

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007 年 4 月 19 日 (19.04.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/043390 A1(51) 国際特許分類:
H01J 35/18 (2006.01) H05G 1/00 (2006.01)
H01J 35/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/319762

(22) 国際出願日: 2006 年 10 月 3 日 (03.10.2006)

(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2005-295697 2005 年 10 月 7 日 (07.10.2005) JP
特願2006-091070 2006 年 3 月 29 日 (29.03.2006) JP(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.)
[JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 稲鶴 務 (IN-AZURU, Tutomu) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市

野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 岡田 知幸 (OKADA, Tomoyuki) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目 1 0 番 6 号銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

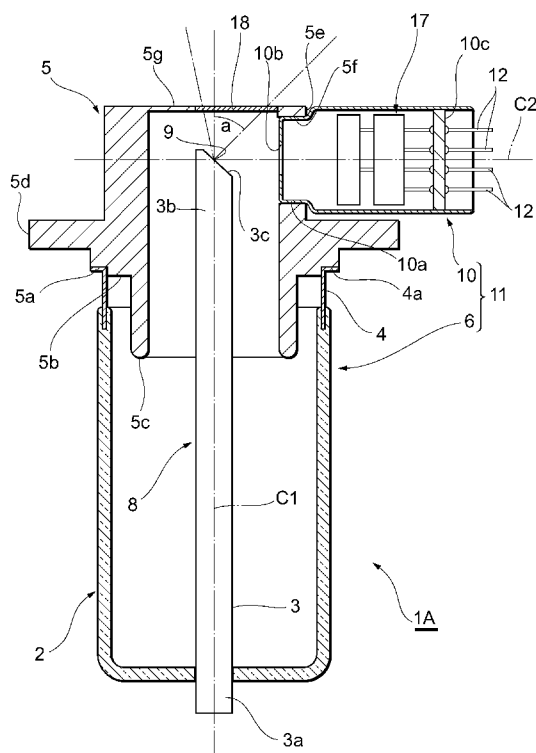
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

[続葉有]

(54) Title: X-RAY TUBE AND NONDESTRUCTIVE INSPECTION EQUIPMENT

(54) 発明の名称: X線管および非破壊検査装置



(57) Abstract: In an X-ray tube (1A) for generating X-rays by projecting electrons from an electron gun (17) to a target (9) of an anode (8) arranged in a tubular vacuum enclosure body (6) and taking out the X-rays from an X-ray exit window (18), the anode (8) is arranged on a tube axis (C1) of the vacuum enclosure body (6) and the X-ray exit window (18) is provided in a closing portion (5g) provided at the end of the vacuum enclosure body eccentrically to the tube axis (C1) of the vacuum enclosure body (6). With such an arrangement, the enlargement ratio of an enlarged perspective image obtained by irradiating a sample with X-rays obliquely is raised and unnecessary leakage of X-rays can be prevented.

[続葉有]

WO 2007/043390 A1



CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約:

管状の真空外囲器本体（6）内に配置された陽極（8）のターゲット（9）に、電子銃（17）から出射された電子を入射させてX線を発生させ、そのX線をX線出射窓（18）から取り出すX線管（1A）において、陽極（8）は、真空外囲器本体（6）の管軸線（C1）上に配置され、真空外囲器本体の端部に設けられた封塞部（5g）には、X線出射窓（18）が、真空外囲器本体（6）の管軸線（C1）に対して偏心して設けられている。

当該構成により、試料に対してX線を斜めから照射して得られる拡大透視画像の拡大率を高める共に、不必要なX線の漏洩を防止できる。

明 細 書

X線管および非破壊検査装置

技術分野

[0001] 本発明は、X線をX線出射窓から取り出すX線管及び非破壊検査装置に関するものである。

背景技術

[0002] X線は物体に対して透過性の良い電磁波であり、物体の内部構造の非破壊・非接触観察に多用されている。X線管は、電子銃から出射された電子をターゲットに入射させてX線を発生するのが、通例である。X線管は、特許文献1に記載のように電子銃が、陽極となるターゲットを収容する管状部材に取り付けられている。電子銃から出射された電子は、ターゲットに入射し、ターゲットからX線が発生する。X線は、ターゲットを収容する管状部材の管軸線上に設けられたX線出射窓を透過し、外部の試料に照射される。試料を透過したX線は、拡大透視画像として各種X線画像撮像装置で撮像される。

特許文献1：米国特許第5, 077, 771号明細書

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] ところで、X線の拡大透視画像を用いた非破壊検査は、各種電子回路基板に実装される部品の接合状態を確認する手法として有効である。そして、回路基板の小型化に伴い、実装される部品が高密度化しているため、より拡大率の高い拡大透視画像の撮像が望まれている。また、このような回路基板に実装される半田ボールの接合状態を確認するには、半田ボールに対して所定の角度傾いた位置から撮像した拡大透視画像の方が、半田ボールを立体的に見ることができて適している。このような斜めの位置から撮像する拡大透視画像は、X線管に対して相対的に回路基板を傾けて撮像するか、X線画像撮像装置をX線管の真上からずらして撮像することによって得られるが、拡大透視画像の拡大率を高めるには後者の方が適している。

[0004] しかしながら、X線画像撮像装置をX線管の真上からずらして撮像するためには、X

線管から照射するX線の照射角度を大きくしなければならず、従来のX線管でX線の照射角度を大きくするためには、X線出射窓の径を大きくする必要があり、X線出射窓の径が大きくなると、必要以上のX線がX線管から照射されてしまう。すると、不必要なX線の漏洩を防止する設備がさらに必要になってコストの上昇につながり易かった。

- [0005] 本発明は、試料に対してX線を斜めから照射して得られる拡大透視画像の拡大率を高めると共に不必要なX線の漏洩を防止できるX線管及び非破壊検査装置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

- [0006] 以上の課題を解決するため、本発明のX線管は、管状の陽極収容部と、陽極収容部内に配置された陽極と、陽極のターゲットに、電子銃から出射された電子を入射させてX線を発生させ、そのX線を取り出すためのX線出射窓とを備え、陽極は、陽極収容部の管軸線に沿って配置され、陽極収容部の端部に設けられた封塞部には、X線出射窓が、陽極収容部の管軸線に対して偏心して設けられている。
- [0007] このX線管では、陽極収容部の管軸線に対して偏心して設けられているX線出射窓からX線が取り出される。そのため、試料となる回路基板などを傾けなくても、試料に対してX線を斜めから照射でき、試料に対して斜めから撮像した拡大透視画像の拡大率を高めることができる。また、このX線管では、陽極収容部の管軸線に対してX線出射窓を偏心させることで、X線カメラ等のX線画像撮像装置による斜め観察を最適化し、X線出射窓を斜め観察に必要十分な大きさにすればよいので、X線出射窓は小さくてもすみ、必要以上のX線の漏洩を防止できる。さらに、X線出射窓が小さくなると、X線出射窓の強度を上げる必要が少なくなつてX線出射窓を薄くでき、X線の透過効率を向上させることができるので、鮮明な拡大透視画像の撮像が可能になる。さらに、X線出射窓が小さくて薄いと、X線出射窓の窓材に異物が混入する割合が低くなり、歩留まりが良くなつて製造コストを軽減できる。
- [0008] また、電子銃は、陽極収容部の管軸線の周囲に設けられた周壁に取り付けられ、X線出射窓は、管軸線に対して電子銃側に偏心していると好適である。このように、X線出射窓を電子銃側に偏心させると、照射線量の大きなX線をX線出射窓から取り

出すことができ、鮮明な拡大透視画像の撮像が容易になる。

[0009] また、X線出射窓は、封塞部に複数設けられていると好適である。複数のX線出射窓を設けることで、試料に対して複数の異なる斜め方向からの拡大透視画像の撮像が可能になり、試料の検査を行う際に、より好ましい方向からの拡大透視画像の撮像が可能になる。

[0010] また、電子銃は、陽極収容部に固定された管状の電子銃収容部に収容され、電子銃収容部の管軸線は、陽極収容部の管軸線に直交し、X線出射窓は、陽極収容部の管軸線と電子銃収容部の管軸線とを含む面からずれた位置に中心を有すると好適である。このように、陽極収容部の管軸線と電子銃収容部の管軸線とを含む面からずれた位置にX線出射窓の中心があると、例えば、試料となる回路基板をX線出射窓に近づけるように傾けても、電子銃収容部が邪魔になり難い。そのため、試料となる回路基板をX線出射窓に近づけ易くなり、拡大透視画像の拡大率を向上させることが容易になる。

[0011] また、電子銃は、陽極収容部に固定された管状の電子銃収容部に収容され、電子銃収容部の管軸線と陽極収容部の管軸線とは交差し、且つ電子銃収容部の管軸線と陽極収容部の管軸線とで形成された陽極側の挟角は鋭角であり、X線出射窓は、陽極収容部の管軸線と電子銃収容部の管軸線とを含む面上に中心を有すると好適である。このように、陽極収容部の管軸線と電子銃収容部の管軸線との間の挟角が鋭角になるようにすると、例えば、試料となる回路基板をX線出射窓に近づけるように傾けても、電子銃収容部が陽極収容部に対して傾いているために邪魔になり難い。そのため、試料となる回路基板をX線出射窓に近づけ易くなり、拡大透視画像の拡大率を向上させることが容易になる。

[0012] また、上記封塞部には、陽極収容部の管軸線に対して偏心して設けられたX線出射窓と、陽極収容部の管軸線上に中心を有するX線中央出射窓とが設けられていると好適である。このようにすると、試料に対する斜めからの撮像に加え、X線中央出射窓によって真上からの撮像も可能になる。そして、真上から撮像した拡大透視画像に基づいて再検査を要すると推察される試料に対してのみ斜めから撮像するような検査方法に適用することも容易になり、検査方法のバリエーションが広がり、より効果的

な検査方法を選択することができる。

[0013] また、本発明の非破壊検査装置は、管状の陽極収容部内に配置された陽極のターゲットに、電子銃から出射された電子を入射させてX線を発生させ、そのX線をX線射出窓から取り出すX線管と、X線管から取り出されて試料を透過した前記X線を撮像するX線画像撮像装置とを備え、ターゲットは、陽極収容部の管軸線上に配置され、陽極収容部の端部に設けられた封塞部には、X線射出窓が、陽極収容部の管軸線に対して偏心して設けられている。

[0014] この非破壊検査装置では、陽極収容部の管軸線に対して偏心して設けられているX線射出窓からX線が取り出され、試料を透過したX線がX線画像撮像装置で撮像される。そのため、試料となる回路基板などを傾けなくても、試料に対してX線を斜めから照射でき、試料に対して斜めから撮像した拡大透視画像の拡大率を高めることができる。また、この非破壊検査装置では、陽極収容部の管軸線に対してX線射出窓を偏心させることでX線の照射角度を大きくしているため、X線射出窓は小さくてもすみ、試料を斜めから撮像する際に必要となる以上のX線の漏洩を防止できる。さらに、X線射出窓が小さくなると、X線射出窓の強度を補う必要が少なくなってX線射出窓を薄くすることができ、X線の透過効率を向上させることができ、鮮明な拡大透視画像の撮像が可能になる。さらに、X線射出窓が小さくて薄いと、X線射出窓の窓材に異物混入する割合が低くなり、歩留まりが良くなって製造コストを軽減できる。

発明の効果

[0015] 試料に対してX線を斜めから照射して得られる拡大透視画像の拡大率を高めると共に不必要なX線の漏洩を防止する。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明に係るX線管の第1実施形態を示す分解斜視図である。

[図2]第1実施形態に係るX線管の斜視図である。

[図3]第1実施形態に係るX線管の断面図である。

[図4]第1実施形態に係るX線管をX線射出窓側から見た平面図である。

[図5]第1実施形態に係るX線管が組み込まれた非破壊検査装置を示すブロック図である。

[図6]X線カメラとX線管との配置関係を示す図である。

[図7]拡大透視画像を示し、(A)及び(B)は、X線管に対して斜め上方から撮像した拡大透視画像を示し、(C)は、X線管の真上から撮像した拡大透視画像を示す。

[図8]本発明に係るX線管の第2実施形態を示し、(A)は、X線出射窓側から見た平面図であり、(B)は、電子銃側から見た背面図である。

[図9]本発明に係るX線管の第3実施形態を示す断面図である。

[図10]第3実施形態に係るX線管のX線出射窓側から見た平面図である。

[図11]第3実施形態に係るX線管のX線出射窓近傍を示す側面図である。

[図12]本発明に係るX線管の第4、第5実施形態を示し、(A)は第4実施形態に係るX線管のX線出射窓側から見た平面図、(B)は第5実施形態に係るX線管のX線出射窓側から見た平面図である。

[図13]本発明に係るX線管の第6～第8実施形態を示し、(A)は第6実施形態に係るX線管のX線出射窓側から見た平面図、(B)は第7実施形態に係るX線管のX線出射窓側から見た平面図、(C)は第8実施形態に係るX線管のX線出射窓側から見た平面図である。

[図14]本発明に係るX線管の第9実施形態を示し、(A)は、X線出射窓側から見た平面図であり、(B)は、電子銃側から見た背面図である。

[図15]本発明に係るX線管を備えたX線源の一実施例の構成を示す分解斜視図である。

[図16]本実施例に係るX線源の内部構造を示す断面図である。

[図17]非破壊検査装置のX線発生装置に組み込まれたX線源(本実施例に係るX線管を含む)の作用を説明する正面図である。

符号の説明

- [0017] 1, 1A～1I…X線管、2…バルブ、5, 31…ヘッド部、5e…平面部、5g, 31a…封塞部、6, 30…真空外囲器本体、8…陽極、9…ターゲット、10, 33…電子銃収容部、17…電子銃、18, 29, 32, 35, 36, 41～44, 50, 210…X線出射窓、19…非破壊検査装置、20…X線カメラ、45～47…X線中央出射窓、C1, C2, C4, C5…管軸線、 θ …挟角、A1, A3…基準面。

発明を実施するための最良の形態

[0018] 以下、図面を参照して本発明に係るX線管の実施の形態について説明をする。

[0019] [第1実施形態]

