

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 3 月 6 日 (06.03.2003)

PCT

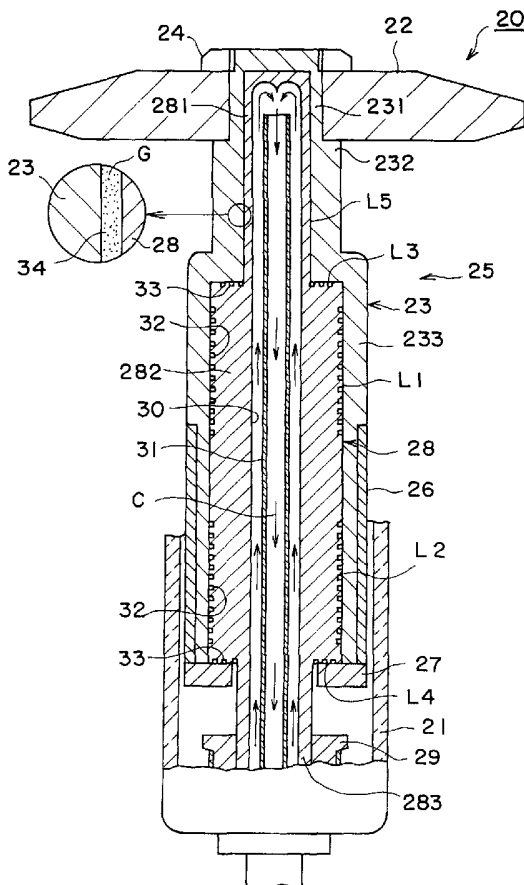
(10) 国際公開番号
WO 03/019610 A1

- (51) 国際特許分類⁷: **H01J 35/10, F16C 17/10** (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒105-8001 東京都 港区芝浦 一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/08699
- (22) 国際出願日: 2002 年 8 月 29 日 (29.08.2002) (72) 発明者; および
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 阿武 秀郎 (ANNO, Hidero) [JP/JP]; 〒324-0052 栃木県 大田原市 城山 2-6-5 Tochigi (JP). 斎藤 晋 (SAITO, Shin) [JP/JP]; 〒324-0058 栃木県 大田原市 紫塚 1-13-13 Tochigi (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: (74) 代理人: 須山 佐一 (SUYAMA, Saichi); 〒101-0046 東京都 千代田区 神田多町 2 丁目 1 番地 神田東山ビル Tokyo (JP).
- 特願2001-259087 2001 年 8 月 29 日 (29.08.2001) JP
- 特願2001-264281 2001 年 8 月 31 日 (31.08.2001) JP
- 特願2002-18592 2002 年 1 月 28 日 (28.01.2002) JP (81) 指定国 (国内): CN, HU, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: ROTARY POSITIVE POLE TYPE X-RAY TUBE

(54) 発明の名称: 回転陽極型 X 線管



(57) Abstract: A rotary positive pole type X-ray tube, wherein a positive pole target (22) is rotatably supported by a rotating mechanism (25) having a rotating body (23) and a fixed body (28), a fitted portion between the rotating body (23) and the fixed body (28) is formed of bearing areas (L1) to (L4) having dynamic sliding bearings and a non-bearing area (L5) having a clearance between the rotating body (23) and the fixed body (28) larger than that in the bearing areas (L1) to (L4), and the rotating body facing the non-bearing area is positioned where a time for heat transfer from the positive pole target (22) is shorter than that from the rotating body facing the bearing areas, whereby the characteristics of heat radiation from the positive pole target (22) can be increased, and a stable bearing operation can be maintained.

[続葉有]

WO 03/019610 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

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:

陽極ターゲット22は、回転体23と固定体28とを有する回転機構25によって回転可能に支持されている。回転体23と固定体28との嵌合部分は、動圧式すべり軸受が設けられた軸受領域L1～L4と、この軸受領域より回転体23と固定体28との隙間が大きい非軸受領域L5とを有する。非軸受領域に面する回転体は、軸受領域前に面する回転体より陽極ターゲット22からの熱伝達時間が早い場所に位置している。これによって、陽極ターゲット22からの放熱特性が向上し、安定な軸受動作を維持することが可能となる。

明 細 書

回転陽極型 X 線管

5 技術分野

本発明は動圧式すべり軸受を用いた回転陽極型 X 線管に関する。

背景技術

回転陽極型 X 線管は、X 線を放射する陽極ターゲットを回転機構に
10 よって回転可能に支持し、高速で回転する陽極ターゲットに対して電子
ビームを照射し、陽極ターゲットから X 線を放射させる構造を有してい
る。陽極ターゲットを支持する回転機構は回転体や固定体などから構成
されており、回転体と固定体との間には軸受が設けられている。軸受部
15 にはボールベアリングのようなころがり軸受、あるいは軸受面にらせん
溝を形成し、このらせん溝の部分などにガリウム (Ga) やガリウム
(Ga) - インジウム (In) - 錫 (Sn) 合金のような液体金属潤滑
剤を供給する動圧式すべり軸受が用いられている。

従来の回転陽極型 X 線管について、図 2 1 を参照して説明する。図 2
1 に示す回転陽極型 X 線管は軸受部に動圧式すべり軸受を用いたもので
20 ある。図 2 1 に示す回転陽極型 X 線管 1 は収納容器 2 内に収納されてい
る。回転陽極型 X 線管 1 は真空容器 3 内に対向して配置された陰極 4 と
陽極ターゲット 5 とを有している。陽極ターゲット 5 は回転機構 6 の回
転支柱 7 などに連結されており、回転機構 6 によって回転可能に支持さ
れている。回転機構 6 は、回転支柱 7 が連結された回転体 8 と、この回
25 転体 8 に嵌合した固定体 9 などを有している。

回転体 8 の下端部の開口はスラストリング 10 で封止され、固定体

9はスラストリング10を貫通して外側まで伸びている。また、固定体9の内部には、冷却媒体が流れる冷却用通路を形成する穴11が管軸に沿って設けられている。固定体9の下端部は真空容器3の一端を封止する封止リング12に気密接合されて固定されている。真空容器3の外側にはステータ13が配置されている。

回転陽極型X線管1の動作時において、回転体8および陽極ターゲット5はステータ13が発生する回転磁界によって高速で回転する。この状態で、陰極4が発生した電子ビームeを陽極と陰極間の高電圧で加速し、陽極ターゲット5に衝突させてX線を放出させる。X線は矢印Yで示すように、真空容器3に設けた出力窓W1および収納容器2に設けた出力窓W2を通して外部に取り出される。

上述した回転陽極型X線管1の陽極構造について、図22を参照して説明する。回転体8は、回転支柱7が連結された中間円筒8aと、中間円筒8aの内側に接合された内側円筒8bと、中間円筒8aの外側に接合された外側円筒8cとで構成された3層構造を有している。外側円筒8cの外表面には熱放出用の黒化膜14が形成されている。内側円筒8bの下端部の開口はスラストリング10で封止されている。

このような回転体8の内側円筒8bの内部には固定体9が嵌合されている。固定体9の下端部はスラストリング10を貫通し、さらにその下方まで伸びている。動圧式すべり軸受は内側円筒8bと固定体9との嵌合面などに設けられている。例えば、固定体9の外周面の管軸方向に離れた2箇所に、ラジアル方向の動圧式すべり軸受15a、15bがそれぞれ設けられている。また、固定体9の上方の端面および固定体9の下方の段差面には、スラスト方向の動圧式すべり軸受16a、16bがそれぞれ設けられている。

ラジアル方向の動圧式すべり軸受15a、15bの部分には、図23

に示すようなヘリボーンパターンのらせん溝 17 がそれぞれ一対で形成されている。スラスト方向の動圧式すべり軸受 16 a、16 b の部分には、図 24 に示すようなヘリボーンパターンのらせん溝 18 が形成されている。これらのらせん溝 17、18 の部分、および内側円筒 8 b と固定体 9 との嵌合部の隙間には、ガリウムやガリウム合金などの液体金属潤滑剤が供給される。固定体 9 の外周面に設けられた 2 つの軸受 15 a、15 b に挟まれた領域には、軸受 15 a、15 b の部分よりも内側円筒 8 b と固定体 9 との隙間が広く、軸受として機能しない非軸受領域 19 が設けられている。非軸受領域 19 の隙間は、例えば液体金属潤滑剤の貯蔵部などとして機能する。

内側円筒 8 b と固定体 9 との隙間などの軸受寸法は、回転体 8 が安定に回転できるような大きさに設定されている。軸受部分の隙間などの具体的な大きさは、回転部分の回転速度や軸の形状などによって異なる。例えば、図 23 に示したような動圧式すべり軸受 15 a、15 b の場合、内側円筒 8 b の内周面と固定体 9 の外周面との隙間は、固定体 9 の軸受部分における直径の約 1/1000 以下程度の大きさに設定される。

回転陽極型 X 線管 1 は、その動作時に電子ビームの照射により陽極ターゲット 5 の温度が上昇する。陽極ターゲット 5 の熱を X 線管 1 の管外に逃がす場合、動圧式すべり軸受を用いた回転陽極型 X 線管 1 では以下に示すような方法が適用されている（特開平 2-244545 号公報、同 5-144395 号公報、同 6-76772 号公報、同 7-226177 号公報、同 9-171789 号公報、米国特許第 5,838,763 号明細書など参照）。例えば、まず陽極ターゲット 5 の熱を、陽極ターゲット 5 が連結されている回転体 8 に伝える。さらに、回転体 8 から軸受部分の液体金属潤滑剤を経て固定体 9 に熱を伝える。そして、固定体 9 から X 線管 1 の管外に熱を放出する。固定体 9 の内部には冷却媒体用通路が設けられている。

上述した従来の回転陽極型 X 線管における熱の放出方法では、軸受部分の温度上昇が大きくなる。例えば、図 22 に示した陽極構造では、陽極ターゲット 5 の熱は回転支柱 7 から中間円筒 8 a に伝わり、中間円筒 8 a から内側円筒 8 b および軸受 15 b を介して固定体 9 に伝わる。このように、陽極ターゲット 5 の熱が軸受部分に直接的に伝わるため、軸受部分の温度上昇が大きくなる。

さらに、特開平 2-244545 号公報や米国特許第 5,838,763 号明細書などに示されているように、陽極ターゲットと回転体とが広い面積で接触していると、陽極ターゲットから回転体に伝わる熱量が多くなるため、軸受部分の温度がさらに高くなる。その結果、軸受を形成する材料と液体金属潤滑剤とが相互反応して軸受面が荒れたり、また反応生成物によって軸受間隙の寸法が変化するなどの問題が生じる。これらは軸受動作に悪影響を与えることから、軸受動作を安定に維持することができなくなる。

回転陽極形 X 線管が動作状態に入ると、回転機構の回転部分が回転して液体金属潤滑剤にせん断エネルギーが加わり、これが熱に変換して軸受部分が発熱する。軸受部分には上述したように陽極ターゲットからの熱も加わる。このようなことから、特開平 7-226177 号公報や特開平 9-171789 号公報には、回転体に伝わる熱を少なくするために、陽極ターゲットと回転体との間に、筒状などの熱抵抗構造を有する継手部を設けた構造が記載されている。

継手部を設ける場合には、陽極ターゲットを継手部に連結し、継手部を回転機構の回転体に連結する。陽極ターゲットと継手部の連結部分および回転体と継手部の連結部分は、いずれか一方を一体で成形し、他方は機械的に接触させてねじ部品で固定している。このような連結構造は熱抵抗が大きく、十分な熱伝達効果を得ることができない。また、熱抵

抗の大きさが接触部分の面の荒さに左右され、加工精度によって熱抵抗値にばらつきが生じる。熱抵抗値がばらついていると、例えば 1 つの管内の回転体に温度差が生じたり、あるいは管によって回転体に温度差が生じる。このような場合、温度のばらつきを考慮した設計が必要となり、

5 熱伝達効果を高める上での障害となる。

さらに、従来の回転陽極型 X 線管において、陽極ターゲットの熱を回転体から軸受面を介して固定体に伝達する場合には、最終的に固定体内部に設けられた冷却用通路を流れる冷却媒体に熱が伝えられる。冷却媒体に伝わる熱量は、固定体と冷却媒体との有効接触面積が広いほど大きくなる。この有効接触面積は冷却用通路の表面積のうち、熱が有効に伝わる部分（例えば冷却用通路の表面温度が高い部分）に依存する。しかし、陽極ターゲットの熱は回転体から固定体内部の冷却用通路までの熱経路のうち、距離が短い僅かな領域を通して冷却媒体に伝わってしまう。これでは有効接触面積を十分に広くすることができず、軸受部の動作特性の低下などを招いてしまう。

本発明の目的は、基本的には陽極ターゲットの熱を回転機構などを介して良好に放熱させることを可能にした回転陽極型 X 線管を提供することにある。具体的には、動圧式すべり軸受部分の温度上昇を抑え、安定な軸受動作を維持することを可能にした回転陽極型 X 線管を提供することを目的としている。また、陽極ターゲットから回転機構の回転体に伝わる熱のばらつきを抑制した回転陽極型 X 線管を提供することを目的としている。さらに、回転機構の回転体から固定体への伝熱特性を向上させた回転陽極型 X 線管を提供することを目的としている。

25 発明の開示

本発明の第 1 の回転陽極型 X 線管は、真空容器と、前記真空容器内に

設けられた陽極ターゲットと、前記陽極ターゲットと連結された回転体と、前記回転体に嵌合された固定体とを備え、前記陽極ターゲットを回転可能に支持する回転機構であって、前記回転体と前記固定体とが第 1 の隙間をもって対向し、かつ動圧式すべり軸受が設けられた第 1 の領域と、前記回転体と前記固定体とが前記第 1 の隙間より大きい第 2 の隙間をもって対向し、かつ前記第 2 の隙間に液体金属潤滑剤が充填された第 2 の領域とを有する回転機構とを具備する回転陽極型 X 線管であって、前記第 2 の領域に面する前記回転体は、前記第 1 の領域に面する前記回転体より前記陽極ターゲットからの熱伝達時間が早い場所に位置することを特徴としている。

本発明の第 1 の回転陽極型 X 線管においては、動圧式すべり軸受が設けられた第 1 の領域より回転体と固定体との隙間が大きい第 2 の隙間を非軸受領域として設け、この第 2 の領域を第 1 の領域より陽極ターゲットからの熱伝達時間が早い位置に設けている。従って、回転体から固定体への熱伝達は、その多くが非軸受領域である第 2 の隙間を経由して行われる。これによって、軸受領域である第 1 の領域を通る熱量が少なくなり、軸受領域の温度上昇を抑えることができる。

本発明の第 2 の回転陽極型 X 線管は、真空容器と、前記真空容器内に設けられた陽極ターゲットと、少なくとも一部が筒状部で構成され、かつ前記陽極ターゲットに金属接合または一体成形により結合された継手部と、前記継手部と金属接合または一体成形により結合された回転体と、前記回転体との嵌合部分に動圧式すべり軸受が設けられた固定体とを備え、前記継手部を介して前記陽極ターゲットを回転可能に支持する回転機構とを具備することを特徴としている。

本発明の第 2 の回転陽極型 X 線管においては、陽極ターゲットと継手部とを金属接合または一体成形により結合し、さらに継手部と回転体と

を金属接合または一体成形により結合している。このような結合構造によって、陽極ターゲットから回転体までの熱伝達経路の全てを金属組織学的に結合することができる。その結果、熱伝達経路中に金属同士が単に機械的に接触するだけの部分がなくなり、熱伝達経路における熱抵抗

5 値のばらつきを防止することが可能となる。

本発明の第3の回転陽極型X線管は、真空容器と、前記真空容器内に配置された陽極ターゲットと、前記陽極ターゲットと連結された回転体と、前記回転体との嵌合部分に液体金属潤滑剤を用いた動圧式すべり軸受が設けられた固定体とを備え、前記陽極ターゲットを回転可能に支持

10 する回転機構と、前記回転体の外表面に接合され、かつ前記回転体より熱伝導率の高い部材からなる伝熱促進体とを具備することを特徴としている。

本発明の第3の回転陽極型X線管においては、回転体の外表面に伝熱促進体を接合している。従って、陽極ターゲットの熱は伝熱促進体を介して回転体に伝達されるため、回転体の広い範囲から固定体に熱を伝えることができる。従って、固定体と冷却媒体との有効接触面積が増加し、陽極ターゲットの冷却効率を高めることが可能となる。

15

図面の簡単な説明

20 図1は第1の発明の第1の実施形態による回転陽極型X線管の要部構成を示す縦断面図である。

図2は第1の発明の第2の実施形態による回転陽極型X線管の要部構成を示す縦断面図である。

図3は第1の発明の第3の実施形態による回転陽極型X線管の要部構成を示す縦断面図である。

25

図4は第1の発明の第4の実施形態による回転陽極型X線管の要部構

成を示す縦断面図である。

図 5 は第 1 の発明の第 5 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 6 は第 1 の発明の第 6 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 7 は図 6 に示す回転陽極型 X 線管に用いられた固定体を示す斜視図である。

