

(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
2018年10月11日(11.10.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/186294 A1

(51) 国際特許分類:

H01J 37/073 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/013640

(22) 国際出願日: 2018年3月30日(30.03.2018)

(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 2017-075602 2017年4月5日(05.04.2017) JP

(71) 出願人: 株式会社 Photoelectron Soul (PHOTO ELECTRON SOUL INC.)
[JP/JP]; 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄3-7-4 トーシンサクラビル10F Aichi (JP).

(72) 発明者: 西谷 智博 (NISHITANI Tomohiro);
〒4600008 愛知県名古屋市中区栄3-7-4 トーシンサクラビル10F 株式会社 Photoelectron Soul 内 Aichi (JP). 小泉 淳 (KOIZUMI Atsushi); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄3-7-4 トーシンサクラビル10F 株式会社 Photoelectron

Soul 内 Aichi (JP). 川俣 智章 (KAWAMATA Tomoaki); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄3-7-4 トーシンサクラビル10F 株式会社 Photoelectron Soul 内 Aichi (JP). 鹿野 悠 (SHIKANO Haruka); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄3-7-4 トーシンサクラビル10F 株式会社 Photoelectron Soul 内 Aichi (JP).

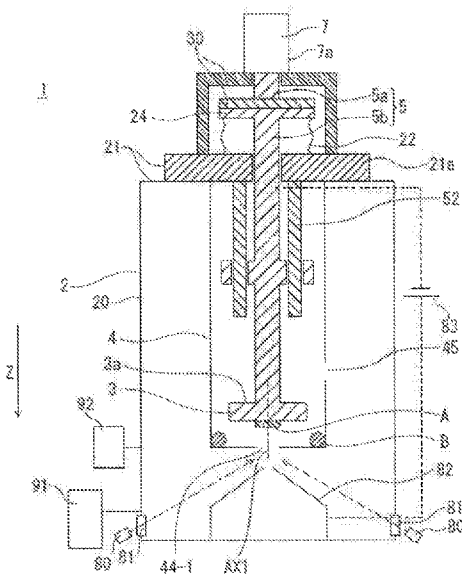
(74) 代理人: 松本 征二 (MATSUMOTO Seiji);
〒1410031 東京都品川区西五反田1丁目11番1号 アイオス五反田駅前ビル1001号 Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: ELECTRON BEAM GENERATOR AND ELECTRON BEAM APPLICATION DEVICE

(54) 発明の名称: 電子線発生装置、および、電子線適用装置

[図3]



(57) Abstract: The present invention addresses the issue of providing an electron beam generator and electron beam application device that are easy to maintain. The electron beam generator (1) comprises a vacuum chamber (2), a photocathode holder (3), an activation container (4), and a chamber internal power transmission member (5b). The photocathode holder is movable relative to the activation container.

(57) 要約: メンテナンスが容易な電子線発生装置および電子線適用装置を提供することを課題とする。電子線発生装置(1)は、真空チャンバー(2)と、フォトカソードホルダー(3)と、活性化容器(4)と、チャンバー内動力伝達部材(5b)とを具備する。フォトカソードホルダーは、活性化容器に対して相対移動可能である。

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, ST, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：電子線発生装置、および、電子線適用装置

技術分野

[0001] 本発明は、電子線発生装置、および、電子線適用装置に関し、特に、活性化容器に対して、フォトカソードホルダーが相対移動可能な電子線発生装置、および、電子線適用装置に関する。

背景技術

[0002] GaAs型半導体のフォトカソードを利用した電子ビーム源（GaAs型フォトカソード電子ビーム源）は、これまで、高い偏極度を持つスピン偏極電子ビーム源として素粒子・ハドロン物理実験（Weinberg角の精密測定）や高繰り返し短パルスで大電流可能な高輝度電子ビーム源として1kWの赤外自由電子レーザー発生など、加速器科学分野に貢献している。

[0003] さらに、GaAs型フォトカソード電子ビーム源は、次世代の放射光源用加速器に用いる低エミッタンス（位相空間中でビームの占める面積）で大電流可能な高輝度電子ビーム源の有力候補になっており、宇宙誕生の謎に迫る線形型の次世代加速器将来計画「国際リニアコライダー計画」では、唯一の実用的高性能スピン偏極電子ビーム源と考えられている。

[0004] 一方、半導体デバイスの微細化や機能材料の高度化には、原子スケールでの詳細な構造解析や元素分析とともに、構造内の電気的、磁気的特性計測が不可欠と考えられている。この要求に対して既存の性能を超える次世代の観測、計測技術が求められており、それには、要素技術である電子ビーム源の高性能化が不可欠である。GaAs型フォトカソード電子ビーム源は、高繰り返し短パルス、高輝度と高スピン偏極の性能から、次世代の電子顕微鏡に用いる電子ビーム源として有力視されている。

[0005] ところで、GaAs型フォトカソード電子ビーム源は、負電子親和力（Negative Electron Affinity（以下、「負電子親和力」を「NEA」と記載することがある。）表面：伝導帯底よりも真空準

位が低くなる状態)を利用している。NEA表面を利用することで、価電子帯から伝導帯底のポテンシャルレベルへ光励起した電子をそのまま真空中へ電子ビームとして取り出すことができる。図1は、GaAs型フォトカソード電子ビーム源からの電子ビーム生成の概念を示しており、次に説明する、(1)励起過程、(2)拡散過程、(3)脱出過程、の3ステップモデルの現象論で説明することができる(非特許文献1参照)。

(1) フォトカソードへ励起光を入射し、価電子帯電子を伝導帯へ励起する(励起過程)。

(2) 伝導帯へ励起された電子は、表面へと拡散する(拡散過程)。

(3) 表面まで到達した電子は、表面障壁をトンネルし、真空中へ脱出する(脱出過程)。

[0006] GaAs半導体では、約4 eVの電子親和力(真空準位と伝導帯底のエネルギー差)があり、NEA表面状態を形成するためには、次のプロセスが必要である。

(1) 初めにp型ドーピングのGaAs半導体を真空中で加熱し、酸化物や炭化物などの表面不純物を除去し清浄にする。これにより、表面領域にバンドベンディングを生じさせ、真空準位を半導体のバンドギャップの半分程度(ϕ_B)下げることができる。

(2) 次に結晶表面に微小の光電流が得られるように、図2に示すように、まずセシウムを蒸着し、その後、光電流の飽和毎にセシウム蒸着と酸素付加を最大の光電流が得られるまで交互に繰り返す。この方法により、残りの真空準位(ϕ_D)を下げることで、NEA表面状態を形成することができる(非特許文献1参照)。

[0007] なお、NEA表面状態とは、上記プロセスにより、フォトカソードの真空準位のエネルギーレベルを伝導帯底のエネルギーレベルより低い状態にすることを意味する。しかしながら、フォトカソードの真空準位のエネルギーレベルが伝導帯底のエネルギーレベルより高くてもフォトカソードから真空中へ電子を放出することもできる。また、フォトカソードをNEA表面状態に

処理した後であっても、電子の放出を続けるとフォトカソードの真空準位のエネルギーレベルが伝導帯底のエネルギーレベルより低いレベルから高いレベルに戻りながら、電子を放出する場合もある。したがって、フォトカソードを電子ビーム源として使用する場合は、フォトカソードの真空準位のエネルギーレベルを可能な限り低下させることが好ましいが、NEA表面状態にする又は維持することは必須ではない。したがって、本発明において「電子親和力の低下処理」とは、フォトカソードの真空準位のエネルギーレベルを、電子が放出できるレベルまで低下させるための処理を意味する。以下、「電子親和力の低下処理」のことを「EA表面処理」、「電子親和力の低下処理」によりフォトカソードの真空準位のエネルギーレベルが電子が放出できるレベルまで低下している状態を「EA表面」と記載することがある。

[0008] ところで、EA表面は、微量な H_2O 、 CO 、 CO_2 等の残留ガスの吸着やイオン化した残留ガスのEA表面への逆流で劣化する。そのため、フォトカソードから長期間安定的に電子ビームを取り出すためには、処理と維持のために超高真空度が必要である。また、EA表面処理したフォトカソードから取り出せる電子の量は有限であり、一定量の電子ビームを放出した後は、フォトカソード表面を再度EA表面処理する必要がある。

[0009] 従来のEA表面処理したフォトカソードを用いた電子銃は、EA表面処理チャンバー、電子銃チャンバー、EA表面処理したフォトカソードの搬送手段を少なくとも含んでいる。上記のとおり、EA表面処理したフォトカソードは、EA処理を超高真空中で行った後に超高真空状態を保ったまま外気に晒すことなく電子銃に装填する必要があるが、また、一定時間経過したフォトカソードは再度EA表面処理する必要があるが、従来は、EA表面処理チャンバーと電子銃チャンバーは別々に設ける必要があった。その理由は、従来のEA表面処理はチャンバー内で直接フォトカソードに表面処理材料を蒸着する方法を採用しているが、EA表面処理を同一チャンバー内で行うと、EA表面処理材料が電子銃チャンバー及びチャンバー内の各種装置に付着してしまい、特に電極付近に付着したEA表面処理材料は電界放出暗電流の発生

の原因となり、電子銃の機能が著しく低下するためである。

[0010] しかしながら、E A表面処理チャンバーと電子銃チャンバーを別々に設ける場合、先ず、超高真空状態にするチャンバーが2個必要であり、更に、超高真空状態を維持したままE A表面処理チャンバーで処理したフォトカソードを電子銃チャンバーに搬送するための搬送手段が必要であることから、電子銃装置が非常に大型化するという問題がある。また、超高真空を維持した状態で、E A表面処理チャンバーから電子銃チャンバーにE A表面処理したフォトカソードを移動・装着し且つフォトカソードの再E A表面処理の際には電子銃チャンバーからE A表面処理チャンバーに移動・装着する必要があるため、装置を精密に設計し、且つフォトカソードを搬送中に脱落しないように適切な操作をする必要があり、装置管理が煩雑になるという問題がある。

[0011] そこで、上記問題を解決するために、特許文献1（特許第5808021号公報）では、フォトカソード材料の電子親和力を低下させる処理を行うための活性化容器を、真空チャンバー内に配置している。すなわち、特許文献1では、電子ビームを発生させるためのチャンバーとE A表面処理を行うためのチャンバーとを共通化している。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：特許第5808021号公報

非特許文献

[0013] 非特許文献1：MRS-J NEWS, Vol. 20, No. 2, May 2008

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] ところで、特許文献1には、フォトカソードホルダーの位置を変えるために駆動手段を設けることが記載されている。特許文献1において、モーター

等の駆動手段は、活性化容器に取り付けられているか、あるいは、真空チャンバーの内側に取り付けられる。

[0015] しかし、モーターを真空チャンバー内に配置する場合には、以下の問題が生じる。第1に、真空チャンバー内を高真空状態にする過程で、真空チャンバーを加熱（例えば、摂氏200度程度）する必要があるが、当該加熱等によって、モーターが故障する、または、磁石が弱くなる可能性がある。モーターが故障した場合には、真空チャンバー内の真空状態を解除して、モーターを修理または交換する必要がある。ところで、真空チャンバー内を高真空状態にするためには長時間（例えば、1週間）を要する。このため、高真空状態が実現された後にモーターの故障が見つかり、モーターの修理または交換のために、高真空状態の実現に要した長時間の準備作業が無駄となる。第2に、モーターには、磁石等の磁界生成部材が含まれている。このため、フォトカソード材料から取り出された電子の軌道が、当該磁界生成部材によって曲げられてしまう。

[0016] そこで、本発明の目的は、メンテナンスが容易な電子線発生装置および電子線適用装置を提供することにある。また、本発明の任意付加的な目的は、活性化容器を真空チャンバー内に配置した電子線発生装置において、真空チャンバー内に磁界を生成するモーターを設けないことで、電子線の軌道が所望の軌道からずれるのを抑制可能な電子線発生装置および電子線適用装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0017] 本発明は、以下に示す、電子線発生装置、および、電子線適用に関する。