図1～図4に示すように、第1実施形態に係るX線管1Aは、密封型のX線管である。X線管1Aは、ガラスからなる略円筒状のバルブ2を有する。バルブ2の管軸線C1方向における一端は、開口を閉鎖するように縮径され、管軸線C1上に延在する円柱状の銅製陽極本体部3の基端部3aは、その一部をバルブ2から露出させた状態でバルブ2の一端に固定されている。バルブ2の他端には、金属製のリング部材4が融着されている。以下、バルブ2の管軸線C1方向における一端側を「下」、他端側を「上」として説明する。

[0020] リング部材4の上端にはフランジ4aが形成され、フランジ4aは略円筒状のヘッド部5の下端に当接されて溶接される。ヘッド部5はステンレス製であり、ヘッド部5の下端には、リング部材4のフランジ4aが溶接される環状の平坦部5aが設けられている。平坦部5aの内側には、リング部材4に嵌め合わされる環状の凸状部5bが設けられ、凸状部5bの内側には、バルブ2内に差し込まれる円筒部5cが設けられている。リング部材4がヘッド部5に溶接されて、ヘッド部5にバルブ2が固定されると、共通の管軸線C1を有する管状の真空外囲器本体6となる。

[0021] ヘッド部5の内部には、陽極本体部3の先端部3bが配置される。この先端部3bには、後述する電子銃17の側に対面するように、陽極本体部3を斜めにカットした傾斜面3cが形成されている。傾斜面3cには、タングステンからなる円板状のターゲット9が埋設されている。ターゲット9の電子入射面は、傾斜面3cと略平行になっている。陽極本体部3とターゲット9とからなる陽極8は、陽極収容部としての真空外囲器本体6に収容されている。

[0022] 管軸線C1を中心としてヘッド部5には周壁が設けられ、この周壁にはフランジ部5dが設けられている。フランジ部5dよりも上端側において、周壁には、管軸線C1方向に延在する平面部5eが形成され、平面部5eには円形の貫通孔5fが形成されている。平面部5eには、管状の電子銃収容部10の一方の端部が溶接される。この一方の端部には、縮径して突き出た円筒状の嵌合部10aが設けられている。この嵌合部10

aがヘッド部5の貫通孔5fに嵌め込まれ、電子銃収容部10はヘッド部5に位置決めされる。ヘッド部5内の陽極8側の嵌合部10aの先端には、円形のアパーチャ10bが形成されている。アパーチャ10bの中心は電子銃収容部10の管軸線C2上にあり、電子銃収容部10の管軸線C2は真空外囲器本体6の管軸線C1に直交する。真空外囲器本体6のヘッド部5に電子銃収容部10が溶接され、真空外囲器本体6と電子銃収容部10とで真空外囲器11が構成される。なお、ヘッド部5の周壁には、真空外囲器11内を真空にするための排気孔5hが形成され、排気管5jは、排気孔5hに差し込まれて周壁に固定されている。

[0023] 電子銃収容部10の他方の端部に設けられた開口を塞ぐように、電子銃収容部10には、ステム基板10cが固定されている。ステム基板10cには複数のステムピン12が固定されている。電子銃収容部10内において、ステムピン12には電子銃17が通電可能に固定されている。つまり、電子銃17は、ステムピン12を介して電子銃収容部10に固定され、その電子銃収容部10は、ヘッド部5の周壁に固定されている。電子銃17のヒータ(図示せず)が加熱されると電子が発生し、その電子がアパーチャ10bを通過してヘッド部5内に出射される。

[0024] ヘッド部5内では、陽極8のターゲット9が管軸線C1上となるように配置され、ターゲット9が埋設された傾斜面3cがアパーチャ10bに対向するように配置されているので、アパーチャ10bから出射された電子は、ターゲット9に入射し、ターゲット9からX線が発生する。

[0025] さらに、ヘッド部5の上端部には、封塞部5gが一体成形されている。この封塞部5gには、ターゲット9の電子入射面に対面し、且つ管軸線C1と交わるようにして、Be材からなる円形のX線出射窓18が設けられている。X線出射窓18の厚みは、0.15mm程度である。ターゲット9で発生したX線は、X線出射窓18を透過して外部に取り出される。

[0026] 図3及び図4に示すように、真空外囲器本体6の管軸線C1と電子銃収容部10の管軸線C2とを含む基準面A1上に、X線出射窓18の中心18aが配置されている。また、X線出射窓18の中心18aは、管軸線C1に対して電子銃17側に偏心している。なお、「管軸線に対して電子銃側」とは、管軸線C1を通して基準面A1に直交する面A

2よりも電子銃17側を意味する。

- [0027] 次に、X線管1Aが組み込まれた非破壊検査装置19について図5を参照して説明する。非破壊検査装置19はX線撮像装置であるX線カメラ20を備えている。X線撮像装置は、X線イメージインテンシファイアであってもよいし、X線シンチレータと当該X線シンチレータからのシンチレータ光に感度を有する撮像装置（例えばCCDカメラ）とを有するものであってもよいし、例えばCdTe（テルル化カドミウム）や非晶質セレン等のX線を電荷に直接変換する半導体を用いたものであってもよい。このX線カメラ20とX線管1AのX線出射窓18との間には、試料となる回路基板Bが配置されている。回路基板Bは、試料用マニピュレータ21によって水平方向に移動可能に保持されている。試料用マニピュレータ21は試料移動用駆動回路22に接続されている。試料移動用駆動回路22はCPU、RAM、ROMなどを備えて構成される制御ユニット23に接続されている。試料移動用駆動回路22は、制御ユニット23から入力される信号に応じて試料用マニピュレータ21を駆動制御し、X線管1Aから出射されるX線が透過可能な位置に回路基板Bを移動させる。
- [0028] X線カメラ20は、回路基板Bに対して所定距離離間して配置され、X線カメラ用マニピュレータ24によってX線管の移動に追従する。X線カメラ用マニピュレータ24は、X線カメラ移動用駆動回路25に接続されている。X線カメラ移動用駆動回路25は制御ユニット23に接続されている。X線カメラ移動用駆動回路25は、制御ユニット23から入力される信号に応じてX線カメラ用マニピュレータ24を駆動制御し、回路基板Bの拡大透視画像が撮像可能な位置となるようにX線カメラ20を移動させる。
- [0029] X線カメラ20には、回路基板Bを透過したX線に対して所定の画像処理を施して映像信号として出力する画像処理装置26が接続されている。この画像処理装置26はモニタ装置27に接続されている。モニタ装置27には、X線カメラ20の出力としての回路基板Bの拡大透視画像を映し出すディスプレイ27aが設けられている。
- [0030] さらに、モニタ装置27に設けられた操作部27bの操作に基づいて、試料用マニピュレータ21を駆動させて回路基板Bを所望位置に移動させるための信号が、制御ユニット23に出力され、さらに、X線カメラ用マニピュレータ24を駆動させて回路基板Bの所望位置の拡大透視画像をX線カメラ20に撮像させるための信号が、制御ユニット2

3に出力される。

[0031] 制御ユニット23はX線管コントローラ28に接続されている。X線管コントローラ28はX線管1Aの電子銃17に接続されている。また、X線管コントローラ28は高圧電源7にも接続されており、高圧電源7に対し、X線管1Aの陽極8に所望の電圧を印加する指令を与える。このようにX線管コントローラ28は、制御ユニット23からの制御信号に基づいて、X線管1Aで発生するX線を制御している。

[0032] 次に、非破壊検査装置19の動作について説明する。操作部27bを操作して非破壊検査を開始すると、制御ユニット23からの制御信号に基づいて、X線カメラ用マニピュレータ24及び試料用マニピュレータ21を駆動制御してX線カメラ20及び回路基板Bを所定位置に移動させる。また、非破壊検査を開始する前に、予め制御ユニット23からの制御信号に基づいて、X線管コントローラ28を作動させて、X線管1Aの動作準備をしておく。そして、非破壊検査開始時には、制御ユニット23からの制御信号に基づいて、X線管コントローラ28を作動させて、電子銃17から出射された電子が、ヘッド部5内の電界によってターゲット9に適切に入射することによりX線が発生する。このX線はX線出射窓18から取り出され、回路基板Bに照射される。

[0033] 図3に示すように、X線出射窓18は、ターゲット9が配置された真空外囲器本体6の管軸線C1に対し、電子銃17側に偏心している。そのため、X線出射窓18から取り出されるX線は、電子銃17側で照射範囲が広がる。例えば、電子銃17側のX線照射角度 α は、 $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$ の範囲内が好ましい。

[0034] 図6に示すように、回路基板B上に実装されたICチップTの半田ボール(BGA)Sの接合状態は、X線カメラ20で斜めから観察した方が、十分な確認ができることが一般的に知られている。このような斜めからの観察は、等間隔で並ぶ半田ボールSが互いに重ならない角度で透視する必要がある。従って、回路基板Bを、真空外囲器本体6の管軸線C1に直交するように配置した場合、観察角度 β は、半田ボールSの間隔を考慮して、 $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 程度が好適である。

[0035] X線カメラ20により半田ボールSを斜めから観察した場合、図7(A)に示すように、半田ボールSが立体的に映し出される。この場合、濃淡のコントラストによって半田ボールSの接合箇所Saの半田漏れが鮮明に映し出される。なお、図7(A)における半

田ボールSは正常な状態を示し、図7(B)における半田ボールS1は不良状態を示している。一方、図7(C)に示すように、X線カメラ20を真空外囲器本体6の管軸線C1上に配置した場合、半田ボールS、S1の接合箇所が、半田ボールS、S1の影になって見え難い。このように、X線カメラ20による斜め観察は、半田漏れを確実に検出でき、検査精度を高めることができる。

[0036] 本実施形態に係るX線管1Aには、真空外囲器本体6の管軸線C1に対して偏心しているX線出射窓18が設けられ、このような配置のX線出射窓18からX線を取り出すようにしているため、X線カメラ20による斜め観察が容易になる。その結果、回路基板BをX線出射窓18に近づけることが容易になり、拡大透視画像の拡大率を容易に高めることができる。なお、従来のように、管軸線C1上にX線カメラ20を配置すると、前述したように、立体画像が得られないので、回路基板Bを斜めにする必要があるが、この場合、回路基板BをX線出射窓に近づけ難く、拡大率を高めることが難しい。

[0037] さらに、X線管1Aでは、真空外囲器本体6の管軸線C1に対してX線出射窓18を偏心させることでX線カメラ20による斜め観察を最適化し、X線出射窓18を斜め観察に必要な十分な大きさにすればよいので、X線出射窓18は小さくてもすみ、必要以上のX線の漏洩を防止できる。さらに、X線出射窓18が小さくなると、X線出射窓18の強度を補う必要が少なくなってX線出射窓18を薄くでき、X線の透過効率を向上させることができ鮮明な拡大透視画像の撮像が可能になる。さらに、X線出射窓18が小さくて薄いと、X線出射窓の窓材に異物が混入する割合が低くなり、歩留まりが良くなって製造コストを軽減できる。なお、X線管1Aでは、X線出射窓18が管軸線C1と交わるようにして配置されているため、回路基板Bに対する斜めからの撮像に加え、X線出射窓18から取り出されたX線によって回路基板Bを真上から撮像することも可能である。

[0038] また、X線が取り出されるX線出射窓18は、電子銃17側に偏心しているため、照射線量の大きなX線をX線出射窓18から取り出すことができ、鮮明な拡大透視画像の撮像が容易になる。

[0039] [第2実施形態]

図8を参照し、第2実施形態であるX線管1Bについて説明するが、このX線管1Bは

、回路基板Bを傾けて半田ボールSの拡大立体画像を得るのに適した構成を有する。図8(A)は、X線管をX線出射窓側から見た平面図であり、同図(B)は、X線管を電子銃收容部側から見た側面図である。なお、第2実施形態に係るX線管1Bにおいて、X線管1Aと同一又は同等の構造については、同一符号を付してその説明を省略する。

[0040] 図8(A)に示すように、X線出射窓29は円形であり、管軸線C1と交わっている。さらに、X線出射窓29の中心29aは、基準面A1上から外れるように横にずれ、且つ管軸線C1を通して基準面A1に直交する面A2上に配置されている。このようなX線出射窓29を設けると、図8(B)に示すように、X線出射窓29の中心29aが電子銃17側から外れることになり、電子銃收容部10が邪魔になることなく、回路基板BをX線出射窓29に近づけるように傾けることができる。その結果、回路基板BをX線出射窓29に、より近づけることができ、拡大透視画像の拡大率を向上させることができる。なお、X線管1Bでは、X線出射窓29が管軸線C1と交わるようにして配置されているため、回路基板Bに対する斜めからの撮像に加え、X線出射窓29から取り出されたX線によって回路基板Bを真上から撮像することも可能である。

[0041] [第3実施形態]

図9～図11を参照し、第3実施形態であるX線管1Cについて説明するが、このX線管1Cは、回路基板Bを傾けて半田ボールSの拡大立体画像を得るのに適した構成を有する。図9はX線管の断面図であり、図10はX線管をX線出射窓側から見た平面図であり、図11は電子銃收容部近傍を示す側面図である。なお、第3実施形態に係るX線管1Cにおいて、X線管1Aと同一又は同等の構造については、同一符号を付してその説明を省略する。

[0042] 真空外囲器本体30のヘッド部31は、略円筒状であり、下端部にリング部材4を介してバルブ2が固定されている。バルブ2の下端部は、陽極本体部3の基端部3aを保持している。陽極本体部3の先端部3bはヘッド部31内に配置され、先端部3bに形成された傾斜面3cには、ターゲット9が埋設されている。

[0043] ヘッド部31の上端部には封塞部31aが一体形成され、封塞部31aには、管軸線C4と交わるように円形のX線出射窓32が設けられている。図10に示すように、X線出

射窓32の中心32aは、真空外囲器本体30の管軸線C4と電子銃収容部10の管軸線C5とを含む基準面A3上にあり、管軸線C4に対して電子銃17側に偏心して設けられている。

[0044] 図9に示すように、ヘッド部31の周壁には、内側から外側に向けて斜め下方に傾斜するような円形の貫通孔31bが形成されている。この貫通孔31bに管状の電子銃収容部33が嵌め込まれている。電子銃収容部33はヘッド部31に溶接されている。電子銃収容部33の先端には、円形のアパーチャ33aが形成されている。アパーチャ33aの中心は、電子銃収容部33の管軸線C5上にある。電子銃収容部33の管軸線C5は、真空外囲器本体30の管軸線C4と交差する。そして、電子銃収容部33の管軸線C5と真空外囲器本体30の管軸線C4とで形成される陽極8側の挟角 θ は鋭角になり(つまり、X線出射窓32側の挟角($180^\circ - \theta$)は鈍角となる)、電子銃収容部33のステム基板33b側がバルブ2側に逃がされている。

