

(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
2014 年 10 月 30 日(30.10.2014)



(10) 国際公開番号

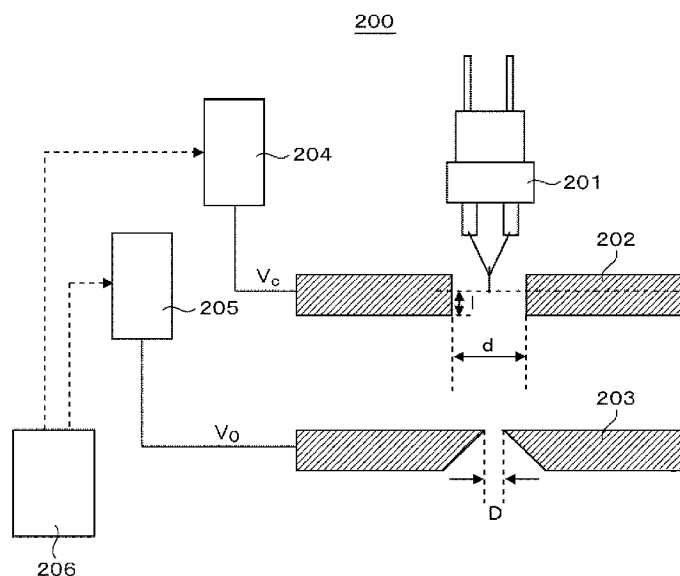
WO 2014/175087 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/073 (2006.01) H01J 37/063 (2006.01)
H01J 27/26 (2006.01) H01J 37/08 (2006.01)
H01J 37/06 (2006.01) H01J 37/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/060575
- (22) 国際出願日: 2014 年 4 月 14 日(14.04.2014)
- (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 2013-092484 2013 年 4 月 25 日(25.04.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 今井 悠太(IMAI Yuta); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 大嶋 卓(OHSHIMA Takashi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 森下 英郎(MORISHITA Hideo); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目 7 番 1 号 Tokyo (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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ELECTRON GUN, CHARGED PARTICLE GUN, AND CHARGED PARTICLE BEAM APPARATUS USING ELECTRON GUN AND CHARGED PARTICLE GUN

(54) 発明の名称: 電子銃、荷電粒子銃およびそれらを用いた荷電粒子線装置

図 1 6



制御する制御部と、を有する。

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a charged particle gun using merely an electrostatic lens, said charged particle gun being relatively small and having less aberration, and to provide a field emission-type charged particle gun having high luminance even with a high current. This charged particle gun has: a charged particle source; an acceleration electrode that accelerates charged particles emitted from the charged particle source; a control electrode, which is disposed further toward the charged particle source side than the acceleration electrode, and which has a larger aperture diameter than the aperture diameter of the acceleration electrode; and a control unit that controls, on the basis of a potential applied to the acceleration electrode, a potential to be applied to the control electrode.

(57) 要約: 本開示では、静電レンズのみを用いた比較的小型な、収差の少ない荷電粒子銃を提供し、大電流においても高輝度の電界放出型荷電粒子銃を提供することを目的とする。荷電粒子銃は、荷電粒子源と、荷電粒子源から放出される荷電粒子を加速させる加速電極と、加速電極よりも荷電粒子源側に配置され、加速電極の開口径よりも大きい開口径を有する制御電極と、加速電極に印加された電位に基づき、制御電極に印加される電位を

WO 2014/175087 A1

明 細 書

発明の名称：

電子銃、荷電粒子銃およびそれらを用いた荷電粒子線装置

技術分野

[0001] 本開示は荷電粒子線装置に用いられる電子銃及び荷電粒子銃に関し、それらを用いた荷電粒子線装置に関する。

背景技術

[0002] 高分解能の電子顕微鏡を得るためには、試料上に大電流の電子線を小さく絞られた状態で照射する必要がある。このためには、電子線を発生させる電子銃として輝度の高いものが必要となる。

[0003] 冷陰極電界放出（C F E）型電子銃は、高輝度で高分解能な電子顕微鏡によく用いられ、冷陰極電界放出型電子銃の電子源は、熱電子放出やショットキー放出などの他の電子源に比べ、光源サイズが小さくかつ電子源の輝度が大きい。加えて、引き出される電子の持つエネルギー幅が非常に小さい。電子レンズなどを用いた電子光学系で電子線を絞る際、電子線のエネルギー幅に比例した色収差と呼ばれるぼけが発生する。つまり、放出エネルギー幅の小さい電子源のほうが、色収差が小さく、電子線をより細く絞ることができる。

[0004] 従来、冷陰極電界放出型電子源を電子銃に適用する場合は、図2のような引出電極21と加速電極22が構成するバトラレンズを用いたものが一般的に用いられる。ここで、バトラレンズとは、2枚の円形の電極板を並行に配置した構造を有する静電レンズの一種で、2枚の円板の外側が平板状で、向かい合う内側が外周から中心にかけてなだらかに薄くなっているものを言う。2枚の円板には、電子線が通過するための開口を備えている。加工しやすいように、この形を多少変形させたレンズもバトラレンズないしバトラ型レンズと呼ばれる。この構造を用いると、電子銃の構造を簡易に、比較的小型にすることができる利点がある。

[0005] また、電子銃の収差低減と輝度向上の目的で、静電レンズに加え磁界レンズを用いて電子線を収束する、磁界重畳型電子銃が考案されている。例えば、特許文献1に示すように、磁界レンズの磁場中に電子源が配置されるようにし、焦点距離の短い磁界レンズを用いて電子源から放出される電子線を収束させることで、電子源から電子を引き出す静電レンズの作用を低減することができ、電子線の取り込み角を大きくとっても収差の増大を抑えて電子線の大電流化が可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2010-272381号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 高分解能な電子顕微鏡および電子線応用装置の実現のためには、電子線の仮想光源径が小さい電子銃を用いる必要がある。また、小さな仮想光源径を用いて、実効的な小さな光源径を得るためには、電子銃自身の収差を小さくする必要がある。従来のバトラ型レンズを用いた電子銃では収差が大きいため、電子顕微鏡に使用する際、電子銃以降の電子レンズにより縮小する必要がある。このため、結果的に光源の輝度を有効に使用することができていなかった。

[0008] 一方、特許文献1のように、電子銃部に磁界レンズを組み合わせて用いることにより低収差の電子銃を実現することもできる。しかし、静電レンズと磁界レンズを組み合わせて用いるため光学系の軸合わせが必要となり操作性が低下する。また、機構が複雑になり電子銃が比較的大型になる。

[0009] また、従来のバトラ型レンズを用いた電子銃では、加速電極に印加する電圧を変化させると電子線の仮想焦点の位置が大きく変化する。これにより光学系の軸がずれ、電子線の照射位置やサイズなどが変化する場合があります、電子銃を搭載した電子顕微鏡および電子線応用装置の安定性と操作性が低下す

る。

[0010] そこで、本開示では比較的小型な、収差の少ない電子銃（及び荷電粒子銃）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

[0011] 本開示のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

すなわち、本願の電子銃は、電界放出型電子源となる針状の電子源と、前記電子源から放出された電子を加速させる加速電極と、前記加速電極よりも前記電子源側に配置され、前記加速電極の開口径よりも大きい開口径を有する制御電極と、前記加速電極に印加される電位に基づき、前記制御電極に印加される電位を制御する制御部と、を有する。

[0012] また、本願の荷電粒子線装置は、上述の電子銃を用いた荷電粒子線装置であって、少なくとも1枚以上の静電または磁界レンズと、観察試料を置く試料ステージと、反射電子、2次電子のうち少なくとも1つを計測する検出器と、を備え、前記電子線により試料を観察または分析することを特徴とする。

[0013] また、本願の荷電粒子銃は、荷電粒子源と、前記荷電粒子源から放出された荷電粒子を加速させる加速電極と、前記加速電極よりも前記荷電粒子源側に配置され、前記加速電極の開口径よりも大きい開口径を有する制御電極と、前記加速電極に印加された電位に基づき、前記制御電極に印加される電位を制御する制御部と、を有する。

発明の効果

[0014] 上記荷電粒子銃によると、荷電粒子源近傍に電界が従来よりもコンパクトに形成される。この結果、荷電粒子源近傍に、焦点距離の短い静電レンズが形成される。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]実施例1に係る電子銃の構成を示す図である。

[図2]従来のバトラレンズ型電子銃の構成を示す図である。

[図3]変形例 1 に係る電子銃の構成を示す図である。

[図4]実施例 1 に係る電子銃を搭載した電子顕微鏡の真空排気系の構成を示す図である。

[図5]実施例 1 に係る電子銃の加速電圧と制御電圧の関係を示す図である。

[図6]電子銃における電子の軌道を示す図である。

[図7]実施例 1 に係る電子銃および従来のバトラレンズ型電子銃による収差係数の理論解析結果を示す図である。

[図8]実施例 1 に係る電子銃および従来のバトラレンズ型電子銃による任意の加速電圧の電子線を得る際の仮想焦点位置の理論解析結果を示す図である。

[図9]変形例 2 に係る電子銃の構成を示す図である。

[図10]電子銃における電子の軌道を示す図である。

[図11]変形例 3 に係る電子銃の構成を示す図である。

[図12]実施例 1 の電子銃を搭載した走査型電子顕微鏡の構成を示す図である。

[図13]実施例 1 の電子銃を搭載した小型の走査型電子顕微鏡の構成を示す図である。

[図14]実施例 4 に係るイオン銃の構成を示す図である。

[図15]実施例 4 に係るイオン銃を搭載した走査イオン顕微鏡の構成を示す図である。

[図16]実施の形態に係る荷電粒子銃の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。以下、図面を参照して実施の形態、実施例および変形例を説明する。なお、実施の形態、実施例および変形例を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

[0017] 図 16 は実施の形態に係る荷電粒子銃の構成を示す図である。荷電粒子銃 200 は、荷電粒子源 201 と、荷電粒子源 201 から放出された荷電粒子

を加速させる加速電極 203 と、加速電極 203 よりも荷電粒子源 201 側に配置され、加速電極 203 の開口径 (D) よりも大きい開口径 (d) を有する制御電極 202 と、加速電極 203 に印加された電位 (V_0) に基づき、制御電極 202 に印加される電位 (V_c) を制御する制御部 206 と、を有する。

[0018] 制御部 206 は、電源 204、205 を制御することによって、制御電極 202 および加速電極 203 に印加する電圧を制御する。

[0019] 荷電粒子銃 200 において、荷電粒子源 201 と加速電極 203 の距離を L とすると、 $D/L < 1$ とするのが好ましい。また、荷電粒子銃 200 において、 $6\text{ mm} < L < 20\text{ mm}$ とするのが好ましい。

[0020] また、荷電粒子銃 200 は、荷電粒子源 201 と、荷電粒子源 201 から放出された荷電粒子を加速させる加速電極 203 と、加速電極 203 よりも荷電粒子源 201 側に配置される制御電極 202 と、加速電極 203 に印加された電位に基づき、制御電極 202 に印加される電位を制御する制御部 206 と、を有する。制御部 206 は、加速電極 203 の加速電圧が小さい場合、荷電粒子源 201 の先端の電界を高めるための制御電圧を制御電極 202 に印加し、加速電圧が高い場合、荷電粒子源 201 の先端の電界を抑制するための制御電圧を制御電極 202 に印加するようにされる。

[0021] 上記荷電粒子銃によると、荷電粒子源近傍に電界が極めてコンパクトに形成される。この結果、荷電粒子源近傍に、焦点距離の短い静電レンズが形成され、収差を小さくすることができる。また、焦点距離の短い静電レンズを用いることで、加速電圧を変化させた際の仮想焦点位置の変化を小さくすることができる。

[0022] 以下の実施例では、主に電子源から電子線を発生する電子銃について説明するが、イオン源等の荷電粒子源から荷電粒子線を発生する荷電粒子銃にも適用できる。

実施例 1

[0023] <構成>

図1は実施例1に係る電子銃の構成を示す図である。図3は実施例1の変形例1に係る電子銃の構成を示す図である。実施例1に係る電子銃10は、基本的に軸対称構造で、中心軸上に置かれた電子源1と加速電極3とその間に開口を持つ制御電極2が設置される。電子源1、制御電極2及び加速電極3は 10^{-8} Paよりも高い真空中に設置される。電子源1、加速電極3、および制御電極2は互いに電氣的に絶縁されており、加速電源5により電子源1には接地部を基準として電位(V_0)が印加されている。さらに、電子源1の電位(V_0)を基準として制御電極電源4により制御電極2に電圧(V_c)が印加される。また、電子銃10は、加速電圧(V_0)と連動して制御電圧(V_c)が印加されるよう制御する制御部6を有する。また、電子銃10は、電子源1の水平位置を調整するための位置調整機構7を有する。電子源1は冷陰極電界放出(CFE)型の電子源である。

[0024] ここで、制御電極2の開口径(d)は加速電極3の開口径(D)よりも広い構造をもつ。制御電極2の開口を広くとる利点は、電子源1の先端に対する制御電極2の位置ずれの影響を相対的に緩和できるため、製作や軸調整が容易になることがあげられる。電子源1の先端(エミッタ先端)に近い位置に制御電極2を配置する。電子源1の先端から制御電極2の下端までの距離(l)は2 mm以下にするのが好ましい。