[0018] (1) 真空チャンバーと、

前記真空チャンバー内に配置され、フォトカソード材料を支持するフォトカソードホルダーと、

前記真空チャンバー内に配置され、前記フォトカソード材料の電子親和力を低下させる表面処理材料を支持する活性化容器と、

前記真空チャンバー内に配置され、前記フォトカソードホルダーまたは前

記活性化容器に駆動力を伝達するチャンバー内動力伝達部材と

を具備し、

前記フォトカソードホルダーは、前記活性化容器に対して相対移動可能である

電子線発生装置。

(2) 前記チャンバー内動力伝達部材を駆動する機械的エネルギーを生成するエネルギー生成部を更に具備し、

前記エネルギー生成部は、前記真空チャンバーの外に配置されている

上記(1)に記載の電子線発生装置。

(3) 前記エネルギー生成部は、駆動源または手動操作部材である

上記(2)に記載の電子線発生装置。

(4) 前記真空チャンバーの外に配置されるチャンバー外動力伝達部材を更に具備し、

前記チャンバー外動力伝達部材と、前記チャンバー内動力伝達部材とは、前記真空チャンバーの孔無し壁を介して動力伝達可能に接続されている

上記(1)乃至(3)のいずれか一つに記載の電子線発生装置。

(5) 前記チャンバー外動力伝達部材は、前記チャンバー内動力伝達部材に、駆動力を純機械的に伝達する

上記(4)に記載の電子線発生装置。

(6) 前記チャンバー内動力伝達部材は、前記フォトカソードホルダーの中心軸から偏心した位置に配置されている

上記(1)乃至(5)のいずれか一つに記載の電子線発生装置。

(7) 前記真空チャンバー内に配置され、かつ、第1方向に沿って延在するガイド部材を更に具備し、

前記ガイド部材は、前記チャンバー内動力伝達部材の前記第1方向に沿う移動を案内する

上記(1)乃至(6)のいずれか一つに記載の電子線発生装置。

(8) 前記チャンバー内動力伝達部材は、

回転部材と、

前記回転部材の回転を、前記フォトカソードホルダーまたは前記活性化容器の直線移動に変換する変換機構と

を有する

上記（１）乃至（７）のいずれか一つに記載の電子線発生装置。

（９）前記真空チャンバー内に配置されたアノードと、

前記真空チャンバー内の突起物からの放電の発生を抑制するシールドとを更に具備し、

前記シールドは、前記アノードと、前記チャンバー内動力伝達部材の少なくとも一部との間に配置されている

上記（１）乃至（８）のいずれか一つに記載の電子線発生装置。

（１０）前記活性化容器は、

前記フォトカソード材料から放出される電子または前記フォトカソード材料が通過可能な第１孔と、

前記チャンバー内動力伝達部材が挿通される第２孔と

を有する

上記（１）乃至（９）のいずれか一つに記載の電子線発生装置。

（１１）前記真空チャンバーは、伸縮部を含み、

前記伸縮部を伸縮させることにより、前記フォトカソードホルダーまたは前記活性化容器が移動する

上記（１）乃至（１０）のいずれか一つに記載の電子線発生装置。

（１２）前記伸縮部は、前記真空チャンバーの胴部の一部を構成しているか、あるいは、前記真空チャンバーの頂部に取り付けられている

上記（１１）に記載の電子線発生装置。

（１３）前記チャンバー内動力伝達部材を駆動する熱エネルギーを生成するエネルギー生成部を更に具備する

上記（１）に記載の電子線発生装置。

（１４）上記（１）乃至（１３）のいずれか一つに記載の電子線発生装置を

含む電子線適用装置であって、
前記電子線適用装置は、
電子銃、
自由電子レーザー加速器、
電子顕微鏡、
電子線ホログラフィー装置、
電子線描画装置、
電子線回折装置、
電子線検査装置、
電子線金属積層造形装置、
電子線リソグラフィー装置、
電子線加工装置、
電子線硬化装置、
電子線滅菌装置、
電子線殺菌装置、
プラズマ発生装置、
原子状元素発生装置、
スピン偏極電子線発生装置、
カソードルミネッセンス装置、または、
逆光電子分光装置
である
電子線適用装置。

発明の効果

[0019] 本発明により、メンテナンスが容易な電子線発生装置および電子線適用装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は、GaAs型フォトカソード電子ビーム源からの電子ビーム生成の概念を示している。

[図2]図2は、E A表面状態の形成手順を示している。

[図3]図3は、第1の実施形態における電子線発生装置の概略断面図である。

[図4]図4は、第1の実施形態における電子線発生装置の概略断面図である。

[図5]図5は、駆動源の一例を示す概略断面図である。

[図6]図6は、伸縮部の一例を示す概念図である。

[図7]図7は、第2の実施形態における電子線発生装置の概略断面図である。

[図8A]図8Aは、図7における領域A Rの拡大図である。

[図8B]図8Bは、図7における領域A R'の拡大図である。

[図9]図9は、第3の実施形態における電子線発生装置の概略断面図である。

[図10]図10(a)および図10(b)は、加熱手段の一例を模式的に示す図である。

[図11]図11は、方向制御手段の一例を模式的に示す図である。

[図12]図12は、電極の配置の一例を模式的に示す図である。

[図13]図13は、電子線適用装置の機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面を参照しつつ、実施形態における電子線発生装置1、および、電子線適用装置100について詳しく説明する。なお、本明細書において、同種の機能を有する部材には、同一または類似の符号が付されている。そして、同一または類似の符号の付された部材について、繰り返しとなる説明が省略される場合がある。

[0022] (方向の定義)

本明細書において、フォトカソードホルダー3が活性化容器4の第1孔44-1に向かって移動する方向をZ方向と定義する。代替的に、フォトカソード(フォトカソード材料)から放出された電子が進行する方向をZ方向と定義してもよい。Z方向は、例えば、鉛直下向き方向であるが、Z方向は、鉛直下向き方向には限定されない。

[0023] (第1の実施形態の概要)

図3乃至図6を参照して、第1の実施形態における電子線発生装置1につ

いて説明する。図3および図4は、第1の実施形態における電子線発生装置1の概略断面図である。図5は、駆動源7aの一例を示す概略断面図である。図6は、伸縮部の一例を示す概念図である。なお、図3は、EA表面処理を実行する際のフォトカソードホルダー3の位置を示し、図4は、電子線の発生処理を実行する際のフォトカソードホルダー3の位置を示している。また、図4において、斜線部分は、真空チャンバー2内の真空領域を示している。さらに、図4において、矢印D1は、フォトカソード（すなわち、フォトカソード材料A）から放出された電子が進行する方向を示している。

[0024] 電子線発生装置1 (electron beam generator) は、真空雰囲気中で、電子線 (electron beam) を発生させる装置である。真空雰囲気は、真空チャンバー2内で実現される。付加的に、電子線発生装置1は、高電圧下で、電子線が発生させる装置であってもよい。この場合、フォトカソードから放出された電子の進行方向は、高電圧が作用している時の真空チャンバー内の電場に依存する。

[0025] 電子線発生装置1は、真空チャンバー2と、フォトカソードホルダー3と、活性化容器4と、真空チャンバー内に配置されたチャンバー内動力伝達部材5bとを具備する。

[0026] 真空チャンバー2は、電子線発生装置1において、真空雰囲気を形成するための部材である。電子線発生装置1の使用時において、真空チャンバー2の内部の圧力は、例えば、 10^{-5} Pa以下に設定される。真空チャンバー2の内部の圧力を低下させるためには、真空ポンプ91が用いられる。真空ポンプ91は、例えば、電子線発生装置1とは別に用意され、配管を介して電子線発生装置1に接続される。また、真空チャンバー2には、EA表面処理に用いられるガスを供給するガス供給装置92が配管を介して接続されていてもよい。ガス供給装置92が供給するガスは、例えば、酸素、 NF_3 、 N_2 等である。

[0027] 真空チャンバー2の形状に特に制限はなく、真空チャンバー2の形状は、例えば、円筒形状である。図3に記載の例では、真空チャンバー2は、胴部

20と、頂部21と、底部とを備える。また、真空チャンバー2の材質は、例えば、ステンレス、チタン、ミューメタル等の金属、ガラス、サファイア、セラミック等の非金属である。

[0028] フォトカソードホルダー3は、真空チャンバー2内に配置され、フォトカソード材料Aを支持する。図3に記載の例では、フォトカソードホルダー3は、真空チャンバー2内に配置された活性化容器4内に配置されている。

[0029] フォトカソードホルダー3は、活性化容器4に対して相対移動可能である。フォトカソードホルダー3が、図3において示される位置にあるとき、活性化容器4に支持された表面処理材料Bを活性化（気化）することにより、フォトカソード材料Aに表面処理材料Bを蒸着させることが可能である。また、フォトカソードホルダー3が、図4において示される位置にあるとき、フォトカソードホルダー3に支持されたフォトカソード材料Aに光を照射することにより、フォトカソード材料Aから電子（電子線）を発生させることが可能である。

[0030] なお、フォトカソードホルダー3の材質に特に制限はない。フォトカソードホルダー3の材質として、例えば、モリブデン、チタン、タンタル、ステンレス等を用いることができる。

[0031] また、フォトカソードを形成するためのフォトカソード材料Aは、EA表面処理が可能な材料であれば、特に制限はない。フォトカソード材料Aとしては、例えば、III-V族半導体材料、II-V族半導体材料が例示される。具体的には、AlN、 Ce_2Te 、GaN、 K_2CsSb 、AlAs、GaP、GaAs、GaSb、InAs等が例示される。フォトカソード材料Aのその他の例としては金属が挙げられ、具体的には、Mg、Cu、Nb、 LaB_6 、 SeB_6 、Ag等が例示される。フォトカソード材料AをEA表面処理することにより、フォトカソードを作製することができる。フォトカソード材料Aを用いたフォトカソードを用いる場合、半導体のギャップエネルギーに応じた近紫外-赤外波長領域で電子励起光が選択可能となる。加えて、電子ビームの用途に応じた電子ビーム源性能（量子収量、耐久性、単色性

、時間応答性、スピン偏極度）が、半導体の材料や構造の選択により可能となる。このため、電子励起に用いる光源は高出力（ワット級）－高周波数（数百MHz）－短パルス（数百フェムト秒）のレーザーに限定されない。比較的安価なレーザーダイオードでも、これまでにない高性能なビーム生成をすることが可能となる。

[0032] 電子線発生装置1の使用時において、フォトカソード材料Aには、光が照射される。フォトカソード材料Aは、光を受けると、電子を放出する。図4に記載の例では、放出された電子は、フォトカソードホルダー3とアノード82との間に印加される電圧によって、Z方向に沿って移動する。

[0033] フォトカソード材料Aは、フォトカソード材料Aへの光照射が可能な位置に配置される。図4に記載の例では、フォトカソードホルダー3の底面に、フォトカソード材料Aが配置されている。

[0034] 図3および図4に記載の例では、フォトカソードホルダー3を、図3において示される位置と図4において示される位置との間で移動させるため、フォトカソードホルダー3に駆動力（drive force）が付与される。

[0035] 活性化容器4は、真空チャンバー2内に配置され、フォトカソード材料Aの電子親和力を低下させる表面処理材料Bを支持する。活性化容器4内では、表面処理材料Bが活性化される（気化される）。そして、活性化された（気化された）表面処理材料Bは、フォトカソード材料Aに蒸着される。

[0036] 活性化容器4は、第1孔44-1を含む。第1孔44-1は、フォトカソードホルダー3によって支持されたフォトカソード材料Aが通過可能な孔、または、フォトカソード材料Aから放出される電子が通過可能な孔である。第1孔44-1の大きさは、少なくとも電子が通過できる大きさであればよい。第1孔44-1の径は、加工を容易にする観点、あるいは、フォトカソード材料Aから放出される電子と第1孔44-1との位置関係の調整を容易にする観点等から、例えば、1nm以上10mm以下であり、より好ましくは、50μm以上5mm以下である。また、フォトカソード材料Aを、第1

孔 4 4 - 1 を介して、活性化容器 4 外に露出させる場合（図 4 を参照）には、第 1 孔 4 4 - 1 の大きさは、上記の数値範囲の上限より大きくてもよい。

[0037] 活性化容器 4 の材質に特に制限はない。活性化容器 4 の材質として、例えば、ガラス、モリブデン、セラミック、サファイア、チタン、タングステン、タンタル、ステンレス等の耐熱性材料（例えば、300℃以上、より好ましくは400℃の熱に耐えることができる耐熱性材料）を用いることができる。

[0038] 活性化容器 4 の形状に特に制限はない。活性化容器 4 の形状は、内部に表面処理材料 B を支持可能な形状であればよい。活性化容器 4 の形状は、例えば、円筒形である。