[0045] 本実施形態に係るX線管1Cのように、電子銃収容部33の管軸線C5と真空外囲器本体30の管軸線C4とで形成される陽極8側の挟角 θ が鋭角になるようにすると、図11に示すように、回路基板BをX線出射窓32に近づけるように電子銃収容部33側に傾けても、電子銃収容部33が真空外囲器本体30に対して傾いているために邪魔になり難い。その結果、回路基板BをX線出射窓32に、より近づけることができ、拡大透視画像の拡大率を向上させることができる。なお、X線管1Cでは、X線出射窓32が管軸線C4と交わるようにして配置されているため、回路基板Bに対する斜めからの撮像に加え、X線出射窓32から取り出されたX線によって回路基板Bを真上から撮像することも可能である。

[0046] 図12を参照し、第4実施形態に係るX線管1D及び第5実施形態に係るX線管1Eの説明をする。なお、X線管1D及びX線管1Eにおいて、X線管1Aと同一又は同等の構造については、同一符号を付してその説明を省略する。

[0047] [第4実施形態]

X線管1Dは、X線管1Aと異なり、X線出射窓35の形状は楕円であり、X線出射窓35の中心35aは、電子銃収容部10に収容された電子銃17側に偏心している。このX線管1Dも、X線管1Aと同様に、回路基板Bに対してX線を斜めから照射して拡大透

視画像を撮像でき、その拡大透視画像の拡大率を上げることができる。なお、X線管1DのX線出射窓35は、管軸線C1と交わっており、回路基板Bを真上から撮像することも可能である。

[0048] [第5実施形態]

X線管1Eは、X線管1Aと異なり、X線出射窓36の形状は矩形であり、二本の対角線が交差する中心36aは、電子銃収容部10に収容された電子銃17側に偏心している。このX線管1Eも、X線管1Aと同様に、回路基板Bに対してX線を斜めから照射して拡大透視画像を撮像でき、その拡大透視画像の拡大率を上げることができる。なお、X線管1EのX線出射窓36は、管軸線C1と交わっており、回路基板Bを真上から撮像することも可能である。

[0049] 続いて、図13を参照し、第6～第8実施形態に係るX線管1F～1Hの説明をする。なお、X線管1F～1Hにおいて、X線管1Aと同一又は同等の構造については、同一符号を付してその説明を省略する。

[0050] [第6実施形態]

X線管1Fには、管軸線C1から電子銃17側に偏心し、基準面A1上に中心41aを有するX線出射窓41と、真空外囲器本体6の管軸線C1上に中心を有するX線中央出射窓45とが設けられている。このように、X線出射窓41の他に、X線中央出射窓45を設けると、X線カメラ20を、管軸線C1に対して傾けた位置と、管軸線C1上の位置とにそれぞれ設置することができ、回路基板Bに対する斜めからの撮像に加え、X線中央出射窓45から取り出されたX線によって真上からの撮像も可能になる。例えば、真上から撮像した拡大透視画像に基づいて再検査を要すると推察される試料に対してのみを斜めから撮像するような検査方法が可能になり、検査方法のバリエーションを広げることができる。

[0051] [第7実施形態]

X線管1Gには、管軸線C1から電子銃17側に偏心し、基準面A1上から外れるように横にずれた中心42aを有するX線出射窓42と、真空外囲器本体6の管軸線C1上に中心を有するX線中央出射窓46とが設けられている。このように、X線出射窓42の他に、X線中央出射窓46を設けると、X線カメラ20を、管軸線C1に対して傾けた位

置と、管軸線C1上の位置とにそれぞれ設置することができ、回路基板Bに対する斜めからの撮像に加え、X線中央出射窓46から取り出されたX線によって真上からの撮像も可能になる。さらに、X線中央出射窓46の中心42aが電子銃17側から外れることになり、電子銃収容部10が邪魔になることなく、回路基板BをX線出射窓42に近づけるように傾けることができる。

[0052] [第8実施形態]

また、X線管1Hの封塞部5gには、管軸線C1から電子銃17側に偏心した一对のX線出射窓43, 44が設けられている。このX線出射窓43, 44は、管軸線C1と電子銃収容部の管軸線C2とを含む基準面A1に対して対称となるように配置されている。さらに、X線管1Hには、真空外囲器本体6の管軸線C1上に中心を有するX線中央出射窓47とが設けられている。このように、2個のX線出射窓43, 44を設けると、回路基板Bに対して複数の異なる斜め方向からの拡大透視画像の撮像が可能になり、回路基板Bの検査を行う際に、より好ましい方向からの拡大透視画像の撮像が可能になる。なお、X線出射窓43, 44の個数は2個に限定されず、3個以上であってもよい。

[0053] [第9実施形態]

図14を参照し、第9実施形態であるX線管1Iについて説明する。このX線管1Iは、第2実施形態に係るX線管1Bとは、X線出射窓50の配置において異なる。図14(A)は、X線管をX線出射窓側から見た平面図であり、同図(B)は、X線管を電子銃収容部側から見た側面図である。なお、第9実施形態に係るX線管1Iにおいて、X線管1Aと同一又は同等の構造については、同一符号を付してその説明を省略する。

[0054] 図14(A)に示すように、X線出射窓50は円形であり、管軸線C1と交わっている。さらに、X線出射窓50の中心50aは、真空外囲器本体6の管軸線C1を通り、且つ基準面A1に直交する面A2よりも電子銃17側に偏心している。さらに、X線出射窓50の中心50aは、面A2に加え、基準面A1上からも外れるように斜めにずれている。このようなX線出射窓50を設けると、同図(B)に示すように、X線出射窓50の中心50aが電子銃17側から横に外れることになり、電子銃収容部10が邪魔になることなく、回路基板BをX線出射窓50に近づけるように傾けることができる。その結果として、第1実

施形態に係るX線管1Aと比較した場合に、回路基板Bを傾ける場合の自由度が高くなり、回路基板BをX線出射窓29に近づけ易くなって、拡大透視画像の拡大率を向上させることができる。また、X線管1Iの陽極本体部3の先端部3b(図3参照)には、電子銃17の側に対面するように傾斜面3cが形成され、傾斜面3cには、ターゲット9が埋設されている。ターゲット9の電子入射面は傾斜面3cに略平行であり、電子入射面で発生するX線を管軸線C1に対して傾斜した方向に取り出す場合には、X線出射窓50が電子銃17側に偏っている方が取り出し易くなる。そして、X線管1Iは、第2実施形態に係るX線管1Bに比較して、X線出射窓50の中心50aが、電子銃17側に偏心しているため、X線管1Bに比較してX線を取り出し易くなっている。なお、X線管1Iでは、X線出射窓50が管軸線C1と交わるようにして配置されているため、回路基板Bに対する斜めからの撮像に加え、X線出射窓50から取り出されたX線によって回路基板Bを真上から撮像することも可能である。

[0055] 本発明は、前述した実施形態に限定されない。例えば、ターゲット9の材質は、タングステンに限定されず、その他のX線発生用材料であってもよい。また、X線出射窓18の材質もBe材に限定されず、その他のX線が透過しやすい所望の材料であってもよい。また、ターゲット9を陽極8の一部に設ける場合に限定されず、陽極8の全体を所望のX線発生用材料で一体に形成し、陽極8自体がターゲットとなるようにしてもよい。さらに、真空外囲器本体(陽極収容部)6にターゲット9が収容される場合の「収容」とは、ターゲット9の全体を収容している場合に限定されず、例えば、陽極8自体がターゲットになる場合には、ターゲットの一部が真空外囲器本体(陽極収容部)6から露出している状態も含まれる。また、アパーチャ10b, 33aの中心は電子銃収容部10, 33の管軸線C2, C5上にある場合に限定されず、管軸線C2, C5上以外にあるような配置にしてもよい。また、管状の真空外囲器本体(陽極収容部)6とは、円形の管状に限定されず、矩形、その他の形状であってもよく、また、ストレートに伸びる管状に限定されず、カーブまたは屈曲した管状であってもよい。

[0056] 次に、上述のような構造を有する実施形態に係るX線管1が適用されたX線源100を、図15及び図16を参照して説明する。なお、図15は、X線管1を備えたX線源の一実施例の構成を示す分解斜視図である。また、図16は、本実施例に係るX線源の

内部構造を示す断面図である。X線管1に代えて、X線管1A～1Iのうちのいずれか一つを用いてもよい。

- [0057] 図15及び図16に示されたように、X線源100は、電源部102と、絶縁ブロック102Aの上面側に配置される第1板部材103と、絶縁ブロック102Aの下面側に配置される第2板部材104と、第1板部材103と第2板部材104との間に介設される4本の締結スペーサ部材105と、第1板部材103上に金属製筒部材106を介して固定されるX線管1とを備える。なお、電源部102は、エポキシ樹脂からなる絶縁ブロック102A中に高電圧発生部102B、高電圧線102C、ソケット102Dなど(図16参照)をモールドした構造を有する。
- [0058] 電源部102の絶縁ブロック102Aは、概略正方形の上面及び下面が相互に平行な短角柱形状を有する。その上面の中心部には、高電圧線102Cを介して高電圧発生部102Bに接続された円筒状のソケット102Dが配置されている。また、絶縁ブロック102Aの上面には、ソケット102Dと同芯状に配置された環状の壁部102Eが設けられている。そして、絶縁ブロック102Aの周面には、その電位をGND電位(接地電位)とするための導電性塗料108が塗布されている。なお、導電性塗料の塗布の代わりに導電性テープを貼付しても良い。
- [0059] 第1板部材103及び第2板部材104は、例えば4本の締結スペーサ部材105及び8本の締結ネジ109と協働して電源部102の絶縁ブロック102Aを図示の上下方向から挟持する部材である。これら第1板部材103及び第2板部材104は、絶縁ブロック102Aの上面及び下面より大きい概略正方形に形成されている。第1板部材103及び第2板部材104の4隅には、各締結ネジ109を挿通させるネジ挿通孔103A、104Aがそれぞれ形成されている。また、第1板部材103には、絶縁ブロック102Aの上面に突設された環状の壁部102Eを囲む円形の開口103Bが形成されている。
- [0060] 4本の締結スペーサ部材105は、角柱状に形成されて第1板部材103及び第2板部材104の4隅に配置される。各締結スペーサ部材105の長さは、絶縁ブロック102Aの上面と下面との間隔より若干短く、すなわち、絶縁ブロック102Aの締付け代だけ短く設定されている。各締結スペーサ部材105の上下の端面には、締結ネジ109がねじ込まれるネジ孔105Aがそれぞれ形成されている。

- [0061] 金属製筒部材106は円筒状に形成されており、その基端部に形成された取付フランジ106Aが第1板部材103の開口103Bの周辺にシール部材を介してねじ止め固定されている。この金属製筒部材106の先端部の周面はテーパ面106Bに形成されている。このテーパ面106Bによって金属製筒部材106は先端部に角部のない先細状に構成されている。また、金属製筒部材106のテーパ面106Bに連続する平坦な先端面には、X線管1のバルブ207を挿通させる開口106Cが形成されている。
- [0062] X線管1は、陽極205を絶縁状態に保持して収容したバルブ207と、陽極205に導通してその内端部に構成された反射型のターゲット205dを収容したヘッド部209の上部9cと、ターゲット205dの電子入射面(反射面)に向けて電子ビームを出射する電子銃15を収容した電子銃収容部211とを備える。なお、バルブ207とヘッド部209によりターゲット収容部が構成されている。
- [0063] バルブ207とヘッド部209の上部9cとは管軸が一致するよう配置されており、これらの管軸に対して電子銃収容部11の管軸が略直交している。そして、バルブ207とヘッド部209の上部9cとの間には、金属製筒部材106の先端面に固定するためのフランジ9aが形成されている。また、陽極205の基端部205a(電源部102により高電圧が印加される部分)は、バルブ207の中心部から下方に突出している(図16参照)。
- [0064] なお、X線管1には、排気管が付設されており、この排気管を介してバルブ207、ヘッド部209の上部9c及び電子銃収容部11の内部が所定の真空度まで減圧されることにより、真空密封容器が構成されている。
- [0065] このようなX線管1では、電源部102の絶縁ブロック102Aにモールドされたソケット102Dに基端部205a(高電圧印加部)が嵌合する。これにより、基端部205aが高電圧線102Cを介して高電圧発生部102Bから高電圧の供給を受ける。また、この状態で電子銃収容部11に内蔵された電子銃15がターゲット205dの電子入射面に向けて電子を出射すると、該電子銃15からの電子がターゲット205dに入射することにより発生したX線がヘッド部209の上部9cの開口部に装着されたX線出射窓210から出射される。X線出射窓210の中心は、バルブ207の管軸線に対して電子銃15側に偏心している。
- [0066] ここで、X線源100は、例えば以下の手順により組み立てられる。まず、第2板部材

104の各ネジ挿通孔104Aに挿通された4本の締結ネジ109が、4本の締結スペーサ部材105における下端面の各ネジ孔105Aにねじ込まれる。そして、第1板部材103の各ネジ挿通孔103Aに挿通された4本の締結ネジ109が、4本の締結スペーサ部材105における上端面の各ネジ孔105Aにねじ込まれることにより、第1板部材103と第2板部材104とが絶縁ブロック102Aを上下方向から把持した状態で相互に締結される。その際、第1板部材103と絶縁ブロック102Aの上面との間にはシール部材が介設され、同様に第2板部材104と絶縁ブロック102Aの下面との間にもシール部材が設けられている。

[0067] 次に、第1板部材103上に固定された金属製筒部材106の開口106Cから、該金属製筒部材106の内部に液状絶縁物質である高圧絶縁オイル110が注入される。続いて、X線管1のバルブ207が金属製筒部材106の開口106Cから、該金属製筒部材106の内部に挿入されて高圧絶縁オイル110中に浸漬される。このとき、バルブ207の中心部から下方に突出する基端部205a(高電圧印加部)が電源部102側のソケット102Dに嵌合される。そして、X線管1のフランジ9aが金属製筒部材106の先端面にシール部材を介してねじ止め固定される。