図 8 は第 1 の発明の第 7 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

10 図 9 は第 2 の発明の第 1 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 10 は第 2 の発明の第 2 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 11 は第 2 の発明の第 3 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 12 は第 2 の発明の第 4 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 13 は第 2 の発明の第 5 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

20 図 14 は第 2 の発明の第 6 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 15 は第 2 の発明の第 7 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 16 は第 3 の発明の第 1 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 17 は図 16 に示す回転陽極型 X 線管の a - a 線に沿った横断面図

である。

図 1 8 は図 1 6 に示す回転陽極型 X 線管の b-b 線に沿った横断面図である。

図 1 9 は第 3 の発明の第 2 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部
5 構成を示す縦断面図である。

図 2 0 は第 3 の発明の第 3 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。

図 2 1 は従来の回転陽極型 X 線管の概略構成を示す図である。

図 2 2 は図 2 1 に示す回転陽極型 X 線管の回転陽極部分を抜き出して
10 示す断面図である。

図 2 3 は図 2 2 に示す回転陽極部分の固定体を示す斜視図である。

図 2 4 は図 2 2 に示す固定体の上端面を示す図である。

発明を実施するための形態

15 以下、本発明を実施するための形態について説明する。

まず、本発明の第 1 の発明による回転陽極型 X 線管の実施形態について説明する。図 1 は第 1 の発明の第 1 の実施形態による回転陽極型 X 線管の要部構成を示す縦断面図である。図 1 に示す回転陽極型 X 線管 2 0
20 は例えばガラス製の真空容器 2 1 を有している。なお、図 1 では真空容器 2 1 の一部を示している。真空容器 2 1 内には X 線を放出する円盤状の陽極ターゲット 2 2 が配置されている。陽極ターゲット 2 2 は重金属などにより形成されている。

陽極ターゲット 2 2 は、高融点金属製の円筒状回転体 2 3 の外周部にねじ 2 4 で固定されている。回転体 2 3 は陽極ターゲット 2 2 を回転可能に支持する回転機構 2 5 の回転部分を構成するものである。回転体 2
25 3 は、上端側に位置する第 1 の部分 2 3 1 と、この第 1 の部分 2 3 1 よ

りも外径が大きく、かつ中間に位置する第２の部分２３２と、第２の部分２３２よりも外径が大きく、その下側に位置する第３の部分２３３とを有している。第３の部分２３３の一部には高導電性の筒状回転体２６が接合されている。

- ５ 回転体２３の第１の部分２３１の上端部は陽極ターゲット２２の貫通穴を貫通しており、その外周部に陽極ターゲット２２が固定されている。第３の部分２３３の下端開口部はスラストリング２７で封止されている。回転体２３の内部に設けられた空間には固定体２８が嵌合されている。回転体２３の内部空間は第１の部分２３１の内部から下方部分に向けて
- 10 形成されている。なお、図１に示す回転体２３は、後に詳述する筒状の継手部が一体成形された構造を有するものである。

- 固定体２８は例えば高融点金属で形成されており、陽極ターゲット２２を回転可能に支持する回転機構２５の固定部分を構成している。固定体２８は、上端部側に位置する外径が小さい第１の径小部２８１と、第
- 15 １の径小部２８１より外径が大きい中間の径大部２８２と、径大部２８２より外径が小さい下端部側の第２の径小部２８３とを有している。固定体２８は第１の径小部２８１の上端部分を底とする有底円筒形状を有しており、第２の径小部２８３がスラストリング２７を貫通し、その先は筒状の封止部材２９を介して真空容器２１に気密接合されている。

- 20 固定体２８の内部にはその管軸に沿って穴３０が設けられており、穴３０内にはパイプ３１が挿入されている。穴３０およびパイプ３１の下端部は真空容器２１外に開口している。パイプ３１の上端部は固定体２８の第１の径小部２８１内の底部近くで開口している。これら穴３０およびパイプ３１によって、固定体２８内には冷却媒体が流れる通路が形
- 25 成されている。真空容器２１外から導入された冷却媒体は、例えば矢印Ｃで示すように、パイプ３１と固定体２８との隙間を上昇し、その後パ

イブ 3 1 内を下降して真空容器 2 1 外に導出される。

上記した回転体 2 3 と固定体 2 8 との嵌合部分には動圧式すべり軸受が形成されている。具体的には、固定体 2 8 の径大部 2 8 2 外周の上下 2箇所（図中領域 L 1、L 2）には、それぞれ一对のヘリボーンパターン 5
のらせん溝 3 2 が形成され、ラジアル方向の動圧式すべり軸受が設けられている。固定体 2 8 の径大部 2 8 2 の上下両端面（図中領域 L 3、L 4）には、それぞれヘリボーンパターンのらせん溝 3 3 が形成され、スラスト方向の動圧式すべり軸受が設けられている。

動圧式すべり軸受が形成された軸受領域 L 1～L 4 において、回転体 10
2 3 と固定体 2 8 との隙間、あるいはスラストリング 2 7 と固定体 2 8 との隙間は、例えば 10～30 μ m の範囲とされている。軸受領域 L 1～L 4 の隙間やらせん溝 3 2、3 3 などの各部分には液体金属潤滑剤が供給されている。なお、回転体 2 3 側やスラストリング 2 7 側の軸受面は平滑な面でもよいし、らせん溝が形成されていてもよい。

15 回転体 2 3 と固定体 2 8 との嵌合部分において、軸受領域 L 1～L 4 より陽極ターゲット 2 2 の近くに位置する部分、例えば陽極ターゲット 2 2 の貫通穴で囲まれた部分には、回転体 2 3 と固定体 2 8 との間の隙間が軸受領域 L 1～L 4 より大きく、軸受としてほとんど機能しない領域 L 5、いわゆる非軸受領域が設けられている。非軸受領域 L 5 は、回
20 転体 2 3 の第 1 の部分 2 3 1、第 2 の部分 2 3 2、および第 3 の部分 2 3 3 の一部と、固定体 2 8 の第 1 の径小部 2 8 1 とが、管軸方向で対向する部分に設けられている。

非軸受領域 L 5 の隙間は例えば 30～500 μ m の範囲とされており、通常の使用状態では回転体 2 3 と固定体 2 8 とが互いに接触することがな
25 い寸法に設定されている。また、図中の円内に拡大して示すように、非軸受領域 L 5 の回転体 2 3 と固定体 2 8 との間の隙間 G には、軸受領域

L 1 ～ L 4 と同様に、液体金属潤滑剤 3 4 が充填されている。

液体金属潤滑剤 3 4 には、例えば G a や G a - I n - S n のような G a を主体とする材料が使用される。また、ビスマス (B i) を相対的に多く含む B i - I n - P b - S n 合金、あるいは I n を相対的に多く含む I n - B i 合金、 I n - B i - S n 合金などを使用することもできる。

5 液体金属潤滑剤 3 4 は融点が室温以上であるため、陽極ターゲット 2 2 を回転させる前に液体金属潤滑剤を融点以上の温度に予熱して液状にした上で、陽極ターゲット 2 2 を回転させることが望ましい。

上述した構成を有する回転陽極型 X 線管 2 0 においては、真空容器 2 1 外に配置したステータコイル (図示せず) が発生する回転磁界によって、回転機構 2 5 の回転体 2 3 に回転力が生じる。この回転力は陽極ターゲット 2 2 に伝達され、陽極ターゲット 2 2 が回転する。この状態で、陽極ターゲット 2 2 に電子ビームが照射され、陽極ターゲット 2 2 から X 線が放出される。

10

15 回転陽極型 X 線管 2 0 が動作状態に入ると、電子ビームの照射で陽極ターゲット 2 2 の温度が上昇する。陽極ターゲット 2 2 の熱は輻射によって放散されるが、一部の熱は陽極ターゲット 2 2 から回転体 2 3 に伝達される。回転体 2 3 に伝達された熱はさらに固定体 2 8 に伝達され、固定体 2 8 内部を流れる冷却媒体を介して外部に放散される。

20 このような熱伝達機構において、図 1 に示した回転陽極型 X 線管 2 0 では軸受領域 L 1 ～ L 4 より非軸受領域 L 5 の方が陽極ターゲット 2 2 からの距離 (空間的な距離) が短くなっている。言い換えると、非軸受領域 L 5 は軸受領域 L 1 ～ L 4 より陽極ターゲット 2 2 からの熱伝達時間が早い場所に位置している。このため、回転体 2 3 から固定体 2 8 への熱伝達は、その多くが非軸受領域 L 5 を経由して行われる。従って、

25 軸受領域 L 1 ～ L 4 を通る熱量が少なくなり、軸受領域 L 1 ～ L 4 の温

度上昇が抑えられる。その結果、軸受面を形成する材料と液体金属潤滑剤との相互反応が防止され、軸受面の荒れや軸受間隙の寸法変化が少なくなり、安定な軸受動作を維持することが可能となる。

非軸受領域 L 5 の温度は、動作時に 400～500℃程度まで上昇する。

- 5 そのため、回転体 2 3 や固定体 2 8 の非軸受面の材料と液体金属潤滑剤とが反応し、反応層が成長する場合がある。しかし、非軸受領域 L 5 は隙間が大きいので、回転特性に対して悪影響を及ぼすことはない。

- 10 なお、上述した実施形態では陽極ターゲット 2 2 を非軸受領域 L 5 の回転体 2 3 の部分に直接結合した構造を示した。このような構造以外に、陽極ターゲット 2 2 を熱伝導部材などに固定し、陽極ターゲット 2 2 と非軸受領域 L 5 の回転体 2 3 の部分とを、熱伝導部材を介して機械的あるいは熱的に間接結合した構造とすることもできる。

- 15 上述した第 1 の実施形態の回転陽極型 X 線管 2 0 において、回転体 2 3、スラストリング 2 7 および固定体 2 8 の構成材料には、例えばモリブデンやモリブデン合金が使用されている。これらの材料に代えて、タングステンやタングステン合金、タンタルやタンタル合金などを使用することもできる。タングステンやタンタルは、モリブデンやモリブデン合金よりも液体金属潤滑剤に侵蝕され難い性質を有している。

- 20 さらに、非軸受領域 L 5 に位置する回転体 2 3 および固定体 2 8 の表面には、クロムの酸化物、硼化物、バナジウムの窒化物、炭化物、硼化物、ハフニウムの酸化物、窒化物、炭化物、硼化物、チタンの酸化物、窒化物、炭化物、硼化物、タングステン、タングステンの窒化物、炭化物、硼化物、モリブデン、モリブデンの窒化物、炭化物、硼化物、ジルコニウムの酸化物、窒化物、炭化物、硼化物、タンタル、タンタルの窒化物、炭化物、硼化物、ニオブ、ニオブの窒化物、炭化物、硼化物、ル
25 テニウム、レニウム、オスミウム、イリジウム、窒化硼素、炭化硼素、

酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、炭化アルミニウム、硼化アルミニウム、窒化珪素、炭化珪素、硼化珪素、ダイヤモンド、炭素（D L C およびグラファイトを含む）、酸化マグネシウム、酸化ベリリウムの中から選ばれる少なくとも 1 種を主成分とする高融点物質からなる耐熱
5 コーティングを施してもよい。

このような耐熱コーティングを施すことによって、使用時における非軸受領域 L 5 の耐熱温度を高めることができ、陽極ターゲット 2 2 の冷却能力を向上させることが可能となる。また、回転体 2 3 や固定体 2 8 の母材として鉄を主体とする金属材料（鉄基材料）を用い、軸受領域 L
10 1 ～ L 4 および非軸受領域 L 5 を含めて、鉄基材料の表面に上記した高融点物質による耐熱コーティングを施した回転体 2 3 や固定体 2 8 などを使用することもできる。

次に、第 1 の発明による回転陽極型 X 線管の第 2 の実施形態について、図 2 を参照して説明する。なお図 2 において、図 1 と対応する部分には
15 同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 2 に示す第 2 の実施形態の回転陽極型 X 線管 2 0 においては、回転体 2 3 の第 2 の部分 2 3 2 と第 3 の部分 2 3 3 とが符号 X 1 の部分で接合されている。また、固定体 2 8 の第 1 の径小部 2 8 1 と径大部 2 8 2 とは符号 X 2 の部分で接合されている。

20 回転体 2 3 の第 1 の部分 2 3 1 および第 2 の部分 2 3 2 と固定体 2 8 の第 1 の径小部 2 8 1 は、モリブデン、モリブデン合金、タングステン、タングステン合金、タンタル、およびタンタル合金から選ばれる高融点金属で形成されている。また、回転体 2 3 の第 3 の部分 2 3 3 と固定体 2 8 の径大部 2 8 2 および第 2 の径小部 2 8 3 は、鉄、鋼、合金鋼、鉄
25 ーニッケル合金、鉄ークロム合金、鉄ーニッケルークロム合金などの鉄を主体とする鉄基金属材料で形成されている。

接合部分 X 1、X 2 の周囲には液体金属潤滑剤が存在している。従って、接合部分 X 1、X 2 をろう材で構成した場合には、液体金属潤滑剤で侵蝕されて接合不良が生じてしまう。そこで、回転体 2 3 の第 2 の部分 2 3 2 と第 3 の部分 2 3 3、および固定体 2 8 の第 1 の径小部 2 8 1 と径大部 2 8 2 とは、それぞれ拡散接合、摩擦圧接接合のような原子拡散接合などの金属接合法により接合されている。これらの金属接合法は熱伝達経路の熱抵抗値のばらつきを抑制する。

第 2 の実施形態の回転陽極型 X 線管 2 0 においては、軸受領域 L 1 ～ L 4 の軸受面が鉄主体の金属剤材料で形成されている。鉄主体の金属材料は加工が容易であるため、軸受を高精度に製造することができる。また、鉄主体の金属は強磁性体であるため回転磁界との磁気的な結合効率を向上させることができる。非軸受領域 L 5 の非軸受面にチタン窒化物などのセラミックス薄膜を設けることによって、液体金属潤滑剤に対する耐浸蝕性をさらに高めることができる。

次に、第 1 の発明による回転陽極型 X 線管の第 3 の実施形態について、図 3 を参照して説明する。なお図 3 において、図 1 や図 2 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 3 に示す第 3 の実施形態の回転陽極型 X 線管 2 0 において、回転体 1 3 は図 2 と同様に、第 2 の部分 2 3 2 と第 3 の部分 2 3 3 とが接合部分 X 1 で接合されている。一体成形された第 1 の部分 2 3 1 および第 2 の部分 2 3 2 と第 3 の部分 2 3 3 とは、異種の金属材料で形成されている。

例えば、一体成形された第 1 の部分 2 3 1 および第 2 の部分 2 3 2 は高融点金属材料で形成され、第 3 の部分 2 3 3 は鉄主体の金属材料で形成されている。固定体 2 8 はその母材を加工が容易で安価な鉄主体の金属材料で形成し、かつ図中の円内に拡大して示すように、非軸受領域 L 5 における固定体 2 8 の表面（非軸受面）に耐熱コーティング 3 5 が施

されている。耐熱コーティング 35 には第 1 の実施形態で説明した高融点物質と同様な材料を使用することができる。

耐熱コーティング 35 は、例えば母材の非軸受面となる部分以外をマスクし、非軸受面となる表面に CVD（化学蒸着）法や P A C V D（プラズマ活性化化学蒸着）法、M O C V D（有機金属化学蒸着）法、あるいはイオンプレーティングのような P V D（物理蒸着）法、溶射法などを適用して、高融点物質を被着させることにより形成される。耐熱コーティング 35 の厚さは 0.5～20 μ m 程度とすることが好ましい。耐熱コーティング 35 の形成には、溶融塩浴浸漬法やガス雰囲気中での熱処理法などの方法を採用することもできる。

このような構成において、回転体 23 の非軸受面の素材には、モリブデン、モリブデン合金、タングステン、タングステン合金、タンタル、タンタル合金などが使用される。また、耐熱コーティング 35 の形成は、回転体 23 と固定体 28 の対向面が機械的に直接接触しない非軸受面の領域に限定することが望ましい。ただし、耐熱コーティング 35 の密着度や耐摩耗性が十分に高い場合には、軸受面に形成してもよい。

次に、第 1 の発明による回転陽極型 X 線管の第 4 の実施形態について、図 4 を参照して説明する。なお図 4 において、図 1～図 3 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 4 に示す第 4 の実施形態の回転陽極型 X 線管 20 においては、真空容器 21 の一部に筒状の固定リング 41 が設けられており、その上端の内側に折り曲げられた折曲部 41a に絶縁材料からなる筒状固定部材 42 が接合されている。さらに、筒状固定部材 42 の内側には筒状接合部材 43 が接合されている。