[0039] 活性化容器 4 の内部と、活性化容器 4 の外部とは、第 1 孔 4 4 - 1 または他の孔 4 5 を介して連通している。このため、活性化容器 4 の内部の圧力は、活性化容器 4 の外部の圧力と実質的に等しい。活性化容器 4 は、真空チャンバー 2 内に配置されているため、電子線発生装置 1 の使用時において、活性化容器 4 の内部も真空状態に維持される。

[0040] 電子線発生装置 1 の使用時において、フォトカソード材料 A は、電子を放出する。フォトカソード材料 A から取り出せる電子の量は有限であるため、フォトカソード表面を、再度 E A 表面処理する必要がある。実施形態における電子線発生装置 1 では、単一の真空チャンバー 2 内で、電子線の発生と、E A 表面処理との両方を行うことが可能である。すなわち、図 3 に示される状態において、活性化容器 4 あるいは表面処理材料 B 自体を加熱して、表面処理材料 B を活性化すれば（気化すれば）、表面処理材料 B は、フォトカソード材料 A に蒸着される。こうして、E A 表面処理を行うことが可能である。また、図 4 に示される状態において、フォトカソード材料 A に光を照射すれば、電子線を発生させることが可能である。

[0041] 本明細書において、表面処理材料 B は、フォトカソード材料を E A 表面処理可能な材料を意味する。表面処理材料 B は、E A 表面処理することができる材料であれば、特に制限はない。表面処理材料 B を構成する元素として、

例えば、 Li 、 Na 、 K 、 Rb 、 Cs 、 Te 、 Sb 等が例示される。なお、前記元素の中で、 Li 、 Na 、 K 、 Rb 、 Cs は単体では自然発火してしまい、保存・利用ができない。このため、 Li 、 Na 、 K 、 Rb 、 Cs に関しては、これらの元素の複合元素、これらの元素を含む化合物の形態で使用する必要がある。一方、化合物の形態で使用する場合は、前記元素の蒸着時に不純物ガスが発生しないようにする必要がある。したがって、 Li 、 Na 、 K 、 Rb 、 Cs から選択される元素を表面処理材料Bとして使用する場合は、 Cs_2CrO_4 、 Rb_2CrO_4 、 Na_2CrO_4 、 K_2CrO_4 等の化合物と不純物ガスの発生を抑える還元剤を組合せて用いることが好ましい。表面処理材料Bは、加熱手段を用いて活性化容器4内で気化され、フォトカソード材料Aに蒸着される。

[0042] 図3および図4に記載の例では、活性化容器4は、真空チャンバー2の内側の壁面に固定されており、真空チャンバー2の壁面に対して移動不能である。そして、チャンバー内動力伝達部材5bからフォトカソードホルダー3に駆動力が伝達され、フォトカソードホルダー3が活性化容器4に対して移動する。なお、活性化容器4は、後述する第3の実施形態のように、支持部材を介して真空チャンバー2内で固定されてもよい。代替的に、フォトカソードホルダー3を真空チャンバー2の壁面に固着し、チャンバー内動力伝達部材5bから活性化容器4に駆動力が伝達されてもよい。この場合、活性化容器4が、フォトカソードホルダー3に対して移動する。

[0043] チャンバー内動力伝達部材5bは、真空チャンバー2内に配置され、フォトカソードホルダー3または活性化容器4に駆動力を伝達する部材である。第1の実施形態では、チャンバー内動力伝達部材5bは、非磁石（non-magnet）部材である。図3に記載の例では、真空チャンバー2内に配置されるチャンバー内動力伝達部材5bの数は1個であり、当該1個のチャンバー内動力伝達部材5bが非磁石部材である。真空チャンバー2内に配置されるチャンバー内動力伝達部材5bの数がN個（なお、「N」は、1以上の自然数である）であるとき、N個のチャンバー内動力伝達部材5bが非磁

石部材である。なお、非磁石部材は、永久磁化されていない部材、または、永久磁化されていたとしても永久磁化の程度が弱い部材であり、磁場を発生しない（または磁場が弱い）ことから、フォトカソード材料から放出される電子の電子線軌道に与える影響がないか、あるいは、フォトカソード材料から放出される電子の電子線軌道に与える影響が軽微である部材を意味する。第1の実施形態では、チャンバー内動力伝達部材5bの材質として、銅、チタン、ステンレス、アルミニウム等の永久磁化不能な金属等が用いられる。また、第1の実施形態では、チャンバー内動力伝達部材5bの少なくとも一部の部材の材質として、鉄、ニッケル等の永久磁化可能な金属等を用いる場合には、当該部材は、電子線軌道に影響を与えない位置に配置される。

[0044] 第1の実施形態では、チャンバー内動力伝達部材5bが、非磁石部材であることが好ましい。このため、チャンバー内動力伝達部材5bが、電子線軌道に実質的な影響を与えることがない。こうして、電子線の軌道が所望の軌道からずれるのが抑制される。

[0045] （第1の実施形態における任意付加的な構成例）

図3乃至図6を参照して、第1の実施形態において、付加的に採用可能な構成例について説明する。

[0046] （構成例1）

図3を参照して、構成例1について説明する。構成例1は、エネルギー生成部7に関する構成例である。

[0047] 図3に記載の例では、エネルギー生成部7は、チャンバー内動力伝達部材5bを駆動する機械的エネルギーを生成する。そして、エネルギー生成部7によって生成された機械的エネルギーは、チャンバー外動力伝達部材5aを介して、チャンバー内動力伝達部材5bに伝達される。こうして、チャンバー内動力伝達部材5bが駆動される（換言すれば、チャンバー内動力伝達部材5bが移動する）。また、チャンバー内動力伝達部材5bが移動することにより、フォトカソードホルダー3に駆動力が付与される。その結果、フォトカソードホルダー3が、活性化容器4に対して移動する。上記のとおり、

本明細書において「チャンバー内動力伝達部材 5 b」とは、エネルギー生成部 7 によって生成された機械的エネルギーをフォトカソードホルダー 3 に「伝達」するための部材を意味し、モーター等の自ら駆動力を生成する駆動手段とは異なる。なお、図 3 に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材 5 b とフォトカソードホルダー 3 とは一体成型により作製された一つの部材である。代替的に、チャンバー内動力伝達部材 5 b とフォトカソードホルダー 3 とを別々に作製し、両者を任意の結合手段を介して連結してもよい。

[0048] 図 3 に記載の例では、エネルギー生成部 7 は、駆動源 7 a (drive source) であり、機械的エネルギーを生成する。駆動源 7 a は、例えば、アクチュエーターである。アクチュエーターは、例えば、流体圧によって駆動されるアクチュエーター（空圧式アクチュエーター、油圧式のアクチュエーター等）、電動アクチュエーター、ソレノイドアクチュエーターである。

[0049] 図 5 は、駆動源 7 a が流体圧駆動のアクチュエーターである例を示す。図 5 に記載の例では、アクチュエーターは、シリンダ 7 6 およびピストン 7 8 を備える。ピストン 7 8 は、シリンダ 7 6 の内部に配置され、ベローズなどの伸縮部 2 2 の端部に連結されている。ピストン 7 8 は、伸縮部 2 2 に連結された孔無し壁 2 4 としても機能する。ピストン 7 8 は、シリンダ 7 6 の第 1 室 C 1 内に空気、油等の流体がポンプ P から供給され、または、第 1 室 C 1 から空気、油等の流体が排出されることにより移動する。ピストン 7 8 は、チャンバー内動力伝達部材 5 b に連結されている。このため、ピストン 7 8 が移動すると、チャンバー内動力伝達部材 5 b も移動する。

[0050] 図 5 に記載の例では、シリンダ 7 6 は、第 1 室 C 1 と第 2 室 C 2 とを備える。そして、ピストン 7 8 は、第 1 室 C 1 内の圧力 P_1 と第 2 室 C 2 内の圧力 P_2 との差圧によって駆動される。なお、 P_0 は、真空チャンバー 2 内の内圧である。図 5 に記載の例では、少なくとも、シリンダ 7 6 およびピストン 7 8 の受圧面が、チャンバー外動力伝達部材として機能する。

[0051] なお、ポンプ P と第 1 室 C 1 とを連結する配管にはバルブ V が配置され、

バルブVによって、配管内を流れる流体の流量が調整される。

[0052] 駆動源7aとして、アクチュエーターを用いる場合には、フォトカソードホルダー3を所望の位置に位置決めすることが容易である。フォトカソードホルダー3を所望の位置に位置決めするために、例えば、流体圧アクチュエーターに供給される流体の流量、電動アクチュエーターに供給される電流、または、ソレノイドアクチュエーターに供給される電流等が制御される。

[0053] 構成例1では、エネルギー生成部7（より具体的には、駆動源7a）が、真空チャンバー2の外に配置されている。このため、エネルギー生成部7が磁石などの磁界生成部材を含む場合であっても、当該磁界生成部材の電子線軌道への干渉が最小限にとどまる。また、エネルギー生成部7が磁界生成部材を含まない場合には、エネルギー生成部7が電子線軌道に干渉することはない。

[0054] また、構成例1では、エネルギー生成部7（より具体的には、駆動源7a）が、真空チャンバー2の外に配置されているため、真空チャンバー2内が高温になる場合であっても、エネルギー生成部7の温度の上昇が抑制される。このため、エネルギー生成部7が故障しにくい。さらに、仮にエネルギー生成部7が故障した場合であっても、エネルギー生成部7の修理が容易である。例えば、真空チャンバー2内が高真空状態になった後に、エネルギー生成部7の故障が判明した場合であっても、真空チャンバー2内の高真空状態を維持したまま、エネルギー生成部7の修理を行うことが可能である。

[0055] なお、構成例1では、エネルギー生成部7（より具体的には、駆動源7a）が、リニアアクチュエーターである。代替的に、エネルギー生成部7は、ロータリーアクチュエーターであってもよい。この場合、ロータリーアクチュエーターの回転駆動力を、フォトカソードホルダーの直線運動に変換する機構を設けるとよい。また、構成例1において、エネルギー生成部7は、アクチュエーター等の駆動源ではなく、手動操作部材であってもよい。この場合、人力により機械的エネルギーが生成される。

[0056] また、構成例1では、フォトカソードホルダーに駆動力が付与され、フォ

トカソードホルダーが活性化容器に対して移動する例が説明された。代替的に、活性化容器に駆動力が付与され、活性化容器がフォトカソードホルダーに対して移動するようにしてもよい。この場合、上述の構成例 1 の説明において、「フォトカソードホルダー」および「活性化容器」を、それぞれ、「活性化容器」および「フォトカソードホルダー」に読み替えればよい。

[0057] (構成例 2)

図 3 を参照して、構成例 2 について説明する。構成例 2 は、動力伝達機構 5 に関する構成例である。

[0058] 構成例 2 では、エネルギー生成部 7 は、動力伝達機構 5 を介して、フォトカソードホルダー 3 に駆動力を付与する。その結果、フォトカソードホルダー 3 が、活性化容器 4 に対して移動する。図 3 に記載の例では、動力伝達機構 5 は、エネルギー生成部 7 とフォトカソードホルダー 3 との間に配置されたシャフトを含む。

[0059] なお、動力伝達機構 5 は、シャフトに限定されない。動力伝達機構 5 は、ギア機構、ネジ機構、リンク機構、クランク機構、または、ユニバーサルジョイント等のジョイント機構、あるいは、これらの組み合わせを含んでもよい。

[0060] 図 3 に記載の例では、動力伝達機構 5 (例えば、シャフト) の一部が、真空チャンバー 2 内に配置され、動力伝達機構 5 (例えば、シャフト) の一部が、真空チャンバー 2 外に配置されている。換言すれば、動力伝達機構 5 は、真空チャンバー外に配置されたチャンバー外動力伝達部材 5 a と、真空チャンバー内に配置されたチャンバー内動力伝達部材 5 b とを含む。そして、チャンバー外動力伝達部材 5 a と、チャンバー内動力伝達部材 5 b とは、真空チャンバー 2 の孔無し壁 2 4 (holeless wall) を介して動力伝達可能に接続されている。なお、チャンバー内動力伝達部材 5 b のことを、第 1 の動力伝達部材と呼び、チャンバー外動力伝達部材 5 a のことを、第 2 の動力伝達部材と呼んでもよい。