[0068] 以上のような工程を経て組立てられたX線源100では、図16に示されたように、X線管1における陽極205に対し、電源部102の絶縁ブロック102Aの上面に突設された環状の壁部102E及び金属製筒部材106が同芯状に配置される。また、環状の壁部102Eは、X線管1のバルブ207から突出する基端部205a(高電圧印加部)の周囲を囲んで金属製筒部材106との間を遮蔽する高さに突出している。

[0069] X線源100において、電源部102の高電圧発生部102Bから高電圧線102C及びソケット102Dを介してX線管1の基端部205aに高電圧が印加されると、陽極205を介してターゲット205dに高電圧が供給される。この状態で電子銃収容部11に収容された電子銃15がヘッド部209の上部9cに収容されたターゲット205dの電子入射面に向けて電子を出射すると、該電子がターゲット205dに入射する。これにより、ターゲット205dで発生したX線がヘッド部209の上部9cの開口部に装着されたX線出射窓210を介して外部に出射される。

[0070] ここで、X線源100では、X線管1のバルブ207を高圧絶縁オイル110に浸漬させ

た状態で収容する金属製筒部材106が、電源部102の絶縁ブロック102Aの外部、すなわち第1板部材103上に突設して固定されている。そのため、放熱性が良好であり、金属製筒部材106の内部の高圧絶縁オイル110やX線管1のバルブ207の放熱を促進することができる。

[0071] また、金属製筒部材106は、陽極205を中心に配置した円筒形状を有する。この場合、陽極205から金属製筒部材106までの距離が均等になるので、陽極205及びターゲット205dの周囲に形成される電界を安定させることができる。そして、この金属製筒部材106は、帯電した高圧絶縁オイル110の電荷を効果的にディスチャージさせることができる。

[0072] さらに、電源部102の絶縁ブロック102Aの上面に突設された環状の壁部102Eは、X線管1のバルブ207から突出する基端部205a(高電圧印加部)の周囲を囲むことで、金属製筒部材106との間を遮蔽している、したがって、基端部205aから金属製筒部材106への異常放電が効果的に防止され得る。

[0073] なお、X線源100は、4本の締結スペーサ部材105を介して相互に締結される第1板部材103と第2板部材104との間に電源部102の絶縁ブロック102Aが把持される構造を備えている。このことは、絶縁ブロック102A内には放電を誘発する導電性異物や、電界の乱れを誘発する帯電性異物が存在しないことを意味する。そのため、X線源100によれば、電源部102における無用な放電現象や電界の乱れが効果的に抑制される。

[0074] ここで、X線源100は、例えば、試料の内部構造を透視画像として観察する非破壊検査装置において、試料にX線を照射するX線発生装置に組み込まれて使用される。図17は、当該X線源100の使用例として、非破壊検査装置のX線発生装置に組み込まれたX線源(本実施例に係るX線管を含む)の作用を説明する正面図である。

[0075] X線源100は、X線カメラXCとの間に配置された試料板SPに向けてX線を照射する。すなわち、X線源100は、金属製筒部材106の上方に突出するヘッド部209の上部9cに内蔵されたターゲット205dのX線発生ポイントXPからX線出射窓210を通して試料板SPにX線を照射する。

[0076] このような使用例において、X線発生ポイントXPから試料板SPまでの距離が近い

程、X線カメラXCによる試料板SPの透視画像の拡大率が大きくなるため、試料板SPは、通常、X線発生ポイントXPに近接して配置される。また、試料板SPの内部構造を立体的に観察する場合、試料板SPをX線の照射方向と直交する軸廻りに傾斜させる。

[0077] ここで、図17に示されたように、試料板SPをX線の照射方向と直交する軸廻りに傾斜させた状態で試料板SPの観察ポイントPをX線発生ポイントXPに接近させて立体的に観察する際、X線源100の金属製筒部材106の先端部に2点鎖線で示すような角部が残っていると、試料板SPが金属製筒部材106の先端角部に接触する距離まで、すなわち、X線発生ポイントXPから観察ポイントPまでの距離がD1となる距離までしか試料板SPの観察ポイントPをX線発生ポイントXPに接近させることができない。

[0078] これに対し、図15及び図16に示されたように金属製筒部材106の先端部がテーパ面106Bによって角部のない先細状に構成されたX線源100では、図17に実線で示されたように、試料板SPが金属製筒部材106のテーパ面106Bに接触する距離まで、すなわち、X線発生ポイントXPから観察ポイントPまでの距離がD2となる距離まで試料板SPの観察ポイントPをX線発生ポイントXPに接近させることができる。その結果、試料板SPの観察ポイントPの透視画像を一層大きく拡大し、観察ポイントPの非破壊検査を一層精密に行うことが可能になる。

[0079] X線源100は、上述の実施例に限定されるものではない。例えば、金属製筒部材106は、その内周面の断面形状が円形であることが好ましいが、その外周面の断面形状は、円形に限らず、四角形やその他の多角形とすることができる。この場合、金属製筒部材の先端部の周面は斜面状に形成することができる。

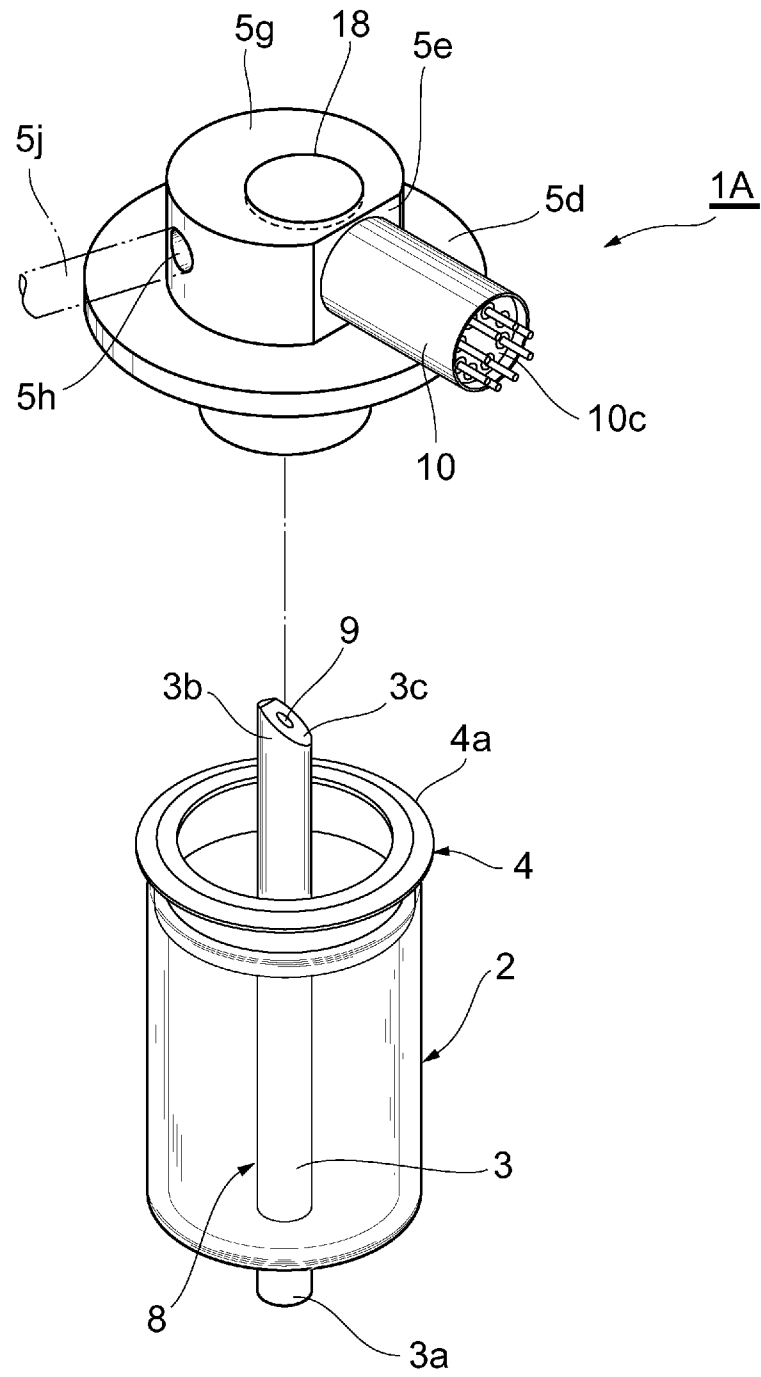
[0080] また、電源部102の絶縁ブロック102Aは、短円柱形状を有してもよく、これに対応して第1板部材103及び第2板部材104は円板形状を有してもよい。さらに、締結スペーサ部材105は、円柱形状であってもよく、その本数も4本に限定されない。

請求の範囲

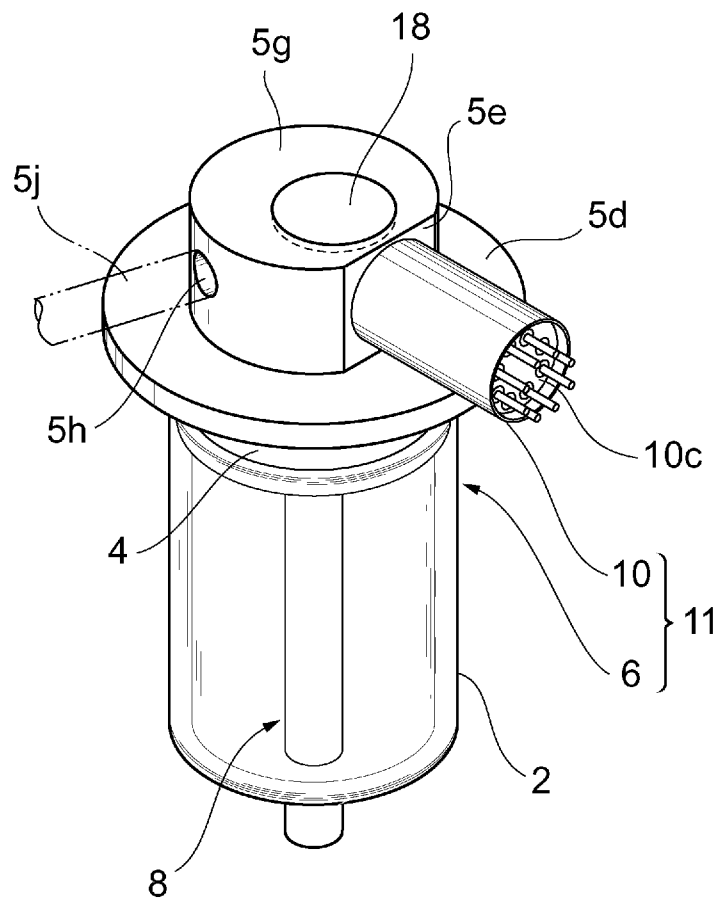
- [1] 管状の陽極収容部と、
前記陽極収容部内に配置された陽極と、
前記陽極のターゲットに、電子銃から出射された電子を入射させてX線を発生させ、そのX線を取り出すためのX線出射窓と
を備え、
前記陽極は、前記陽極収容部の管軸線に沿って配置され、
前記陽極収容部の端部に設けられた封塞部には、前記X線出射窓が、前記陽極収容部の前記管軸線に対して偏心して設けられている、X線管。
- [2] 前記電子銃は、前記陽極収容部の前記管軸線の周囲に設けられた周壁に取り付けられ、前記X線出射窓は、前記管軸線に対して前記電子銃側に偏心している、請求項1記載のX線管。
- [3] 前記X線出射窓は、前記封塞部に複数設けられている、請求項1または2記載のX線管。
- [4] 前記電子銃は、前記陽極収容部に固定された管状の電子銃収容部に収容され、
前記電子銃収容部の管軸線は、前記陽極収容部の前記管軸線に直交し、
前記X線出射窓は、前記陽極収容部の前記管軸線と前記電子銃収容部の前記管軸線とを含む面からずれた位置に中心を有する、請求項2記載のX線管。
- [5] 前記電子銃は、前記陽極収容部に固定された管状の電子銃収容部に収容され、
前記電子銃収容部の前記管軸線と前記陽極収容部の前記管軸線とは交差し、且つ前記電子銃収容部の前記管軸線と前記陽極収容部の前記管軸線とで形成された前記陽極側の挟角は鋭角であり、
前記X線出射窓は、前記陽極収容部の前記管軸線と前記電子銃収容部の前記管軸線とを含む面上に中心を有する、請求項1記載のX線管。
- [6] 前記封塞部には、前記陽極収容部の前記管軸線に対して偏心して設けられた前記X線出射窓と、前記陽極収容部の前記管軸線上に中心を有するX線中央出射窓とが設けられている、請求項1～5のいずれか一項記載のX線管。
- [7] 管状の陽極収容部内に配置された陽極のターゲットに、電子銃から出射された電

子を入射させてX線を発生させ、そのX線をX線出射窓から取り出すX線管と、
前記X線管から取り出されて試料を透過した前記X線を撮像するX線画像撮像装置と
を備え、
前記ターゲットは、前記陽極収容部の管軸線上に配置され、
前記陽極収容部の端部に設けられた封塞部には、前記X線出射窓が、前記陽極収容部の前記管軸線に対して偏心して設けられている、非破壊検査装置。