[0025] 電子源1と電極(制御電極2、加速電極3)の軸を調整するために、電子源1には水平位置を機械的に調整する調整機構7を設ける。また、図3に示すように、電子銃10Aには、電子源1だけでなく制御電極2にも位置調整機構7を設け、電子源1と制御電極2を独立に動かせるようにしてもよい。

[0026] 図4は実施例1に係る電子銃を電子顕微鏡に搭載した際の、真空排気系の構成の一例を示す図である。電子顕微鏡100は、電子源1、制御電極2、加速電極3、およびコンデンサレンズ44を有する。CFE電子源の安定なエミッションのためには 10^{-8} Pa以上の高い真空度(高真空)が要求される。高真空を実現するためには、例えば図4で示すように、筐体46には、差動排気絞り43を何段か設置し、差動排気絞り43で仕切られた部屋ごと

に真空ポンプ45で排気を行う差動排気構造が用いられる。この構成では、制御電極2の開口を広くとることで、電子源1の先端近傍の排気コンダクタンスが向上し、電子源1の先端近傍を真空ポンプ45で排気しやすくなる。その結果、電子源1の近傍の到達真空度が上がり、電流安定性が上がる利点がある。また、排気コンダクタンスの向上により、より小型の真空ポンプでも電界放出に十分な真空を得られるようになるため、排気系全体を小型化することにつながる利点がある。

[0027] また、図4に示すように、電子源1から引き出された電子線41が電極（制御電極2、加速電極3）に当たると電極から電子衝撃脱ガス42が起こる。電子衝撃脱ガス42は、電子源1の近傍の真空度を低下させ、電流安定性低下の原因となる。本実施例のように、制御電極2の開口を広くとることで、制御電極2への電子の衝突を避け真空度の低下を防ぐことができる利点がある。

[0028] 加速電極3は電子源1から引き出された電子線41が当たり電子衝撃脱ガス42がおこるため、電子銃（電子源1、制御電極2、加速電極3）付近の真空度を悪くし、電界放出の安定性を悪くする。これを防ぐため、加速電極3には加熱機構を設け使用前にあらかじめ昇温脱ガスをさせてもよい。また、加速電極3を脱ガスしにくい材料でコーティングして用いてもよい。

[0029] <原理>

ここでまず、本実施例における電子源1から電子線41を発生させる原理を説明する。

電界放出型電子銃における電子源1として、典型的に用いられるものとして、例えば先端のとがった針状のW（タングステン）金属がある。電子源1から電界放出させ電子を取り出すためには、電子源1の先端に適切な強さの電界（例えばW金属の場合で4 V/nm程度）を作る必要がある。

[0030] 本実施例の電子銃10から、所望のエネルギーeVを持った電子線41を得るためには、加速電極3と電子源1の間には $V_0 = V$ となる電圧（ V_0 ）を印加する。このとき、加速電極3と電子源1の距離が近いため、電子源1の先

端には電圧 (V_0) に応じた電界が発生する。

[0031] 加速電圧 (V_0) が小さい場合、電子源 1 の先端には電子の引き出しに必要なだけの電界強度が不足する、そのため制御電極 2 に正電圧の制御電圧 (V_c) を印加することで、引き出しに最適な電界強度を確保する。一方で、加速電圧 (V_0) が高い場合、電子源 1 の先端に過剰な電界がかかることになる。この電界を抑制するため負電圧の制御電圧 (V_c) を印加することで、電子源 1 の先端にかかる電界を最適な値に制御する。すなわち、制御電極 2 は電子源 1 の先端にかかる電界を制御し、電子の引き出しに適切な電界強度にする役割を有している。このため、電子源 1 の先端に近い位置 ($< 2 \text{ mm}$) に開口の広い制御電極 2 を配置するのが好ましい。

[0032] 図 5 は、実施例 1 に係る電子銃の加速電圧と制御電圧の関係を示した図である。図 5 は、制御電極 2 の開口径 (d) を 8 mm 、制御電極 2 の下端と電子源 1 の先端との距離 (l) を 1 mm 、電子源 1 と加速電極 3 の距離 (L) を 10 mm としたときの、加速電圧 (V_0) に対する、電子源 1 の先端に 4 V/nm の電界を発生させるのに必要な、制御電圧 V_c を示している。

[0033] 図 5 に示すように、加速電圧 (V_0) に応じた制御電圧 (V_c) を印加できるよう制御部 6 で制御する。このとき、制御電圧 (V_c) は制御電極 2 の開口径 (d)、電子源 1 と加速電極 3 との距離 (L)、電子源 1 と制御電極 2 との距離 (l) に対する関数となっている。また、引き出される電子の量を変えるために、制御電圧 (V_c) を別途変化させて用いてもよい。

[0034] <電子銃の収差>

次に、本実施例における電子銃の収差について説明する

図 6 は電子銃における電子の軌道を示す図である。図 6 (a) に実施例 1 に係る電子銃での電子の軌道を、図 6 (b) に従来のバトラレンズ型電子銃での電子の軌道を示す。ここで、従来のバトラレンズ型電子銃とは、図 2 に示される電子銃 20 である。図 6 (a) および (b) に示すように、電子は電子源位置 (ESP) から放出されたのち、制御電極位置 (CEP)、引出電極位置 (DEP)、及び加速電極位置 (AEP) で静電レンズ作用を受け

、軌道が曲げられる。 $V_0 < 3 \text{ kV}$ のような低加速の場合は、電子源 1 から引き出された電子は、電子源 1 に最も近い電極（制御電極 2、または引出電極 2 1）位置で光軸から離れる方向に曲げられ、加速電極位置（A E P）で光軸に近づく方向に曲げられる。一方、 $V_0 > 3 \text{ kV}$ のような高加速の場合は、電子線 4 1 は電子源 1 に最も近い電極（制御電極 2、または引出電極 2 1）位置で光軸に近づく方向に曲げられ、加速電極位置（A E P）で光軸から離れる方向に曲げられる。加速電極位置（A E P）以降は、電子軌道は直線となり、この直線軌道を電子源 1 側に外挿し光軸と交わる点を仮想焦点と呼ぶ。電子銃 1 0、2 0 の静電レンズの焦点距離は f で示される。

[0035] 本実施例の電子銃 1 0 では、電子源 1 と電子線 4 1 のエネルギーを決める電極（加速電極 3）の間の距離を従来のバトラレンズ型電子銃（従来の電子銃）2 0 と比較して小さくする。例えば、従来の電子銃 2 0 では電子源 1 と電子線 4 1 のエネルギーを決める加速電極 2 2 との距離は 3 0 mm 以下程度のところを、本実施例の電子銃 1 0 では電子源 1 と加速電極 3 との間の距離を 6 ~ 2 0 mm として用いる。これにより、従来の電子銃 2 0 に比べて、本実施例の電子銃 1 0 の電極が作る静電レンズの焦点距離（ f ）が数分の 1 に短くなる。電子光学的に、焦点距離を短くすると収差は小さくなる。

[0036] 図 7 はある形状を仮定した実施例 1 の電子銃による収差係数の理論解析結果を、従来の電子銃と比較した図である。グラフの横軸は加速電圧であり縦軸は球面収差係数（ C_s ）及び色収差係数（ C_c ）である。図 7 では、本実施例の電子銃は「実施例」、従来の電子銃は「従来型」と表記している。本実施例の電子銃 1 0 は、例えば 3 kV 以下の低加速の電子線を用いる場合、従来の電子銃 2 0 よりも色収差係数がおよそ 1 桁小さい。これは、電子源の近傍に従来のものよりも焦点距離の短い電子レンズが形成されることによる。

[0037] 電子顕微鏡において、高分解能を得るためには電子線をできる限り細く絞って試料にあてる必要がある。電子線のぼけの要因の 1 つである色収差は、色収差係数に比例し、加速電圧に反比例する。つまり、低加速電圧で観察を行う場合、色収差の影響が顕在化し電子線がぼけ、顕微鏡の分解能に悪影響を

与える。また、電流の取り込み角に比例して色収差は大きくなる。電子銃から多くの電流を得るためには取り込み角を大きくすればよいが、電子銃の収差係数が大きい場合、同時に収差が無視できないほど大きくなってしまい実効的な輝度が大きく低下してしまう。

[0038] 本実施例の電子銃は従来の電子銃に比べ色収差を小さくすることができるため、低加速でも電子線のぼけが小さく分解能に与える影響を抑えることができる。このため、電子顕微鏡に搭載すれば低加速電圧での観察、例えば加速電圧0.1～3 kVでの観察を行う場合にも高分解能観察を実現することができる。また、電子銃収差（球面収差、色収差）が小さいため取り込み角を大きくし、輝度を保ったまま電流量を増やすことができる。このため必要に応じて大電流を得ることができ、電子線を利用した分析装置、例えばEDX（Energy Dispersive X-ray spectrometry：エネルギー分散X線分光法）などの分析性能の向上につながる利点がある。

[0039] <仮想焦点位置>

次に、本実施例における加速電圧の変化に対する、電子線の仮想焦点位置の変動について説明する。

図6に示すように、加速電圧 V_0 が変わると仮想焦点位置（VFP）は変化する。図8はある形状を仮定した実施例1の電子銃による、任意の加速電圧の電子線を得る際の仮想焦点位置（VFP）の理論解析結果を、従来の電子銃と比較した図である。横軸は加速電圧、縦軸は電子源1の先端位置を基準とした仮想焦点との距離である。図8では、本実施例の電子銃は「実施例」、従来の電子銃は「従来型」と表記している。本実施例の電子銃10では、加速電圧による仮想焦点位置（VFP）の変化が、従来の電子銃20よりもおよそ1桁小さい。これは、電子銃10の電子源1と加速電極3の距離を従来の電子銃20よりも縮めたため、例えば図6に示すように、電子源1の近傍に従来のものよりも焦点距離（ f ）の短い電子レンズが形成されることによる。これにより、SEM（Scanning Electron Microscope：走査型電子顕微鏡）などの電子線装置に搭載した際の、加速電圧を変えた際の軸ずれが少

なくなり、操作性と安定性が増す。

[0040] 所望の効果を得るためには、電極で作られる静電レンズの焦点距離（ f ）が短いことが要求される。制御電極位置（CEP）が電子源1の先端より加速電極3よりも配置されればされるほど、静電レンズの焦点距離（ f ）は長くなり、収差係数は大きくなる。また、電子源1の先端と制御電極2の距離（ l ）が長いほど、電子源1の先端の電界制御に必要な制御電圧（ V_c ）の絶対値が大きくなる。

[0041] 従来の電子銃20に比べ収差を低減し、かつ実用的な高圧電源を用いることを念頭に置くと、電子源1の先端を原点とし鉛直下向きを正に取ったときの、制御電極2の下端の垂直位置は $-5 \sim +3$ mm程度が望ましく、 $-3 \sim +2$ mmならより好ましい。電子源1の先端と制御電極2の下端の距離は1 mm程度を代表的な値とする。これは、例えば電子源1と加速電極3との間の距離（ L ）を10 mm、制御電極2の開口径（ d ）を8 mmとしたとき、加速電圧を20 kV以下で使用する場合、必要な制御電圧が0～5 kVとなり、一般的によく用いられる高圧電源1つで制御することが可能となるからである。

[0042] ここで、制御電極2の開口径（ d ）と、加速電極3と電子源1との距離（ L ）は、おおむね $d/L < 1$ の関係にあることが望ましい。これは、加速電極3が電子の引き出しを兼ねており、加速電極3が電子源1に近づくほど、電子源1の先端の電界制御に必要な制御電圧 V_c が減少し、また、 d が大きくなればなるほど、電子源1の先端の電界制御に必要な制御電圧（ V_c ）が増すことによる。

[0043] また、電子源1と加速電極3の距離（ L ）は、用いる加速電圧（ V_0 ）の値と耐圧に寄って決まる。例えば、30 kVの電子線を必要とする場合、真空の耐電圧を10 kV/mmと考えると、電極の厚みを考慮して L は5 mm以上が必要となる。

[0044] 本実施例においては、例として円盤状で内側が円筒形状の電極形状を用いたが、形状が異なってもエミッタ先端に電界がかかれば本質的に効果は同じ

となるため、形を多少変形させたものを用いてもよい。例えば電極の角を滑らかに加工した形状を用いてもよいし、制御電極の内側にテーパ形状をつけて用いてもよい。

[0045] 本実施例においては電子源 1 として W 金属を用いたが、電界放出源の光源系あるいは仮想光源径が小さいものを適用しても、色収差、球面収差を低減できるので小さい光源径を損なうことなく電子線を発生できる同様の効果がある。ただし、電子源により電界放出に必要な電界強度は異なるため、図 5 に示されるような、制御電圧 (V_c) と加速電圧 (V_0) の関係は変化する。このため、用いる電子源により有効な範囲がある。光源が小さく電子銃電界放出させられる電子源として、例えば、電子源がカーボンナノチューブであってもよく、六ホウ化ランタン (LaB_6) を用いてもよい。