[0061] 動力伝達機構 5 の一部が、真空チャンバーに設けられた貫通孔に挿通され

る場合、貫通孔にシール部材を配置したとしても、真空チャンバー内の真空度の悪化が避けられない。これに対し、構成例2では、チャンバー外動力伝達部材5aとチャンバー内動力伝達部材5bとが、真空チャンバー2の孔無し壁24 (holeless wall) を介して動力伝達可能に接続されている。このため、真空チャンバー内の真空度が悪化することはない。

[0062] 図3に示されるように、電子線発生装置1は、チャンバー内動力伝達部材5bの移動を案内するガイド部材52を備えていてもよい。図3に記載の例では、ガイド部材52は、第1方向（例えば、Z方向）に沿って延在し、チャンバー内動力伝達部材5bの第1方向に沿う移動を案内する。ガイド部材52の存在により、フォトカソードホルダー3が移動するときに、フォトカソードホルダー3が傾くことが抑制される。図3に記載の例では、ガイド部材52は真空チャンバー2に固定されている（より具体的には、ガイド部材52の上端部が真空チャンバー2の頂部21に固定されている）。

[0063] なお、ガイド部材52の数は、フォトカソードホルダー3の傾きを抑制する観点から、2つ以上であることが好ましい。しかし、ガイド部材52の数は1つであってもよい。

[0064] 図3に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材5bの中心軸が、フォトカソードホルダー3の中心軸AX1と一致する。このため、動力伝達機構5をシンプルにすることが可能である。

[0065] 構成例2では、動力伝達機構5が、エネルギー生成部7からの駆動力を、フォトカソードホルダー3に伝達する例について説明された。代替的に、動力伝達機構5が、エネルギー生成部からの動力を、活性化容器4に伝達するようにしてもよい。この場合、上述の構成例2の説明において、「フォトカソードホルダー」および「活性化容器」を、それぞれ、「活性化容器」および「フォトカソードホルダー」に読み替えればよい。

[0066] なお、構成例2では、チャンバー内動力伝達部材5bの移動は、Z方向に沿う方向の移動である。換言すれば、チャンバー内動力伝達部材5bは、Z方向に垂直な方向には移動しない。このため、動力伝達機構5をシンプルに

することが可能である。また、チャンバー内動力伝達部材 5 b が、Z 方向に垂直な方向に移動しないため、真空チャンバー 2 における他の構成要素の配置の自由度が高い。代替的に、構成例 2 において、チャンバー内動力伝達部材 5 b を、Z 方向に垂直な方向に移動可能にしてもよい。

[0067] (構成例 3)

図 3 乃至図 6 を参照して、構成例 3 について説明する。構成例 3 は、伸縮部 2 2 に関する構成例である。構成例 3 では、真空チャンバー 2 は、伸縮部 2 2 を含む。そして、構成例 3 では、エネルギー生成部 7 からの駆動力を用いて伸縮部 2 2 を伸縮させることにより、フォトカソードホルダー 3 を移動させる。

[0068] 真空チャンバー 2 が伸縮部 2 2 を含む場合には、真空チャンバー 2 の容積を変化させることにより、真空チャンバー 2 内のフォトカソードホルダー 3 を駆動することが可能である。なお、伸縮部 2 2 の存在によって、真空チャンバー 2 内の真空度が悪化することはない。

[0069] 図 3 に記載の例では、伸縮部 2 2 は、ペローズ（蛇腹部材）を含む。そして、伸縮部 2 2 の一端部は、動力伝達機構 5（より具体的には、孔無し壁 2 4）に接続され、伸縮部 2 2 の他端部は、真空チャンバー 2（より具体的には、真空チャンバー 2 のフランジ部 2 1 a）に接続されている。また、図 3 に記載の例では、伸縮部 2 2 は、真空チャンバー 2 の頂部 2 1 に設けられている。真空チャンバー 2 の頂部 2 1 に、伸縮部 2 2 と、エネルギー生成部 7 の両方を配置する場合には、電子線発生装置 1 の全体構造をシンプルにすることが可能である。

[0070] なお、伸縮部 2 2 の配置および構造は、図 3 に記載の例に限定されない。例えば、図 6 に示されるように、伸縮部 2 2 を、内筒 2 2 0 と、外筒 2 2 2 と、内筒 2 2 0 と外筒 2 2 2 とを接続する膜 2 2 4 とによって構成してもよい。

[0071] 構成例 3 では、動力伝達機構 5 が、エネルギー生成部 7 からの駆動力を、フォトカソードホルダー 3 に伝達する例について説明された。代替的に、動

力伝達機構 5 が、エネルギー生成部からの駆動力を、活性化容器 4 に伝達するようにしてもよい。この場合、上述の構成例 3 の説明において、「フォトカソードホルダー」および「活性化容器」を、それぞれ、「活性化容器」および「フォトカソードホルダー」に読み替えればよい。

[0072] (構成例 4)

図 3 および図 4 を参照して、構成例 4 について説明する。構成例 4 は、光源 80 の配置に関する構成例である。

[0073] 構成例 4 では、光源 80 が、真空チャンバー 2 外に配置されている。光源 80 からの光は、真空チャンバー 2 の壁部に配置された光透過窓 81 を介して、フォトカソード材料 A に照射される。図 3 に記載の例では、光透過窓 81 は、フォトカソードホルダー 3 よりも Z 方向側に配置されている。代替的に、光源 80 は、フォトカソードホルダーよりも Z 方向とは反対方向側に配置されていてもよい。すなわち、フォトカソードホルダー 3 の背面 3a 側（すなわち、フォトカソード材料 A が配置されている面とは反対の面側）から光が入力されるようにしてもよい。この場合、フォトカソードホルダー 3 には、光が通過可能な孔、または、光透過材料（例えば、透明な材料）を配置するとよい。さらに、図 3 に記載の例では、光源 80 が真空チャンバー 2 外に配置されているが、光ファイバからの光を、フォトカソード材料 A に向けて照射する場合には、当該光ファイバの光出射端は、真空チャンバー 2 内に配置されてもよい（代替的に、光ファイバの光出射端は、真空チャンバー外に配置されてもよい）。

[0074] (構成例 5)

図 3 および図 4 を参照して、構成例 5 について説明する。構成例 5 は、アノード 82 と、電源部 83 に関する構成例である。

[0075] 構成例 5 では、電子線発生装置 1 は、アノード 82 と、アノード 82 とフォトカソードホルダー 3（カソード電極）との間に電圧を印加する電源部 83 とを備える。アノード 82 は、真空チャンバー 2 内に配置され、電源部 83 は、真空チャンバー 2 の外に配置される。図 3 に記載の例では、電源部 8

３の陽極がアノード８２に電氣的に接続され、電源部８３の陰極がチャンバー内動力伝達部材５ｂを介して、フォトカソードホルダー３と電氣的に接続されている。すなわち、チャンバー内動力伝達部材５ｂは、導電部材としても機能する。

[0076] 第１の実施形態において、上述の構成例１乃至構成例５のうちのいずれか１つが採用されてもよい。代替的に、第１の実施形態において、上述の構成例１乃至構成例５のうちのいずれか２つが採用されてもよい。例えば、第１の実施形態において、構成例１、２、構成例１、３、構成例１、４、構成例１、５、構成例２、３、構成例２、４、構成例２、５、構成例３、４、構成例３、５、または、構成例４、５が採用されてもよい。代替的に、第１の実施形態において、上述の構成例１乃至構成例５のうちのいずれか３つ以上が採用されてもよい。

[0077] なお、アノード８２とフォトカソードホルダー３との間に高電圧を印加する場合、電子線発生装置の構成部材の一部を必要に応じて電気絶縁部材で形成してもよい。電気絶縁部材は、セラミック等の公知の絶縁材料で作製すればよい。図３に記載の例では、チャンバー外動力伝達部材５ａと孔無し壁２４の間に電気絶縁部材３０が設けられ、また、動力伝達機構５を収容する容器も電気絶縁部材３０で形成されている。なお、図３に記載の電気絶縁部材３０の位置は例示に過ぎず、〔電源部８３－アノード８２－フォトカソードホルダー３〕で形成される回路以外で、アノード８２とフォトカソードホルダー３との間に電気が流れる回路が発生することを防止できる箇所であれば、どこに設けてもよい。例えば、真空チャンバー２の胴部の一部を電気絶縁材料で形成してもよい。また、図３に記載の例では、電源部８３は、アノード８２とチャンバー内動力伝達部材５ｂに接続しているが、〔電源部８３－アノード８２－フォトカソードホルダー３〕の回路が形成されれば、他の部材に接続してもよい。例えば、電源８３の一端をフランジ部２１ａに接続し、ガイド部材５２、チャンバー内動力伝達部材５ｂを介してフォトカソードホルダー３と電氣的に接続するようにしてもよい。なお、図３では図示が省

略されているが、〔電源部 8 3－アノード 8 2－フォトカソードホルダー 3〕で形成される回路以外に、表面処理材料 B を加熱するための回路を形成してもよい。当該回路は、例えば、フランジ 2 1 a に導入端子を固定し、真空領域内側の導入端子端部と表面処理材料 B の加熱手段（後述）を電線で接続すればよい。また、フォトカソードホルダー 3 には、フォトカソード 4 を加熱するためのヒーターを設ける場合がある。ヒーターを設ける場合も、例えば、フランジ 2 1 a に導入端子を固定し、真空領域内側の導入端子の端部とヒーターとを電線で接続すればよい。なお、超高真空中ではガス放出量の多い樹脂は使用出来ない。そのため、電線としては、樹脂で被覆した電線ではなく、金属が露出している裸線に、必要に応じてセラミック等の絶縁材料製の管や数珠碍子などを用いたものが好ましい。

[0078] ところで、大気中では、（１）金属表面に容易に酸化膜が生成されることにより金属同士の摩擦係数が低く保たれる、また、（２）潤滑油を用いて更に摩擦係数を下げる、ことが可能である。一方、超高真空環境では、（３）摩擦により酸化膜が除去されてしまうと、新たに酸化膜を作ることが出来ないため、金属同士の凝着が起こり、摩擦係数の著しい上昇や固着を招く、（４）真空容器内の汚染の原因となる潤滑油を使うことが出来ない、（５）（気体や潤滑油の）対流による熱伝達がないため、熱放出が行われず摺動部の温度上昇を招く等、摩耗や固着などを起こしやすい条件が揃っている。そのため、真空領域内で他の部材と相対移動可能で略接触するように配置されている部材に関しては、相対移動する一方または両方の部材を、表面処理または非金属材料で作製してもよい。

[0079] 第 1 の実施形態では、相対移動する部材の組み合わせは、例えば、チャンバー内動力伝達部材 5 b 及びガイド部材 5 2、チャンバー内動力伝達部材 5 b 及びフランジ部 2 1 a が挙げられる。

[0080] 表面処理としては、金属同士の凝着が発生せず、摩擦係数が低減できれば特に制限はなく、例えば、DLC（Diamond like carbon）コーティング、TiNコーティング、TiCNコーティング、CrNコ

ーティング、S-AHコーティング、等が挙げられる。非金属材料としては、高温の真空環境下で耐性があれば特に制限はなく、セラミックス、C/Cコンポジット、等が挙げられる。

[0081] (第2の実施形態)

図7乃至図9を参照して、第2の実施形態について説明する。図7は、第2の実施形態における電子線発生装置1の概略断面図である。図8Aは、図7における領域ARの拡大図である。図8Bは、図7における領域AR'の拡大図である。

[0082] 第2の実施形態では、動力伝達機構5およびエネルギー生成部7の具体的な構成が、第1の実施形態における動力伝達機構およびエネルギー生成部の具体的な構成と異なる。よって、第2の実施形態では、動力伝達機構5およびエネルギー生成部7を中心に説明し、その他の構成についての繰り返しとなる説明は省略する。

[0083] 図7に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材5bが、フォトカソードホルダー3の中心軸AX1から偏心した位置に配置されている。この場合、光源80からの光を、フォトカソードホルダー3の背面3a側からフォトカソード材料Aに導入することが可能となる。なお、光源80からの光を、フォトカソードホルダー3の背面3a側からフォトカソード材料Aに導入するために、フォトカソードホルダー3のロッド3bは、光導入孔を有するか、あるいは、光透過材料（透明な材料）によって構成されることが好ましい。

[0084] なお、図7に記載の例では、光源80が、真空チャンバー2の外に配置されている。このため、光源80が、真空チャンバー2内の過酷な環境に晒されることがない。なお、光源80を、真空チャンバー2の外に配置する場合には、真空チャンバー2の少なくとも一部を光透過材料（例えば、透明な材料）によって構成すればよい。そして、当該光透過材料を介して、光源80からの光を真空チャンバー2内に導入すればよい。