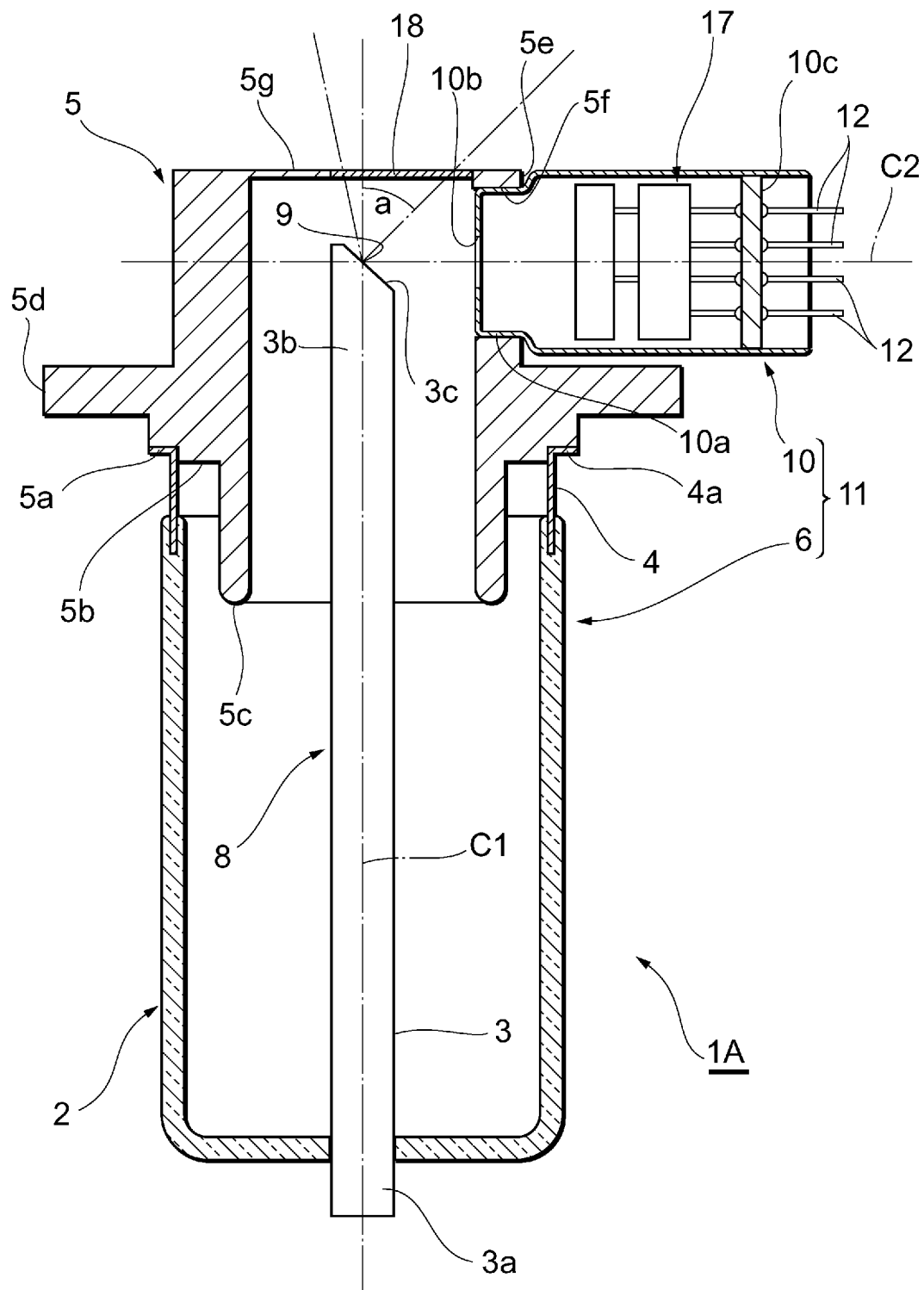
[図1]



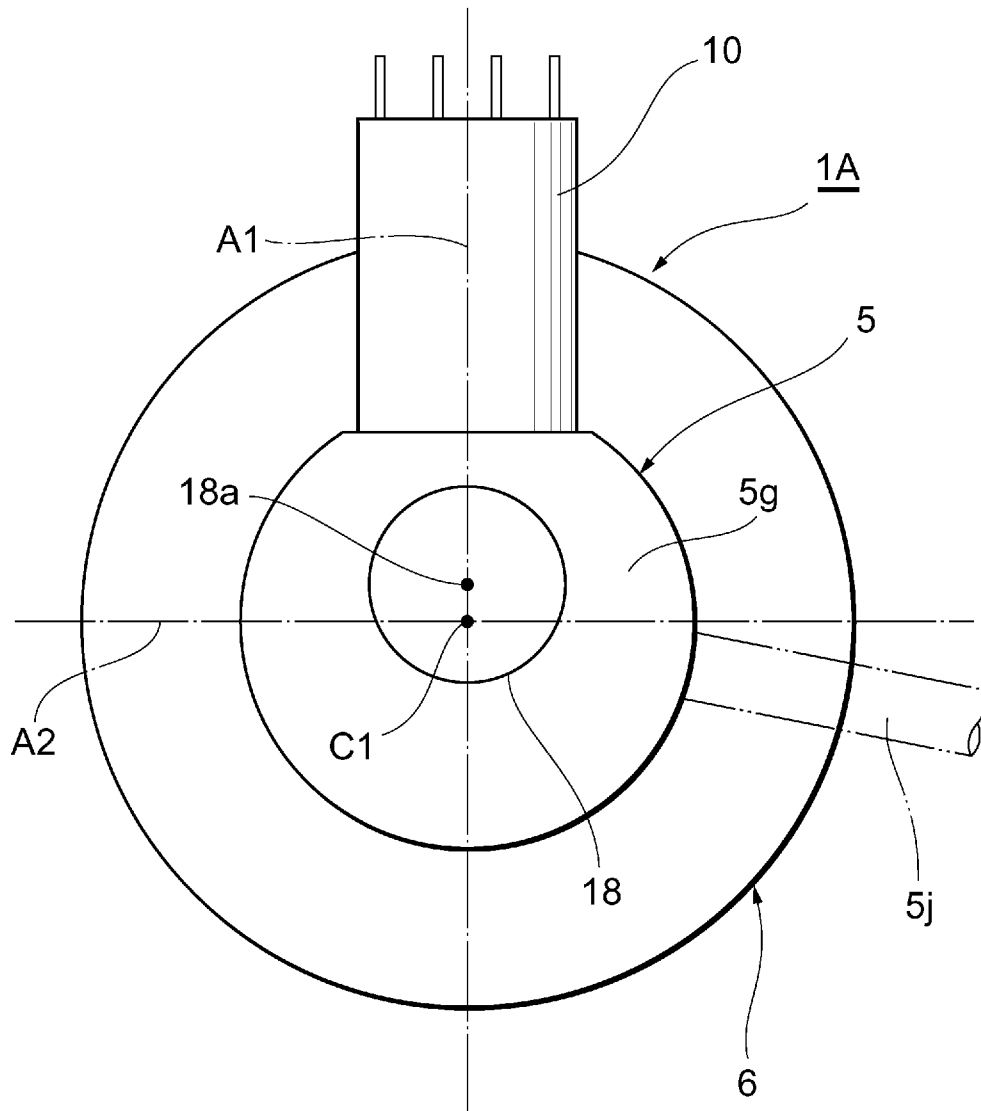
[図2]



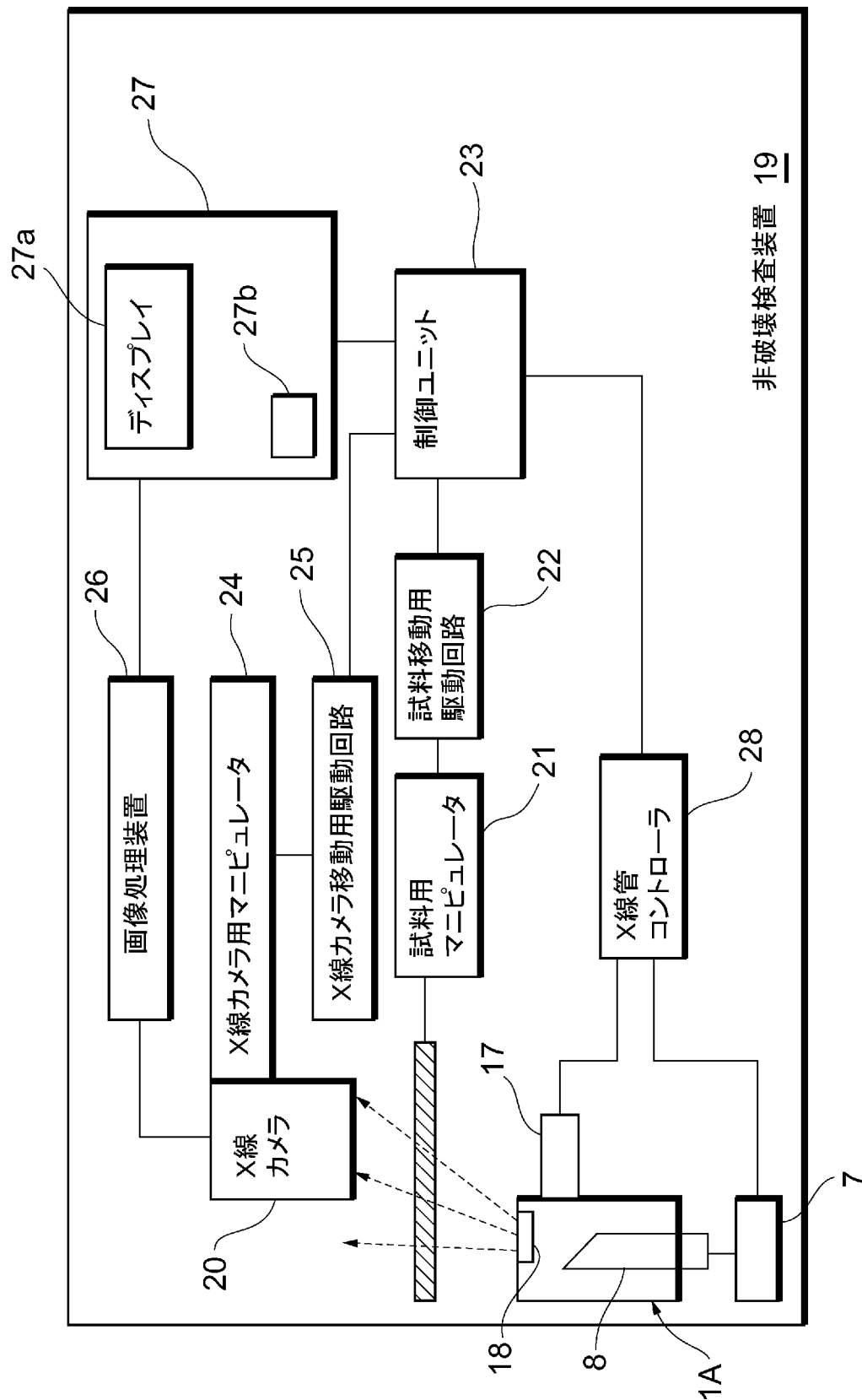
[図3]



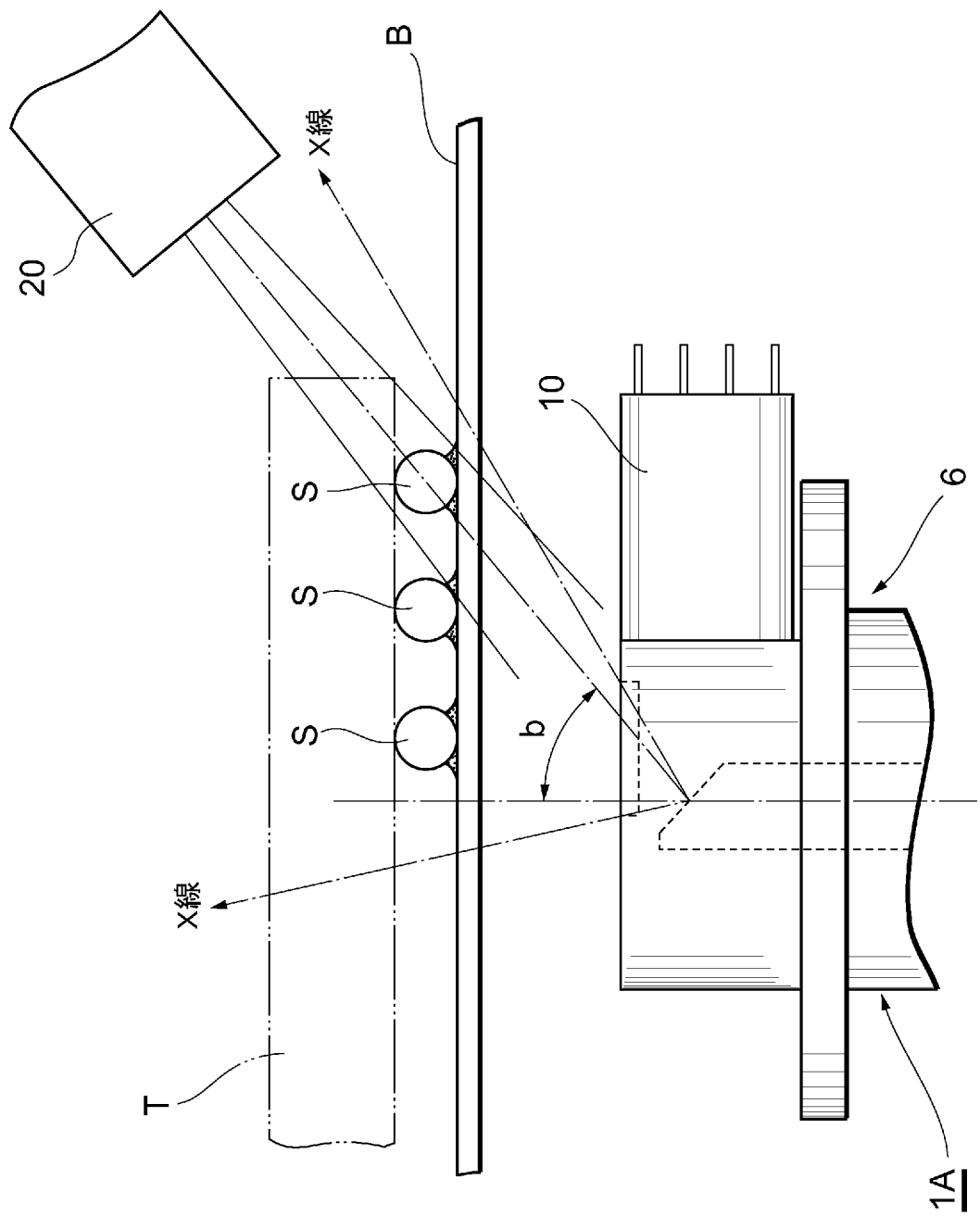
[図4]