そして、固定体 28 の上端は陽極ターゲット 22 を貫通し、さらに筒状接合部材 43 の内側に気密接合されている。固定体 28 の上端部分は

符号 X 3 で示す接合部分において、異なる金属材料を接合した構造を有している。また、固定体 2 8 のスラストリング 2 7 に隣接する部分には、フランジ状に突出する突出部 4 4 が形成されている。固定体 2 8 の内部には、その上端から下端まで貫通する貫通穴 4 5 が、管軸に沿って形成されている。貫通穴 4 5 の上下両端はいずれも真空容器 2 1 外に開口している。

回転体 2 3 の外周面には筒状の外側回転体 4 6 が接合されている。貫通穴 4 5 の下端開口は冷却媒体の入口を構成し、上端開口は冷却媒体の出口を構成している。このようにして、固定体 2 8 内には矢印 C で示す冷却媒体用通路が形成されている。また、突出部 4 4 の上方の面と対向する回転体 2 3 の端面、および突出部 4 4 の下方の面と対向するスラストリング 2 7 の面にはそれぞれらせん溝が形成されており、軸受領域 L 3、L 4 にスラスト方向の動圧式すべり軸受が設けられている。回転体 2 3 および固定体 2 8 は図 2 と同様に、接合部分 X 1、X 2 において異なる金属材料を接合した構成を有している。

第 4 の実施形態の回転陽極型 X 線管 2 0 においては、軸受領域 L 1 ~ L 4 より非軸受領域 L 5 の方が陽極ターゲット 2 2 からの距離（空間的な距離）が短くなっている。言い換えると、非軸受領域 L 5 は軸受領域 L 1 ~ L 4 より陽極ターゲット 2 2 からの熱伝達時間が早い場所に位置している。このため、回転体 2 3 から固定体 2 8 への熱伝達は主として非軸受領域 L 5 を経由して行われる。従って、軸受領域 L 1 ~ L 4 を通る熱量が少なくなり、軸受領域 L 1 ~ L 4 の温度上昇が抑えられる。その結果、軸受面の荒れや軸受間隙の寸法変化が少なくなり、安定な軸受動作を維持することが可能となる。

さらに、上記した第 4 の実施形態の構成によれば、固定体 2 8 は上下 2 箇所真空容器 2 1 に固定されており、また軸受領域 L 1 ~ L 4 は陽

極ターゲット 22 から見て一方の側に設けられている。この場合、陰極側に動圧式すべり軸受がないため、回転体 23 の外径を小さくすることができ、耐電圧性能を高めることが可能となる。さらに、冷却用通路 45 が固定体 28 の管軸に沿って直線状に設けられているため、固定体 28 内を流れる冷却媒体により多くの熱を伝えることができる。従って、軸受領域 L1 ~ L4 の温度上昇をより確実に抑えることが可能となる。これは安定な軸受動作の維持に有効に機能する。

なお、回転陽極型 X 線管 20 を陽極接地、例えば真空容器 21 や陽極ターゲット 22 を接地して使用する場合、筒状固定部材 42 にはセラミクスやガラスなどの絶縁材料に代えて金属材料が使用される。

次に、第 1 の発明による回転陽極型 X 線管の第 5 の実施形態について、図 5 を参照して説明する。なお図 5 において、図 1 ~ 図 4 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 5 に示す第 5 の実施形態の回転陽極型 X 線管 20 において、回転体 23 および固定体 28 はそれぞれ管軸方向に離れた 2 つの接合部分 Y1、Y2 を境界にして、上方部分 A、中間部分 B、および下方部分 C に 3 分割されている。回転体 23 の下方部分 C の下端開口はスラストリング 27 で封止されている。回転体 23 の上方部分 A の上端開口は第 2 のスラストリング 47 で封止されている。

回転体 23 および固定体 28 は、それぞれ上方部分 A と下方部分 C が同じ金属材料で形成されており、中間部分 B とは異なる金属材料が使用されている。なお、軸受領域 L1、L3 は回転体 23 および固定体 28 の上方部分 A に、軸受領域 L2、L4 は下方部分 C に設けられている。例えば、固定体 28 の上方部分 A および下方部分 C の外周面にらせん溝 32 を形成し、ラジアル方向の動圧式すべり軸受が設けられている。固定体 28 の上方部分 A のスラストリング 47 と対向する端面、および固

定体 28 の下方部分 C のスラストリング 27 と対向する端面にらせん溝 33 を形成し、スラスト方向の動圧式すべり軸受が設けられている。

スラストリング 27 の下方には、外部に配置されたステータによって誘導電流が流れ、回転力を発生する高導電性の筒状回転体 48 が取り付けられている。この構成の場合も、陽極ターゲット 22 は非軸受領域 L5 における回転体 23 に直接結合されている。

第 5 の実施形態の回転陽極型 X 線管 20 においても、軸受領域 L1 ~ L4 より非軸受領域 L5 の方が陽極ターゲット 22 からの距離（空間的な距離）が短くなっているため、軸受領域 L1 ~ L4 の温度上昇が抑えられる。その結果、軸受面の荒れや軸受間隙の寸法変化が少なくなり、安定な軸受動作を維持することが可能となる。さらに、陽極ターゲット 22 の両側に軸受領域が分けて設けられているため、上下の軸受領域の負荷荷重のバランスがよくなり、軸受の安定性が向上する。

次に、第 1 の発明による回転陽極型 X 線管の第 6 の実施形態について、図 6 を参照して説明する。図 6 に示す第 6 の実施形態の回転陽極型 X 線管 20 において、陽極ターゲット 22 は電子ビームを発生する陰極などと共に真空容器（図示せず）内に配置されている。陽極ターゲット 22 は回転体 51 に結合された回転支柱 52 に連結されている。回転支柱 52 は伝熱断面を小さくするために、その一部（例えば下方部分）が筒状とされている。

回転体 51 は陽極ターゲット 22 を回転可能に支持する回転機構 53 の回転部分を構成するものである。回転体 51 は、回転支柱 52 の下端外周面に接合された中間円筒 511 と、上端が回転支柱 51 の下端内周面に接合され、下端が中間円筒 511 の内側に接合された内側円筒 512 と、中間円筒 511 の外側に接合された外側円筒 513 とを有している。外側円筒 513 は銅などで形成されており、また中間円筒 511 は

鉄系合金などの強磁性体材料で形成されている。

回転体 5 1 の内側円筒 5 1 2 は、下方部分を構成する外径の大きい径大部 5 1 2 a と、これよりも外径が小さい上方部分を構成する径小部 5 1 2 b とで構成されている。径小部 5 1 2 b の外周面は回転支柱 5 2 の内周面に接合され、径大部 5 1 2 a の外周面の一部が中間円筒 5 1 1 の内側に接合されている。内側円筒 5 1 2 の下端開口はスラストリング 2 7 で封止されている。そして、内側円筒 5 1 2 の内部には固定体 5 4 が嵌合されており、回転機構 5 3 が構成されている。

固定体 5 4 は、陽極ターゲット 2 2 を回転可能に支持する回転機構 5 3 の固定部分を構成するものであり、その下端部はスラストリング 2 7 を貫通して、その下方まで伸びている。固定体 5 4 は、回転体 5 1 の内側円筒 5 1 2 の径大部 5 1 2 a に嵌合する径大部 5 4 1 と、内側円筒 5 1 2 の径小部 5 1 2 b に嵌合する第 1 の径小部 5 4 2 と、スラストリング 2 7 を貫通して下方に伸びる第 2 の径小部 5 4 3 とから構成されている。固定体 5 4 の内部には管軸に沿って穴 3 0 が設けられており、穴 3 0 の中にはパイプ 3 1 が挿入されている。これらによって、矢印 C で示すように冷却媒体の通路が形成されている。

回転体 5 1 の内側円筒 5 1 2 と固定体 5 4 との嵌合部分において、内側円筒 5 1 2 と固定体 5 4 とが所定大きさの隙間で対向する部分に動圧式すべり軸受が設けられている。例えば、固定体 5 4 の外周面の管軸方向に離れた 2 箇所（領域 L 1、L 2）に、ラジアル方向の動圧式すべり軸受が設けられている。また、固定体 5 4 の上下の段差面と回転体 5 1 とが対向する領域 L 3、L 4 に、スラスト方向の動圧式すべり軸受が設けられている。

各軸受領域 L 1 ～ L 4 は、軸受面にヘリボーンパターンのらせん溝が形成されており、これらのらせん溝と回転体 5 1 と固定体 5 4 との隙間

に充填された液体金属潤滑剤で動圧式すべり軸受が構成されている。図 7 は固定体 5 4 を示す図である。図 7 に示すように、固定体 5 4 の各軸受領域 L 1 ～ L 4 にはらせん溝 5 5、5 6 が形成されている。

回転体 5 1 と固定体 5 4 との嵌合部分において、固定体 5 4 の外周面 5 に設けられた 2 つの軸受領域 L 1、L 2 に挟まれた領域 L 5 と、固定体 5 4 の径小部 5 4 2 の外周面と内側円筒 5 1 2 の径小部 5 1 2 の内周面とに挟まれた領域 L 6 と、固定体 5 4 の上方端面と内側円筒 5 1 2 の上方底面とで挟まれた領域 L 7 は、それぞれ内側円筒 5 1 2 と固定体 5 4 との隙間が各軸受領域 L 1 ～ L 4 の隙間より大きく形成されており、軸 10 受としてほとんど機能しない非軸受領域となっている。

非軸受領域 L 5 ～ L 7 の隙間と軸受領域 L 1 ～ L 4 の隙間は連続しており、非軸受領域 L 5 ～ L 7 の隙間にも液体金属潤滑剤が充填されている。なお、図 6 は説明の都合で各隙間を誇張して示しており、実際には軸受領域 L 1、L 2 における固定体 5 4 の直径は例えば 50mm、隙間は 15 例えば 10～50 μm とされている。軸受領域 L 3、L 4 における隙間も同様に 10～50 μm とされている。非軸受領域 L 6、L 7 の隙間は例えば 30～500 μm の範囲に設定されている。

上述した構成を有する回転陽極型 X 線管 2 0 においては、真空容器外に配置したステータコイル（図示せず）が発生する回転磁界によって、 20 回転機構 5 3 の回転体 5 1 に回転力が生じる。この回転力は陽極ターゲット 2 2 に伝達され、陽極ターゲット 2 2 が回転する。この状態で、陽極ターゲット 2 2 に陰極（図示せず）から電子ビームが照射され、陽極ターゲット 2 2 から X 線が放出される。

回転陽極型 X 線管 2 0 が動作状態に入ると、電子ビームの照射で陽極 25 ターゲット 2 2 の温度が上昇する。陽極ターゲット 2 2 の熱は輻射によって放散されるが、一部の熱は陽極ターゲット 2 2 から回転支柱 5 2、

回転支柱 5 2 から回転体 5 1、さらに回転体 5 1 から固定体 5 4 に伝達される。そして、冷却通路を流れる冷却媒体を介して外部に放散される。この際、非軸受領域 L 6 における回転体 5 1 の部分は回転支柱 5 2 と接合しているため、軸受領域 L 1 ～ L 4 の回転体 5 1 の部分より陽極ターゲット 2 2 との空間的および熱的な距離（経路）が短い。

従って、陽極ターゲット 2 2 の熱の多くは回転体 5 1 と回転支柱 5 2 の接合部および非軸受領域 L 6 を経由して固定体 5 4 に伝達され、軸受領域 L 1 ～ L 4 の温度上昇が抑えられる。また、非軸受領域 L 6 における回転体 5 1 と回転支柱 5 2 との接合部分は、軸受領域 L 1 ～ L 4 より陽極ターゲット 2 2 との距離が短く、回転部分の重心に近くなっている。これによって、機械的に安定な部分で接合できる。

上記した構造において、回転支柱 5 2 と回転体 5 1 の中間円筒 5 1 1 との接合部も、非軸受領域 L 6 の回転体 5 1 より陽極ターゲット 2 2 からの距離が遠くなっている。従って、回転支柱 5 1 と中間円筒 5 1 1 との接合部は、陽極ターゲット 2 2 からの熱の主経路とはならない。これによって、中間円筒 5 1 1 と内側円筒 5 1 2 との接合部を介して固定体 5 4 に流れる熱量を抑制することができる。これによって、軸受領域 L 1 ～ L 4 の温度上昇が抑えられ、機械的強度の劣化が防止される。

軸受領域 L 1 ～ L 4 の温度上昇を抑えることによって、陽極ターゲット 2 2 から固定体 5 4 までの伝熱パスを短くすることができ、陽極部分のたわみが低減される。よって、大重量の陽極ターゲット 2 2 の採用が容易になる。さらに、回転支柱 5 2 と中間円筒 5 1 1 との接合部を陽極ターゲット 2 2 に近付けることができ、例えばその接合部を機械的に安定な回転陽極部分の重心位置の近傍に配置することができる。また、回転支柱 5 2 と中間円筒 5 1 1 との接合に、融点温度の低い作業性が良好なろう材を使用することができ、高融点金属ろう材を使用した場合に比

べてコストが軽減される。回転体 5 1 の外表面の黒化処理も必ずしも必要ではなくなり、耐電圧の低下が防止されてコストも軽減する。

図 6 に示す回転陽極型 X 線管 2 0 では、固定体 5 4 内部の冷却媒体用通路を、回転支柱 5 2 と内側円筒 5 1 2 とが接合する領域に設け、冷却媒体用通路の底部に冷却媒体を吹き付ける衝突噴流方式で冷却している。従って、主伝熱パス近傍の熱伝達効率が向上し、良好な熱放出が可能となる。この場合、固定体 5 4 内を流れる冷却媒体の冷却能力が小さくてもよく、冷却系統を小型化することができる。温度上昇も少ないため、使用材料の条件が緩和され材料の選択範囲が広がる。

例えば、図 6 に示した構造および図 2 1 ~ 2 2 に示した従来構造について、陽極構造の材質が同じ、陽極ターゲットの平均熱入力が 5kW、冷却媒体が一般的な電気絶縁油、冷却流量が同じ 8~9L/min の条件で計算すると、図 6 の構造では図 2 1 ~ 2 2 に示した従来構造に比べて、回転支柱 5 2 の軸受側の端部で約 100~150℃低下し、また外側回転体 5 1 3 の温度が平均で約 150℃低下する。

次に、第 1 の発明による回転陽極型 X 線管の第 7 の実施形態について、図 8 を参照して説明する。なお図 8 において、図 6 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 8 に示す第 7 の実施形態の回転陽極型 X 線管 2 0 において、回転支柱 5 2 の筒状部にはその内部空間を管軸に直交する方向で閉じる遮断壁 5 7 が設けられている。遮断壁 5 7 の固定体 5 4 側の面には回転体 5 1 の内側円筒 5 1 2 が接合されており、この接合部を熱伝達領域としている。この場合、非軸受領域 L 7 が陽極ターゲット 2 2 からの熱の主要伝熱パスを形成する。

上述した各実施形態においては、陽極ターゲットから軸受領域の回転体部分までの距離よりも、陽極ターゲットから非軸受領域の回転体部分までの距離の方を短くしている。この構成で、非軸受領域を經由して回

転体から固定体に伝わる熱を多くし、軸受領域の温度上昇を抑えている。
非軸受領域の回転体部分および陽極ターゲットを結ぶ連結部分と、軸受
領域の回転体部分および陽極ターゲットを結ぶ連結部分の形状や材質、
冷却条件などが相違する場合には、前者の連結部分の方を後者の連結構
5 造部分よりも熱的な距離を短くすれば同様の効果が得られる。

例えば、非軸受領域に面している回転体部分と陽極ターゲットとを結
ぶ連結部分の方を熱伝達速度が早くなるような構造や材質などで形成す
る。あるいは、非軸受領域に面している回転体部分の方が単位時間当た
りまたは単位面積当たりの熱の伝達量が多くなる構造や材質などで形成
10 する。さらに、非軸受領域に面している回転体部分の方が単位時間当た
りおよび単位面積当たりの熱の伝達量が多くなる構造や材質などに形成
する。これらの場合も、回転体から固定体に熱が伝達する際に非軸受領
域を経由する熱が多くなり、軸受領域の温度上昇が抑えられる。

また、非軸受領域における回転体や固定体の面にらせん溝を形成する
15 こともできる。非軸受領域にらせん溝を設けると、回転体が回転した際
にらせん溝が液体金属潤滑剤を隙間に保持するように機能し、非軸受領
域を経由する回転体から固定体への熱伝達が良好に行われる。上記した
各実施形態の構成によれば、陽極ターゲットへの入力電力の平均値を相
対的に大きくでき、長時間にわたって安定な軸受動作性能を維持するこ
20 とが可能な回転陽極型X線管が得られる。さらに、回転の起動時や停止
時における軸受部分のかじり発生が防止されて軸受動作が安定する。