[0085] なお、第2の実施形態において、光源80の配置は、図7に記載の例に限定されない。光源80は、真空チャンバー2内に配置されてもよい。また、

光源 80 の位置は、第 1 の実施形態における光源の位置と同様であってもよい。

[0086] 図 7 に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材 5 b は、第 1 方向（Z 方向）に平行な軸周りを回転可能な回転部材 5 3 3 と、回転部材 5 3 3 の回転をフォトカソードホルダー 3 の直線移動（例えば、第 1 方向に沿う移動）に変換する変換機構とを有する。図 7 に記載の例では、変換機構は、回転部材 5 3 3 に設けられた雄ねじ部 5 3 3 c と、フォトカソードホルダー 3 に設けられた雌ねじ部 3 c である。雄ねじ部 5 3 3 c と雌ねじ部 3 c とは、互いに螺合する。

[0087] さらに、図 7 に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材 5 b は、ユニバーサルジョイント 5 4 を含む。このため、動力伝達機構 5 の配置の自由度が高まる。図 7 に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材 5 b は、2 つのユニバーサルジョイント 5 4 を含む。しかし、チャンバー内動力伝達部材 5 b が備えるユニバーサルジョイント 5 4 の数は、2 個に限定されない。ユニバーサルジョイント 5 4 の数は、1 個でもよく、3 個以上であってもよい。なお、図 7 に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材 5 b としてユニバーサルジョイントを用いた例を示しているが、チャンバー内で動力を伝達できる部材であれば他の部材であってもよい。例えば、ユニバーサルジョイントと同様に回転を伝達する部材として、金属製のワイヤなどを用いてもよい。

[0088] 図 7 に記載の例では、フランジ部 2 1 a とアノード 8 2 との間に電圧が印加される例が示されている。ところで、高エネルギーの電子線が必要な場合、アノードとカソードの間に高電圧が印加されることがある。その際に、真空チャンバー 2 内に突起物が存在すると、当該突起物から放電が発生するおそれがある。チャンバー内動力伝達部材 5 b のうち、活性化容器 4 の第 2 孔 4 4 - 2 から突き出ている部分も、放電を発生させる突起物となる可能性がある。そのため、必要に応じて、電子線発生装置 1 は、真空チャンバー 2 内の突起物からの放電の発生を抑制するシールド 8 8 を含んでもよい。

[0089] 図 7 に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材 5 b の一部が活性化容器

4で覆われ、チャンバー内動力伝達部材5bのうち活性化容器4の外部に露出する部分が、シールド88によってアノード82から隠されている。換言すれば、シールド88が、アノード82と、チャンバー内動力伝達部材5bの少なくとも一部（具体的には、チャンバー内動力伝達部材5bのうち活性化容器4の外部に露出する部分）との間に配置されている。このため、チャンバー内動力伝達部材5bからの放電の発生は抑制される。

[0090] シールド88の形状および配置は、チャンバー内動力伝達部材5bからの放電の発生を抑制できる限りにおいて任意である。図7に記載の例では、シールド88の外表面88aは、滑らかな曲面である。また、シールド88の外表面88aには角部が存在しない。

[0091] シールド88の材質としては、放電が発生しにくい材料を用いることが好ましい。シールド88の材質は、例えば、チタン、モリブデン、ステンレス、TiN等である。シールド88の表面に、チタン、モリブデン、ステンレス、TiN等がコーティングされてもよい。

[0092] 図7に記載の例では、活性化容器4が、チャンバー内動力伝達部材5bの一部を覆う第1シールドとして機能し、シールド88が、チャンバー内動力伝達部材5bの他の一部を覆う第2シールドとして機能している。なお、第1の実施形態のように、チャンバー内動力伝達部材5bの全体が活性化容器4によって覆われる場合には、第2シールドとして機能するシールド88は、省略されてもよい。また、第2の実施形態の場合でも、印加する電圧が低い場合は放電の恐れが少なくなるので、シールド88は省略されてもよい。

[0093] 図8Aを参照して、第2の実施形態におけるエネルギー生成部7の一例について説明する。図8Aは、図7における領域ARの拡大図である。

[0094] 図8Aに記載の例では、エネルギー生成部7は、手動操作部材7bである。図8Aに記載の例において、手動操作部材7bの操作摘み72を回転させると、チャンバー外動力伝達部材5aが回転軸AX2まわりを回転する。チャンバー外動力伝達部材5aが回転軸AX2まわりを回転すると、孔無し壁24が回転軸AX2まわりを公転する。なお、孔無し壁24は、ベローズ7

4に固着されているため自転することはできない。孔無し壁24が回転軸AX2まわりを公転すると、チャンバー内動力伝達部材5bの第1シャフト531が回転軸AX2まわりを回転する。こうして、エネルギー生成部7からの駆動力（換言すれば、機械的エネルギー）が、チャンバー外動力伝達部材5aを介してチャンバー内動力伝達部材5bに伝達される。

[0095] なお、図7および図8Aに記載の例においても、第1の実施形態の構成例2と同様に、チャンバー外動力伝達部材5aと、チャンバー内動力伝達部材5bとが、真空チャンバー2の孔無し壁24を介して動力伝達可能に接続されている。このため、真空チャンバー2内の真空度が悪化することはない。

[0096] 図7に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材5bは、複数のシャフト53と、複数のユニバーサルジョイント54とを含む。より具体的には、第1シャフト531の回転が、第1ユニバーサルジョイント541を介して、第2シャフト532に伝達される。また、第2シャフト532の回転が、第2ユニバーサルジョイント542を介して、第3シャフト（回転部材533）に伝達される。そして、第3シャフト（回転部材533）が回転することにより、フォトカソードホルダー3が直線的に移動する。

[0097] 第2の実施形態は、第1の実施形態と同様の効果を奏する。

[0098] また、第2の実施形態を含むいくつかの実施形態において、チャンバー内動力伝達部材5bが、フォトカソードホルダー3の中心軸から偏心した位置に配置される場合、光源等の配置の自由度が向上する。

[0099] さらに、第2の実施形態を含むいくつかの実施形態において、チャンバー内動力伝達部材5bが、回転部材533と、回転部材の回転をフォトカソードホルダー3の直線移動に変換する変換機構とを有する場合には、フォトカソードホルダー3の位置決め制御が容易となる。

[0100] また、第2の実施形態を含むいくつかの実施形態において、チャンバー内動力伝達部材5bが、ユニバーサルジョイントを含む場合には、チャンバー内動力伝達部材5bを含む動力伝達機構の配置の自由度が向上する。

[0101] さらに、第2の実施形態を含むいくつかの実施形態において、電子線発生

装置 1 がシールド 8 8 を含む場合には、チャンバー内動力伝達部材 5 b 等からの放電の発生が抑制される。

[0102] また、第 2 の実施形態を含むいくつかの実施形態において、チャンバー外動力伝達部材 5 a と、チャンバー内動力伝達部材 5 b とが、真空チャンバー 2 の孔無し壁 2 4 を介して動力伝達可能に接続される場合には、真空チャンバー内の真空度の悪化が効果的に抑制される。

[0103] なお、第 2 の実施形態では、動力伝達機構 5 が、エネルギー生成部からの駆動力を、フォトカソードホルダー 3 に伝達する例について説明された。代替的に、動力伝達機構 5 が、エネルギー生成部からの駆動力を、活性化容器 4 に伝達するようにしてもよい。

[0104] また、第 2 の実施形態では、エネルギー生成部 7 が、手動操作部材 7 b である例について説明された。代替的に、操作摘み 7 2 等を、モーターあるいはロータリーアクチュエーター等によって駆動するようにしてもよい。この場合、第 2 の実施形態におけるエネルギー生成部 7 は、駆動源 7 a となる。

[0105] 第 2 の実施形態においても、第 1 の実施形態と同様、真空領域内で他の部材と相対移動可能に配置されている部材に関しては、相対移動する一方または両方の部材を、表面処理または非金属材料で作製してもよい。第 2 の実施形態において相対移動する部材の組み合わせは、例えば、第 1 シャフト 5 3 1 及びフランジ部 2 1 a、雄ねじ部 5 3 3 c 及び雌ねじ部 3 c、ガイド部材 5 2 及びロッド 3 b が挙げられる。

[0106] 第 2 の実施形態においても、第 1 の実施形態と同様、表面処理材料 B を加熱するための回路、フォトカソード 4 を加熱するためのヒーターに電気を供給するための回路を設けてもよい。図 8 B は、図 7 における領域 A R' の拡大図で、ヒーターに電気を供給するための回路の他の例を示す図である。上記のとおり、回路を形成する電線は裸線が好ましい。一方、真空領域内で可動する部材と部材とを裸線で接続すると裸線も真空領域内で可動となり、他の部材と接触することで、短絡あるいは断線する恐れがある。そのため、相対移動する部材と部材を接点方式により電氣的に接続できるようにしてもよ

い。

[0107] 図8Bを参照して、接点方式により接続する例についてより具体的に説明する。図8Bに記載の例では、導入端子60a、第1端子台62、第2端子台63、第1端子台62と第2端子台63を接点方式で接続する接続部64、および、それらを接続する裸線61a、61bを含んでいる。導入端子60aは、フランジ21aに対して絶縁となるように貫通・固定され、真空領域内端部60a1と真空領域外端部60a2で電線と接続できるようになっている。第1端子台62は、一端がフランジ21aと絶縁となるように固定されている。導入端子60aの真空領域内端部60a1と第1端子台62は、裸線61aで接続されている。第2端子台63は、フォトカソードホルダー3に固定されている。第1端子台62には、第2端子台63に接触する接触部64が設けられている。接触部64は、板バネ、コイル等、第2端子台63に常に接触するよう付勢力のある材料で形成することが好ましい。なお、接触部64は第2端子台63に設け、第1端子台62に接触するようにしてもよい。そして、第2端子台63とヒーター3dを裸線61bで接続することで、真空チャンバーの外側からヒーター3dに電気を流すことができる。また、表面処理材料Bの加熱手段（後述）は、フランジ21aに対して絶縁となるように貫通・固定した導入端子60bの真空領域内端部60b1と裸線61cを用いて接続すればよい。図8Bに示す実施形態は、相対移動する第1端子台62と第2端子台63が、接触部64により接触・通電し、裸線61a乃至裸線61cは、相対移動しない部材と部材を接続している。したがって、図8Bに示す実施形態では、真空領域内に配置する裸線が他の部材と接触することで、短絡あるいは断線する恐れがない。なお、図8Bに示す実施形態は、第1の実施形態で採用してもよい。また、図8Bに示す実施形態は、接点方式の具体的態様の一例を示したもので、相対移動する部材と部材を接点方式で接触・通電すれば、他の形態であってもよい。

[0108] （第3の実施形態）

図9を参照して、第3の実施形態について説明する。図9は、第3の実施

形態における電子線発生装置 1 の概略断面図である。

[0109] 第 3 の実施形態では、伸縮部 2 6 が真空チャンバー 2 の胴部の一部を構成している点で、第 1 の実施形態における電子線発生装置と異なる。また、第 3 の実施形態では、活性化容器 4、動力伝達機構 5 およびエネルギー生成部 7 の具体的構成が、第 1 の実施形態における活性化容器、動力伝達機構およびエネルギー生成部の具体的構成と異なる。よって、第 3 の実施形態では、伸縮部 2 6、活性化容器 4、動力伝達機構 5 およびエネルギー生成部 7 を中心に説明し、その他の構成についての繰り返しとなる説明は省略する。

[0110] 図 9 を参照して、第 3 の実施形態では、伸縮部 2 6（例えば、ベローズ）が真空チャンバー 2 の胴部の一部を構成している。より具体的には、伸縮部 2 6 は、真空チャンバー 2 に連結された第 1 フランジ部 5 8 と、真空チャンバー 2 に連結された第 2 フランジ部 2 8 との間に配置され、第 1 フランジ部 5 8 と第 2 フランジ部 2 8 とを接続している。このため、第 1 フランジ部 5 8 は、第 2 フランジ部 2 8 に対して相対移動可能である。