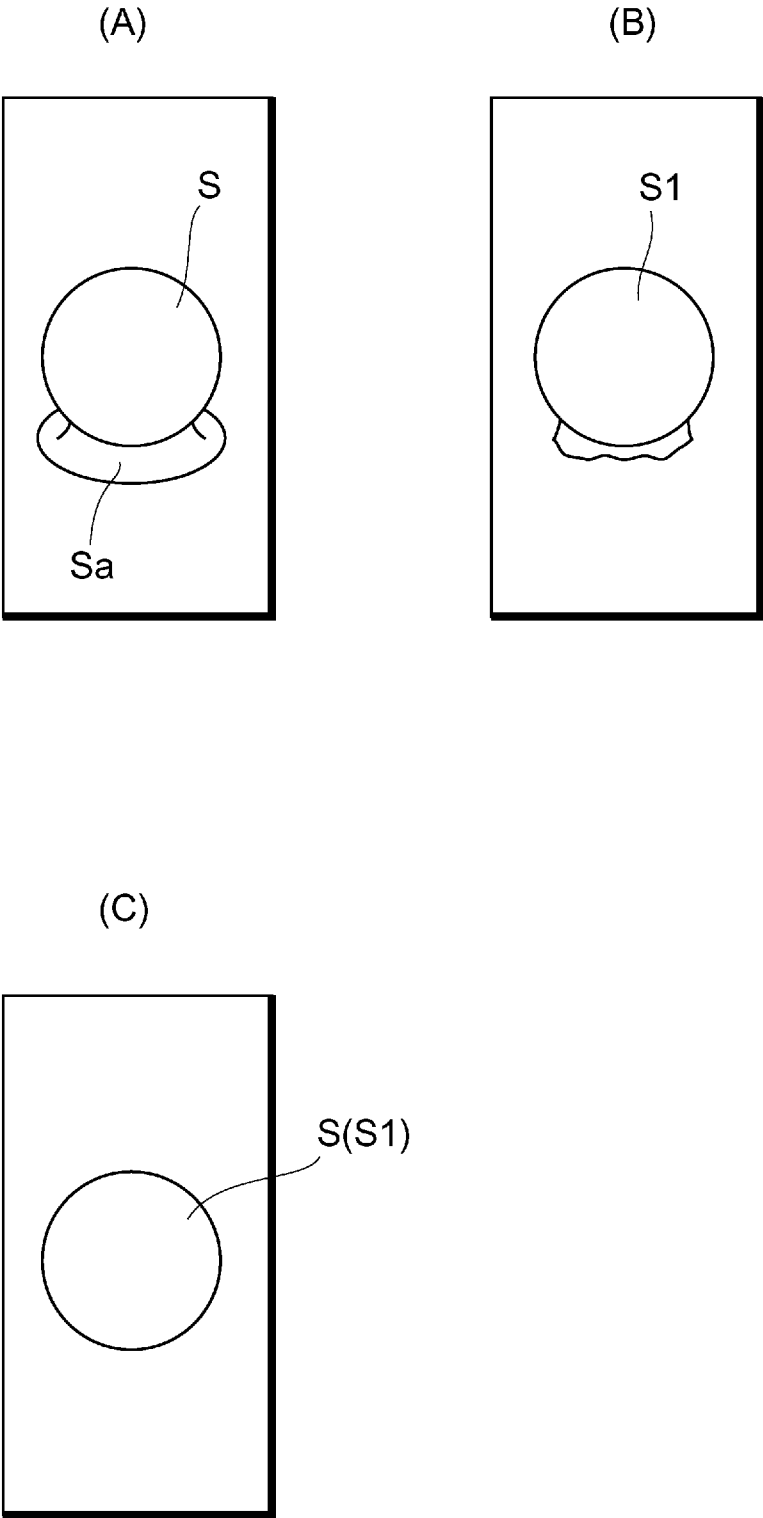
[図5]



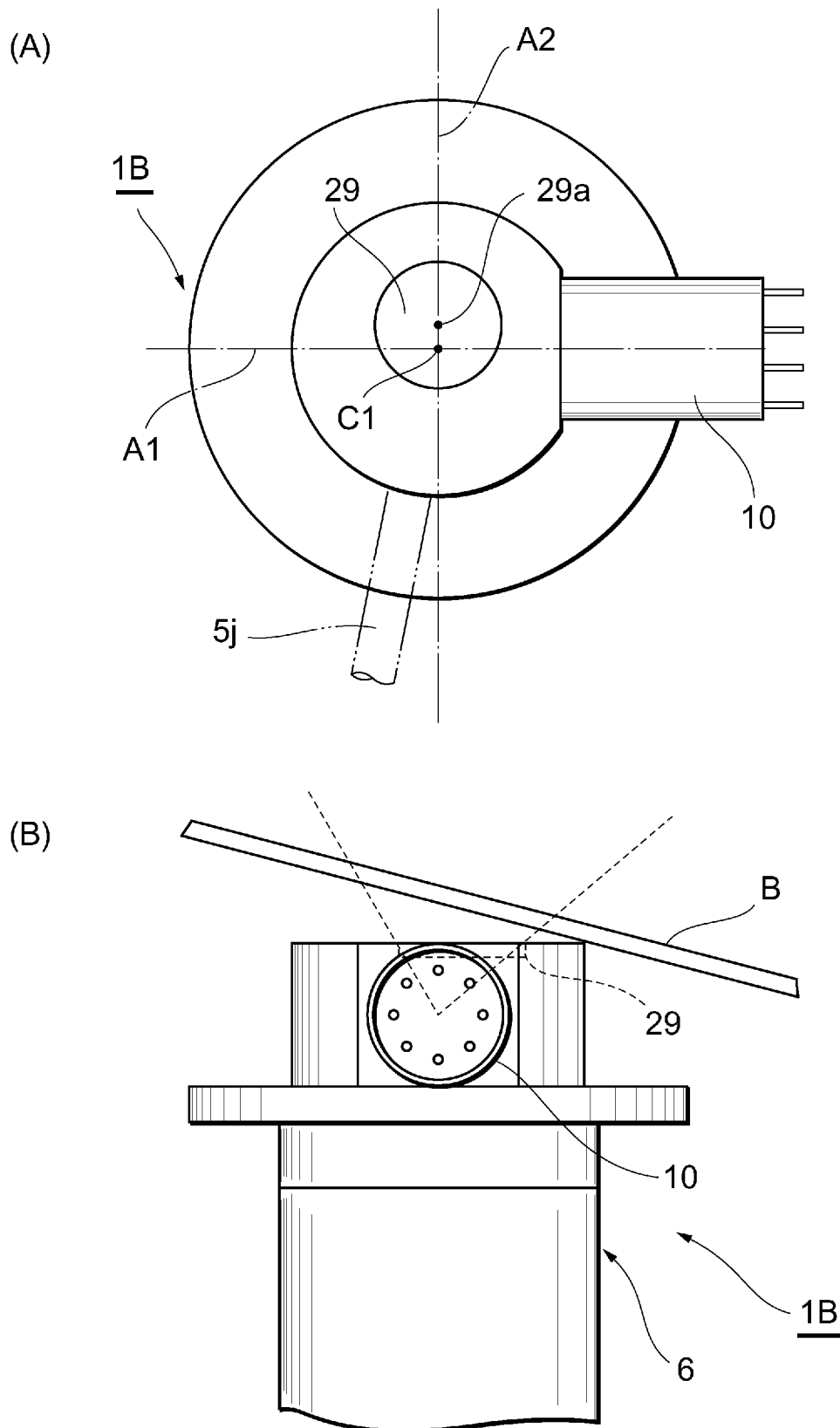
[図6]



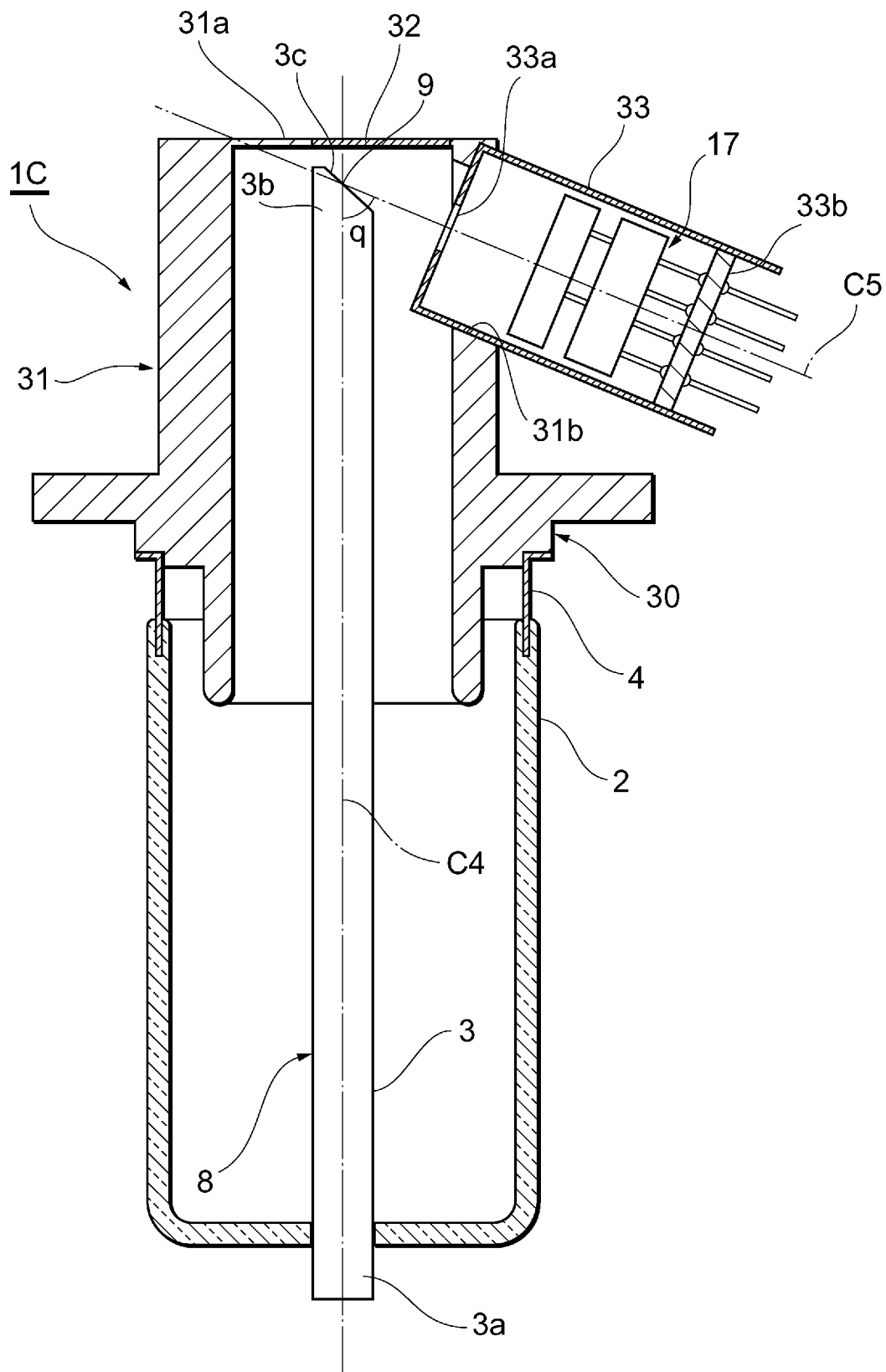
[図7]



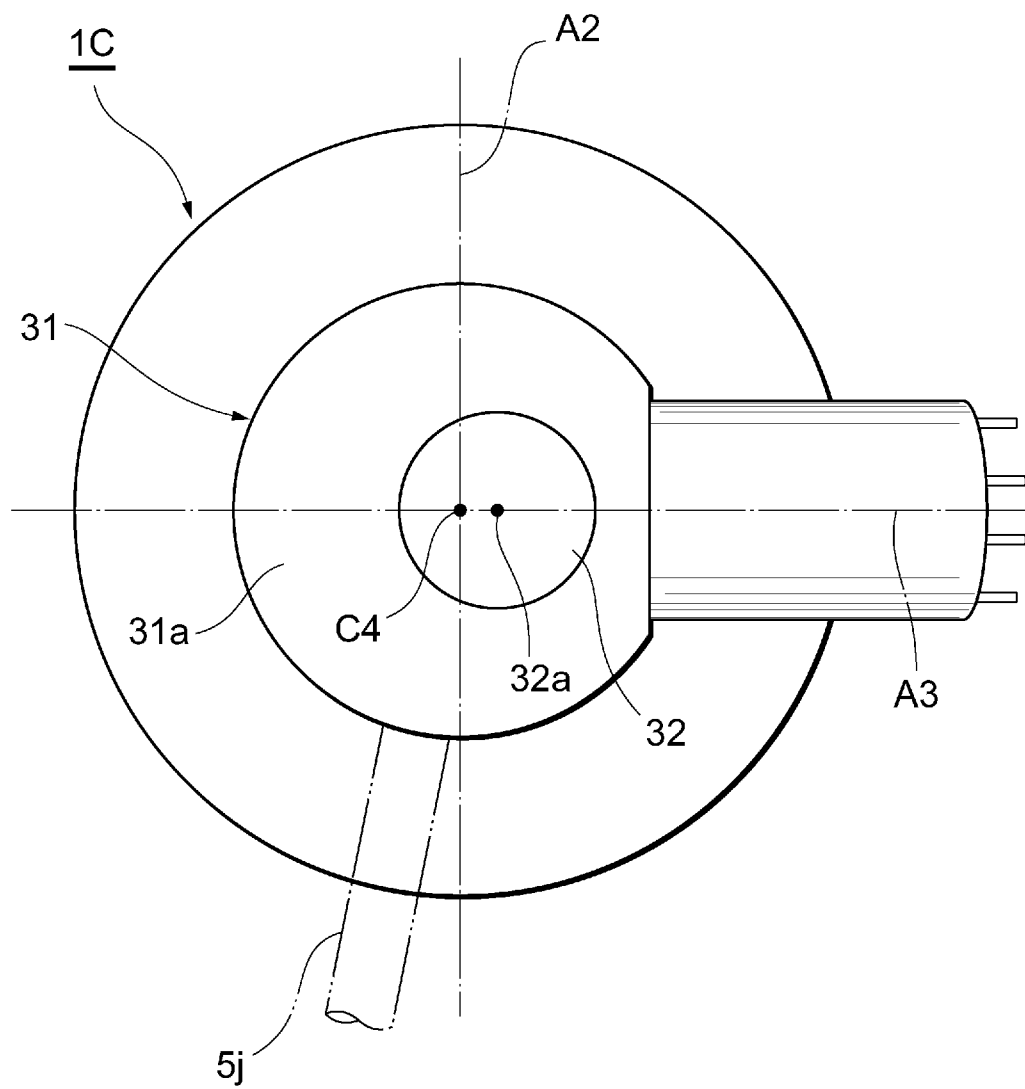
[図8]