次に、本発明の第2の発明による回転陽極型X線管の実施形態につい
て説明する。図9は第2の発明の第1の実施形態による回転陽極型X線
管の要部構成を示す縦断面図である。図9に示す回転陽極型X線管60
25 は例えばガラス製の真空容器61を有している。真空容器61内には陽
極ターゲット62が配置されている。陽極ターゲット62は継手部63

に連結され、また継手部 6 3 を介して回転機構 6 4 に連結されている。

継手部 6 3 は、陽極ターゲット 6 2 から回転機構 6 4 に伝達される熱を抑えるために、少なくとも一部が筒状に形成されており、いわゆる熱伝達面積の小さい熱抵抗構造になっている。継手部 6 3 の外周面には外
5 側に突出する環状の段付部 6 5 が設けられている。継手部 6 3 は陽極ターゲット 6 2 中央の貫通穴を貫通し、その上端に固定ねじ 6 6 がねじ込まれている。陽極ターゲット 6 2 は段付部 6 5 と固定ねじ 6 6 との間に固定されている。さらに、陽極ターゲット 6 2 と段付部 6 5 とは例えばチタン箔 6 7 を挟んだ拡散接合によって接合されている。

10 回転機構 6 4 は、有底円筒状の回転体 6 8 と、この回転体 6 8 の内側に嵌合された固定体 6 9 などから構成されている。回転体 6 8 は継手部 6 3 と一体成形されており、円筒状の回転体 6 8 の底部が継手部 6 3 と一体に結合されている。回転体 6 8 の外周部には銅製の筒状部材 7 0 が接合されている。回転体 6 8 の下端開口はスラストリング 7 1 で封止さ
15 れている。スラストリング 7 1 は回転体 6 8 に固定されており、回転体 6 8 などと共に回転機構 6 4 の回転部分を構成している。

固定体 6 9 はスラストリング 7 1 を貫通しており、その下端は封止部材 7 2 を介して真空容器 6 1 のガラス部分に気密接合されている。固定体 6 9 の内部にはその管軸に沿って細長い穴 7 3 が形成されており、さ
20 らに穴 7 3 内にはパイプ 7 4 が配置されている。固定体 6 9 の穴 7 3 およびパイプ 7 4 はそれぞれ下端が真空容器 6 1 外に開口しており、冷却媒体用通路を形成している。冷却媒体（例えば絶縁油）は、矢印 C 1 で示すように、真空容器 6 1 外からパイプ 7 4 の外側を上方に流れ、上端からパイプ 7 4 内に入って下方に流れ、真空容器 6 1 外に導出される。

25 回転体 6 8 と固定体 6 9 との嵌合部分には、ラジアル方向の動圧式すべり軸受 7 5 A、7 5 B が設けられている。動圧式すべり軸受 7 5 A、

7 5 B は、固定体 6 9 の外周面に設けられたヘリンボンパターンのらせん溝と、動作時にらせん溝の部分に供給される液体金属潤滑剤などから構成される。また、固定体 6 9 の上端面と回転体 6 8 との対向部分、および固定体 6 9 の下端面とスラストリング 7 1 との対向部分には、スラスト方向の動圧式すべり軸受 7 6 A、7 6 B が設けられている。

動圧式すべり軸受 7 6 A、7 6 B は、固定体 6 9 の上端面および下端面にそれぞれ設けられたヘリンボンパターンのらせん溝と、動作時にらせん溝の部分に供給される液体金属潤滑剤などから構成される。動圧式すべり軸受 7 5 A、7 5 B、7 6 A、7 6 B が形成された軸受領域では、
10 回転体 6 8 やスラストリング 7 1 と固定体 6 9 との間隙（軸受間隙）は約 10～30 μm の範囲に設定されている。

上述した構成を有する回転陽極型 X 線管 6 0 においては、真空容器 6 1 外に配置されたステータコイル（図示せず）が発生する回転磁界によって、回転機構 6 4 の回転体 6 8 に回転力が生じる。この回転力は継
15 手部 6 3 を経て陽極ターゲット 6 2 に伝達され、陽極ターゲット 6 2 が回転する。この状態で、陽極ターゲット 6 2 に電子ビームが照射され、陽極ターゲット 6 2 から X 線が放出される。

回転陽極型 X 線管 6 0 が動作状態に入ると、電子ビームの照射で陽極ターゲット 6 2 の温度が上昇する。陽極ターゲット 6 2 の熱は輻射によって放散されるが、一部の熱は継手部 6 3 を経て陽極ターゲット 6 2
20 から回転体 6 8 に伝達される。回転体 6 8 に伝達された熱はさらに固定体 6 9 に伝達され、固定体 6 9 の内部を流れる冷却媒体を介して外部に放散される。この際、軸受領域の温度を約 350℃以下に保てば、軸受面を構成する材料と液体金属潤滑剤との反応が抑えられ、軸受面の荒れや
25 軸受間隙の寸法変化を防止することができる。

上記した構成においては、陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3 とは拡散

接合による金属接合で結合されており、また回転体 6 8 と継手部 6 3 とは一体に結合されている。この場合、陽極ターゲット 6 2 から回転体 6 8 までの熱伝達経路が全て金属組織学的に結合されている。その結果、熱伝達経路中に金属同士が単に機械的に接触するだけの部分がなく、熱伝達経路における熱抵抗値のばらつきを防止することが可能となる。

図 9 に示した第 1 の実施形態の場合、回転機構 6 4 を構成する回転体 6 8、固定体 6 9、スラストリング 7 1 の各部分は、例えばモリブデンやモリブデン合金などの材料で形成される。これらの材料は加工が比較的容易で、回転機構 6 4 を安価に構成することができる。ただし、これらの材料に代えて、タングステン、タングステン合金、タンタル、タンタル合金を使用することもできる。これらの材料は液体金属潤滑剤に侵蝕されにくいという利点を有している。

モリブデンなどの材料で形成した場合でも、回転体 6 8 から固定体 6 9 に熱が伝達される伝熱領域の回転体 6 8 および固定体 6 9 の少なくとも一方の面に、前述した第 1 の発明の実施形態に記載したような高融点物質による耐熱コーティングを設けることによって、伝熱領域を形成する嵌合面の耐熱温度を高めることができる。これによって、陽極ターゲット 6 2 に対する冷却能力を増大させることが可能となる。なお、鉄を主体とする鉄基材料を用い、軸受面も含めてその嵌合面に上記したような耐熱コーティングを設ける構造にしてもよい。

ここで、陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3 とを拡散接合する方法について述べる。まず、陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3 の段付部 6 5 との間に、厚さ $10\mu\text{m}$ 程度のチタン箔 6 7 を拡散促進材として配置する。さらに、継手部 6 3 の上端に固定ねじ 6 6 をねじ込んで、段付部 6 5 と固定ねじ 6 6 との間に陽極ターゲット 6 2 を固定する。この際、チタン箔 6 7 に加えられる締め付け圧力が約 30MPa 以上となるように、固定

ねじ 6 6 を締め付けることが好ましい。

次いで、陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3 や回転体 6 8 などとが連結した組立体を、石英ベルジャー内の設置台上に配置する。そして、石英ベルジャー内を真空引きしながら、石英ベルジャー外に配置した高周波
5 コイルに電流を流し、陽極ターゲット 6 2 を約 1300℃に加熱する。この際、陽極ターゲット 6 2 の熱は継手部 6 3 および回転体 6 8 などを経て設置台へと逃げて、組立体に温度勾配が生じる。チタン箔 6 7 を挟んだ陽極ターゲット 6 2 と段付部 6 5 との界面付近の温度は約 1100℃に達する。この温度を約 30 分程度維持すると、チタン箔 6 7 のチタン元
10 素および陽極ターゲット 6 2 や継手部 6 3 のモリブデン元素同士の相互拡散が進行し、陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3 とが接合される。

接合終了後に、加熱を終了して冷却後に組立体を取り出す。この後、組立体のバランスを修正し、回転体 6 8 内に固定体 6 9 を嵌合し、さらにスラストリング 7 1 などを取り付けて、陽極ターゲット 6 2 と回転機
15 構 6 4 とが一体化された構造体を得られる。

次に、第 2 の発明による回転陽極型 X 線管の第 2 の実施形態について、図 1 0 を参照して説明する。なお図 1 0 において、図 9 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 1 0 に示す第 2 の実施形態の回転陽極型 X 線管 6 0 において、継手部 6 3 は第 1 の筒状部 6 3 a とこの第 1 の筒状部 6 3 a より内径および外径が共に大きい第 2 の筒状部 6 3 b などとから構成されている。継手部 6 3 の第 1 の筒状部 6 3 a および第 2 の筒状部 6 3 b は一体成形されているが、有底円筒状の回転体 6 8 とは別に構成されている。

第 1 の筒状部 6 3 a の陽極ターゲット 2 2 側の端部には、外側に突出する環状突出部 6 3 1 が設けられている。陽極ターゲット 6 2 と継手部 1 3 の環状突出部 6 3 1 との接合部分 X は、摩擦圧接法によって金属接
25

合されている。陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3 は摩擦圧接法により金属組織学的に一体に結合された後、一体部品として仕上げ加工される。

また、回転体 6 8 の外周面には環状突出部 7 8 が設けられている。継手部 6 3 における第 2 の筒状部 6 3 b の環状下端面と回転体 6 8 の突出部 7 8 の環状上面とは、チタン箔 6 7 を挟んだ拡散接合によって金属接合されている。第 2 の筒状部 6 3 b と回転体 6 8 の突出部 7 8 との接合部分は管軸方向に伸びる固定ねじ 7 9 で補強されている。

継手部 6 3 と回転体 6 8 とを拡散接合する場合には、まず継手部 6 3 における第 2 の筒状部 6 3 b の環状下面と回転体 6 8 の突出部 7 8 の環状上面との間に、厚さ $10\mu\text{m}$ 程度のチタン箔 6 7 を拡散促進材として挟み、さらに複数の固定ねじ 7 9 で固定する。この際、チタン箔 6 7 にかかる締め付け圧力が約 30MPa 以上となるように、固定ねじ 7 9 を締め付ける。

次に、陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3 と回転体 6 8 とが連結した組立体を石英ベルジャー内の設置台上に配置する。石英ベルジャー内を真空引きしながら、石英ベルジャー外に配置した高周波コイルに電流を流して、陽極ターゲット 6 2 を約 1300°C に加熱する。陽極ターゲット 6 2 の熱は継手部 6 3 および回転体 6 8 を経て設置台へと逃げ、組立体に温度勾配が生じる。

このとき、チタン箔 6 7 を挟んだ継手部 6 3 と回転体 6 8 との界面付近の温度は約 1000°C に達する。この温度状態を約 1 時間程度維持する。このような熱処理によって、チタン箔 6 7 を構成するチタン元素および陽極ターゲット 6 2 や継手部 6 3 のモリブデン元素同士の相互拡散が進行し、継手部 6 3 と回転体 6 8 とが接合される。

接合が終了した後に、加熱を終了して冷却後に組立体を取り出す。その後、組立体のバランス修正を行い、回転体 6 8 内に固定体 6 9 を嵌合

し、さらにスラストリング 7 1 を取り付けて、陽極ターゲット 6 2 と回転機構 6 4 とが一体化された構造体を得る。

図 1 0 に示した第 2 の実施形態においても、陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3 とは摩擦圧接法で金属結合されており、さらに回転体 6 8 と継手 5 部 6 3 とは拡散接合で金属接合されている。これらによって、陽極ターゲット 6 2 から回転体 6 8 までの熱伝達経路を金属組織学的に一体化した構造としている。従って、熱伝達経路中に金属面同士が単に接触するだけの部分がなくなり、熱伝達経路における熱抵抗値のばらつきを防止することができる。

10 次に、第 2 の発明による回転陽極型 X 線管の第 3 の実施形態について、図 1 1 を参照して説明する。なお図 1 1 において、図 9 ～図 1 0 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 1 1 に示す第 3 の実施形態の回転陽極型 X 線管 6 0 においては、有底円筒状の回転体 6 8 の円筒部分 6 8 a と底板部分 6 8 b とが別々に製造されている。
15 底板部分 6 8 b は継手部 6 3 と一体成形されている。

陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3 とは、図 1 0 に示した第 2 の実施形態と同様に、摩擦圧接法で金属組織学的に一体に結合されている。回転体 6 8 の底板部分 6 8 b と円筒部分 6 8 a は、チタン箔 6 7 を用いた拡散接合により金属組織学的に一体に結合されている。底板部分 6 8 b と
20 円筒部分 6 8 a との接合部分は固定ねじ 7 9 で補強されている。

上記した構造の場合には、陽極ターゲット 6 2 の熱は継手部 6 3 から底板部分 6 8 b に伝達され、底板部分 6 8 b の例えば中央部分から固定体 6 9 に伝達される。また、回転体 6 8 の円筒部分 6 8 a と底板部分 6 8 b との接合部分の熱抵抗は放熱特性に対する影響が少ない。よって、
25 固定ねじ 7 9 だけによる固定とし、拡散接合を省略することもできる。

図 1 1 に示した第 3 の実施形態においても、陽極ターゲット 6 2 と継

手部 6 3 とは金属接合で結合されており、回転体 6 8 と継手部 6 3 とは
一体成形により結合されている。これらによって、陽極ターゲット 6 2
から回転体 6 8 の底板部分 6 8 b までの熱伝達経路を金属組織学的に一
5 体化した構造としている。従って、熱伝達経路中に金属面同士が単に接
触するだけの部分がなくなり、熱伝達経路における熱抵抗値のばらつき
を防止することができる。

次に、第 2 の発明による回転陽極型 X 線管の第 4 の実施形態について、
図 1 2 を参照して説明する。なお図 1 2 において、図 9 ～図 1 1 と対応
する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 1 2 に
10 示す第 4 の実施形態の回転陽極型 X 線管 6 0 においては、陽極ターゲッ
ト 6 2 の貫通穴の縁に、厚さが薄い肉薄部 6 2 a が設けられている。継
手部 6 3 の外周部には外側に突出する環状段付部 6 3 1 が設けられ、下
端部には内側に突出する環状突出部 6 3 2 が設けられている。

回転体 6 8 は、内径が小さい径小部 6 8 1 と、これよりも内径が大き
15 く、径小部 6 8 1 と一体に成形された径大部 6 8 2 とから構成されてお
り、さらに外周面には環状突出部 6 8 0 が設けられている。固定体 6 9
は、外径が小さい径小部 6 9 1 と、これよりも外径が大きく、径小部 6
9 1 と一体成形された径大部 6 9 2 とから構成されている。固定体 6 9
の径小部 6 9 1 および径大部 6 9 2 は、回転体 6 8 の径小部 6 8 1 およ
20 び径大部 6 8 2 の内側に嵌合している。

上記の構成において、陽極ターゲット 6 2 はその肉薄部 6 2 a が固定
ねじ 6 6 と段付部 6 3 1 との間に固定されており、同時に肉薄部 6 2 a
と段付部 6 3 1 とはチタン箔 7 4 を使用した拡散接合によって接合され
ている。また、継手部 6 3 の環状突出部 6 3 2 と回転体 6 8 の環状突出
25 部 6 8 0 との接合部分はろう付けされている。

図 1 2 に示した第 4 の実施形態において、回転体 6 8 の径小部 6 8 1

と固定体 6 9 の径小部 6 9 1 とが対向する間隙は例えば 30~500 μ m の範囲とされており、動圧式すべり軸受 7 5 A、7 5 B、7 6 A、7 6 B が形成された軸受領域の間隙よりも広く設定されている。このような間隙が広い領域は、軸受としてほとんど機能しない非軸受領域を形成する。

- 5 非軸受領域にも軸受領域と同様に液体金属潤滑剤が供給される。

この非軸受領域は回転体 6 8 に伝達された陽極ターゲット 6 2 からの熱を固定体 6 9 に伝達する領域となっている。非軸受領域は軸受領域より陽極ターゲット 6 2 からの距離が短いため、非軸受領域を介した伝熱経路を主として回転体 6 8 から固定体 6 9 に熱が伝わる。図中円内に非
10 軸受領域を拡大して示す。非軸受領域における回転体 6 8 と固定体 6 9 との間隙には液体金属潤滑剤 8 0 が充填されている。

非軸受領域の温度は動作時に、例えば 400~500℃に達する。この程度の温度になると、回転体 6 8 や固定体 6 9 の構成材料（例えばモリブデンやモリブデン合金）と液体金属潤滑剤とが反応し、非軸受領域の間
15 隙に反応層の成長する場合がある。しかし、間隙の寸法を大きく設定しているために、回転特性の劣化は回避される。