[0046] <変形例 2>

図 9 は変形例 2 に係る電子銃の構成を示す図である。一般に、静電レンズの収差は、レンズ作用の強さに比例して増大する。実施例 1 の電子銃 10 の場合は $V_0 = V_c$ のとき、電極部でのレンズ作用はなくなり収差が 0 となり、 V_0 / V_c が 1 から離れるほどレンズ作用が大きくなり収差が増大する。所望の加速電圧 ($V = V_0$) に対して、電子源 1 の先端電界を制御するのに必要な制御電圧 (V_c) は電子源 1 の先端と制御電極 2 の距離によって決まり、距離が離れるほど制御に必要な V_c は大きくなる。そこで、変形例 2 の電子銃 10 B では、制御電極を複数段置き、所望の加速電圧に対し複数ある制御電極の中から最も収差が小さくなる (V_0 / V_c が 1 に近くなる) 物を選びだすよう制御部 6 で制御する。これにより、より広い加速電圧の範囲で収差をより小さくすることができる。

[0047] 例えば、図 9 に示すように 2 枚の制御電極を配置した場合、低加速電圧で用いるときは、第 1 制御電極電源 93 により第 1 制御電極 91 に印加する電圧 (V_{c1}) で、電子源 1 の先端の電界を制御する。一方、より高い加速電圧で用いるときは、電子源 1 と第 1 制御電極 91 を同電位に置き、第 2 制御電極電源 94 により第 2 制御電極 92 に印加する電圧 (V_{c2}) で、電子源 1 の先

端の電界を制御する。制御部 6 は、第 1 制御電極電源 9 3、第 2 制御電極電源 9 4 および加速電源 5 を制御する。これにより、静電レンズ作用を小さくすることができ、収差を低減することができる。

[0048] 図 1 0 は 2 つの制御電極を配置した場合、加速電圧によってレンズ作用を発生させる制御電極を切り替えた場合の、電子の軌道を示す。図 1 0 (a) は第 1 制御電極で先端電界を制御する場合、図 1 0 (b) は第 2 制御電極で先端電界を制御する場合を示している。

[0049] 加速電圧 V_0 に合わせて使用する制御電極（第 1 制御電極 9 1、第 2 制御電極 9 2）を切り替えることにより、電子源 1 から放出された電子軌道は使用する制御電極位置（第 1 制御電極位置（CEP 1）、第 2 制御電極位置（CEP 2））と加速電極位置（AEP）で曲げられる。このように複数の制御電極を切り替えて用いることで、電子の引き出しに必要な電界強度を保ちつつ、静電レンズ効果を小さくし収差を低減することができる。

[0050] <変形例 3>

図 1 1 は変形例 3 に係る電子銃の構成を示す図である。変形例 3 の電子銃 1 0 C では、従来の電子銃で用いられているバトラレンズ型構造に加えて、バトラレンズの引き出し電極 2 1 と電子源 1 の間に開口の広い制御電極 2 を追加している。

[0051] 低加速、例えば 3 kV 未満の電子線を得る場合、バトラレンズの引き出し電極 2 1 と加速電極 2 2 は同電位に置き、電子の加速に必要な所望の加速電圧（ $V = V_0 = V_1$ ）を印加する。そして加速電圧（ V_0 ）に応じた制御電圧（ V_c ）を制御電極 2 に印加する。これにより、バトラレンズを一つの加速電極に見立てることができ、電子源 1 近傍に焦点距離の短い静電レンズを作ることができる。このため、色収差係数を低減することができる。電子線のぼけの要因の 1 つである色収差は、色収差係数に比例し、加速電圧に反比例する。つまり、低加速電圧で観察を行う場合、色収差の影響が顕在化する。電子銃 1 0 C は色収差係数が小さいため、低加速でも色収差による電子線のぼけを低減することができる。

[0052] 一方、高加速、例えば4 kV以上の電子線を得る場合、制御電極2は電子源1と同電位となるよう制御部6で制御し、バトラレンズの引き出し電極21に印加する引き出し電圧(V_1)で電子の引き出しを、加速電極22に印加する加速電圧(V_0)で電子線のエネルギーを決める。色収差による電子ビームのぼけは加速電圧の大きさに反比例するため、高加速の場合は色収差が分解能にほとんど寄与しないことを利用している。

[0053] また、電子銃10Cの構造は、従来の電子銃20の構造を大きく変えることなく作成することができる利点がある。

実施例 2

[0054] 図12は実施例1の電子銃を、走査型電子顕微鏡に搭載した場合の構成を示す図である。

走査型電子顕微鏡101の電子銃の電極構造における電子源1から電子線41を得るまでの過程は、実施例1と同様である。電子銃から出た電子線41は試料125にあてる電流を調節するために少なくとも1段のコンデンサレンズ44で収束させたのち、絞り121を通し、最終的に対物レンズ123で試料上の微小領域に絞って照射する。電子線は偏向器122により試料ステージ126上に置かれた試料125の表面を走査し、そこから発生する2次電子および反射電子を検出器124で検出し顕微鏡像を得る。また電子線を試料に照射させて発生する特性X線をX線分析装置127で検出し元素分析を行う。このとき用いるコンデンサレンズ44、対物レンズ123は静電レンズ、磁界レンズのどちらを用いてもよく、偏向器122の偏向方式は静電界でも磁界でも良い。

[0055] 高分解能の像を得るためには、試料にできるだけ小さい径の電子線をあてる必要があるが、収差の影響により、試料に照射される電子線の径（プローブ径）は収差が大きいほど大きくなる。従来構造の電子銃を用いた電子顕微鏡の場合、電子銃部分で発生する収差（特に、低加速時の色収差）の分解能への寄与を減らすため、コンデンサレンズ44、絞り121、及び対物レンズ123で作る光学系の縮小率を非常に大きくする必要があった。縮小光学

系を用いれば電子銃部の収差は縮小され小さくなるが、同時に試料に照射できる電流量も縮小されて少なくなってしまう。電流量は得られる像のS/Nや分析能力に影響を与える。

[0056] 走査型電子顕微鏡101では、電子銃部分の収差を1桁小さくすることができる。例えば0.1〜3kV程度の低加速電圧で観察を行う際に顕在化する、電子銃部で発生する色収差を低減することができる。従って、コンデンサレンズ44、絞り121及び対物レンズ123で作る光学系の縮小率を小さくしても、光源の小さな光源径を損なうことなく、プローブ径を小さくすることができる。このため、電子源1の高い輝度を有効に使い高分解能で大きなプローブ電流を得ることができる。

[0057] また、走査型電子顕微鏡においては、一般的に試料や得たい情報に応じて加速電圧を変化させて観察を行う。加速電圧を変化させた際、電子源の仮想焦点位置が大きく変わると、電子線の光軸のずれが発生する。軸がずれた場合、電子線の分解能や照射電流量が低下する原因となるため、電子銃以降のコンデンサレンズ、絞り及び対物レンズ等からなる電子光学系の機械的位置を調整したり、アライメント用のコイルを用いて軌道を曲げるなど軸調整する必要がある。加速電圧を変えるごとに軸調整を行うことは煩雑であり操作性およびスループットが低下する。

[0058] 走査型電子顕微鏡101では、加速電圧を変化させたときの仮想焦点の位置変化が従来に比べて非常に小さい。このため、加速電圧を変えて観察する際に光学系の調整が容易ないし不要となる利点がある。

[0059] また、本実施例の電子銃部は静電レンズのみを用いた非常に簡単な構成であるため、電子銃をコンパクトに作成することができる利点がある。加えて、電子銃に必要な電源などは従来の電子銃で使われているものを用いることもでき、電子銃の電極部以外の構成を大きく変えることなく走査型電子顕微鏡を構成することができる利点がある。

[0060] 本実施例では実施例1の電子銃を用いた例を説明したが、変形例1、変形例2、変形例3の電子銃を用いてもよい。

実施例 3

[0061] 図13は実施例1の電子銃を、小型の走査型電子顕微鏡に搭載した場合の構成を示す図である。

走査型電子顕微鏡102は、装置全体を小型にするために、レンズの枚数の少ない構造、例えば図13のようにレンズ1段による光学系の走査型電子顕微鏡である。走査型電子顕微鏡102は、電子銃から出た電子線を対物レンズ123で収束させ、絞り121で絞ったのち試料125に照射する。電子線は偏向器122により試料ステージ126上に置かれた試料125の表面を走査し、そこから発生する2次電子および反射電子を検出器124で検出し顕微鏡像を得る。このとき用いる対物レンズ123は静電レンズ、磁界レンズのどちらを用いてもよい。

[0062] 制御ユニット131で、所望のエネルギーの電子線が得られるように加速電極3に印加する電圧を制御し、同時に電子源1のエミッタ先端にかかる電界が最適になるよう制御電極2に印加する電圧を制御する。観察倍率や焦点位置の調整は制御ユニット131で対物レンズの発生させる磁界または電界の強度を調整することによって行い、偏向器122による電子線の試料への走査速度も制御ユニット131で制御する。

[0063] 実施例1の電子銃を用いることにより、従来に比べ電子銃部の収差を低減することができ、電子光学系全体の縮小率を小さくしても、大電流高分解能が実現できる。つまり、電子源先端からレンズ主面までの距離(a)を、レンズ主面から試料までの距離(b)と同等か小さくすることができる。これにより、電子源とレンズまでの構造をコンパクトにすることができる。電子銃部から対物レンズ主面までの距離(a)は20~100mm、より望ましくは20~50mmとする。対物レンズ主面から試料までの距離(b)も100mm以下、より望ましくは50mm以下とする。また、電子銃や対物レンズの外径を20~200mmとする。

[0064] また、走査型電子顕微鏡の性能を十分に発揮した観察を行うためには、電子銃から発生する電子線の光軸をレンズの中心軸と一致させる必要がある。

光軸が十分に一致していない場合、分解能や電流量の低下を招く。このため、一般的には、電子銃、レンズ及び絞りの位置を機械的に調整したり、アライメント用のコイル等を用いて電子線の軌道を曲げるなど軸調整が必要となる。実施例 1 の電子銃を用いることで、縮小率の小さい電子光学系においても高分解能を得ることができる。それにより本実施例の走査型電子顕微鏡 102 のようにレンズの枚数を少なくする、例えば、レンズを 1 枚だけの構成にすることができ、電子光学系全体の軸合わせが容易になるという利点がある。これにより、観察する際の操作性やスループットが向上する。

[0065] また、走査型電子顕微鏡 102 では、加速電圧を変化させたときの仮想焦点の位置変化が従来に比べて非常に小さい。このため、加速電圧を変えて観察する際に光学系の調整が容易になる利点がある。

[0066] また、本実施例の電子銃部は静電レンズのみを用いた非常に簡単な構成であるため、電子銃部分をコンパクトに作成することができ、小型の電子線装置に用いるうえで利点がある。

[0067] 本実施例では実施例 1 の電子銃を用いた例を説明したが、変形例 1、変形例 2、変形例 3 の電子銃を用いてもよい。

[0068] 実施例 2 および実施例 3 おいては走査型電子顕微鏡について説明がなされたが、それに限らず実施例 1、変形例 1、変形例 2、および変形例 3（以下、単に、実施例 1 という。）の電子銃は、透過電子顕微鏡、走査透過電子顕微鏡はじめ、その他の電子線を用いた電子線応用装置の電子源として用いることができる。

[0069] 電子線応用装置に用いた場合、実施例 1 の電子銃は従来の電子銃に比べ、電子銃部の収差係数が小さいため、大電流においても高輝度の電子線を用いることができる。また、加速電圧に対する仮想焦点位置の変化が小さいため、加速電圧を変えた際の電子光学系全体の軸合わせが容易になるという利点がある。

実施例 4

[0070] 実施例 1 の電極構造は電子線装置に限らずその他の荷電粒子線装置にも適

用することが可能である。例えば電子源の代わりにイオン源とした場合は、高電圧の極性を変えることにより電子線装置と同様の荷電粒子線装置を構成できる。

[0071] 図14は実施例4に係るイオン銃の構成を示す図である。実施例4に係るイオン銃10Dは、実施例1に係る電極構造を適用している。イオン源141の先端から所望のエネルギーを持ったイオンビームを得る場合、制御部6で加速電源5に必要な負電圧を制御し印加する。このとき、イオン源141の先端と加速電極3の間に電位差が生まれイオン源141の先端に電界がかかるため、イオン源141からイオンを引き出すために最適な電界強度になるように制御電極2に印加されるように制御部6で制御電極電源4を制御し印加することで、所望のエネルギーをもったイオンビームを得ることができる。引き出されたイオンビームは、コンデンサ電極142によって集束され、以降の光学系に導入される。コンデンサ電極142は3段の電極で構成されたアインツェルレンズとなっており、1段目と3段目は同電位に置かれているため、イオンビームのエネルギーを変化させることなく、イオンビームを集束させることができる。

[0072] 低加速のイオンビームを得たい場合、特に $|V_c| > |V_0|$ なる条件で用いる場合、イオンはイオン源から引き出されたのち制御電極2と加速電極3の間で減速される。一般的に、荷電粒子が減速される条件で静電レンズを用いると収差係数が大きくなる。しかし、イオン銃10Dの電極構造を用いることで加速電極を従来よりも荷電粒子源に近い位置に設置でき、これにより静電レンズの焦点距離が短くなることで収差係数を小さくすることができる。特に、低加速のイオンビームを用いるときに顕在化する色収差を低減することができ、イオンビームを用いた観察、分析、加工時のビーム径をより小さくすることができる利点がある。

[0073] 図15は実施例4のイオン銃を搭載した走査イオン顕微鏡の略図である。走査イオン顕微鏡103は、加速電極3と制御電極2により作られた電界によって、イオン源141から引き出されたイオンビームはコンデンサ電極1