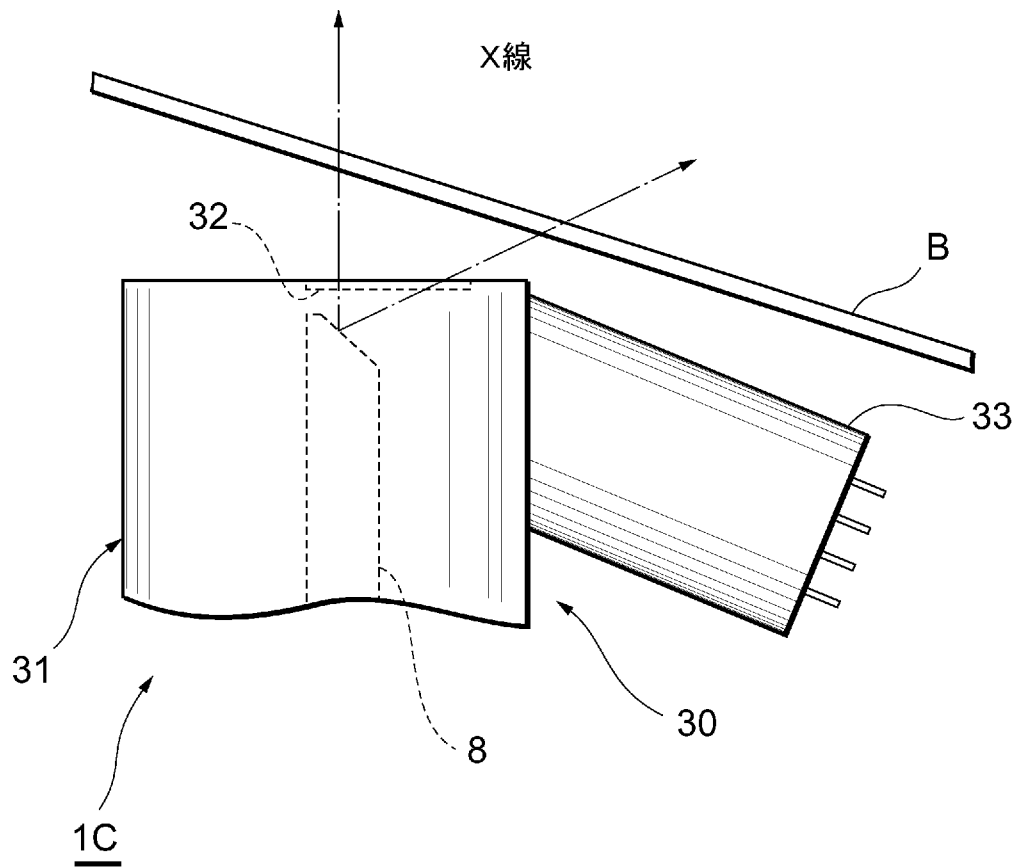
[図9]



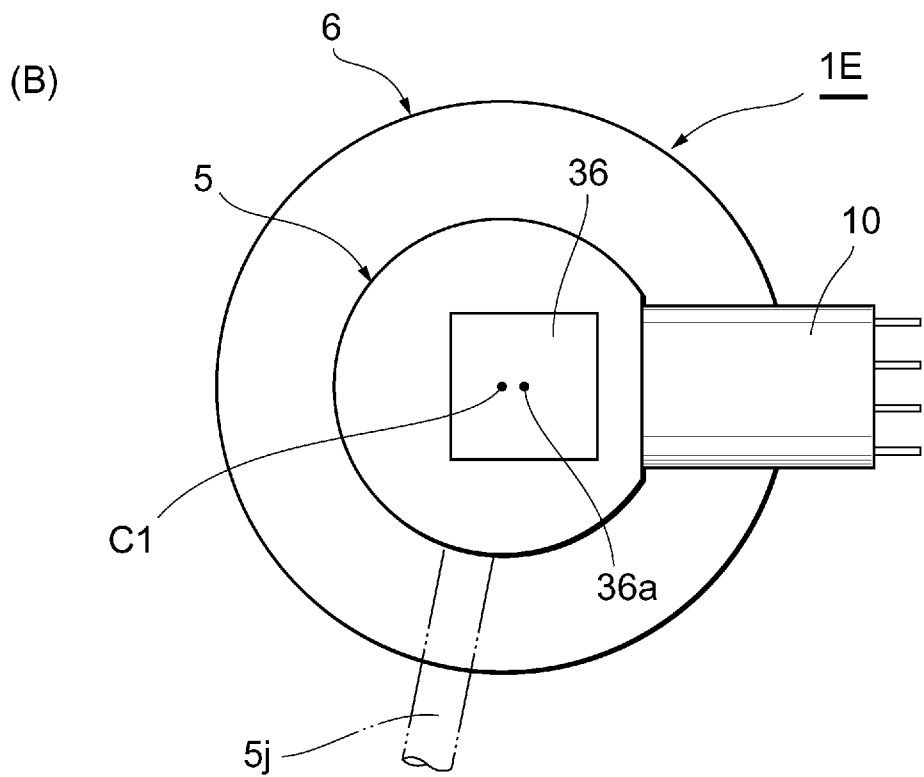
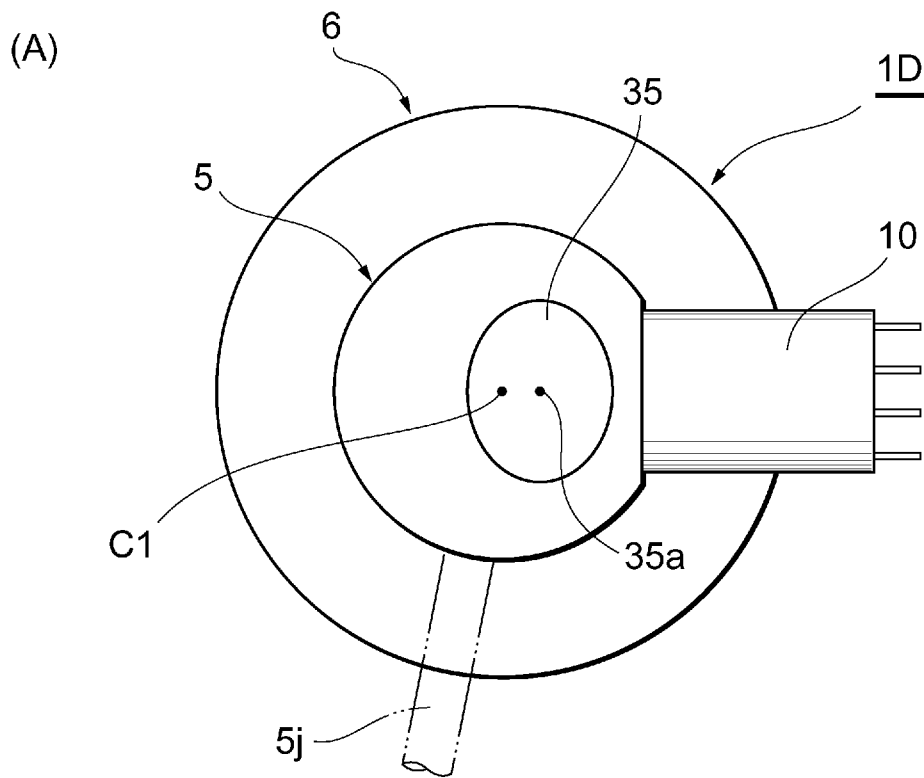
[図10]



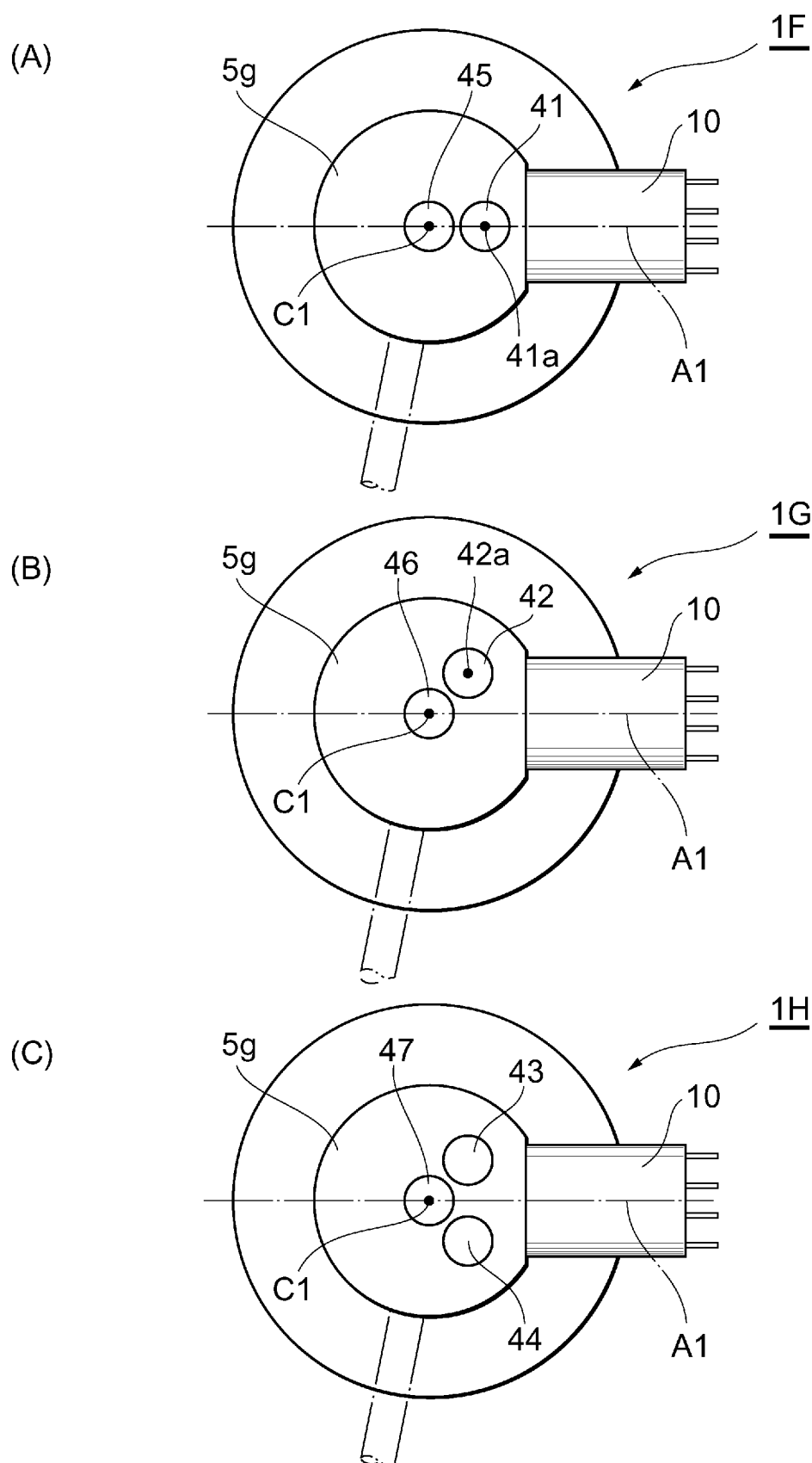
[図11]



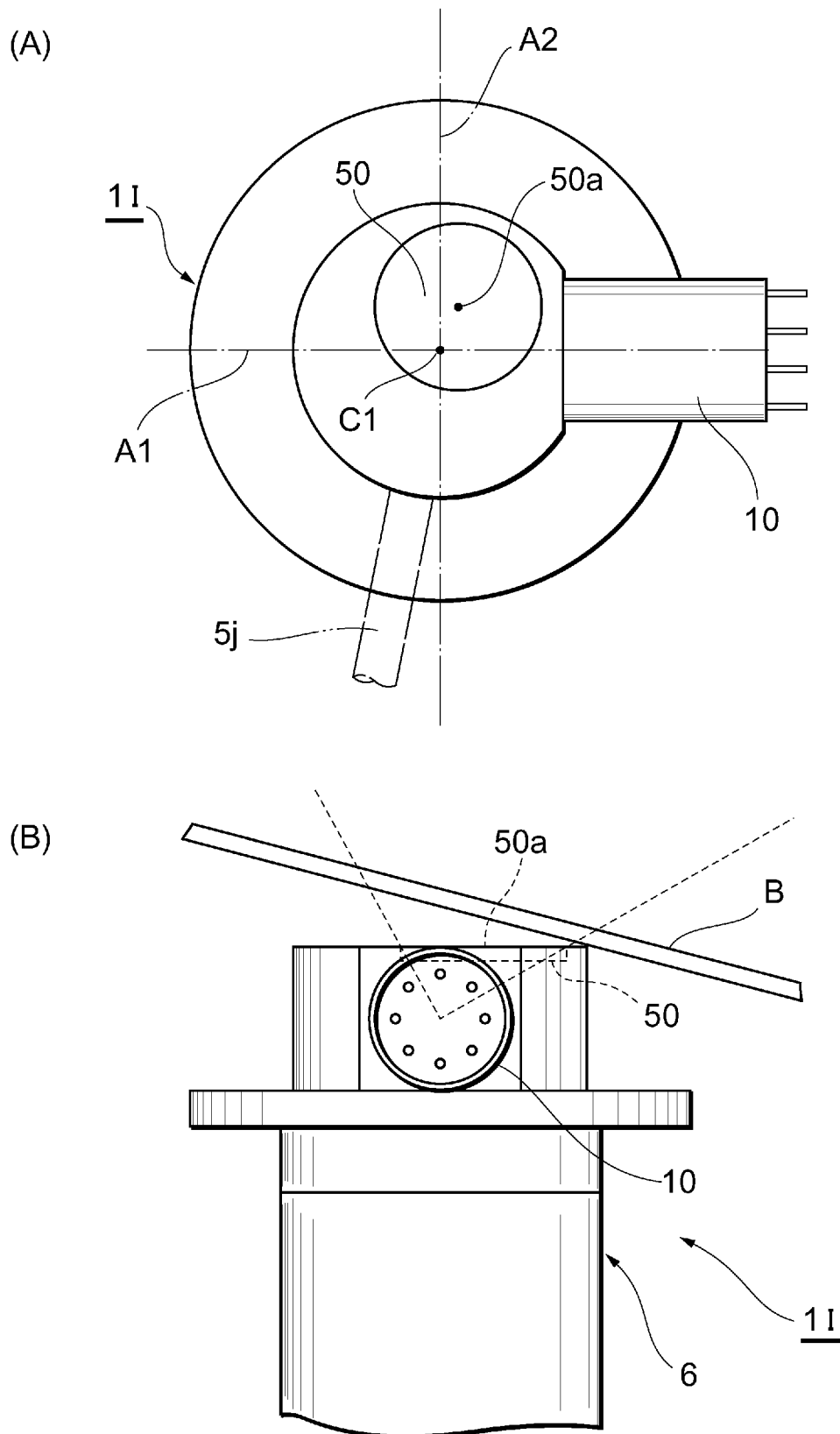
[図12]