[0111] 第 1 フランジ部 5 8 が、第 2 フランジ部 2 8 に対して相対移動すると、第 1 フランジ部 5 8 とともに移動するチャンバー内動力伝達部材 5 b も、第 2 フランジ部 2 8 に対して相対移動する。その結果、チャンバー内動力伝達部材 5 b に連結されたフォトカソードホルダー 3 が、活性化容器 4 に対して移動する。

[0112] 図 9 に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材 5 b は、シャフトである。また、チャンバー内動力伝達部材 5 b とフォトカソードホルダー 3 とは一体成型により作製された一つの部材である。代替的に、チャンバー内動力伝達部材 5 b とフォトカソードホルダー 3 とを別々に作製し、両者を任意の結合手段を介して連結してもよい。

[0113] 図 9 に記載の例では、チャンバー内動力伝達部材 5 b は、真空チャンバー 2 の頂部（より具体的には、頂部のフランジ部 2 1 a）に固着されている。代替的に、チャンバー内動力伝達部材 5 b は、真空チャンバー 2 の胴部 2 0 に固着されてもよい。

[0114] 次に、チャンバー外動力伝達部材 5 a と、エネルギー生成部 7 について説明する。図 9 に記載の例では、チャンバー外動力伝達部材 5 a は、真空チャンバー 2 に連結された第 1 フランジ部 5 8 を含む。また、図 9 に記載の例では、チャンバー外動力伝達部材 5 a は、ねじ棒 5 9 を含む。そして、第 1 フランジ部 5 8 には、ねじ棒 5 9 と螺合するねじ孔 5 8 c が設けられている。このため、ねじ棒 5 9 をねじ棒の中心軸回りに回転させると、第 1 フランジ部 5 8 が直線的に移動する（例えば、Z 方向に移動する）。こうして、第 1 フランジ部 5 8 と第 2 フランジ部 2 8 との間の距離が変化し、伸縮部 2 6 が伸縮する。

[0115] 図 9 に記載の例では、ねじ棒 5 9 は、エネルギー生成部 7 に接続されている。図 9 に記載の例では、エネルギー生成部 7 は、手動操作部材 7 b である。そして、手動操作部材 7 b の操作摘み 7 2 を操作すると、ねじ棒 5 9 が、ねじ棒の中心軸回りに回転する。なお、胴部 2 0 a は、電気絶縁部材であってもよい。

[0116] 図 9 に示されるように、電子線発生装置 1 は、第 1 フランジ部 5 8 の移動を案内するガイド部材 5 8 0（例えば、ガイド棒）を備えていてもよい。図 9 に記載の例では、ガイド部材 5 8 0 は、第 1 フランジ部 5 8 の貫通孔 5 8 d を貫通するように配置されている。ガイド部材 5 8 0 の数は、1 個でもよく、2 個以上であってもよい。

[0117] 第 3 の実施形態では、真空チャンバー 2 が伸縮部 2 6 を含む。このため、真空チャンバー 2 の容積を変化させることにより、真空チャンバー 2 内のチャンバー内動力伝達部材 5 b（および、フォトカソードホルダー 3）を移動させることが可能である。なお、真空チャンバー 2 の容積を変化させても、真空チャンバー 2 内の真空度は悪化しない。

[0118] 次に、活性化容器 4 について説明する。図 9 に記載の例では、活性化容器 4 は、支持部材 4 2 を介して、真空チャンバー 2 に取り付けられている。図 9 に記載の例では、活性化容器 4 は、複数本の支持部材 4 2 によって吊り下げ支持されている。

- [0119] 活性化容器 4 は、フォトカソード材料 A またはフォトカソード材料 A から放出される電子が通過可能な第 1 孔 4 4 - 1 を備える。また、活性化容器 4 は、チャンバー内動力伝達部材 5 b が挿通される第 2 孔 4 4 - 2 を備える。図 9 に記載の例では、第 2 孔 4 4 - 2 は、第 1 孔 4 4 - 1 が設けられる面とは反対側の面に設けられている。より具体的には、第 1 孔 4 4 - 1 は、活性化容器 4 の下面に設けられ、第 2 孔 4 4 - 2 は、活性化容器 4 の上面に設けられている。代替的に、第 2 の実施形態における活性化容器のように、第 2 孔 4 4 - 2 は、活性化容器 4 の側面に設けられてもよい（図 7 を参照）。
- [0120] 図 9 に記載の例では、活性化容器 4 が、支持部材 4 2 を介して、真空チャンバー 2 に支持されている。このため、活性化容器 4 のサイズを、第 1 の実施形態における活性化容器のサイズと比較して、小さくすることができる。なお、支持部材 4 2 は、アノード 8 2 が配置される側とは反対側から活性化容器 4 を支持することが好ましい。換言すれば、支持部材 4 2 とアノード 8 2 との間に、活性化容器 4 が配置されることが好ましい。支持部材 4 2 とアノード 8 2 との間に、活性化容器 4 が配置されることにより、支持部材 4 2 から放電が発生することが抑制される。
- [0121] 第 3 の実施形態は、第 1 の実施形態と同様の効果を奏する。
- [0122] また、第 3 の実施形態を含むいくつかの実施形態において、伸縮部 2 6 （例えば、ベローズ）が真空チャンバー 2 の胴部の一部を構成する場合には、単に、伸縮部を伸縮させるだけで、チャンバー内動力伝達部材 5 b を移動させることが可能となる。また、チャンバー内動力伝達部材 5 b の移動が、直線的な移動に限定されるため、動力伝達機構 5 をシンプルにすることが可能である。
- [0123] さらに、第 3 の実施形態を含むいくつかの実施形態において、活性化容器 4 が、支持部材 4 2 を介して、真空チャンバー 2 に取り付けられる場合には、活性化容器 4 の容積を小さくすることができる。
- [0124] また、第 3 の実施形態を含むいくつかの実施形態において、活性化容器 4 は、第 1 孔 4 4 - 1 に加えて、チャンバー内動力伝達部材 5 b が挿通される

第2孔44-2を備えていてもよい。この場合、表面処理材料Bが、第2孔44-2を介して活性化容器4の外に放出される可能性がある。そのため、付加的に、フォトカソードホルダー3の外径を大きくすることにより、表面処理材料Bが、第2孔44-2から放出されにくくしてもよい。

[0125] なお、第3の実施形態では、動力伝達機構5が、エネルギー生成部7からの駆動力を、フォトカソードホルダー3に伝達する例について説明された。代替的に、動力伝達機構5が、エネルギー生成部7からの駆動力を、活性化容器4に伝達するようにしてもよい。

[0126] また、第3の実施形態では、エネルギー生成部7が、手動操作部材7bである例について説明された。代替的に、操作摘み72等を、モーターあるいはロータリーアクチュエーター等によって駆動するようにしてもよい。この場合、第3の実施形態におけるエネルギー生成部7は、駆動源7aとなる。

[0127] (動力伝達機構の変形例1)

実施形態における動力伝達機構5は、チャンバー外動力伝達部材の振動を、チャンバー内動力伝達部材の移動に変換する動力伝達機構であってもよい。この場合、エネルギー生成部7としては、超音波モーター等の振動源(駆動源)を用いればよい。

[0128] (動力伝達機構の変形例2)

上述の第1の実施形態乃至第3の実施形態、および、動力伝達機構の変形例1では、チャンバー外動力伝達部材が、チャンバー内動力伝達部材に、駆動力を純機械的に伝達する例について説明された。代替的に、チャンバー内動力伝達部材への駆動力の伝達の少なくとも一部は、非機械的に行われてもよい。

[0129] 動力伝達機構の変形例2では、チャンバー内動力伝達部材への駆動力の伝達が、熱的に行われる。例えば、チャンバー内動力伝達部材を形状記憶合金によって構成することを想定する。この場合、チャンバー内動力伝達部材に熱を加えることによって、形状記憶合金によって構成されたチャンバー内動力伝達部材を伸縮させることが可能である。その結果、チャンバー内動力伝

達部材に連結されたフォトカソードホルダー 3 または活性化容器 4 が移動する。こうして、フォトカソードホルダー 3 が活性化容器 4 に対して相対移動する。

[0130] なお、動力伝達機構の変形例 2 では、エネルギー生成部は、熱源によって構成される。そして、エネルギー生成部（熱源）は、チャンバー内動力伝達部材を駆動する熱エネルギーを生成する。なお、熱源は、真空チャンバー内に配置されてもよいし、真空チャンバー外に配置されてもよい。

[0131] （動力伝達機構の変形例 3）

上述の第 1 の実施形態乃至第 3 の実施形態、および、動力伝達機構の変形例 1 では、チャンバー外動力伝達部材が、チャンバー内動力伝達部材に、駆動力を純機械的に伝達する例について説明された。また、動力伝達機構の変形例 2 では、チャンバー内動力伝達部材に、駆動力が熱力学的に伝達される例について説明された。代替的に、チャンバー内動力伝達部材への駆動力の伝達の少なくとも一部は、磁氣的または電磁氣的に行われてもよい。

[0132] 変形例 3 では、真空チャンバー 2 外に配置されるチャンバー外動力伝達部材が磁石を含み、真空チャンバー内に配置されるチャンバー内動力伝達部材が磁石に引き寄せされる強磁性材料を含む。この場合、チャンバー外動力伝達部材を移動させることにより、チャンバー内動力伝達部材を移動させることが可能である。

[0133] なお、動力伝達機構の変形例 3 では、エネルギー生成部 7 として、チャンバー外動力伝達部材を人力で移動させるための手動操作部材が採用されてもよいし、チャンバー外動力伝達部材を非人力で移動させるための駆動源が採用されてもよい。なお、変形例 3 において、磁石は、真空チャンバー 2 外に配置されている。このため、磁石の電子線軌道に対する干渉は最小限に留まる。

[0134] 上述の実施形態および変形例では、様々な動力伝達機構が説明された。しかし、電子線発生装置 1 によって生成される電子線の軌道への影響をできるだけ少なくするとの観点、および、活性化容器 4 に対するフォトカソードホ

ルダ－３の位置決めをできるだけ正確に行うとの観点から、動力伝達機構は、純機械的な動力伝達機構であることが好ましい。換言すれば、チャンバー外動力伝達部材は、チャンバー内動力伝達部材に、駆動力を純機械的に伝達することが好ましい。第３の実施形態では、真空領域内において、相対移動可能で略接触するように配置されている部材はない。したがって、表面処理材料Ｂを加熱するための回路、フォトカソード４を加熱するためのヒーターに通電するための回路は、第１の実施形態と同様に形成すればよい。

[0135] （実施形態において採用可能なその他の構成）

図１０乃至図１２を参照して、上述の各実施形態において採用可能なその他の構成について説明する。

[0136] （加熱手段）

図１０（ａ）および図１０（ｂ）を参照して、表面処理材料Ｂを活性化するための加熱手段について説明する。図１０（ａ）および図１０（ｂ）は、加熱手段の一例を模式的に示す図である。

[0137] 加熱手段９５は、表面処理材料Ｂを加熱して気化する。加熱手段９５は、活性化容器４全体を加熱することで内側に配置されている表面処理材料Ｂを間接的に加熱してもよいし、表面処理材料Ｂのみを直接加熱してもよい。前者の方法としては、活性化容器４に電熱コイル等の加熱手段を配置する方法、または、真空チャンバー２全体を電熱コイル、ランプヒーター等を用いて加熱して活性化容器４を加熱する方法等が挙げられる。

[0138] また、後者の方法としては、図１０（ａ）および図１０（ｂ）に示すように、加熱手段を組み合わせた表面処理材料Ｂを用いる方法が挙げられる。図１０（ａ）は表面処理材料Ｂの中に加熱手段９５を組み込んだ例を示している。図１０（ａ）に記載の例では、表面処理材料Ｂの中心部に電熱線等の加熱手段９５が挿通され、表面処理材料Ｂに、長手方向の切込み９６が形成されている。加熱手段９５に通電すると、図１０（ｂ）に示すように、切込み９６が加熱により大きくなり、大きくなった切込み９６から、表面処理材料Ｂの気化ガスが放出される。その際、表面処理材料Ｂの気化ガスは、切込み

96から指向性をもって放出されることから、気化ガスをフォトカソード材料Aの方向のみに向けることができる。

[0139] (方向制御手段)

図11を参照して、気化した表面処理材料B(表面処理材料Bの気化ガス)の飛散方向を制御する方向制御手段97について説明する。図11は、方向制御手段97の一例を模式的に示す図である。