4 2 によって集束され、絞り 1 5 1 によって余分なビームを除かれた後、対物レンズ 1 5 3 によって試料 1 5 5 上の微小領域に絞って照射する。イオンビームは偏向器 1 5 2 により試料ステージ 1 5 6 上に置かれた試料 1 5 5 の表面を走査し、そこから発生する 2 次粒子を検出器 1 5 4 で検出し顕微鏡像を得る。イオン銃 1 0 D の電極構造を用いることにより、イオン銃部分で発生する収差を低減することができ、特に低加速のイオンビームを用いるときに顕在化する色収差を低減することができるため、低加速での観察時にビームをより小さくしぼることが可能となり分解能が向上する。一般的に、低加速のイオンビームを用いるほうが試料へのダメージを抑えて表面をより詳細に観察することができる。

[0074] 本実施例のイオン銃は、走査イオン顕微鏡に限らず透過イオン顕微鏡、イオンビーム加工装置含むその他の荷電粒子線装置に適用可能である。

[0075] 以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態、実施例および変形例に基づき具体的に説明したが、本発明は、上記実施の形態、実施例および変形例に限定されるものではなく、種々変更可能であることはいうまでもない。

符号の説明

- [0076] 1 電子源
2 制御電極
3 加速電極
4 制御電極電源
5 加速電源
6 制御部
7 位置調整機構
1 0、1 0 A、1 0 B、1 0 C 電子銃
1 0 D イオン銃
2 0 バトラレンズ型電子銃
2 1 バトラレンズ引き出し電極

- 2 2 バトラレンズ加速電極
- 2 3 引き出し電源
- 4 1 電子線
- 4 2 電子衝撃脱離ガス
- 4 3 差動排気絞り
- 4 4 コンデンサレンズ
- 4 5 真空ポンプ
- 4 6 筐体
- 9 1 第1制御電極
- 9 2 第2制御電極
- 9 3 第1制御電極電源
- 9 4 第2制御電極電源
- 1 0 0 電子顕微鏡
- 1 0 1 走査型電子顕微鏡
- 1 0 2 小型の走査型電子顕微鏡
- 1 0 3 走査イオン顕微鏡
- 1 2 1 絞り
- 1 2 2 偏向コイル
- 1 2 3 対物レンズ
- 1 2 4 検出器
- 1 2 5 試料
- 1 2 6 試料ステージ
- 1 3 1 制御ユニット
- 1 4 1 イオン源
- 1 4 2 コンデンサ電極
- 1 4 3 コンデンサ電源
- 1 5 1 絞り
- 1 5 2 偏向器

- 1 5 3 対物レンズ
- 1 5 4 2次粒子検出器
- 1 5 5 試料
- 1 5 6 試料ステージ
- 2 0 0 荷電粒子線装置
- 2 0 1 荷電粒子源
- 2 0 2 制御電極
- 2 0 3 加速電極
- 2 0 4、2 0 5 電源
- 2 0 6 制御部

請求の範囲

- [請求項1] 電界放出型電子源となる針状の電子源と、
前記電子源から放出された電子を加速させる加速電極と、
前記加速電極よりも前記電子源側に配置され、前記加速電極の開口径よりも大きい開口径を有する制御電極と、
前記加速電極に印加される電位に基づき、前記制御電極に印加される電位を制御する制御部と、
を有する電子銃。
- [請求項2] 請求項1に記載の電子銃において、
前記制御電極の開口径をD、前記電子源と前記加速電極との距離をLとすると、 $D/L < 1$ とすることを特徴とする電子銃。
- [請求項3] 請求項2に記載の電子銃において、
前記電子源と前記加速電極との距離を $6\text{ mm} < L < 20\text{ mm}$ とすることを特徴とする電子銃。
- [請求項4] 請求項1に記載の電子銃において、
前記電子銃は冷陰極電界放出型電子銃であることを特徴とする電子銃。
- [請求項5] 請求項3に記載の電子銃において、
前記制御電極を2枚以上備えることを特徴とする電子銃。
- [請求項6] 請求項3に記載の電子銃において、
前記加速電極と前記制御電極の間に、引き出し電極を有することを特徴とする電子銃。
- [請求項7] 請求項5に記載の電子銃において、
前記電子の加速電圧に応じて使用する電極を切り替える制御機構を持つことを特徴とする電子銃。
- [請求項8] 請求項1に記載の電子銃を用いた荷電粒子線装置であって、
少なくとも1枚以上の静電または磁界レンズと、
観察試料を置く試料ステージと、

反射電子、2次電子のうち少なくとも1つを計測する検出器と、
を備え、

前記電子線により試料を観察または分析することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項9] 請求項8に記載の荷電粒子線装置において、

1枚の静電または磁界レンズを用いた電子光学系を備えることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項10] 請求項8に記載の荷電粒子線装置において、

前記電子銃もしくは対物レンズの外径寸法が200mm以下であることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項11] 請求項8に記載の荷電粒子線装置において、

前記電子の加速電圧が0.1～3kVの低加速の前記電子線を用いて試料を観察する機能を備えることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項12] 荷電粒子源と、

前記荷電粒子源から放出された荷電粒子を加速させる加速電極と、

前記加速電極よりも前記荷電粒子源側に配置され、前記加速電極の開口径よりも大きい開口径を有する制御電極と、

前記加速電極に印加された電位に基づき、前記制御電極に印加される電位を制御する制御部と、

を有する荷電粒子銃。

[請求項13] 請求項12に記載の荷電粒子銃を用いた荷電粒子線装置であって、

試料を置く試料ステージと、

観察試料に荷電粒子線を集束させて照射するための対物レンズと、

2次粒子を検出する検出器と、

を備え、

荷電粒子線により試料を観察または分析する荷電粒子線装置。

[請求項14] 請求項13に記載の荷電粒子線装置において、

前記荷電粒子源より引き出された荷電粒子を減速して用いることを

特徴とする荷電粒子線装置。

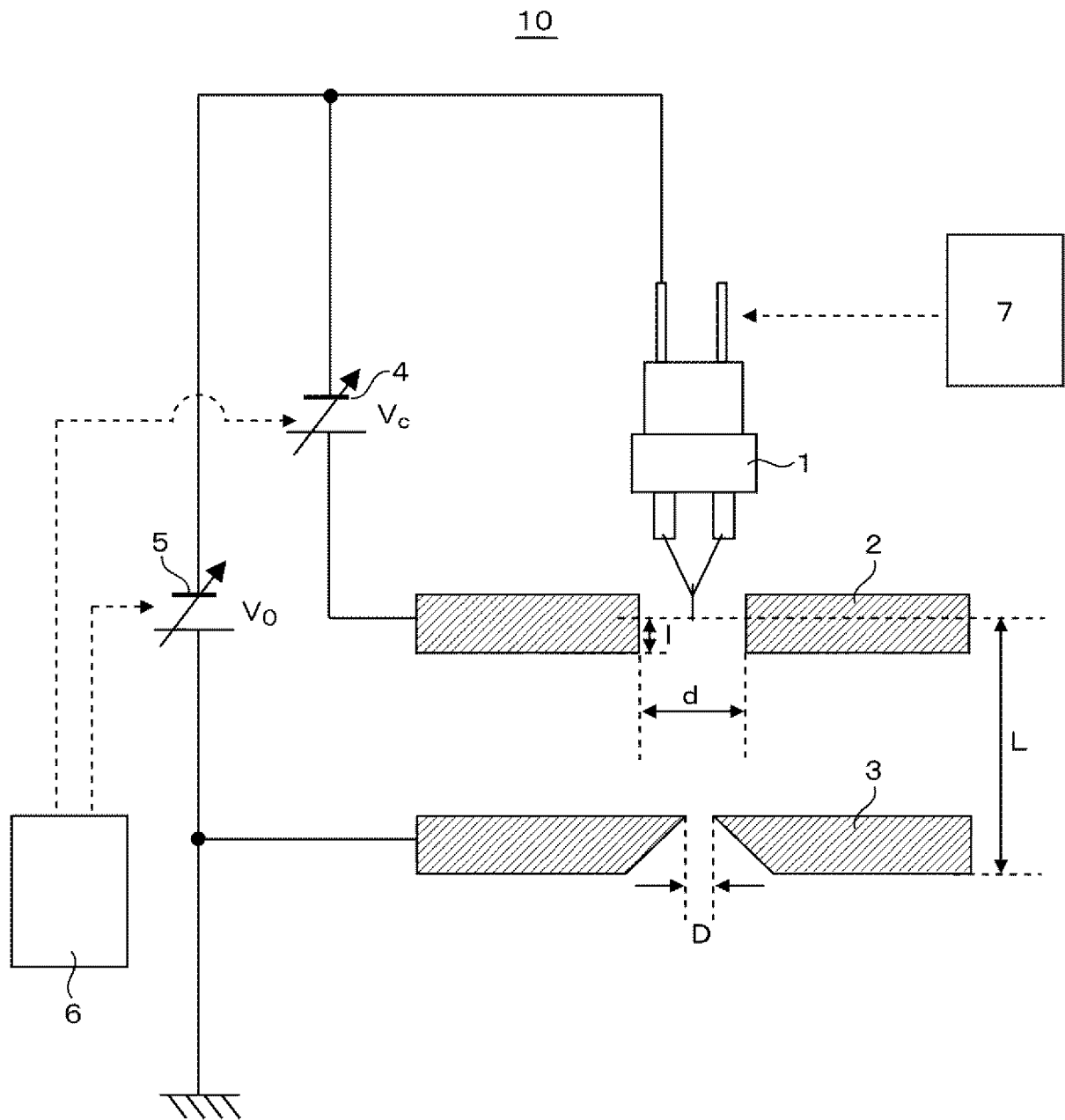
[請求項15]

荷電粒子源と、前記荷電粒子源から放出された荷電粒子を加速させる加速電極と、前記加速電極よりも前記荷電粒子源側に配置される制御電極と、前記加速電極に印加された電位に基づき、前記制御電極に印加される電位を制御する制御部と、を有する荷電粒子銃であって、

前記制御部は、前記加速電極の加速電圧が小さい場合、荷電粒子源の先端の電界を高めるための制御電圧を前記制御電極に印加し、加速電圧が高い場合、荷電粒子源の先端の電界を抑制するための制御電圧を前記制御電極に印加することを特徴とする荷電粒子銃。

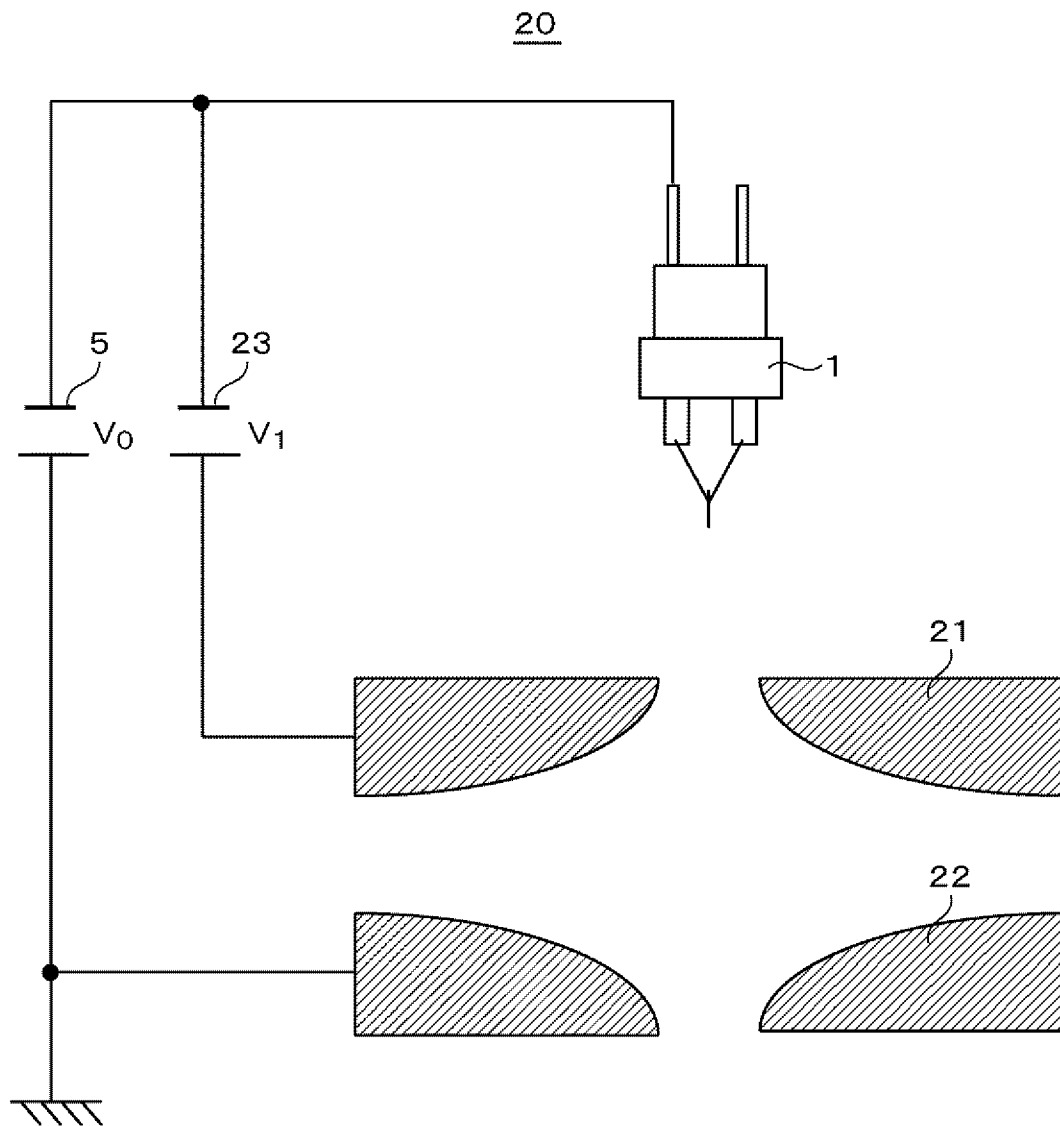
[図1]