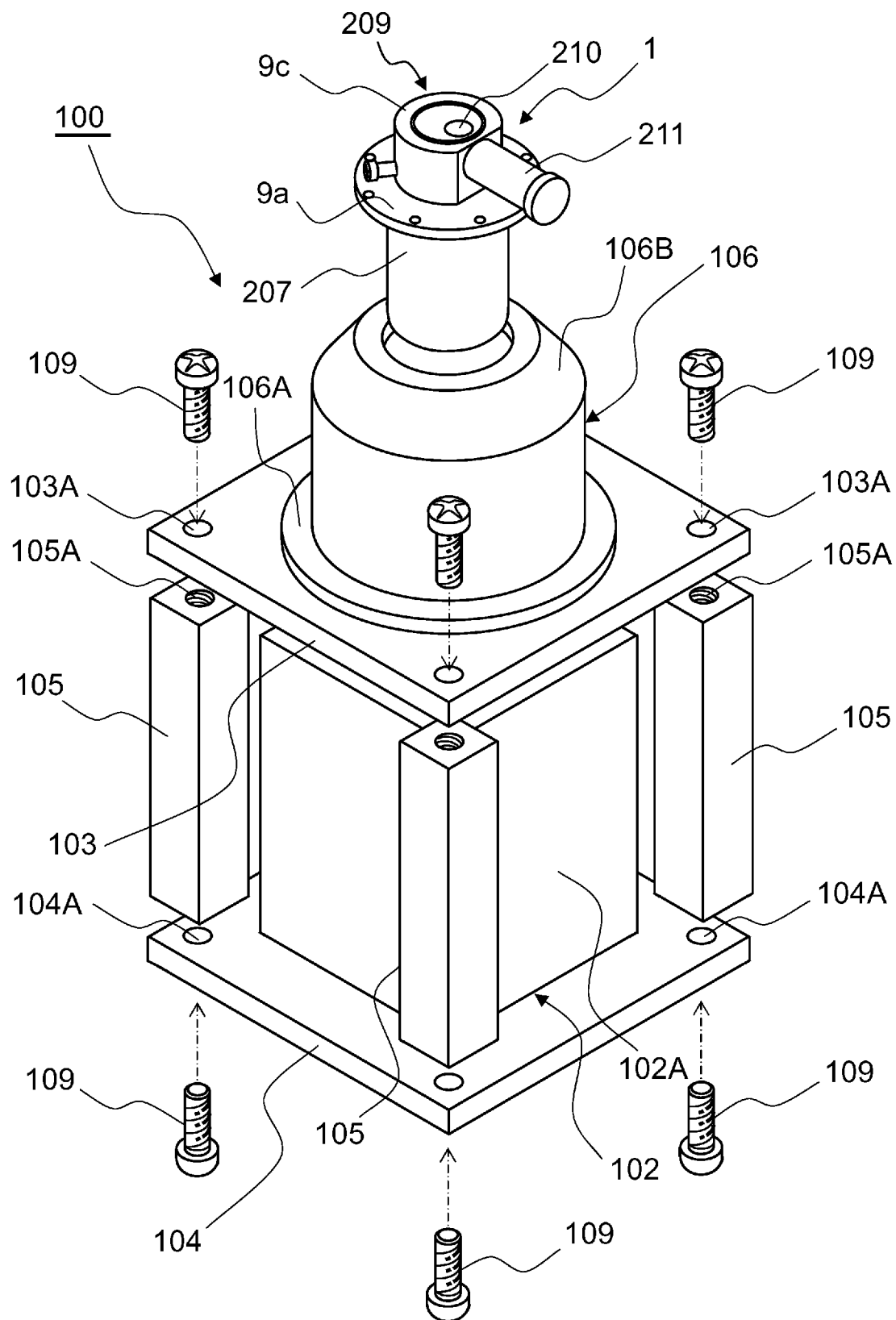
[図13]



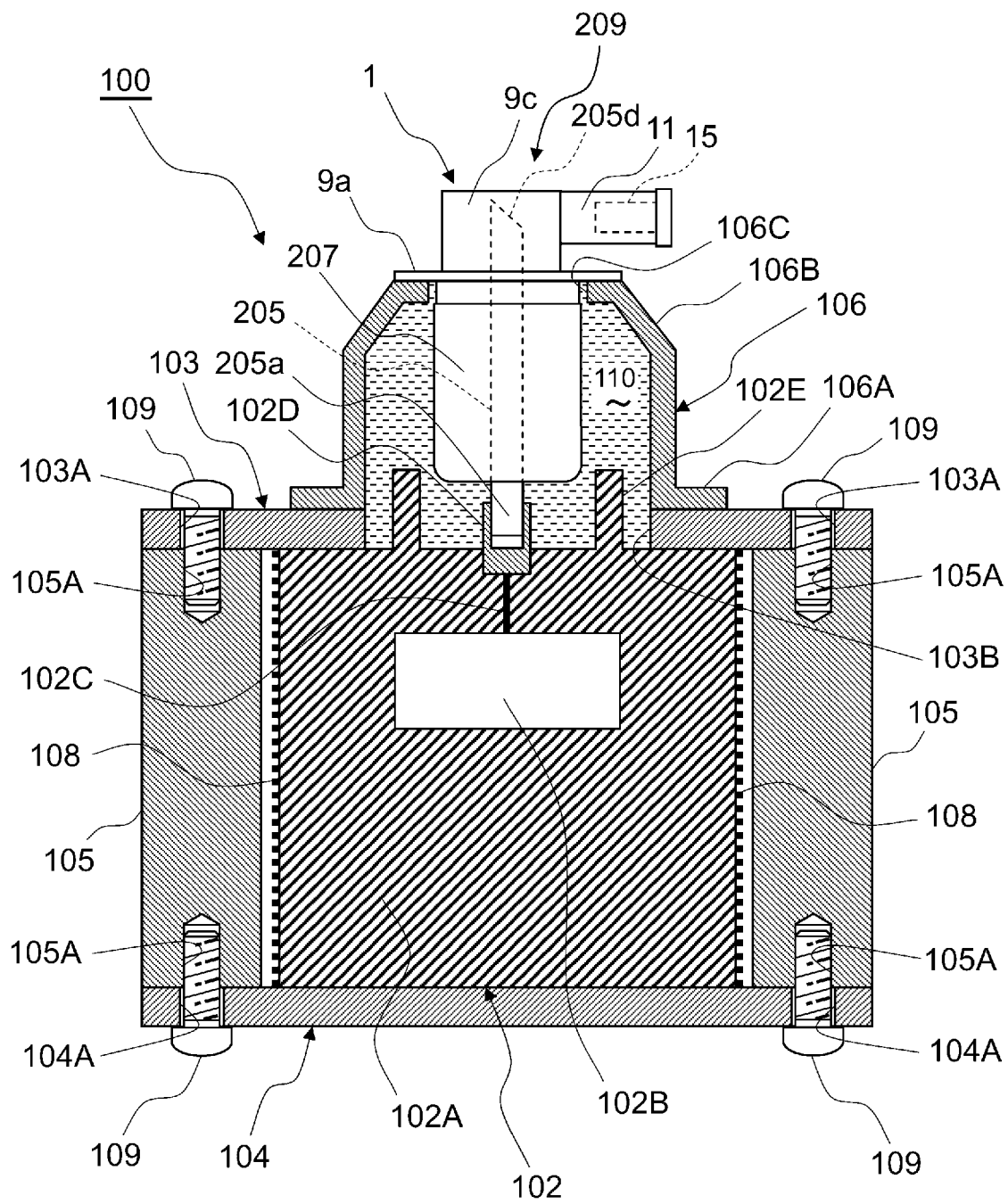
[図14]



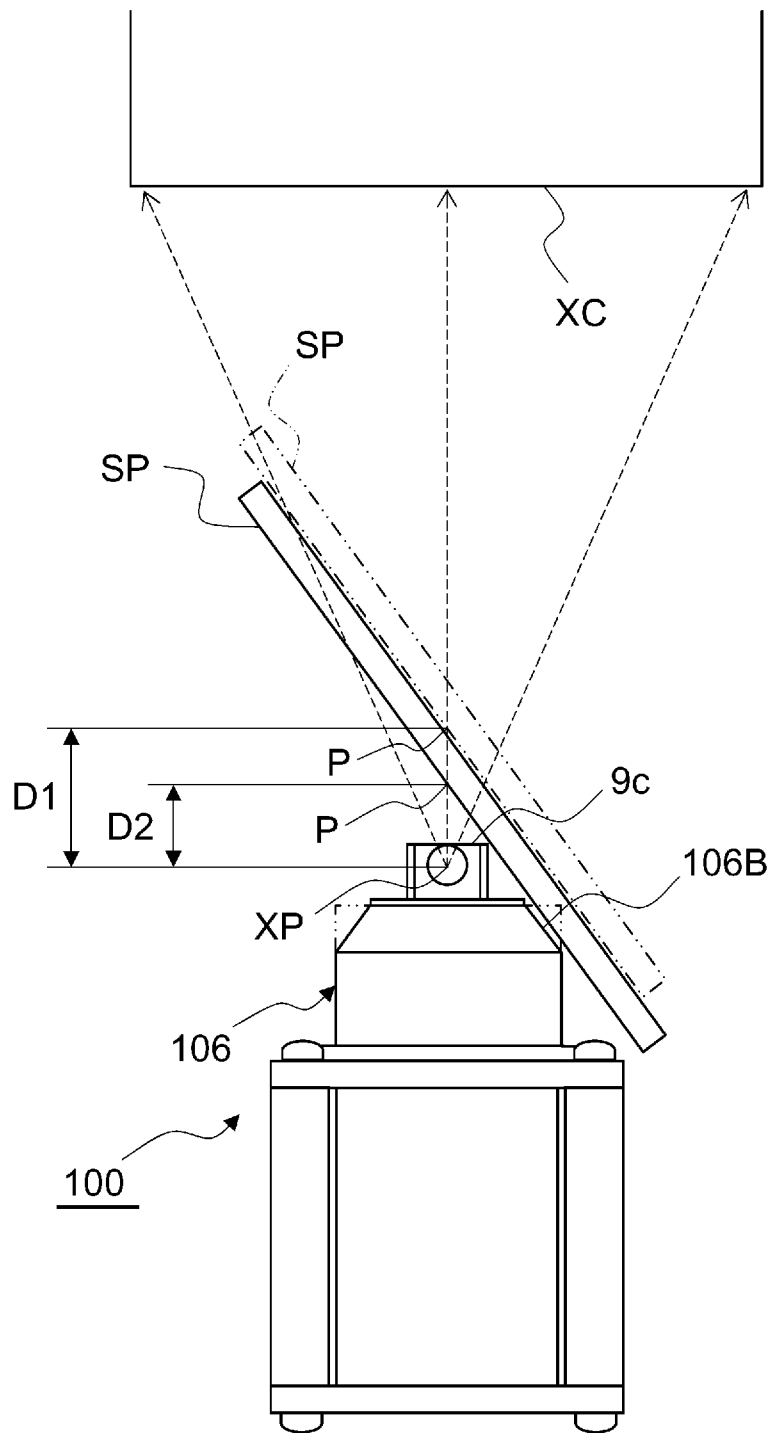
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/319762

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J35/18(2006.01)i, H01J35/06(2006.01)i, H05G1/00(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)

H01J35/18, H01J35/06, H05G1/00

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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.
X Y A	JP 2004-111336 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 08 April, 2004 (08.04.04), Full text; all drawings (Family: none)	1, 4, 7 3, 6 2, 5
Y	JP 02-001600 A (Kabushiki Kaisha Matsuku Saiensu), 05 January, 1990 (05.01.90), Full text; all drawings (Family: none)	3, 6
A	JP 2003-332098 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 21 November, 2003 (21.11.03), Full text; all drawings & WO 03/096763 A1 & US 2005/163284 A1	1-7

☐ 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
20 November, 2006 (20.11.06)

Date of mailing of the international search report
28 November, 2006 (28.11.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
 Int.Cl. H01J35/18(2006.01)i, H01J35/06(2006.01)i, H05G1/00(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. H01J35/18, H01J35/06, H05G1/00

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 0 6年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 0 6年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 0 6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 請求の範囲の番号
X Y A	JP 2004-111336 A（浜松ホトニクス株式会社）2004.04.08, 全文、 全図（ファミリーなし）	1, 4, 7 3, 6 2, 5
Y A	JP 02-001600 A（株式会社マツクサイエンス）1990.01.05, 全文、 全図（ファミリーなし） JP 2003-332098 A（浜松ホトニクス株式会社）2003.11.21, 全文、 全図 & WO 03/096763 A1 & US 2005/163284 A1	3, 6 1-7

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 2 0 . 1 1 . 2 0 0 6	国際調査報告の発送日 2 8 . 1 1 . 2 0 0 6
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） 松岡 智也 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 2 7 3