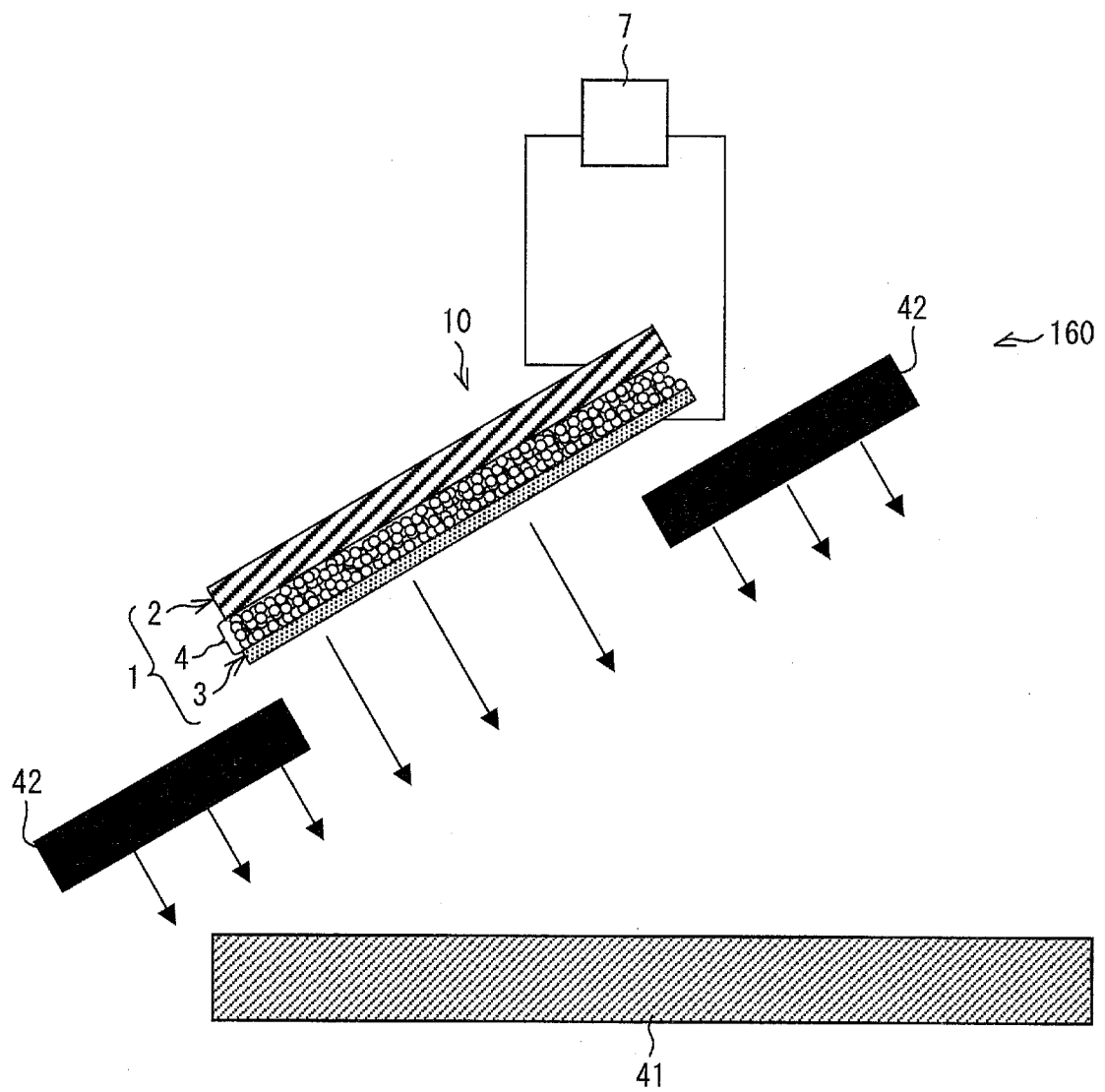
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/080355

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J1/312(2006.01)i, B01J19/12(2006.01)i, G02F1/13357(2006.01)i,
G03G15/02(2006.01)i, G21K5/04(2006.01)i, H01J9/02(2006.01)i,
H01J9/50(2006.01)i, H01J29/04(2006.01)i, H01J31/12(2006.01)i,
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J1/30-1/316, H01J9/02, H01J9/50, H01J29/04, H01J31/12, B01J19/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-146891 A (Sharp Corp.), 02 July 2009 (02.07.2009), paragraphs [0046] to [0049]; fig. 1 & JP 2009-164141 A & US 2010/0278561 A1 & WO 2009/066723 A1 & CN 101652827 A	1-16
A	WO 2005/096335 A1 (Pioneer Corp.), 13 October 2005 (13.10.2005), pages 4 to 5, 9; fig. 3 to 5, 20 & JP 4676428 B & US 2007/0241655 A1 & EP 1739706 A1 & CN 1938808 A	1-16
A	JP 2006-065172 A (Hitachi, Ltd.), 09 March 2006 (09.03.2006), paragraphs [0038] to [0041], [0061]; fig. 12, 21 & US 2006/0205103 A1 & CN 1755870 A	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 February, 2012 (02.02.12)Date of mailing of the international search report
14 February, 2012 (14.02.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/080355

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-197087 A (Sony Corp.), 11 July 2003 (11.07.2003), paragraphs [0260] to [0270]; fig. 61 (Family: none)	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/080355

Continuation of A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

(International Patent Classification (IPC))

H01J63/06(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i

(According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01J1/312(2006.01)i, B01J19/12(2006.01)i, G02F1/13357(2006.01)i, G03G15/02(2006.01)i, G21K5/04(2006.01)i, H01J9/02(2006.01)i, H01J9/50(2006.01)i, H01J29/04(2006.01)i, H01J31/12(2006.01)i, H01J63/06(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01J1/30-1/316, H01J9/02, H01J9/50, H01J29/04, H01J31/12, B01J19/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-146891 A (シャープ株式会社) 2009.07.02 [0046]-[0049], 図 1 & JP 2009-164141 A & US 2010/0278561 A1 & WO 2009/066723 A1 & CN 101652827 A	1-16
A	WO 2005/096335 A1 (パイオニア株式会社) 2005.10.13 第 4-5, 9 ページ, 図 3-5, 20 & JP 4676428 B & US 2007/0241655 A1 & EP 1739706 A1 & CN 1938808 A	1-16

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 2 . 0 2 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 2 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

居島 一仁

2 G

4 6 3 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-065172 A (株式会社日立製作所) 2006.03.09 [0038]-[0041], [0061], 図 12, 21 & US 2006/0205103 A1 & CN 1755870 A	1-16
A	JP 2003-197087 A (ソニー株式会社) 2003.07.11 [0260]-[0270], 図 61 (ファミリーなし)	1-16