図 1



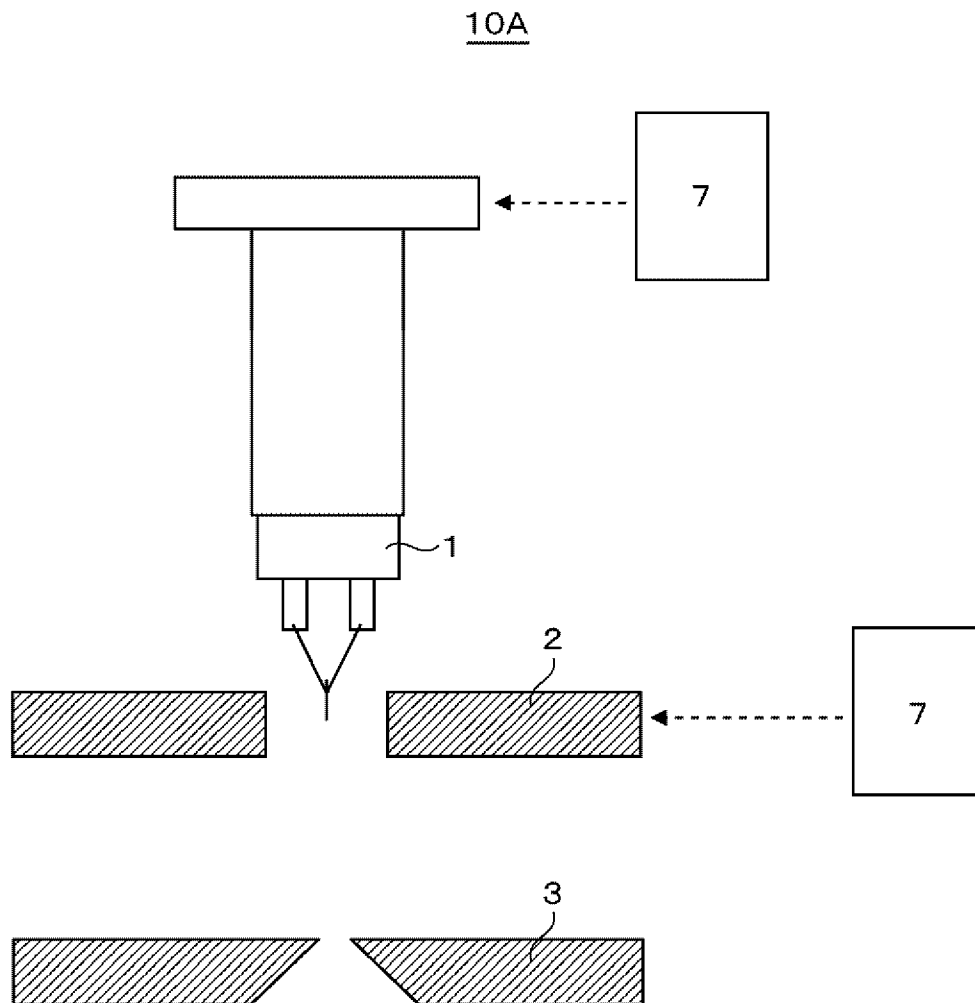
[図2]

図 2



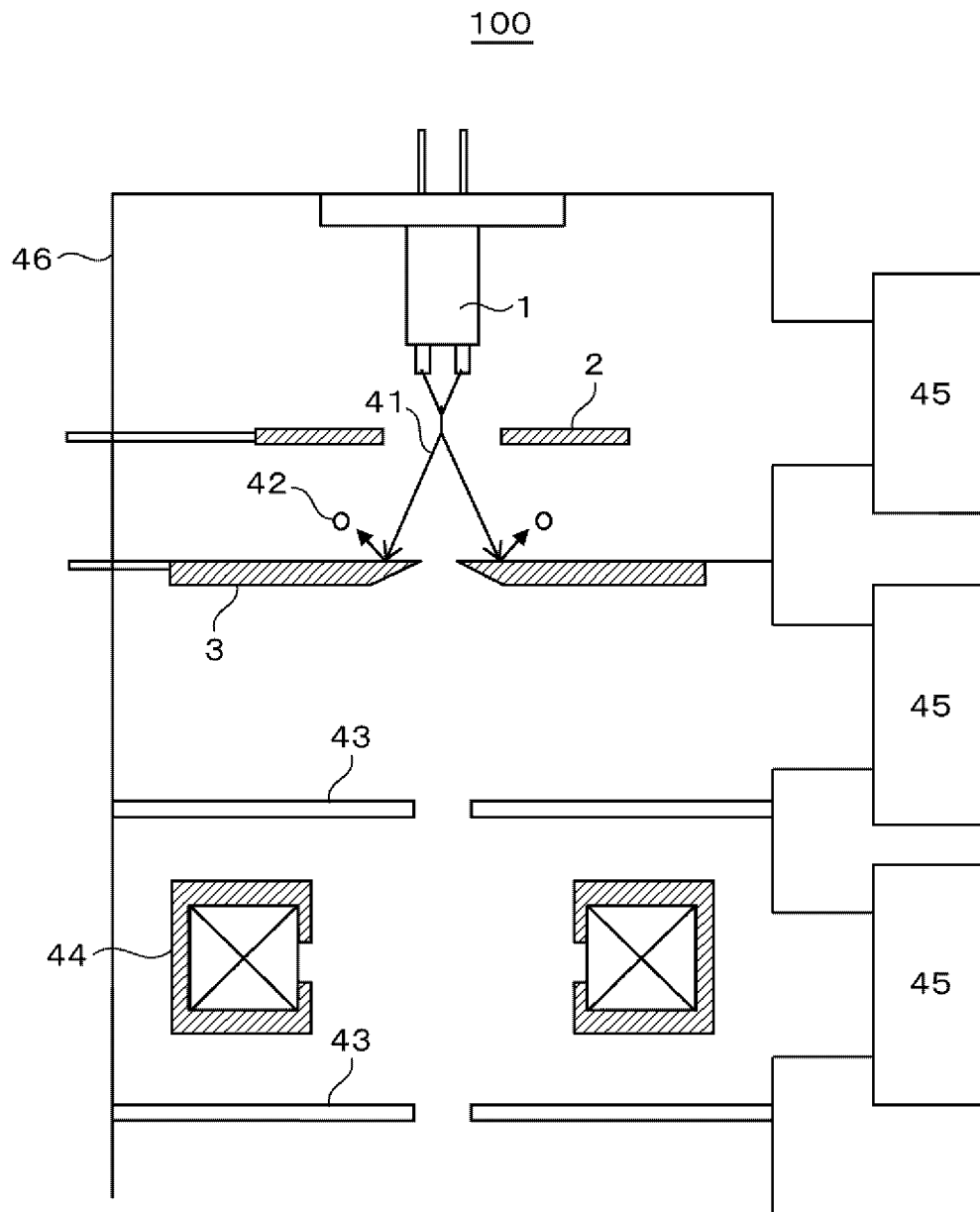
[図3]

図 3



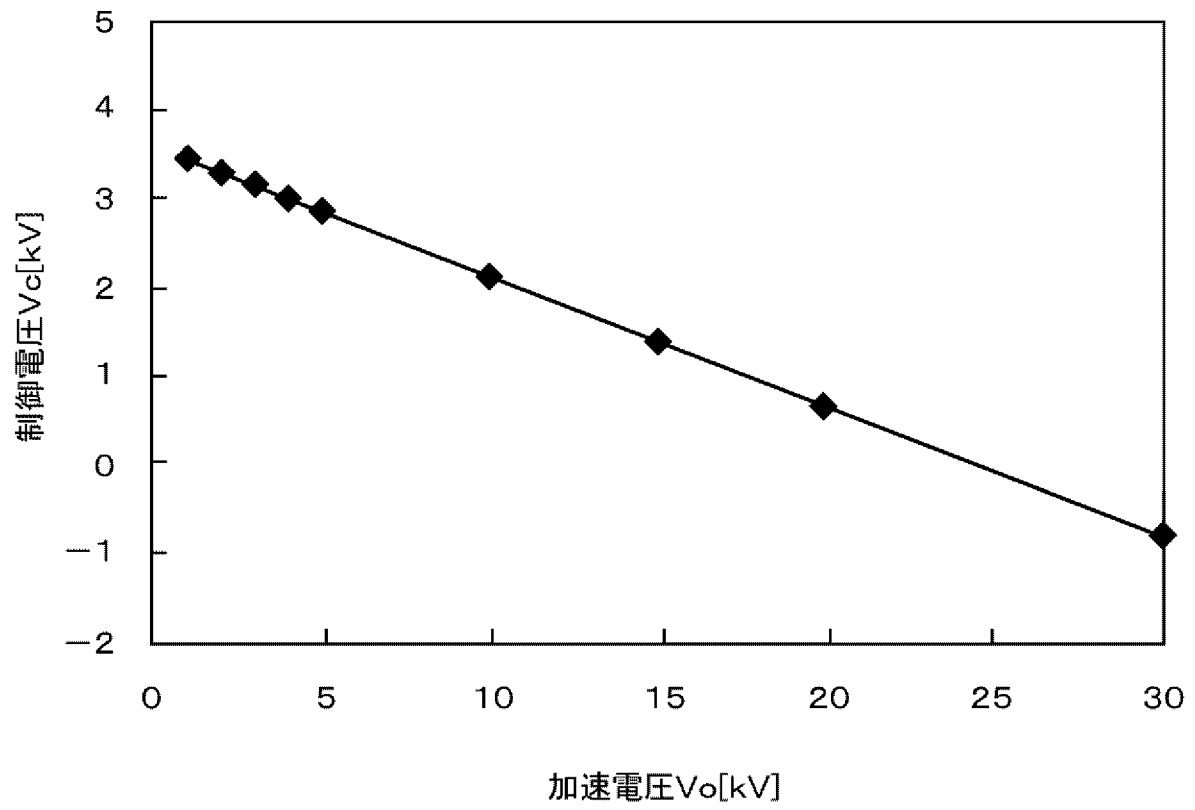
[図4]

図 4



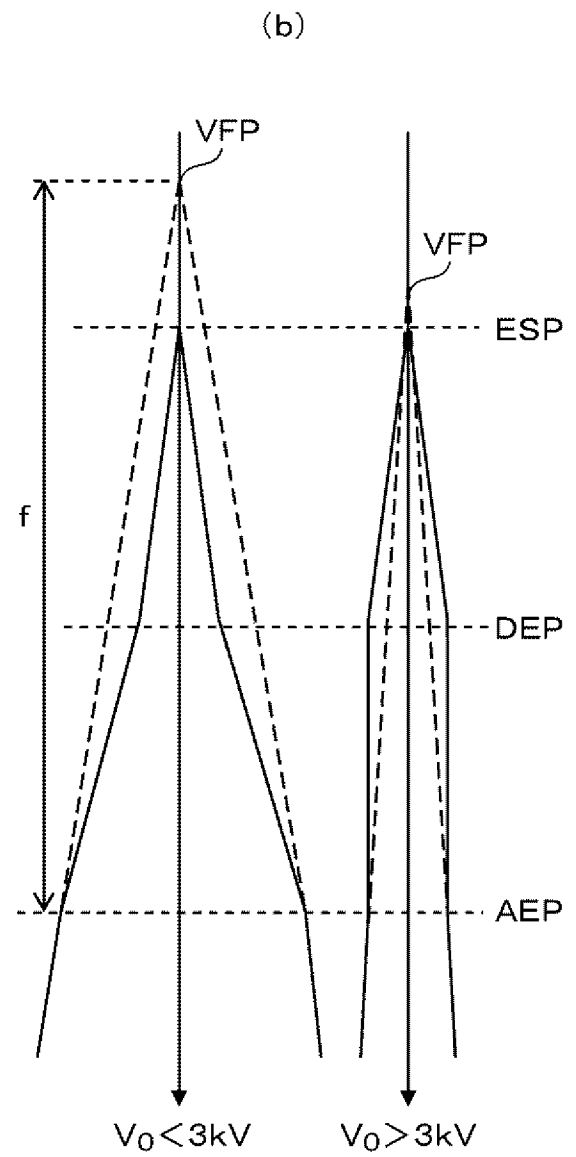
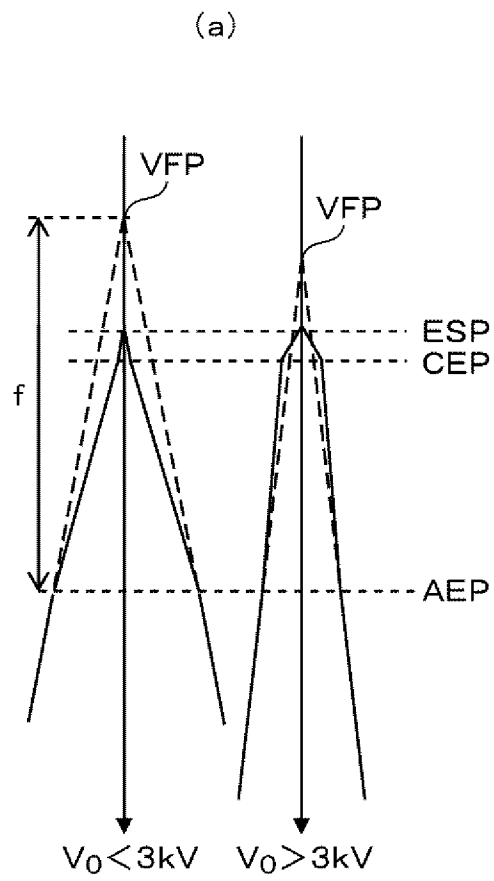
[図5]