一方、動圧式すべり軸受 7 5 A、7 5 B、7 6 A、7 6 B が形成された軸受領域は、非軸受領域よりも陽極ターゲット 6 2 の伝熱経路から遠いため、その温度はおよそ 250℃以下に保たれる。従って、軸受領域に
20 おける軸受材料と液体金属潤滑剤との相互反応が抑えられ、軸受面の荒れや寸法変化が防止される。これによって、安定な軸受動作を維持することが可能となる。また、固定体 6 9 内の冷却媒体通路は、継手部 6 3 と回転体 6 8 との結合部分に達するように設けられているため、継手部 6 3 から回転体 6 8 を介して固定体 6 9 に伝達した熱を効率的に冷却す
25 ることができる。

図 1 2 に示した第 4 の実施形態においても、陽極ターゲット 6 2 と継

手部 6 3 および回転体 6 8 と継手部 6 3 とは、いずれも金属接合で結合されている。これらによって、陽極ターゲット 6 2 から回転体 6 8 までの熱伝達経路を金属組織学的に一体化した構造としている。従って、熱伝達経路中に金属面同士が単に接触するだけの部分がなくなり、熱伝達

5 経路における熱抵抗値のばらつきを防止することができる。

図 1 2 に示した実施形態において、回転体 6 8 の径小部 6 8 1 と径大部 6 8 2 を別々に形成し、これらを接合して回転体 6 8 を構成してもよい。同様に、固定体 6 9 の径小部 6 9 1 と径大部 6 9 2 を別々に形成し、これらを接合して固定体 6 9 を構成することができる。これらの接合部分には摩擦圧接などの金属接合法を適用することが好ましい。また、回転体 6 8 の径小部 6 8 1 と固定体 6 9 の径小部 6 9 1 は、例えばモリブデン、モリブデン合金、タングステン、タングステン合金、タンタル、タンタル合金の中から選ばれた材料で構成される。回転体 6 8 の径大部 6 8 2 および固定体 6 9 の径大部 6 9 2 は、例えば鉄、鋼、合金鋼、鉄-ニッケル合金、鉄-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金のような鉄を主体とする鉄基金属で構成される。

10

15

このような構成の場合、動圧式すべり軸受 7 5 A、7 5 B、7 6 A、7 6 B が設けられた軸受領域を、例えば鉄基材料で形成することによって、高精度の軸受加工が可能となる。鉄や鉄合金などは比較的安価で、モリブデンやタングステンに比べて加工も容易である。また、強磁性体であるため回転磁界との磁氣的結合の効率も高くなる。非軸受領域には高融点物質からなる耐熱コーティングを設けることが好ましい。

20

さらに、図 1 2 に示した実施形態において、非軸受領域の固定体 6 9 の表面に、耐熱コーティングを設けることも有効である。耐熱コーティングは前述した CVD 法、PACVD 法、MOCVD 法、イオンプレーティングのような PVD 法、溶射法、溶融塩浴浸漬法、ガス雰囲気中に

25

おける熱処理法などによって形成することができる。耐熱コーティングを形成する領域は、回転体 68 と固定体 69 とが機械的に接触しない非軸受領域に限定することが好ましい。ただし、コーティング層の密着度や耐摩耗性が高い場合には軸受領域に形成することもできる。

- 5 次に、第 2 の発明による回転陽極型 X 線管の第 5 の実施形態について、図 13 を参照して説明する。なお図 13 において、図 9 ～図 12 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 13 に示す第 5 の実施形態の回転陽極型 X 線管 60 においては、回転体 68 の内径と固定体 69 の外径が一樣の大きさに形成されており、このような
10 回転体 68 と固定体 69 とが嵌合されている。

この構造の場合には図 12 の構造と比較して、陽極ターゲット 62 に近い部分の回転体 68 および固定体 69 の外径や内径が大きくなり、冷却用通路を形成する穴 73 の径も陽極ターゲット 62 側が大きくなっている。固定体 69 は、例えば穴径が大きい第 1 の部分 69A と穴径が小さい第 2 の部分 69B を別々に形成し、これらを拡散接合することにより構成している。図 13 の構造では、冷却媒体は矢印 C2 で示すようにパイプ 74 内を上昇し、その上端からパイプ 73 の外側に移動して下降する流れになっている。

また、固定体 69 の上端面と回転体 68 とが対向する領域は、回転体
20 68 と継手部 63 との結合部分からの距離が短く、もう一つの伝熱領域を形成している。この場合、軸受領域と伝熱用の非軸受領域とが共通の嵌合面に形成されており、継手部 63 から回転体 68 に伝達された熱の一部は固定体 69 の上端面に設けられた伝熱用非軸受領域を介して固定体 69 に伝達される。

- 25 このような構成によれば、固定体 69 と冷却媒体との接触面積が増え、陽極ターゲット 62 から冷却媒体への熱伝達率、すなわち陽極ターゲッ

ト 6 2 の冷却効率が向上する。さらに、陽極ターゲット 6 2 と継手部 6 3、および回転体 6 8 と継手部 6 3 とは、いずれも金属接合で結合されている。これらによって、陽極ターゲット 6 2 から回転体 6 8 までの熱伝達経路を金属組織学的に一体化した構造としている。従って、熱伝達
5 経路中に金属面同士が単に接触するだけの部分がなくなり、熱伝達経路における熱抵抗値のばらつきを防止することができる。

次に、第 2 の発明による回転陽極型 X 線管の第 6 の実施形態について、図 1 4 を参照して説明する。なお図 1 4 において、図 9 ～図 1 3 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 1 4 に
10 示す第 6 の実施形態の回転陽極型 X 線管 6 0 においては、固定体 6 9 の上端が真空容器 6 1 の一部に固定されている。

真空容器 6 1 は円筒状の第 1 の固定部材 8 1 を有し、第 1 の固定部材 8 1 の上端を内側に折り曲げた折曲部 8 1 a に筒状の第 2 の固定部材 8 2 が気密接合されている。第 2 の固定部材 8 2 の内側には筒状の第 3 の
15 固定部材 8 3 が気密接合されている。そして、固定体 6 9 の上端が第 3 の固定部材 8 3 の内側に気密に固定されている。

固定体 6 9 は 2 つの接合部 Y 1、Y 2 を境にして異なる材料で構成されており、スラストリング 7 1 に隣接する部分に環状膨大部 8 4 が形成されている。固定体 6 9 にはその上端面から下端面まで管軸方向に貫通
20 する穴 7 3 が設けられており、冷却媒体用通路を形成している。穴 7 3 の上下両端は真空容器 6 1 外に開口しており、冷却媒体は矢印 C 3 で示すように、下端の開口から入って上端の開口から外部に導出される。

回転体 6 8 も接合部 X を境にして異なる材料で構成されている。接合部 X より上方に位置する第 1 の回転体 8 5 A に、図 1 2 と同様の構造で
25 継手部 6 3 が結合されている。また、回転体 6 8 の接合部 X より下方に位置する第 2 の回転体 8 5 B と固定体 6 9 との嵌合部分には、ラジアル

方向の動圧式すべり軸受式 7 5 A、7 5 B が設けられている。固定体 6 9 の環状膨大部 8 4 の上面と第 2 の回転体 8 5 B とが対向する部分、および環状膨大部 8 4 の下面とスラストリング 7 1 とが対向する部分にはスラスト方向の動圧式すべり軸受式 7 6 A、7 6 B が形成されている。

- 5 第 1 の回転体 8 5 A と固定体 6 9 との嵌合部分は、伝熱用の非軸受領域とされている。第 1 の回転体 8 5 A とそれに嵌合される固定体 6 9 の部分 8 6 A は前述したような高融点金属材料により形成されている。また、第 2 の回転体 8 5 B とそれに嵌合される固定体 6 9 の部分 8 6 B は前述したような鉄基材料により形成されている。これら各構成材料によ
- 10 れば、前述したように軸受精度などの向上と伝熱領域の特性向上とを両立させることが可能となる。

- 図 1 4 に示した構造は、固定体 6 9 の両端が真空容器 6 1 に固定されている。このため、陽極ターゲット 6 2 や回転機構 6 4 が安定に支持される。また、動圧式すべり軸受 7 5 A、7 5 B、7 6 A、7 6 B が陽極
- 15 ターゲット 6 2 の一方の側に設けられているため、陰極側に位置する回転体の外径を小さくでき、耐電圧性能が確保される。なお、図 1 4 に示した回転陽極型 X 線管 6 0 を陽極接地で使用する場合には、固定体 6 9 を真空容器 1 1 に固定する部材、例えば第 1 の固定部材 8 1、第 2 の固定部材 8 2、第 3 の固定部材 8 3 は金属で形成される。

- 20 次に、第 2 の発明による回転陽極型 X 線管の第 7 の実施形態について、図 1 5 を参照して説明する。なお図 1 5 において、図 9 ～図 1 4 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 1 5 に示す第 7 の実施形態の回転陽極型 X 線管 6 0 において、回転体 6 8 は円筒部分 8 7 とその上方の開口を封止する封止リング 8 8 などから構成さ
- 25 れている。

回転体 6 8 の円筒部分 8 7 は 2 つの接合部 Z 1、Z 2 を境にして異な

る材料で構成されている。2つの接合部Z1、Z2で挟まれた中間円筒部87aには継手部63が結合されている。中間円筒部87aは前述した高融点金属材料で形成されている。接合部Z1より上方に位置する上方円筒部87b、封止リング88、接合部Z2より下方に位置する下方円筒部87c、およびスラストリング71は、前述した鉄基材料で形成されている。スラストリング71の下方には、ステータコイル（図示せず）が発生する回転磁界により回転力を発生させる高導電性の筒状部材89が設けられている。

固定体69の上端は封止リング88を貫通して上方へと伸び、真空容器61に固定されている。固定体69の下端はスラストリング71を貫通して下方へと伸びている。固定体69は2つの接合部W1、W2を境にして異なる材料で構成されている。2つの接合部W1、W2で挟まれた中間部90aは前述した高融点金属材料で形成されている。接合部W1より上方に位置する上方部90b、および接合部W2より下方に位置する下方部90cは前述した鉄基材料で形成されている。

また、回転体68の中間円筒部87aと固定体69の中間部90aとの嵌合部分は伝熱用の非軸受領域を構成しており、冷却媒体用通路を構成する穴73は固定体69の中間部90aで内径が大きくなっている。ラジアル方向の動圧式すべり軸受75A、75Bは、回転体68の上方円筒部87bの部分および下方円筒部87の部分に形成されている。スラスト方向の動圧式すべり軸受76A、76Bは、封止リング88やスラストリング71と固定体69との対向部分に形成されている。

図15に示した構造では、固定体69の両端が真空容器61に固定されているため、陽極ターゲット62や回転機構64が安定に支持される。また、動圧式すべり軸受75A、75B、76A、76Bが陽極ターゲット62の両側に配置されている。この場合、上下の軸受に加わる負

荷荷重のバランスが良好で、安定な軸受機能が実現される。

さらに、軸受面を構成する材料にはモリブデンのような高融点金属や S K D 1 1 のような鉄基合金を使用できる。高融点金属はかじりが発生しやすく、材料や加工コストが高いなどの問題がある。鉄基地金の場合
5 はかじりが発生しにくく、材料や加工コストが低減するものの、液体金属潤滑剤と反応しやすいという問題がある。しかし、固定体 6 9 内に冷却媒体用通路を設け、冷却する構造にすれば液体金属潤滑剤との反応が抑えられる。そのため、鉄基地金を採用することが好ましい。

一方、伝熱用の嵌合面（非軸受領域）を構成する材料は、継手部 6 3
10 と接合される回転体側にはモリブデンなどの高融点金属が好ましい。この場合、使用時の温度上昇による熱膨張差による隙間寸法の変化を防止するために、固定体側も高融点金属とすることが好ましい。ただし、伝熱用嵌合部の隙間は軸受部より寸法精度が要求されないため、鉄合金やそれに耐熱コーティングを設けた構造とすることもできる。

15 上述した第 2 の発明の実施形態において、例えば軸受嵌合面と伝熱用非軸受嵌合面とが共通になっていない場合には、伝熱用非軸受嵌合面にヘリボーンパターンやスパイラルパターンのらせん溝を形成することもできる。これらの溝は液体金属潤滑剤を嵌合部の隙間に保持する機能があるため、回転体から固定体への良好な熱伝達が実現される。

20 また、拡散接合を適用する場合には、拡散促進材として T i、P t、Z r、V、R h、およびこれらの金属を主成分とする合金から選ばれた材料などが用いられる。拡散促進材には 1000℃における飽和蒸気圧が 1×10^{-6} Pa 以下の金属材料が用いられる。拡散促進材は接合する 2 つの部材の間に配置される。拡散促進材は接合する部材の表面に塗布するよう
25 うにしてもよい。

なお、図 1 4 や図 1 5 に示した構造では、回転体部分や固定体部分を

異なる材料を接合して構成している。回転体部分や固定体部分は同じ材料を用いて一体に成形することもできる。一体で成形した場合には、例えば液体金属潤滑剤などで接合部分が浸食されるようなことがなくなるため、機械的強度が大きくなる。

- 5 上述した実施形態の構成によれば、陽極ターゲットの熱が伝達される熱伝達経路の熱抵抗のばらつきがなくなる。この場合、軸受面を構成する材料と液体金属潤滑剤との反応によって安定な軸受動作が損なわれない範囲で、回転体から固定体への伝熱量を増やすことができる。その結果、固定体内部を流れる冷却流体に伝達される熱量を多くすることができ
10 けるため、回転陽極型X管の特性を改善することが可能となる。

次に、本発明の第3の発明による回転陽極型X線管の実施形態について説明する。図16は第3の発明の第1の実施形態による回転陽極型X線管の要部構成を示す縦断面図である。図16に示す回転陽極型X線管100は例えばガラス製の真空容器101を有している。真空容器101内には陽極ターゲット102が配置されている。陽極ターゲット102は継手部103に連結されている。継手部103は全体が円筒状に形成され、陽極ターゲット102の熱が伝達する面積を小さくした断熱構造になっている。

継手部103は、陽極ターゲット102側に位置する第1の筒状部103aと、この第1の筒状部103aより内径および外径が共に大きい第2の筒状部103bから構成されている。第1の筒状部103aの陽極ターゲット102側の端部には鰐部103cが形成されており、この鰐部103cの上面に陽極ターゲット102が摩擦圧接法などによって接合されている。また、第2の筒状部103bは陽極ターゲット102
20 を回転可能に支持する回転機構104に連結されている。

回転機構104は回転部分と固定部分とから構成されており、継手部

103は回転部分を構成する有底円筒状の内側回転体105に連結されている。内側回転体105の外周部には環状の突出部105aが形成されており、この突出部105aの上面（陽極ターゲット102側の面）に継手部103の第2の筒状部103bの端面が拡散接合などによって
5 接合されている。これら両者は同時にねじ106で固定されている。

内側回転体105の突出部105a下方の外周面には、銅製の外側回転体107が接合されている。外側回転体107は、陽極ターゲット102側に位置する伝熱促進体108と、陽極ターゲット102から遠い側に位置するロータ109とを一体化した構造を有している。内側回転
10 体105および外側回転体107は、陽極ターゲット102側の領域D1で接合されており、その下方の領域D2は内側回転体105と外側回転体107との間に隙間が設けられている。

外側回転体107の伝熱促進体108部分の上端部は突出部105aの下面に接触している。また、突出部105aより上方に位置する内側
15 回転体105の外周面および内側回転体105の上部端面には、それぞれ銅製の伝熱促進体110a、110bが接合されている。伝熱促進体110aの下端の環状部分は突出部105aの上面に接触している。

内側回転体105の下方の開口は、スラストリング111によって封止されている。スラストリング111は内側回転体105に固定され、
20 内側回転体105および外側回転体107などと共に回転機構104の回転部分を形成している。内側回転体105およびスラストリング111で囲まれた空間には固定体112が嵌合されている。

固定体112は回転機構104の固定部分を構成するものである。固定体112は、内側回転体105やスラストリング111の内側に嵌合
25 する径大部112aと、これより外径が小さい径小部112bとを有し、径小部112bはスラストリング111を貫通して、その下端部が真空

容器 1 0 1 の外まで伸びている。固定体 1 1 2 の下端部は保持部材 1 1 3 を介して真空容器 1 0 1 に固定されている。固定体 1 1 2 の内部には管軸に沿って冷却媒体用通路を形成する穴 1 1 4 が設けられており、穴 1 1 4 内にはパイプ 1 1 5 が配置されている。冷却媒体は矢印 C で示す
5 方向に流れる。

回転機構 1 0 4 の内側回転体 1 0 5 やスラストリング 1 1 1 と固定体 1 1 2 との嵌合部分には動圧式すべり軸受が設けられている。具体的には、内側回転体 1 0 5 の内周面と固定体 1 1 2 の外周面との嵌合部分に、管軸方向に離れた 2 つの領域にらせん溝 1 1 6 a、1 1 6 b が形成され
10 ている。らせん溝 1 1 6 a、1 1 6 b の部分に液体金属潤滑剤が供給されて、ラジアル方向の動圧式すべり軸受が形成されている。また、固定体 1 1 2 の上端面および段差面にらせん溝 1 1 7 a、1 1 7 b が形成されている。らせん溝 1 1 7 a、1 1 7 b の部分に液体金属潤滑剤が供給されて、スラスト方向の動圧式すべり軸受が形成されている。