[0140] 図11に記載の例では、2枚の方向制御板98を、表面処理材料Bを挟むように配置している。そして、気化した表面処理材料Bが飛散する角度を、第1孔44-1の端部を結んだ面に対して0度より大きく、90より小さい角度で調整できるようにしている。なお、方向制御板98の数は、2枚に限定されない。方向制御板98の数は、1枚であってもよいし、3枚以上であってもよい。

[0141] (電極の配置)

図12を参照して、電極の配置の一例について説明する。図12は、電極の配置の一例を模式的に示す図である。

[0142] 上述の実施形態では、フォトカソードがマイナス、アノード82がプラスの2極構造の例について説明された。代替的に、図12に示されるように、活性化容器4を導電性材料で形成し、且つ、フォトカソードホルダー3が活性化容器4に接触しない状態で使用することで3極構造として用いることもできる。3極構造で用いる場合は、フォトカソードの電圧 V_A と活性化容器4の電圧 V_B を、 $V_A \neq V_B$ とし、 V_A と V_B はともに0V以下とすればよい。

[0143] (EA表面処理方法)

実施形態における電子線発生装置1内に配置されたフォトカソード材料AのEA表面処理方法の一例について説明する。EA表面処理方法は、例えば、次の(1)～(3)の手順により実行される。なお、EA表面処理に際しては、フォトカソードホルダー3と活性化容器4との相対位置関係は、例えば、図3に示される位置関係、図7に示される位置関係、あるいは、図9に

示される位置関係に設定される。

[0144] (1) フォトカソード材料Aが支持されたフォトカソードホルダー3を真空中で300～700℃、10分～1時間加熱し、酸化物や炭化物などの表面不純物を除去し清浄にする。加熱温度及び時間は、使用されるフォトカソード材料に応じて適宜調整される。これにより、フォトカソード材料Aにバンドベンディングを生じさせ、真空準位をフォトカソードを形成する半導体のバンドギャップの半分程度(ϕB)下げることができる。

(2) フォトカソード材料Aの結晶表面に微小の光電流が得られるように、表面処理材料Bを蒸着する。その後、光電流の飽和毎に表面処理材料Bの蒸着と、必要に応じて酸素、 NF_3 、 N_2 等の気体の付加を最大の光電流が得られるまで交互に繰り返す。この方法により、残りの真空準位(ϕD)を下げることで、EA表面状態を形成することができる。気体の付加は、例えば、ガス供給装置92から供給される気体を、フォトカソード材料Aに吹き付けることによって行われる。なお、複数種類の表面処理材料B、例えば、Cs及びTe、Cs及びSb等をフォトカソード材料Aに蒸着する場合は、気体の付加は必ずしも必要ない。

(3) 一定時間電子の放出を行った後、上記(2)の手順を行うことで、EA表面の再処理を行う。

[0145] (電子線適用装置)

図13を参照して、電子線適用装置100(electron beam applicator)について説明する。図13は、電子線適用装置100の機能ブロック図である。

[0146] 電子線適用装置100は、電子線発生装置1によって生成された電子を、所望の方向に向けて飛ばしようにさせる装置である。電子線適用装置100は、ターゲットに向けて電子を照射する装置であってもよい。

[0147] 電子線適用装置100は、電子線発生装置1を含む。電子線適用装置100は、例えば、電子銃、自由電子レーザー加速器、透過型電子顕微鏡または走査型電子顕微鏡等の電子顕微鏡、電子線ホログラフィー装置、電子線描画

装置、電子線回折装置、電子線検査装置、電子線金属積層造形装置（3Dプリンタ）、電子線リソグラフィー装置、その他の電子線加工装置（架橋、重合、デポジション、エッチング、表面改質等）、電子線硬化装置、電子線滅菌装置、電子線殺菌装置、プラズマ発生装置、原子状元素（ラジカル）発生装置、スピン偏極電子線発生装置、分析装置（カソードルミネッセンス装置、逆光電子分光装置）等である。上記の各装置において、電子線発生装置1以外の構成については、公知または周知の構成を採用すればよい。このため、各装置についての説明は省略する。

[0148] 本発明は上記各実施形態に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施形態は適宜変形または変更され得ることが明らかである。また、各実施形態、各構成例、各変形例で用いられる任意の構成要素を、他の実施形態に組み合わせることが可能であり、また、各実施形態において任意の構成要素を省略することも可能である。

産業上の利用可能性

[0149] 本発明の電子線発生装置、および、電子線適用装置を用いると、メンテナンスが容易である。したがって、電子線発生装置および電子線適用装置を製造する業者、電子線発生装置および電子線適用装置を用いて電子線を取り扱う業者にとって有用である。

符号の説明

[0150] 1…電子線発生装置、2…真空チャンバー、3…フォトカソードホルダー、3a…背面、3b…ロッド、3c…雌ねじ部、3d…ヒーター、4…活性化容器、5…動力伝達機構、5a…チャンバー外動力伝達部材、5b…チャンバー内動力伝達部材、7…エネルギー生成部、7a…駆動源、7b…手動操作部材、10…電子銃、11…EA表面処理チャンバー、12…電子銃チャンバー、13…搬送手段、20…胴部、20a…胴部、21…頂部、21a…フランジ部、22…伸縮部、24…孔無し壁、26…伸縮部、28…第2フランジ部、30…電気絶縁部材、42…支持部材、44-1…第1孔、44-2…第2孔、45…孔、52…ガイド部材、53…シャフト、54…ユ

ニバーサルジョイント、５８…第１フランジ部、５８ｃ…ねじ孔、５８ｄ…貫通孔、５９…ねじ棒、６０ａ、６０ｂ…導入端子、６０ａ１、６０ｂ１…真空領域内端部、６０ａ２…真空領域外端部、６１ａ、６１ｂ、６１ｃ…裸線、６２…第１端子台、６３…第２端子台、６４…接触部、７２…操作摘み、７４…ベローズ、７６…シリンダ、７８…ピストン、８０…光源、８１…光透過窓、８２…アノード、８３…電源部、８８…シールド、８８ａ…外表面、９１…真空ポンプ、９２…ガス供給装置、９５…加熱手段、９６…切込み、９７…方向制御手段、９８…方向制御板、１００…電子線適用装置、２２０…内筒、２２２…外筒、２２４…膜、５３１…第１シャフト、５３２…第２シャフト、５３３…回転部材、５３３ｃ…雄ねじ部、５４１…第１ユニバーサルジョイント、５４２…第２ユニバーサルジョイント、５８０…ガイド部材、Ａ…フォトカソード材料、Ｂ…表面処理材料

請求の範囲

- [請求項1] 真空チャンバーと、
前記真空チャンバー内に配置され、フォトカソード材料を支持するフォトカソードホルダーと、
前記真空チャンバー内に配置され、前記フォトカソード材料の電子親和力を低下させる表面処理材料を支持する活性化容器と、
前記真空チャンバー内に配置され、前記フォトカソードホルダーまたは前記活性化容器に駆動力を伝達するチャンバー内動力伝達部材とを具備し、
前記フォトカソードホルダーは、前記活性化容器に対して相対移動可能である
電子線発生装置。
- [請求項2] 前記チャンバー内動力伝達部材を駆動する機械的エネルギーを生成するエネルギー生成部を更に具備し、
前記エネルギー生成部は、前記真空チャンバーの外に配置されている
請求項1に記載の電子線発生装置。
- [請求項3] 前記エネルギー生成部は、駆動源または手動操作部材である
請求項2に記載の電子線発生装置。
- [請求項4] 前記真空チャンバーの外に配置されるチャンバー外動力伝達部材を更に具備し、
前記チャンバー外動力伝達部材と、前記チャンバー内動力伝達部材とは、前記真空チャンバーの孔無し壁を介して動力伝達可能に接続されている
請求項1乃至3のいずれか一項に記載の電子線発生装置。
- [請求項5] 前記チャンバー外動力伝達部材は、前記チャンバー内動力伝達部材に、駆動力を純機械的に伝達する
請求項4に記載の電子線発生装置。

- [請求項6] 前記チャンバー内動力伝達部材は、前記フォトカソードホルダーの中心軸から偏心した位置に配置されている
請求項1乃至5のいずれか一項に記載の電子線発生装置。
- [請求項7] 前記真空チャンバー内に配置され、かつ、第1方向に沿って延在するガイド部材を更に具備し、
前記ガイド部材は、前記チャンバー内動力伝達部材の前記第1方向に沿う移動を案内する
請求項1乃至6のいずれか一項に記載の電子線発生装置。
- [請求項8] 前記チャンバー内動力伝達部材は、
回転部材と、
前記回転部材の回転を、前記フォトカソードホルダーまたは前記活性化容器の直線移動に変換する変換機構と
を有する
請求項1乃至7のいずれか一項に記載の電子線発生装置。
- [請求項9] 前記真空チャンバー内に配置されたアノードと、
前記真空チャンバー内の突起物からの放電の発生を抑制するシールドと
を更に具備し、
前記シールドは、前記アノードと、前記チャンバー内動力伝達部材の少なくとも一部との間に配置されている
請求項1乃至8のいずれか一項に記載の電子線発生装置。
- [請求項10] 前記活性化容器は、
前記フォトカソード材料から放出される電子または前記フォトカソード材料が通過可能な第1孔と、
前記チャンバー内動力伝達部材が挿通される第2孔と
を有する
請求項1乃至9のいずれか一項に記載の電子線発生装置。
- [請求項11] 前記真空チャンバーは、伸縮部を含み、

前記伸縮部を伸縮させることにより、前記フォトカソードホルダーまたは前記活性化容器が移動する

請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の電子線発生装置。

[請求項12] 前記伸縮部は、前記真空チャンバーの胴部の一部を構成しているか、あるいは、前記真空チャンバーの頂部に取り付けられている

請求項 11 に記載の電子線発生装置。

[請求項13] 前記チャンバー内動力伝達部材を駆動する熱エネルギーを生成するエネルギー生成部を更に具備する

請求項 1 に記載の電子線発生装置。

[請求項14] 請求項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載の電子線発生装置を含む電子線適用装置であって、