図 5



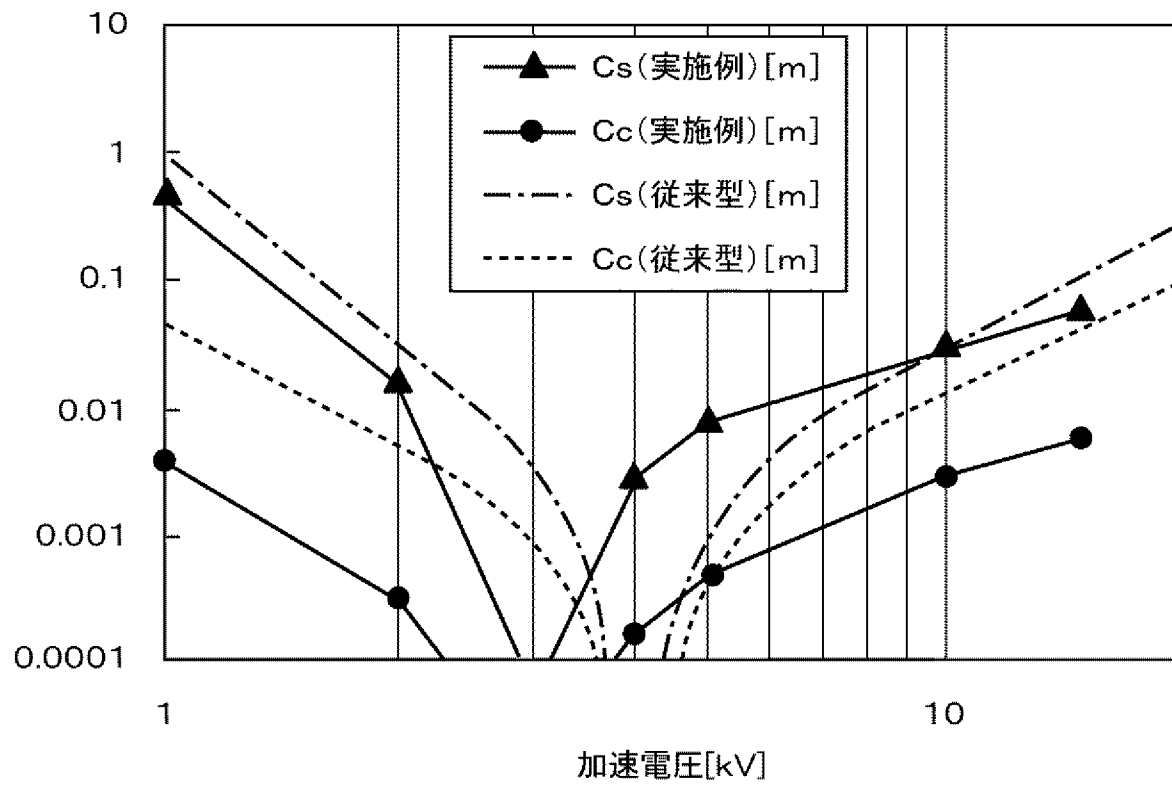
[図6]

図 6



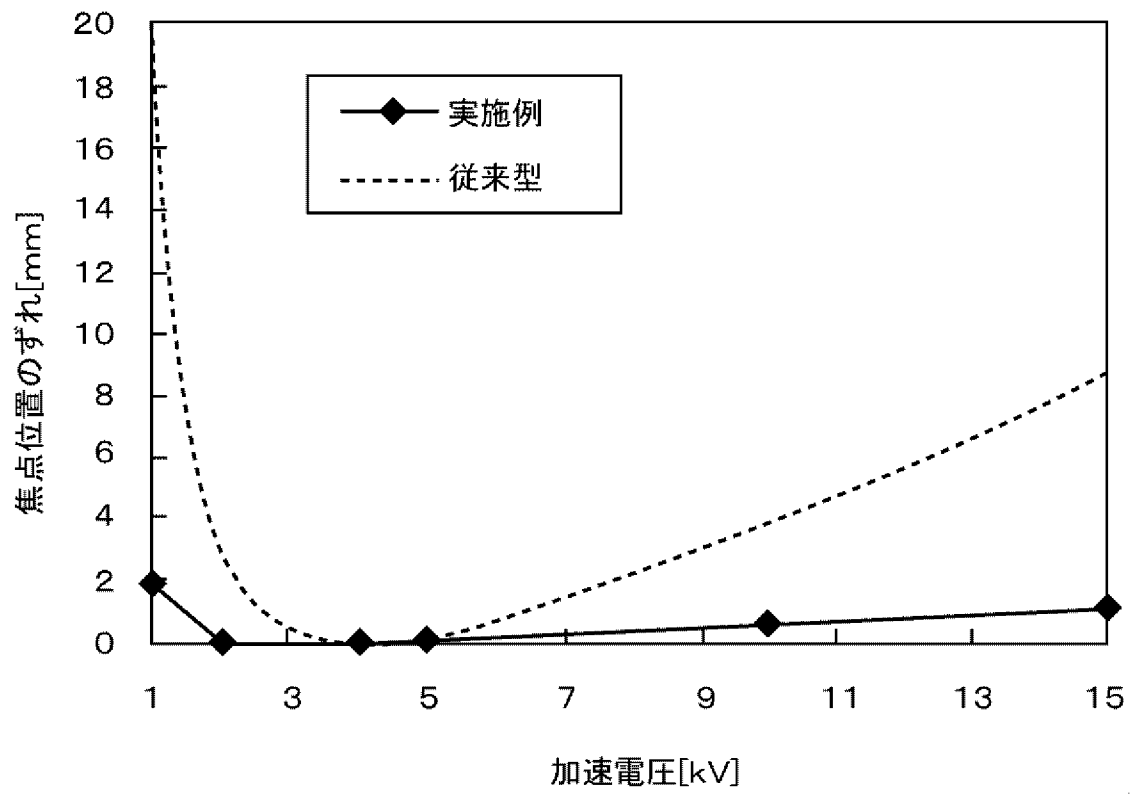
[図7]

図 7



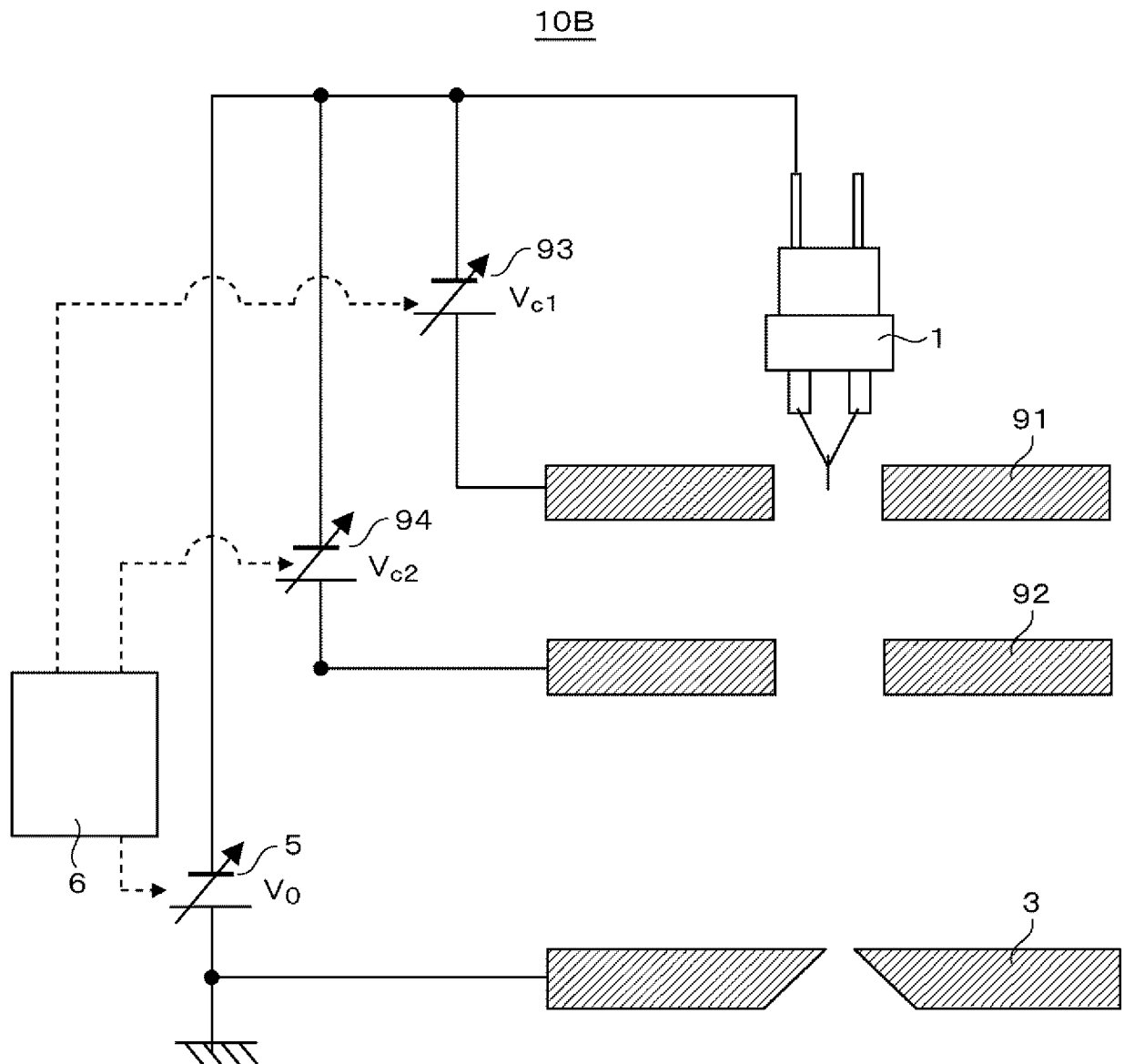
[図8]

図 8



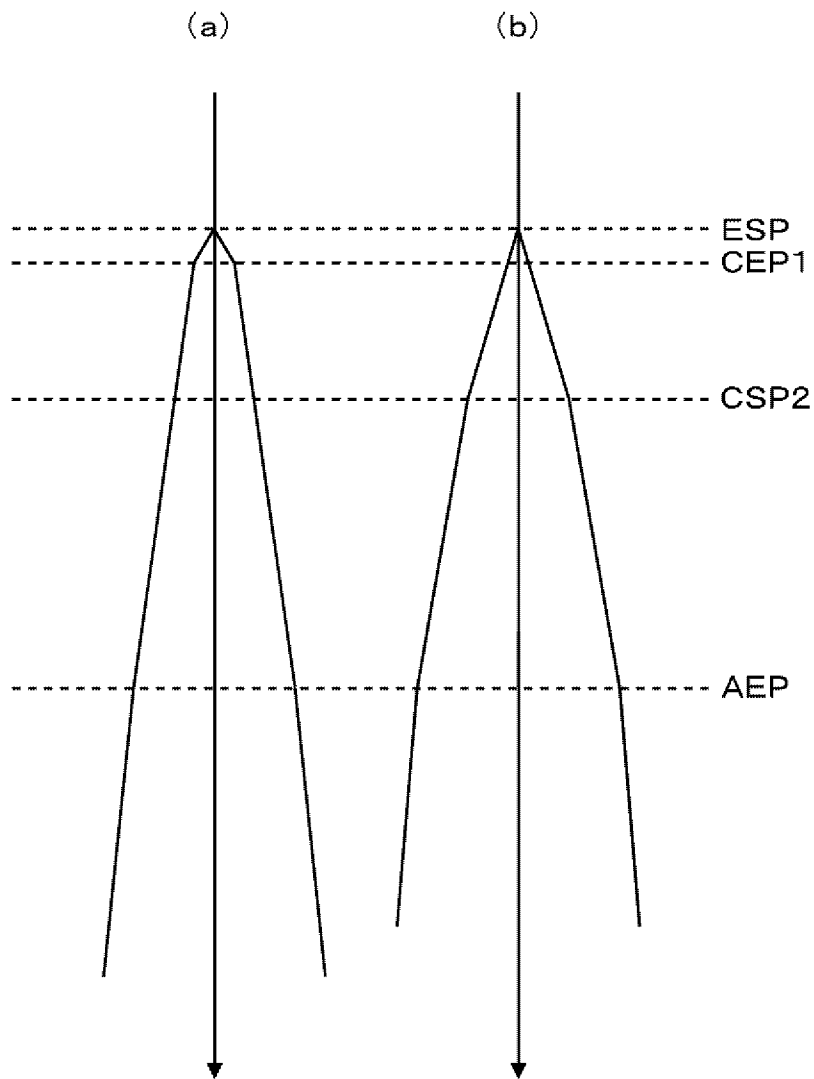
[図9]