15 ここで、領域 D 1 内の a - a 線の断面を図 1 7 に、また領域 D 2 内の b - b 線の断面を図 1 8 に示す。図 1 7 に示すように、領域 D 1 の外側回転体 1 0 7 すなわち伝熱促進体 1 0 8 は管軸方向に伸びるスリット S L によって 4 分割されている。図 1 8 に示すように、領域 D 2 の外側回転体 1 0 7 すなわちロータ 1 0 9 は筒状に形成されている。スリット S
20 L の管軸方向の長さは、内側回転体 1 0 5 との接合部分よりも長くされている。これによって、製造時などにおいて内側回転体 1 0 5 との接合部に生じるストレスを小さくしている。

上述した構成を有する回転陽極型 X 線管 1 0 0 においては、真空容器 1 0 1 外に配置されたステータコイル（図示せず）が発生する回転磁界
25 によって、外側回転体 1 0 7 のロータ 1 0 9 に回転力が生じる。この回転力は継手部 1 0 3 を経て陽極ターゲット 1 0 2 に伝達され、陽極ター

ゲット 1 0 2 が回転する。この状態で、陽極ターゲット 1 0 2 に電子ビームが照射され、陽極ターゲット 1 0 2 から X 線が放出される。

回転陽極型 X 線管 1 0 0 が動作状態に入ると、電子ビームの照射で陽極ターゲット 1 0 2 の温度が上昇する。陽極ターゲット 1 0 2 の熱の多くは輻射によって放散されるが、一部の熱は熱的および機械的に連結された継手部 1 0 3 を経て内側回転体 1 0 5 に伝達される。内側回転体 1 0 5 に伝達された熱は、さらに突出部 1 0 5 a の裏側に位置する内側回転体 1 0 5 と固定体 1 1 2 との隙間（軸受領域）を経て固定体 1 1 2 に伝達される。

10 このとき、突出部 1 0 5 a に伝達された熱の一部は伝熱促進体 1 1 0 a、1 1 0 b を経て内側回転体 1 0 5 の突出部 1 0 5 a の上方部分に伝達され、その底面部分などから内側回転体 1 0 5 と固定体 1 1 2 との隙間を経て固定体 1 1 2 に伝達される。また、熱の一部は外側回転体 1 0 7 の伝熱促進体 1 0 8 を経て突出部 1 0 5 a の下方部分に伝達され、内側回転体 1 0 5 から固定体 1 1 2 に伝達される。そして、固定体 1 1 2 から冷却用通路を流れる冷却媒体によって外部に放散される。内側回転体 1 0 5 と固定体 1 1 2 との嵌合部分には、軸受領域および非軸受領域共に液体金属潤滑剤が満たされている。そのため、内側回転体 1 0 5 から液体金属潤滑剤を通して固定体 1 1 2 に熱が良好に伝わる。

20 上述した構成によれば、伝熱促進体 1 0 8、1 1 0 a、1 1 0 b によって、陽極ターゲット 1 0 2 の熱が突出部 1 0 5 a から上下両側に伝達されるため、内側回転体 1 0 5 の広い範囲から固定体 1 1 2 に伝達することができる。従って、冷却媒体との有効接触面積が増加し、冷却効率を向上させることが可能となる。また、内側回転体 1 0 5 に伝達した熱が伝熱促進体 1 0 8、1 1 0 a、1 1 0 b により広い範囲に分散するため、内側回転体 1 0 5 の肉厚を大きくする必要もなく、回転陽極型 X

線管 1 0 0 の小型化を図ることができる。

5 なお、上記した実施形態においては、突出部 1 0 5 a の管軸方向における両側に伝熱促進体 1 0 8、1 1 0 a、1 1 0 b を設け、内側回転体 1 0 5 の広い範囲から固定体 1 1 2 に熱を伝達させている。伝熱促進体は突出部 1 0 5 a の一方の側だけに設けてもよい。また、伝熱促進体は内側回転体 1 0 5 の外表面全体に設ける必要はなく、陽極ターゲット 1 0 2 の熱が伝達してくる領域、例えば突出部 1 0 5 a の近傍などに選択的に設けることもできる。

10 陽極ターゲット 1 0 2 と継手部 1 0 3 は摩擦圧接法などの金属接合で結合され、継手部 1 0 3 と内側回転体 1 0 5 は拡散接合などの金属接合で連結されている。この場合、陽極ターゲット 1 0 2 から内側回転体 1 0 5 までの熱伝達経路が全て金属組織学的に結合される。従って、熱伝達経路中に金属同士が単に機械的に接触するだけの部分がなくなり、熱伝達経路における熱抵抗値のばらつきを防止することができる。伝熱促進体 1 0 8、1 1 0 a、1 1 0 b は内側回転体 1 0 5 の外表面に対して管軸方向に所定の幅（例えば一定幅）で環状に形成されている。このように、伝熱促進体 1 0 8、1 1 0 a、1 1 0 b を一定幅にした場合も、熱伝達経路の熱抵抗値のばらつきがなくなる。

20 次に、第 3 の発明による回転陽極型 X 線管の第 2 の実施形態について、図 1 9 を参照して説明する。なお図 1 9 において、図 1 6 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 1 9 に示す第 2 の実施形態の回転陽極型 X 線管 1 0 0 においては、陽極ターゲット 1 0 2 の貫通穴の周辺に厚さが薄い肉薄部 1 0 2 a が設けられている。筒状の継手部 1 0 3 の外周部には外側に突出する環状段付部 1 2 0 が設けられ、継手部 1 0 3 の下端には内側に突出する環状突出部 1 2 1 が設けられている。

そして、陽極ターゲット 1 0 2 はその肉薄部 1 0 2 a を固定ねじ 1 2 2 と環状段付部 1 2 0 とで締め付けることにより固定されている。固定ねじ 1 2 2 による固定と同時に、肉薄部 1 0 2 a と環状段付部 1 2 0 とはチタン箔 1 2 3 を使用した拡散接合によって接合されている。継手部
5 1 0 3 の環状突出部 1 2 1 と内側回転体 1 0 5 の突出部 1 0 5 a とは、例えばろう付けで接合されている。

内側回転体 1 0 5 は、内径が小さい有底円筒状の径小部 1 0 5 a と、これより内径が大きい径大部 1 0 5 b から構成されている。径小部 1 0 5 a と径大部 1 0 5 b は例えば一体構造に形成されている。内側回転体
10 1 0 5 の下方外周面には環状の凹部が形成されており、この凹部に外側回転体 1 0 7 が嵌め込まれて接合されている。外側回転体 1 0 7 は外部から加えられる磁界で回転力を発生するロータとして機能する。

固定体 1 1 2 は、径大部 1 1 2 a とその両側に設けられた第 1 および第 2 の径小部 1 1 2 b、1 1 2 c とを一体成形した構造を有している。
15 第 1 の径小部 1 1 2 a は内側回転体 1 0 5 の径小部 1 0 5 a の内側に嵌合されており、径大部 1 1 2 a は内側回転体 1 0 5 の径大部 1 0 5 b の内側に嵌合されている。また、陽極ターゲット 1 0 2 側に位置する固定体 1 1 2 の段差面にはらせん溝 1 1 7 a が形成されており、この部分に陽極ターゲット 1 0 2 側に位置するスラスト方向の動圧式すべり軸受が
20 設けられている。また、固定体 1 1 2 内の冷却媒体用通路は陽極ターゲット 1 0 2 の近傍まで達している。

そして、内側回転体 1 0 5 の突出部 1 0 5 a より下方に位置する径小部 1 0 5 a の外周面、および突出部 1 0 5 a より上方に位置する径小部 1 0 5 a の外周面に、環状の伝熱促進体 1 2 4 a、1 2 4 b が接合され
25 ている。さらに、径小部 1 0 5 a の端面に伝熱促進体 1 2 4 c が接合されている。伝熱促進体 1 2 4 a の環状上端面および伝熱促進体 1 2 4 b

の環状下端面はそれぞれ突出部 105a と接触している。

内側回転体 105 の径小部 105a と固定体 112 の径小部 112b とが対向する嵌合領域の間隙は、例えば 30~500 μ m の範囲に設定されており、らせん溝が形成された軸受領域の間隙よりも大きい非軸受領域
5 とされている。この非軸受領域には軸受領域と同様に液体金属潤滑剤が充填されている。図中円内に非軸受領域の構造を拡大して示す。内側回転体 105 と固定体 112 との隙間には液体金属潤滑剤 125 が充填されている。非軸受領域は軸受領域より陽極ターゲットまでの距離が短い位置、言い換えると熱伝達時間が早い位置に設けられている。

10 上記した構成においても、陽極ターゲット 102 の熱は継手部 103 から内側回転体 105 の突出部 105a に伝達される。そして、伝熱促進体 124a、124b、124c を経て、内側回転体 105 の広い範囲に伝達され、内側回転体 105 の広い範囲から固定体 112 に伝達される。そして、固定体 112 から冷却用通路を流れる冷却媒体を介して
15 外部に放散される。従って、冷却媒体との有効接触面積が増加し、冷却効率が向上する。さらに、陽極ターゲット 102 から固定体 112 への熱伝達経路は非軸受領域が主となるため、軸受領域の温度上昇を抑制することが可能となる。

次に、第 3 の発明による回転陽極型 X 線管の第 3 の実施形態について、
20 図 20 を参照して説明する。なお図 20 において、図 16 および図 19 と対応する部分には同一符号を付し、重複する説明を一部省略する。図 20 に示す第 3 の実施形態の回転陽極型 X 線管 100 において、回転機構 104 を構成する回転部分は、円筒部 126 と、その上下の開口を封止する第 1 および第 2 のスラストリング 127、128 と、第 2 のスラストリング 128 の下方に位置する筒状ロータ 129 などから構成され
25 ている。筒状ロータ 129 はステータコイル（図示せず）が発生する回

転磁界によって回転力を発生する。この回転力が陽極ターゲット 1 0 2 に伝えられ、陽極ターゲット 1 0 2 が回転する。

円筒部 1 2 6 の外周面には環状の突出部 1 2 6 a が形成されており、この突出部 1 2 6 a に継手部 1 0 3 が固定されている。陽極ターゲット 1 0 2 の中央に設けられた透孔の縁には環状の段部 1 3 0 が設けられており、この段部 1 3 0 に継手部 1 0 3 の上端に位置する外側突出部 1 3 1 が接合されている。また、継手部 1 0 3 の下端に位置する内側突出部 1 3 2 と円筒部 1 2 6 の環状突出部 1 2 6 a とは拡散接合されており、同時にねじ 1 3 3 で固定されている。そして、環状突出部 1 2 6 a の上方および下方に位置する円筒部 1 2 6 の外周面に、伝熱促進体 1 2 4 a、1 2 4 b が接合されている。伝熱促進体 1 2 4 a、1 2 4 b はいずれも端部が環状突出部 1 2 6 a と接触している。

固定体 1 1 2 は、円筒部 1 2 6 に嵌合する径大部 1 1 2 a と、その上下にそれぞれ連続して形成された第 1 および第 2 の径小部 1 1 2 b、1 1 2 c から構成されている。第 1 の径小部 1 1 2 b の上端は真空容器 1 0 1 に固定されている。具体的には、真空容器 1 0 1 の一部には円筒状の第 1 の固定部材 1 3 4 が気密接合されている。第 1 の固定部材 1 3 4 の上端を内側に折り曲げた折曲部 1 3 4 a には筒状の第 2 の固定部材 1 3 5 が気密接合され、第 2 の固定部材 1 3 5 の内側には筒状の第 3 の固定部材 1 3 6 が気密接合されている。固定体 1 1 2 の上端は第 3 の固定部材 1 3 6 の内側に気密に固定されている。

固定体 1 1 2 の第 2 の径小部 1 1 2 c は第 2 のスラストリング 1 2 8 を貫通し、真空容器 1 0 1 の外側まで伸びて、保持部材 1 3 7 によって真空容器 1 0 1 に固定されている。固定体 1 1 2 の内部には、その上端面から下端面まで管軸方向に貫通する穴 1 1 4 が設けられており、冷却媒体用通路を形成している。また、円筒部 1 2 6 や第 1 および第 2 のス

ラストリング 1 2 7、1 2 8 と固定体 1 1 2 の径大部 1 1 2 a との嵌合部分には、ラジアル方向の動圧式すべり軸受およびスラスト方向の動圧式すべり軸受が形成されている。伝熱促進体 1 2 4 a、1 2 4 b が形成された領域は、軸受領域より間隙が大きい非軸受領域とされている。

5 図 2 0 に示した実施形態では、固定体 1 1 2 の両端が真空容器 1 0 1 に固定されている。従って、陽極ターゲット 1 0 2 や回転機構 1 0 4 が安定に支持される。また、動圧式すべり軸受が陽極ターゲット 1 0 2 の両側に配置されるため、上下の軸受に加わる負荷荷重のバランスが良好で、安定な軸受機能が実現される。

10 上述した第 3 の発明の実施形態において、伝熱促進体は銅で形成している。伝熱促進体の形成材料には、銅合金や銅を主体とした複合強化金属材料、モリブデンなどの高熱伝導性金属などを適用することもできる。さらに、モリブデン、モリブデン合金、タンタル、タンタル合金、タン
15 グステン、タングステン合金、タングステンカーバイトなどから選ばれる少なくとも 1 種を含む焼結材料の空孔部に、銅や銀などの金属材料を含浸させた複合材料を使用することもできる。銅や銀などの金属材料と、この金属材料と固溶体を形成せずに、その金属中に分散するセラミクス材料とで構成した複合材料、あるいは銅や銀などの金属材料とグラファイトとの複合材料などを使用してもよい。

20 このように、伝熱促進体には回転機構の回転体より熱伝導率が高い各種の材料を適用することができる。特に、伝熱促進体は 100W/m K (常温) 以上の熱伝導率を有する材料で形成することが望ましい。回転体と伝熱促進体との接合にはろう接や拡散接合を適用することが好ましい。また、伝熱促進体は通常、回転体の外周面の形状に合わせて、例えば筒
25 状に形成される。ただし、回転体との熱膨張差などに起因して、接合時に変形するような場合には、接合部分に管軸方向のスリットを設けるこ

とができる。また筒状でなく、所定の幅および長さをもった複数の伝熱促進体片を回転体の外周面に接合するようにしてもよい。

- また、陽極ターゲットを継手部に連結する場合は、陽極ターゲットの熱が直接伝達されるため、継手部にはモリブデンやモリブデン合金などが使用され、回転体の継手部との結合部にはモリブデン、モリブデン合金、鉄、鉄合金などが使用される。継手部を用いずに陽極ターゲットを回転体に直接連結する構造とすることもできる。固定体内部の冷却機構にはヒートパイプなどを用いることもできる。
- 5

10 産業上の利用可能性

本発明の回転陽極型 X 線管によれば、陽極ターゲットの熱を回転機構などを介して良好に放熱させることができる。このような本発明の回転陽極型 X 線管は動作特性や信頼性などに優れることから、各種の X 線発生装置などに有効に利用されるものである。

請 求 の 範 囲

1. 真空容器と、

前記真空容器内に設けられた陽極ターゲットと、

- 5 前記陽極ターゲットと連結された回転体と、前記回転体に嵌合された固定体とを備え、前記陽極ターゲットを回転可能に支持する回転機構であって、前記回転体と前記固定体とが第1の隙間をもって対向し、かつ動圧式すべり軸受が設けられた第1の領域と、前記回転体と前記固定体とが前記第1の隙間より大きい第2の隙間をもって対向し、かつ前記第2の隙間に液体金属潤滑剤が充填された第2の領域とを有する回転機構とを具備し、

前記第2の領域に面する前記回転体は、前記第1の領域に面する前記回転体より前記陽極ターゲットからの熱伝達時間が早い場所に位置することを特徴とする回転陽極型X線管。

- 15 2. 請求項1記載の回転陽極型X線管において、

前記第2の領域に面する前記回転体は、前記第1の領域に面する前記回転体より前記陽極ターゲットまでの距離が短い場所に位置することを特徴とする回転陽極型X線管。

3. 請求項1記載の回転陽極型X線管において、

- 20 前記第2の領域に面する前記回転体は、前記第1の領域に面する前記回転体より、単位面積または単位時間あたりに前記陽極ターゲットの熱が多く伝達する場所に位置することを特徴とする回転陽極型X線管。