前記電子線適用装置は、

電子銃、

自由電子レーザー加速器、

電子顕微鏡、

電子線ホログラフィー装置、

電子線描画装置、

電子線回折装置、

電子線検査装置、

電子線金属積層造形装置、

電子線リソグラフィー装置、

電子線加工装置、

電子線硬化装置、

電子線滅菌装置、

電子線殺菌装置、

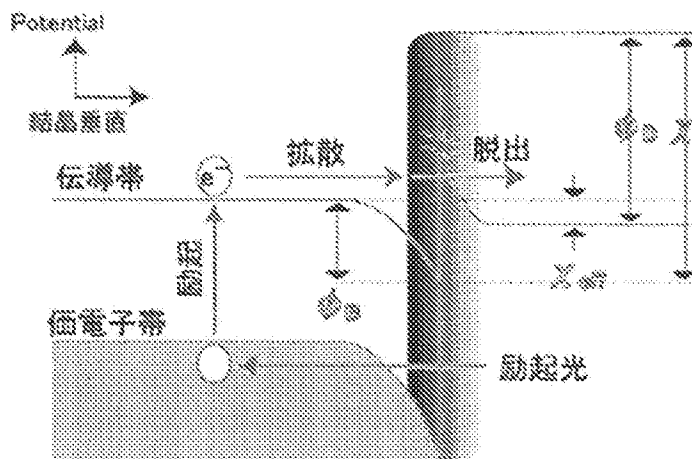
プラズマ発生装置、

原子状元素発生装置、

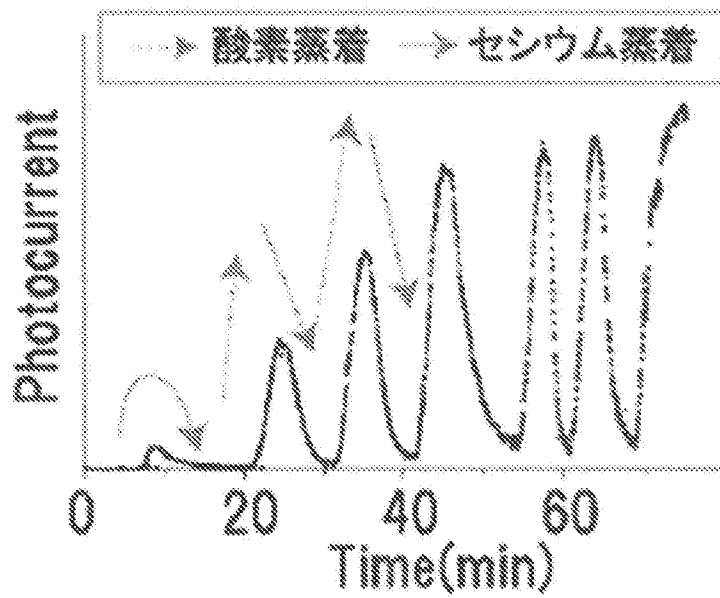
スピン偏極電子線発生装置、

カソードルミネッセンス装置、または、
逆光電子分光装置
である
電子線適用装置。

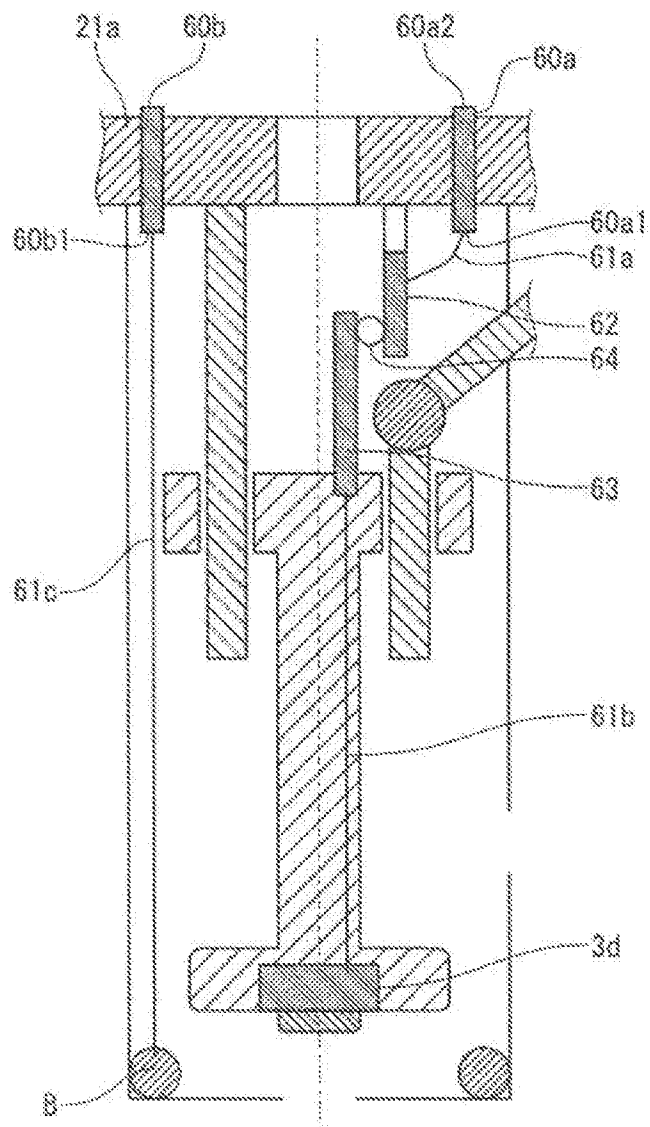
[図1]



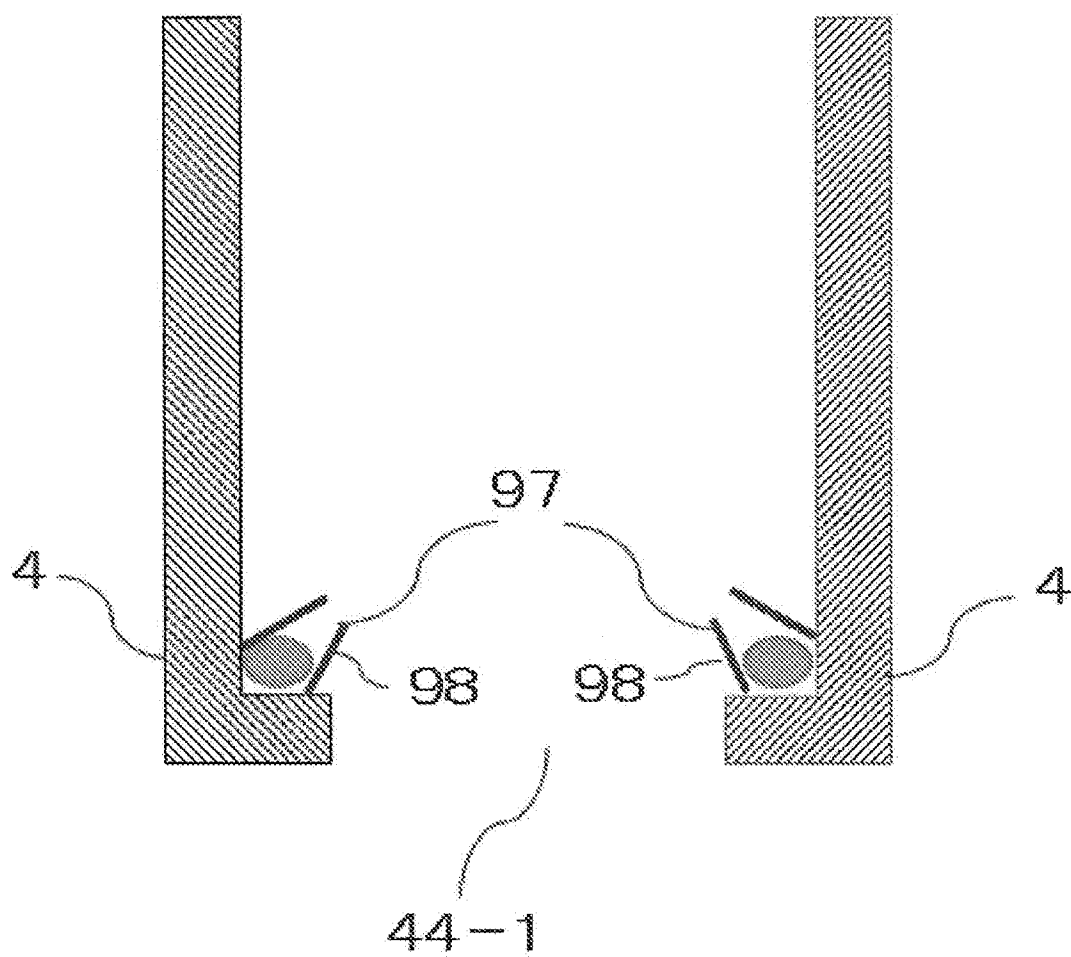
[図2]



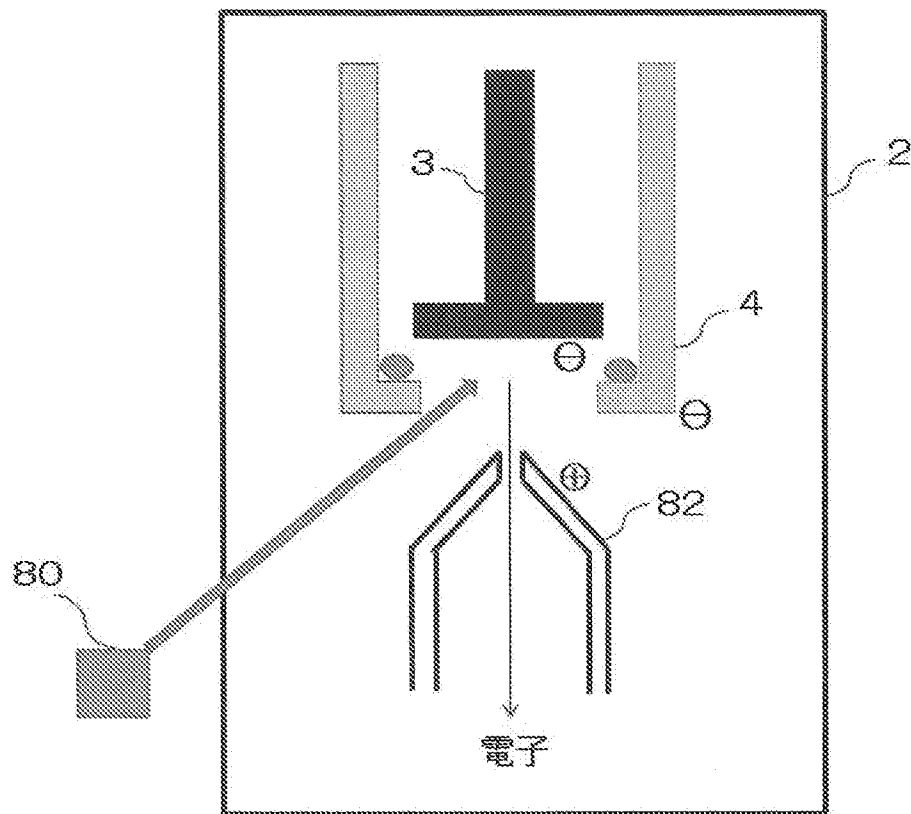
[図8B]



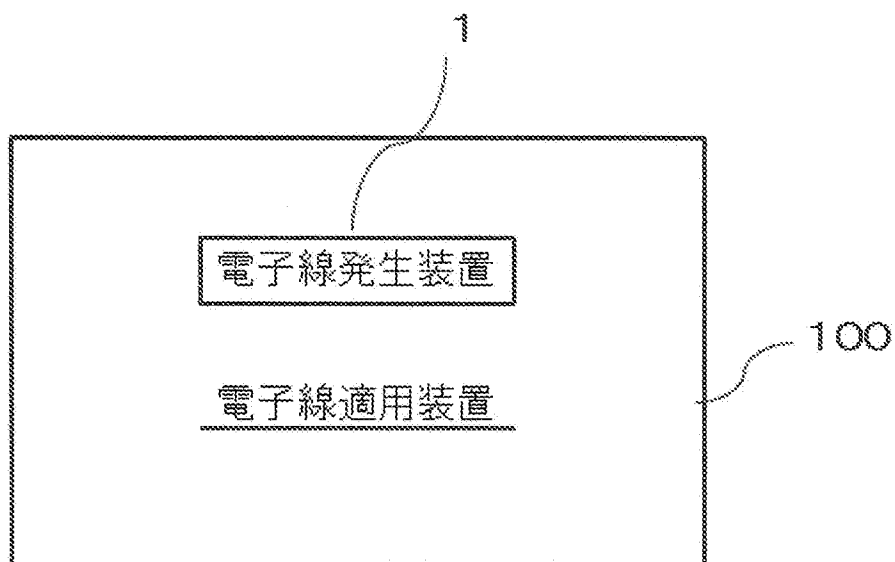
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/013640

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01J37/073 (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)

Int.Cl. H01J34, H01J37/073

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 9-298032 A (HAMAMATSU PHOTONICS K. K.) 18 November 1997, fig. 2; paragraphs [0024]-[0027], [0029], [0032] (Family: none)	1-5, 7-8, 10-14
Y	JP 2015-22810 A (NAGOYA UNIVERSITY) 02 February 2015, fig. 4, 10; paragraphs [0019]-[0020], [0022], [0035] & US 2016/0172144 A1, fig. 4, 10; paragraphs [0051]-[0052], [0054], [0067]	1-5, 7-8, 10-14
A	WO 2002/001597 A1 (EBARA CORPORATION) 03 January 2002, specification, page 49, lines 11-13; fig. 1 & US 2002/0033449 A1, paragraph [0319]; fig. 1	1-14

☐ 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

"I" 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
11 June 2018 (11.06.2018)

Date of mailing of the international search report
26 June 2018 (26.06.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01J37/073(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 (IPC))

Int.Cl. H01J1/34, H01J37/073

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 9-298032 A (浜松ホトニクス株式会社) 1997.11.18, 図2; 段落 0024-0027, 0029, 0032 (ファミリーなし)	1-5, 7-8, 10-14
Y	JP 2015-22810 A (国立大学法人名古屋大学) 2015.02.02, 図4, 10; 段落 0019-0020, 0022, 0035 & US 2016/0172144 A1, 図4, 10; 段落 0051-0052, 0054, 0067	1-5, 7-8, 10-14
A	WO 2002/001597 A1 (株式会社荏原製作所) 2002.01.03 明細書 49 頁 11-13 行; 図1 & US 2002/0033449 A1, 段落 0319; 図1	1-14

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

11.06.2018

国際調査報告の発送日

26.06.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

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)

右▲高▼ 孝幸

2G

9808

電話番号 03-3581-1101 内線 3226