図 9



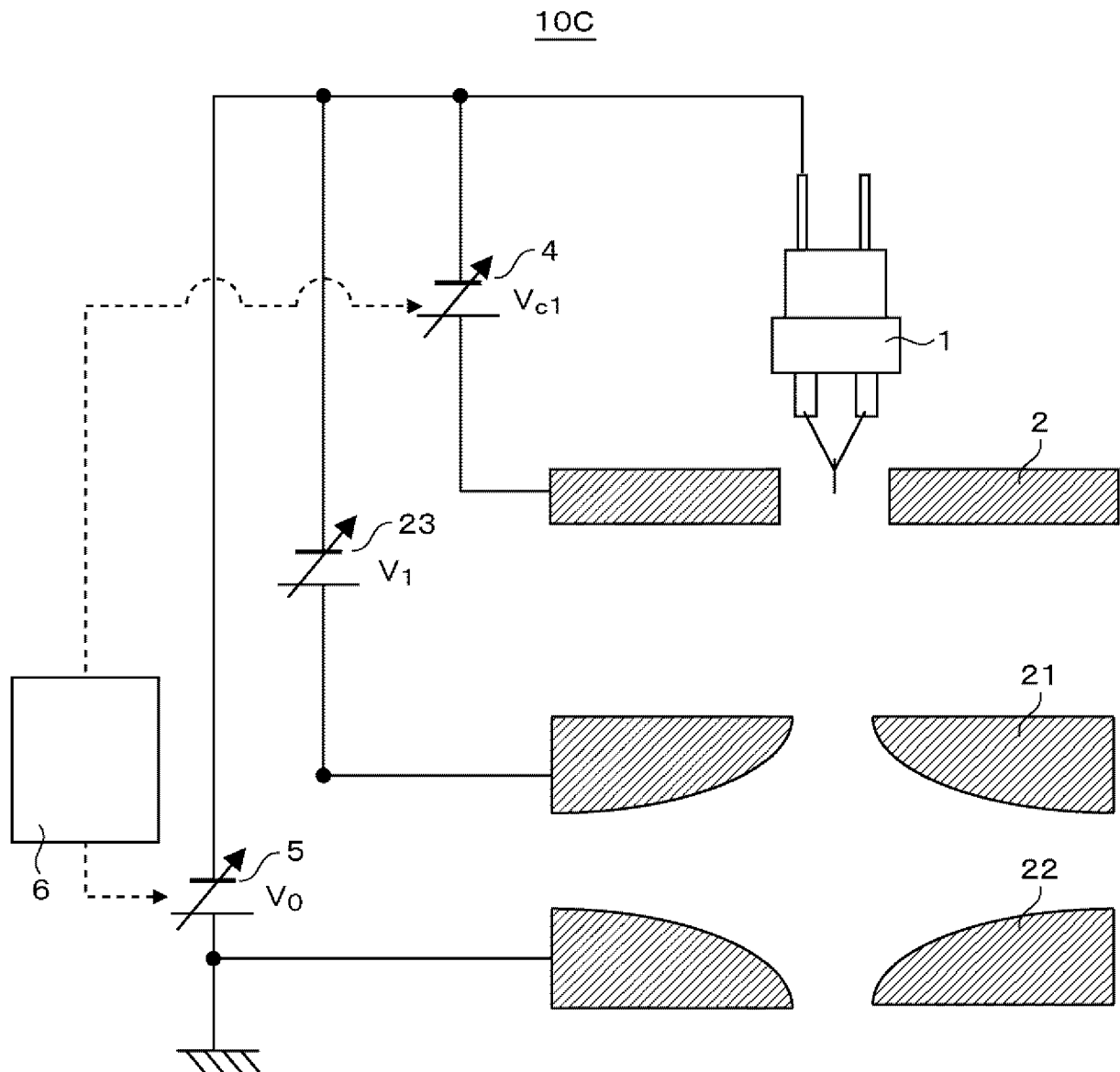
[図10]

図 10



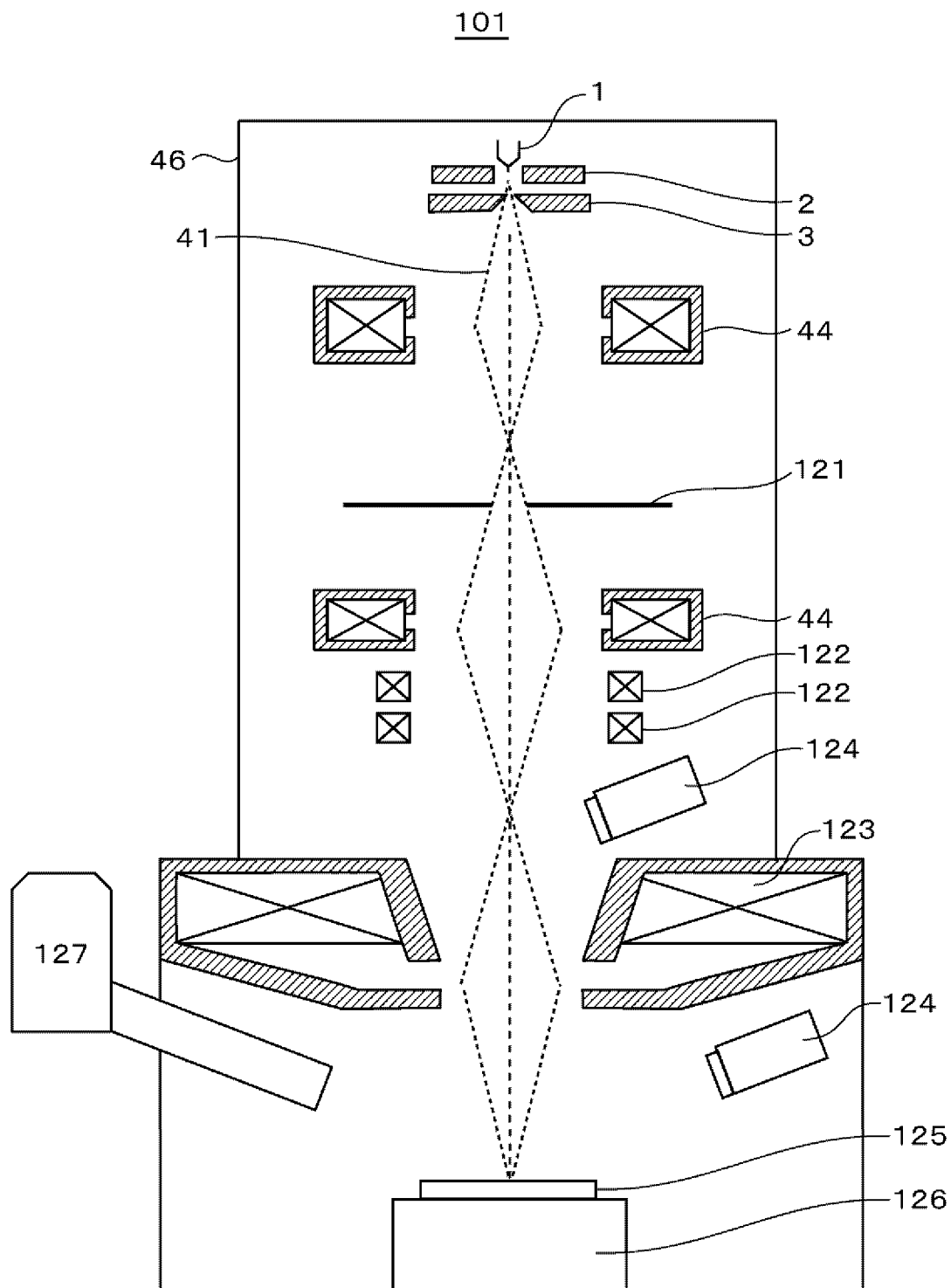
[図11]

図 1 1



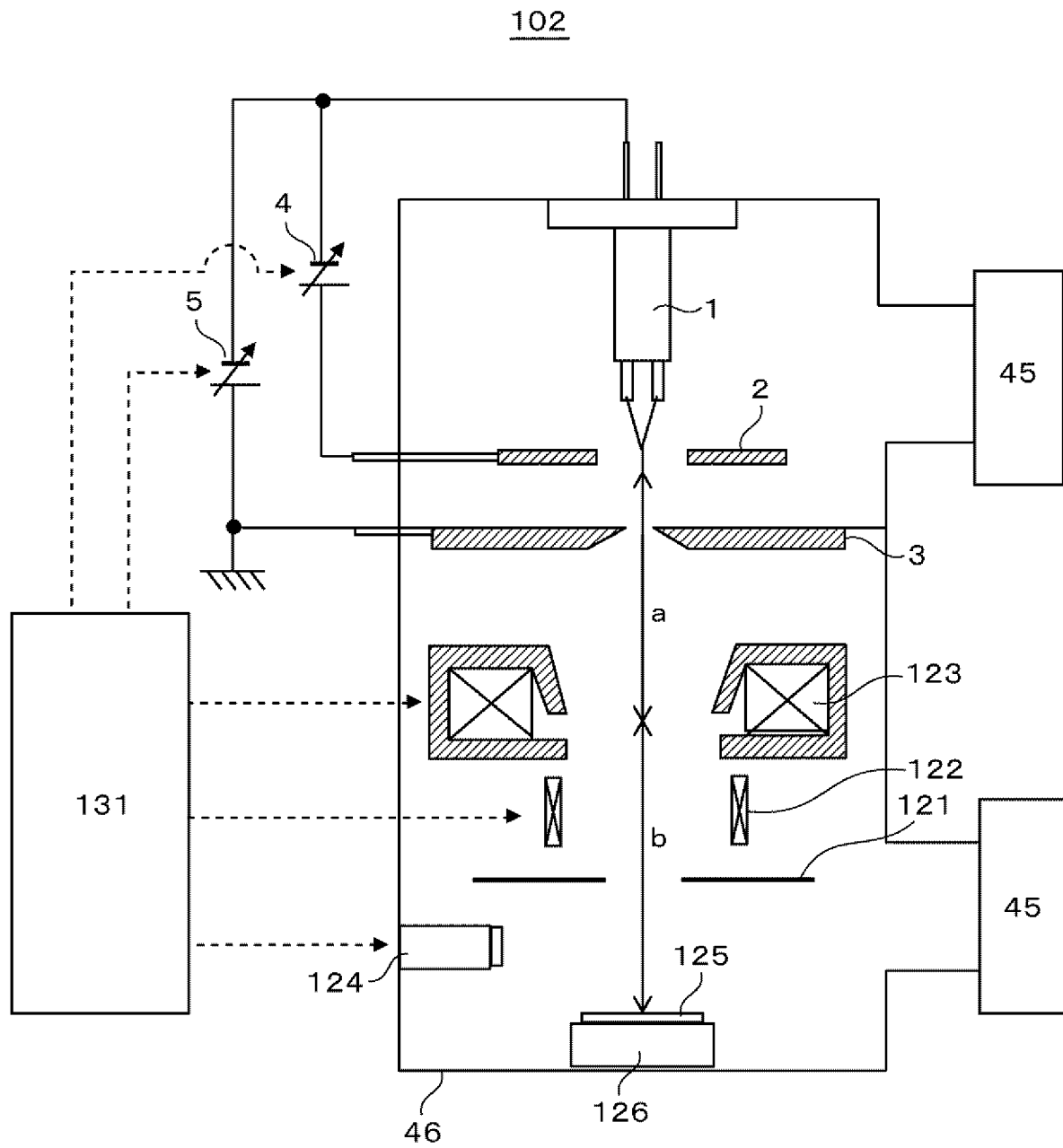
[図12]