4. 請求項1記載の回転陽極型X線管において、

- 25 前記回転体は前記陽極ターゲットの貫通穴内に貫通されており、前記第2の領域は前記陽極ターゲットの前記貫通穴で囲まれた部分に設けられていることを特徴とする回転陽極型X線管。

5. 請求項 1 記載の回転陽極型 X 線管において、

前記回転体は、前記第 1 の領域が設けられた第 1 の回転体と、前記陽極ターゲットと結合され、かつ前記第 2 の領域が設けられた第 2 の回転体とを有することを特徴とする回転陽極型 X 線管。

5 6. 請求項 1 記載の回転陽極型 X 線管において、

前記第 2 の領域に面する前記回転体および前記固定体の少なくとも一方の面に高融点物質がコーティングされていることを特徴とする回転陽極型 X 線管。

7. 請求項 1 記載の回転陽極型 X 線管において、

10 少なくとも前記第 2 の領域の前記固定体の内部に冷却媒体が流れる通路が設けられている回転陽極型 X 線管。

8. 真空容器と、

前記真空容器内に設けられた陽極ターゲットと、

15 少なくとも一部が筒状部で構成され、かつ前記陽極ターゲットに金属接合または一体成形により結合された継手部と、

前記継手部と金属接合または一体成形により結合された回転体と、前記回転体との嵌合部分に動圧式すべり軸受が設けられた固定体とを備え、前記継手部を介して前記陽極ターゲットを回転可能に支持する回転機構と

20 を具備することを特徴とする回転陽極型 X 線管。

9. 請求項 8 記載の回転陽極型 X 線管において、

前記金属接合は拡散接合または摩擦圧接接合であることを特徴とする回転陽極型 X 線管。

10. 請求項 8 記載の回転陽極型 X 線管において、

25 前記固定体の内部に冷却媒体が流れる通路が設けられていることを特徴とする回転陽極型 X 線管。

- 1 1. 請求項 8 記載の回転陽極型 X 線管において、
前記回転体と前記固定体との嵌合部分は、前記動圧式すべり軸受が設けられた軸受領域と、前記軸受領域における前記回転体と前記固定体との隙間より大きい隙間をもつ非軸受領域とを有し、前記継手部は前記非
- 5 軸受領域における前記回転体に結合されていると共に、前記非軸受領域に液体金属潤滑剤が供給されることを特徴とする回転陽極型 X 線管。
- 1 2. 請求項 1 1 記載の回転陽極型 X 線管において、
前記非軸受領域は前記軸受領域より前記陽極ターゲットからの熱伝達時間が早い位置に設けられていることを特徴とする回転陽極型 X 線管。
- 10 1 3. 請求項 1 1 記載の回転陽極型 X 線管において、
前記回転体および前記固定体の少なくとも一方は、高融点金属材料と鉄基材料とを接合した複合材料により構成されており、前記軸受領域の部分が前記鉄基材料で形成され、前記非軸受領域の部分が前記高融点金属材料で形成されていることを特徴とする回転陽極型 X 線管。
- 15 1 4. 請求項 1 1 記載の回転陽極型 X 線管において、
前記非軸受領域における前記回転体および前記固定体の少なくとも一方は高融点金属からなり、かつその表面に高融点物質のコーティング層が設けられていることを特徴とする回転陽極型 X 線管。
- 1 5. 真空容器と、
- 20 前記真空容器内に配置された陽極ターゲットと、
前記陽極ターゲットと連結された回転体と、前記回転体との嵌合部分に液体金属潤滑剤を用いた動圧式すべり軸受が設けられた固定体とを備え、前記陽極ターゲットを回転可能に支持する回転機構と、
前記回転体の外表面に接合され、かつ前記回転体より熱伝導率の高い
- 25 部材からなる伝熱促進体と
を具備することを特徴とする回転陽極型 X 線管。

16. 請求項15記載の回転陽極型X線管において、

前記伝熱促進体が接合された前記回転体の内側表面は前記液体金属潤滑剤と接触していることを特徴とする回転陽極型X線管。

17. 請求項15記載の回転陽極型X線管において、

- 5 前記回転体は前記陽極ターゲットの熱が伝達される突出部を有し、前記突出部の両側に位置する前記回転体の外表面のうち、少なくとも一方の側に前記伝熱促進体が接合されていることを特徴とする回転陽極型X線管。

18. 請求項15記載の回転陽極型X線管において、

- 10 前記回転体は、少なくとも一部が筒状部で構成された継手部を介して、前記陽極ターゲットと連結されていることを特徴とする回転陽極型X線管。

19. 請求項15記載の回転陽極型X線管において、

- 15 前記回転体と前記固定体との嵌合部分は、前記動圧式すべり軸受が設けられた軸受領域と、前記軸受領域における前記回転体と前記固定体との隙間より大きい隙間をもつ非軸受領域とを有し、前記非軸受領域は前記軸受領域より前記陽極ターゲットからの熱伝達時間が早い位置に設けられていることを特徴とする回転陽極型X線管。