図 1 2



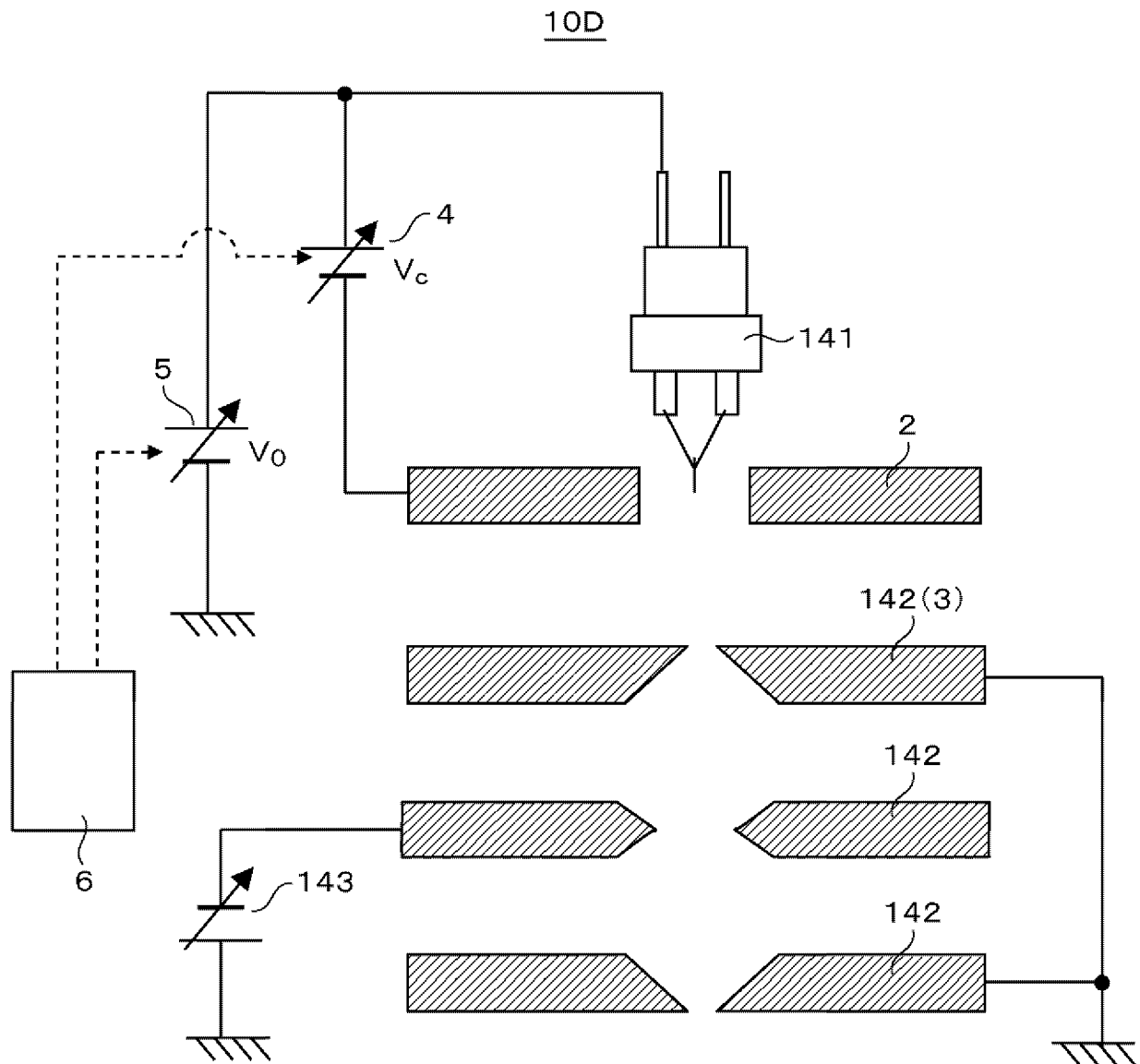
[図13]

図 13



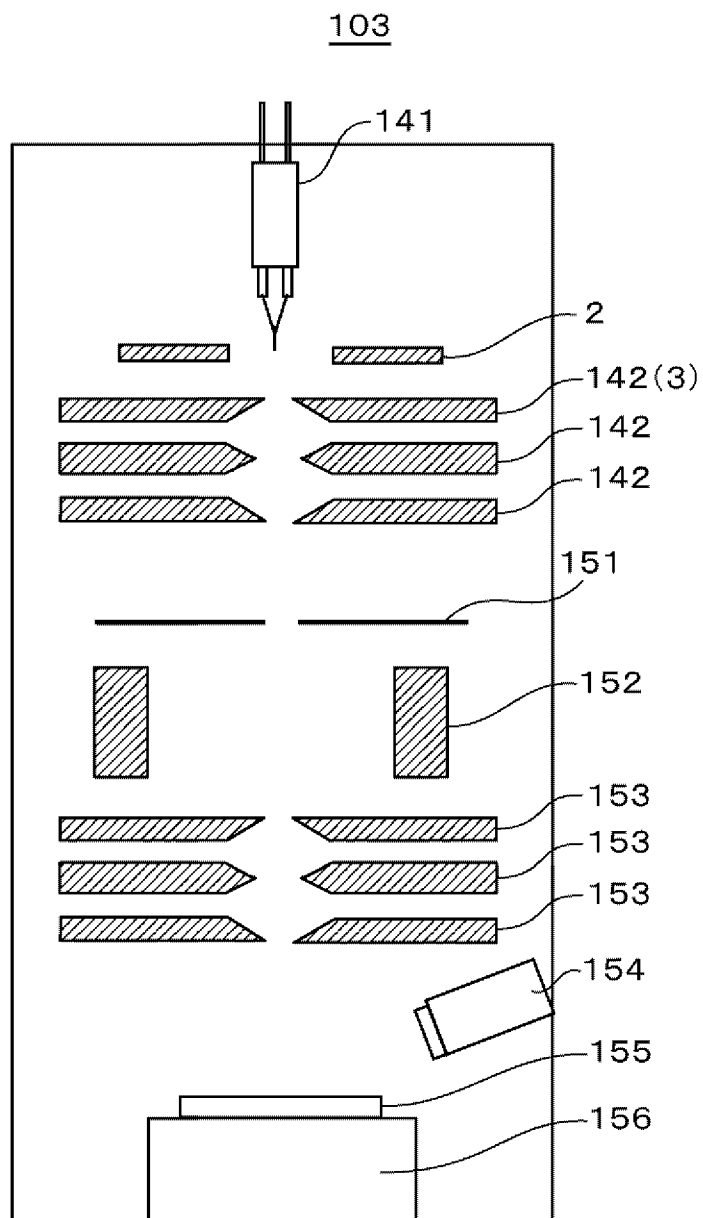
[図14]

図 1 4



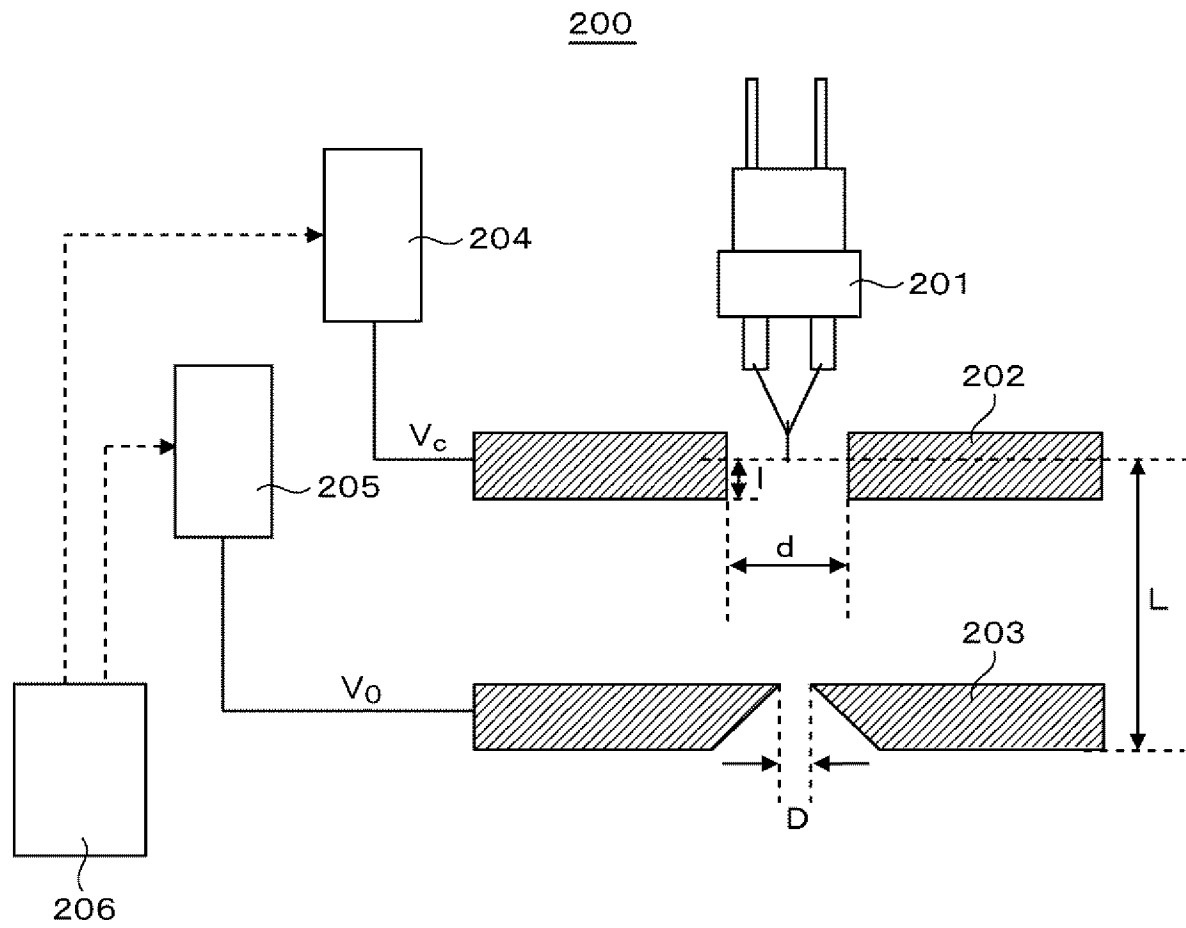
[図15]

図 15



[図16]

図 16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/060575

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/073(2006.01)i, H01J27/26(2006.01)i, H01J37/06(2006.01)i, H01J37/063(2006.01)i, H01J37/08(2006.01)i, H01J37/28(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)

H01J37/00-37/36, H01J27/00-27/26

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	JP 54-31784 B2 (JEOL Ltd.), 09 October 1979 (09.10.1979), entire text; all drawings (Family: none)	1-4, 6, 8-14
X Y	JEOL Ltd., Japan Institute of Invention and Innovation, Journal of Technical Disclosure No. 89-2699, vol.14, no.9, Japan Institute of Invention and Innovation (JIII), 20 February 1989 (20.02.1989)	15 1-4, 6, 8-14
Y	JP 63-175323 A (JEOL Ltd.), 19 July 1988 (19.07.1988), page 3, lower left column, line 2 to page 4, left column, line 16; fig. 3 (Family: none)	2-3, 6

☒ 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
21 May, 2014 (21.05.14)

Date of mailing of the international search report
03 June, 2014 (03.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/060575

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-4548 A (Hitachi, Ltd.), 09 January 1992 (09.01.1992), page 3, lower right column, lines 1 to 8; page 6, upper left column, line 7 to upper right column, line 9; page 7, upper right column, line 14 to lower left column, line 16; fig. 1, 12 to 13 & US 5187371 A & EP 452969 A2	8-11, 13-14
Y	JP 2007-19045 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 25 January 2007 (25.01.2007), fig. 1 & US 2005/0052103 A1 & EP 1515358 A2	8-11, 13-14
Y	JP 55-31986 B2 (Hitachi, Ltd.), 22 August 1980 (22.08.1980), page 3 (Family: none)	11
A	JP 1-187749 A (JEOL Ltd.), 27 July 1989 (27.07.1989), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 57-180059 A (The Perkin-Elmer Corp.), 05 November 1982 (05.11.1982), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 48-23380 A (Hitachi, Ltd.), 26 March 1973 (26.03.1973), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 42993/1982 (Laid-open No. 146344/1983) (JEOL Ltd.), 01 October 1983 (01.10.1983), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/073(2006.01)i, H01J27/26(2006.01)i, H01J37/06(2006.01)i, H01J37/063(2006.01)i,
H01J37/08(2006.01)i, H01J37/28(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. H01J37/00-37/36, H01J27/00-27/26

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
Y	JP 54-31784 B2（日本電子株式会社）1979.10.09, 全文全図（ファミリーなし）	1-4, 6, 8-14
X Y	日本電子株式会社, 発明協会公開技報 公技番号 89-2699, 14 巻 9 号, 社団法人発明協会, 1989.02.20	15 1-4, 6, 8-14
Y	JP 63-175323 A（日本電子株式会社）1988.07.19, 第 3 ページ左下欄第 2 行-第 4 ページ左欄第 16 行, 第 3 図（ファミリーなし）	2-3, 6

☒ 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

2 1 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 6 . 2 0 1 4

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）

佐々木 祐

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
Y	JP 4-4548 A (株式会社日立製作所) 1992. 01. 09, 第 3 ページ右下欄第 1-8 行, 第 6 ページ左上欄第 7 行-右上欄第 9 行, 第 7 ページ右上欄第 14 行-左下欄第 16 行, 第 1, 12-13 図 & US 5187371 A & EP 452969 A2	8-11, 13-14
Y	JP 2007-19045 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2007. 01. 25, 図 1 & US 2005/0052103 A1 & EP 1515358 A2	8-11, 13-14
Y	JP 55-31986 B2 (株式会社日立製作所) 1980. 08. 22, 第 3 ページ (ファミリーなし)	11
A	JP 1-187749 A (日本電子株式会社) 1989. 07. 27, 全文全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 57-180059 A (ザ・パーキン・エルマー・コーポレイション) 1982. 11. 05, 全文全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 48-23380 A (株式会社日立製作所) 1973. 03. 26, 全文全図 (ファミリーなし)	1-15
A	日本国実用新案登録出願 57-42993 号(日本国実用新案登録出願公開 58-146344 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (日本電子株式会社) 1983. 10. 01, 全文全図 (ファミリーなし)	1-15