20. 請求項15記載の回転陽極型X線管において、

- 20 前記固定体の内部に冷却媒体が流れる通路が設けられていることを特徴とする回転陽極型X線管。

FIG. 1

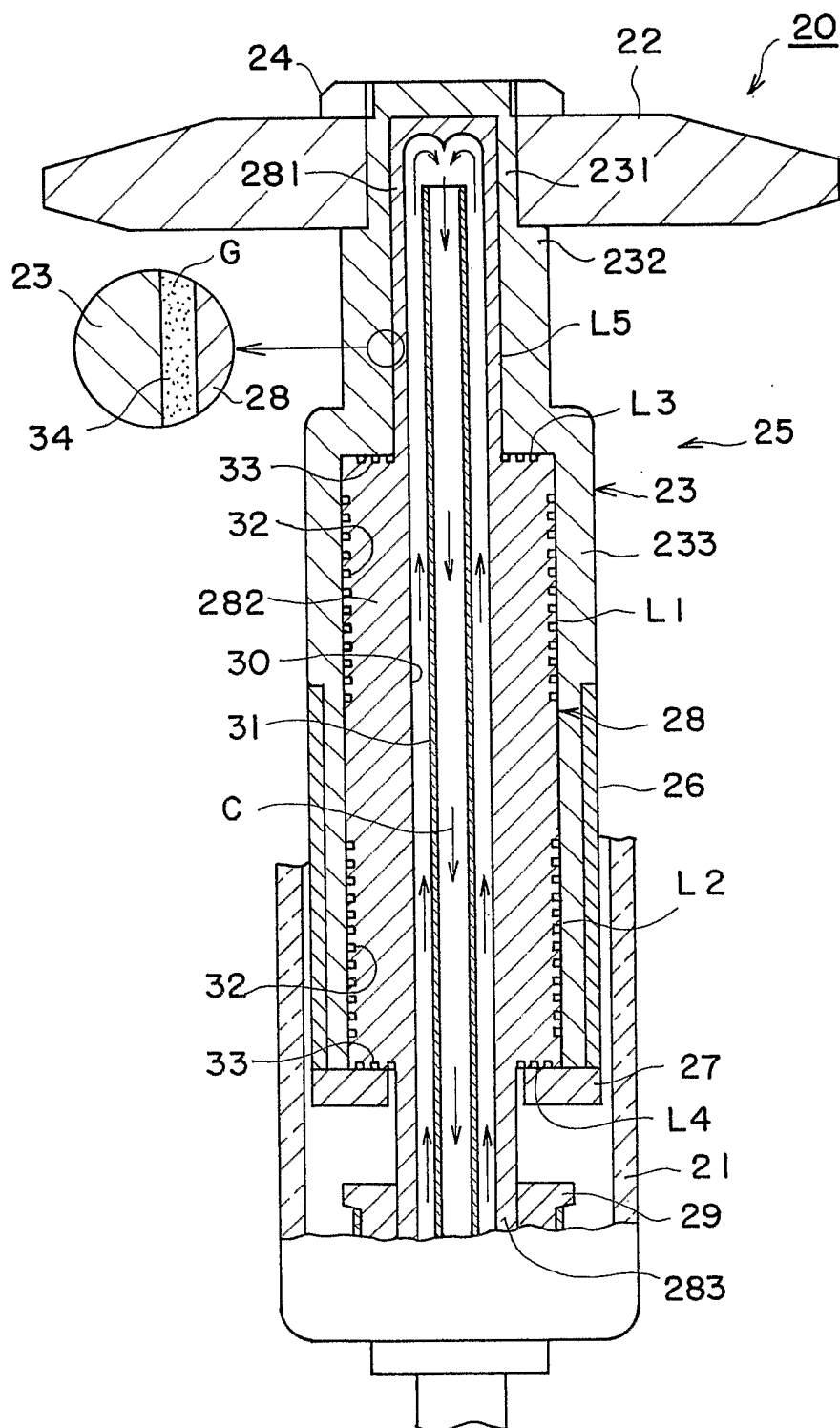


FIG. 2

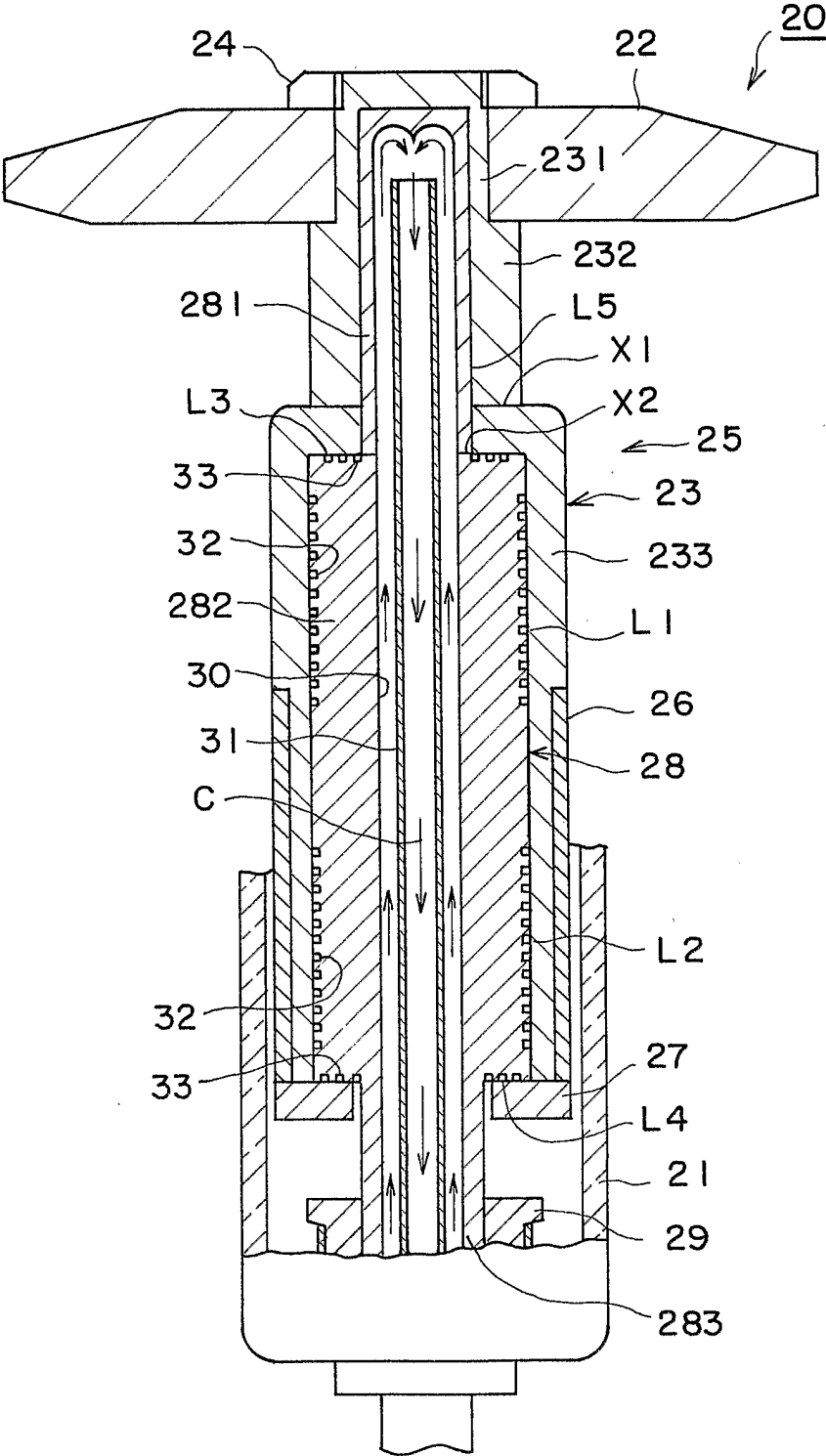


FIG. 3

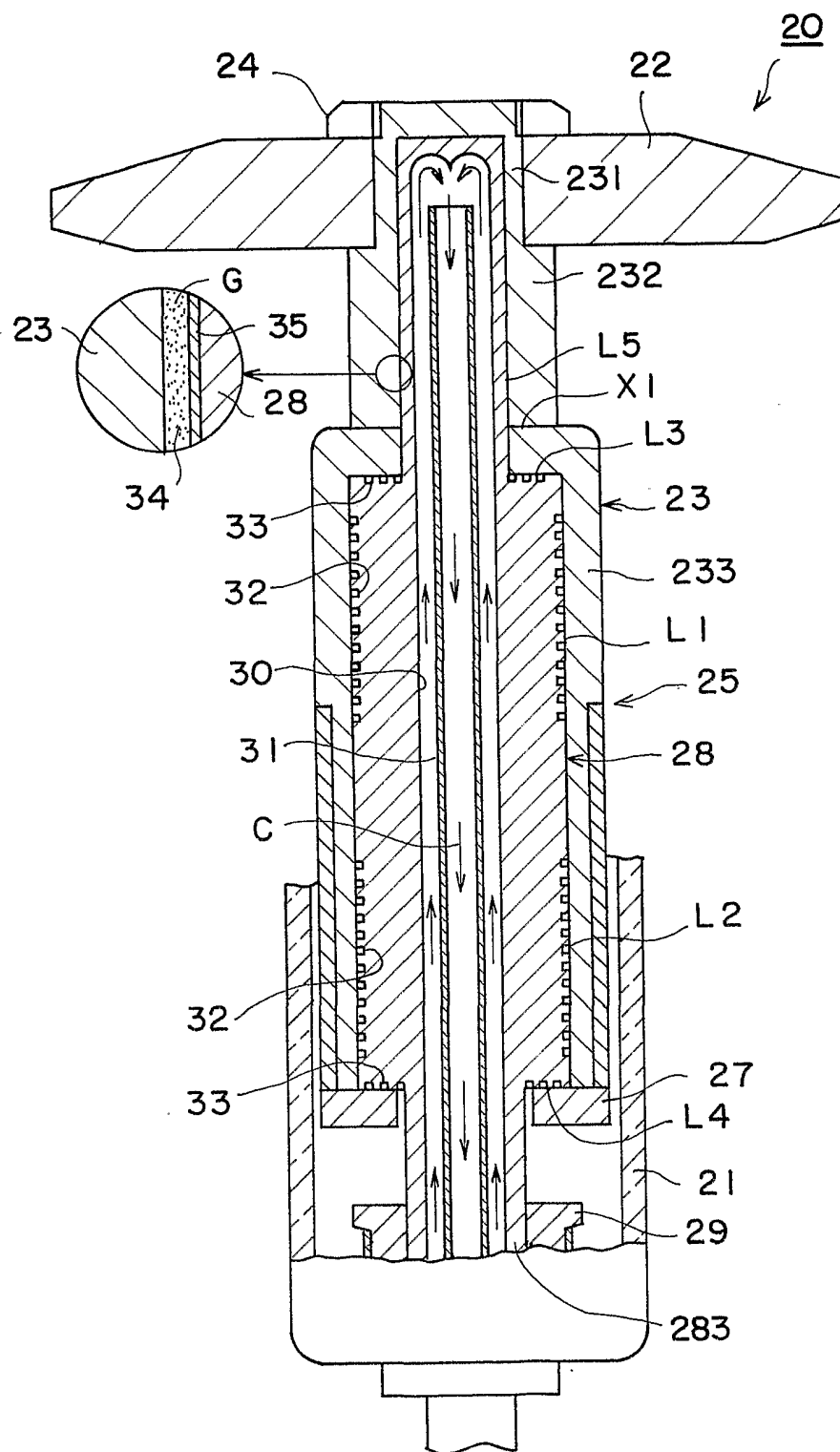


FIG. 4

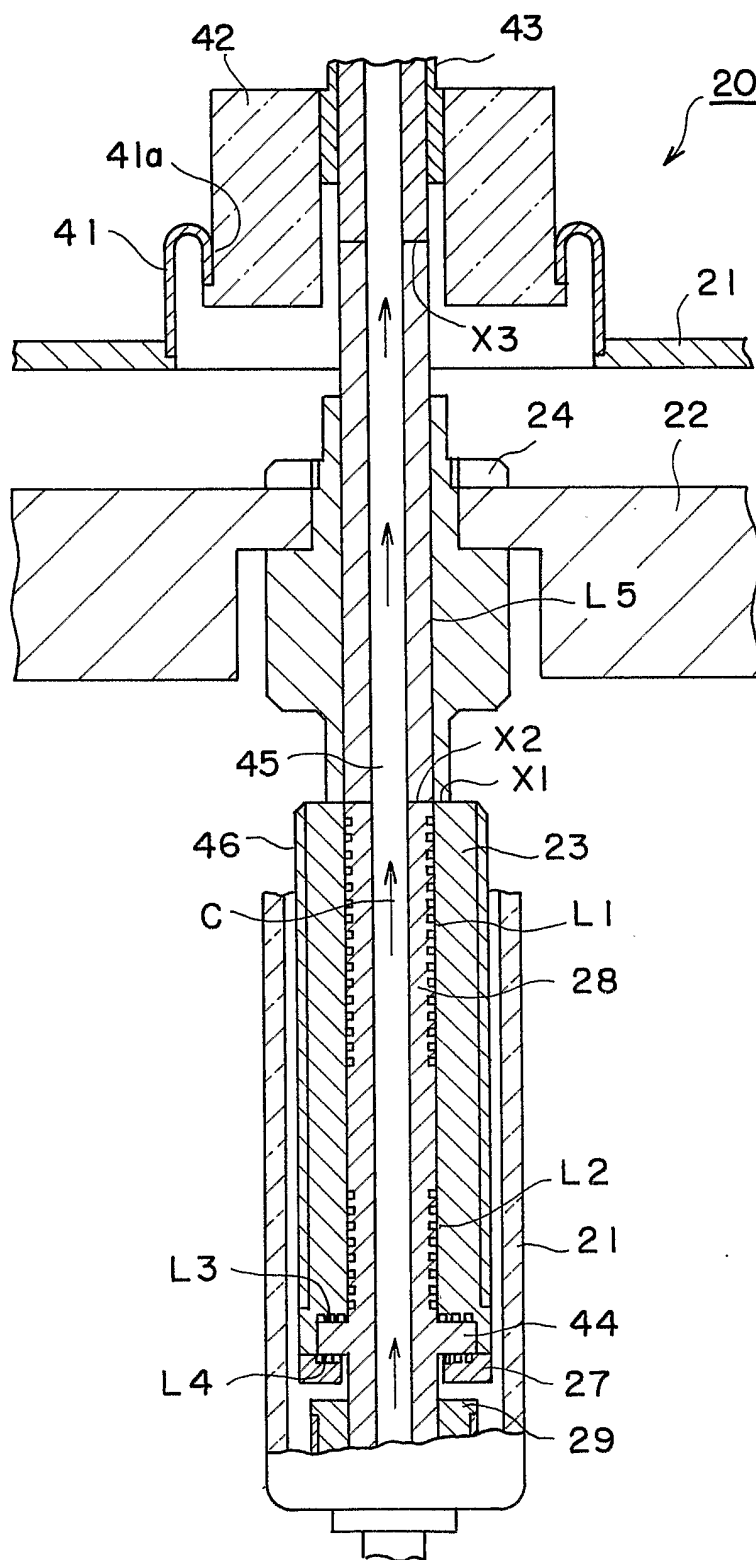


FIG. 5

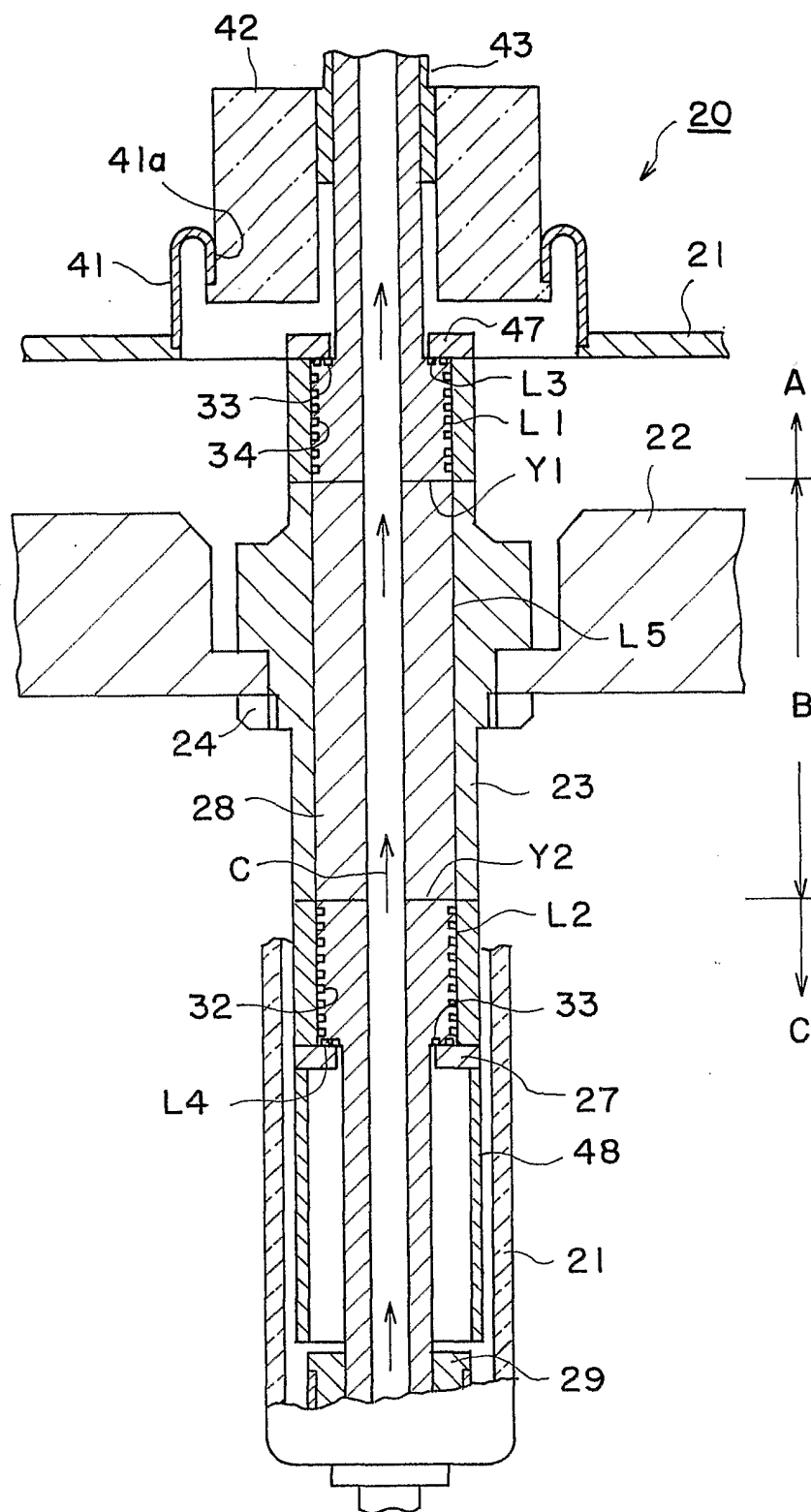


FIG. 6

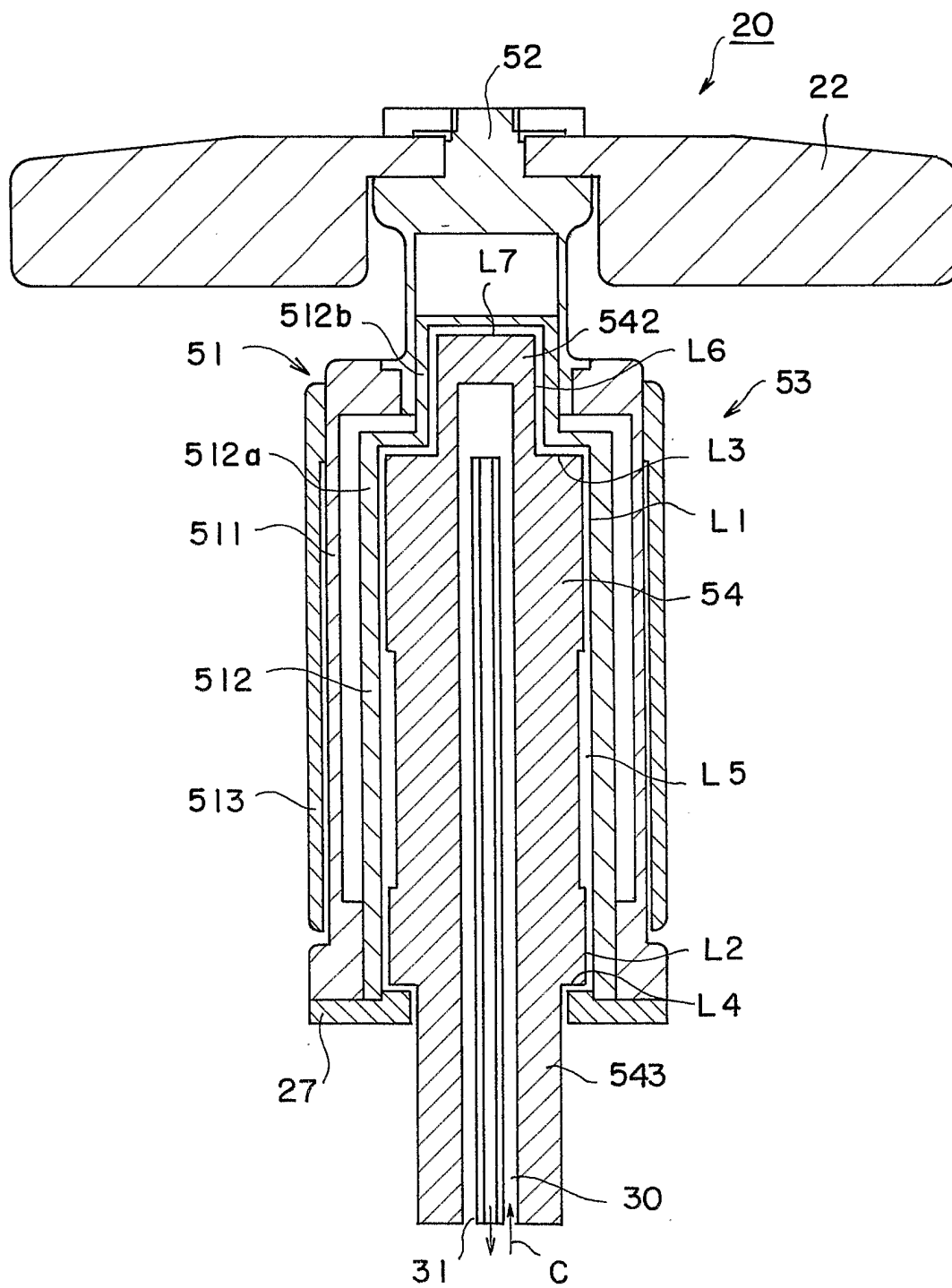


FIG. 7

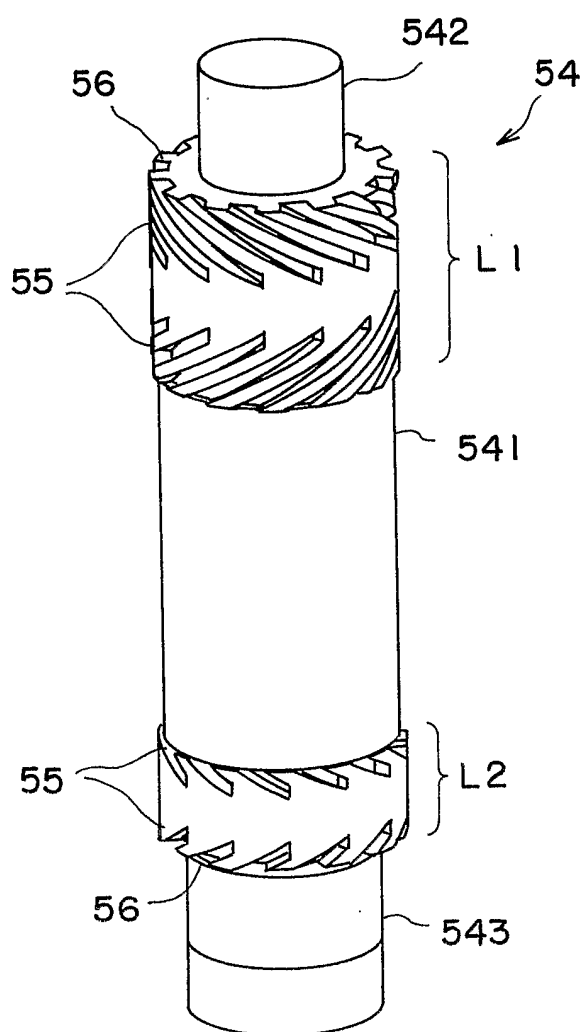


FIG. 8

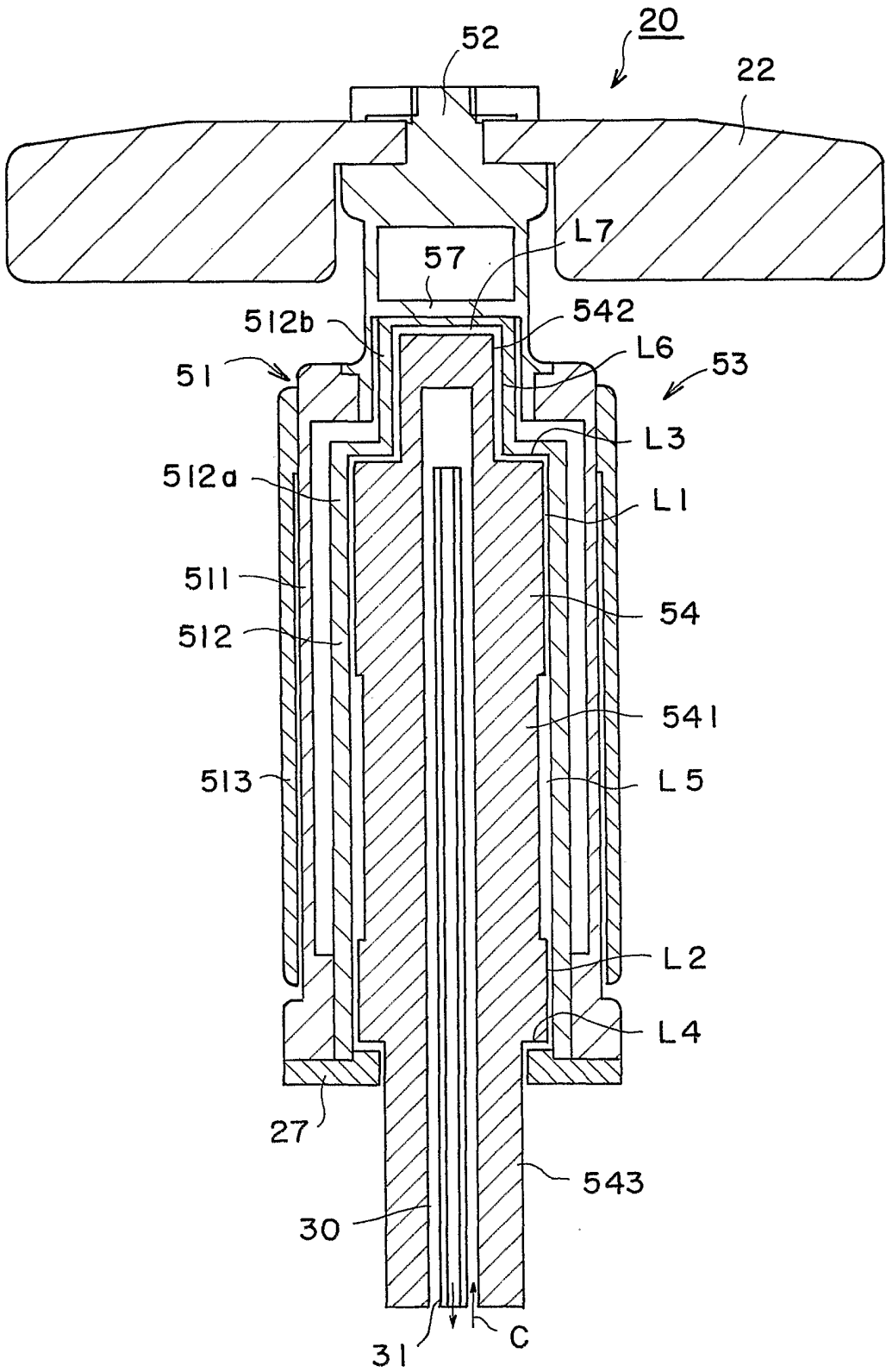


FIG. 9

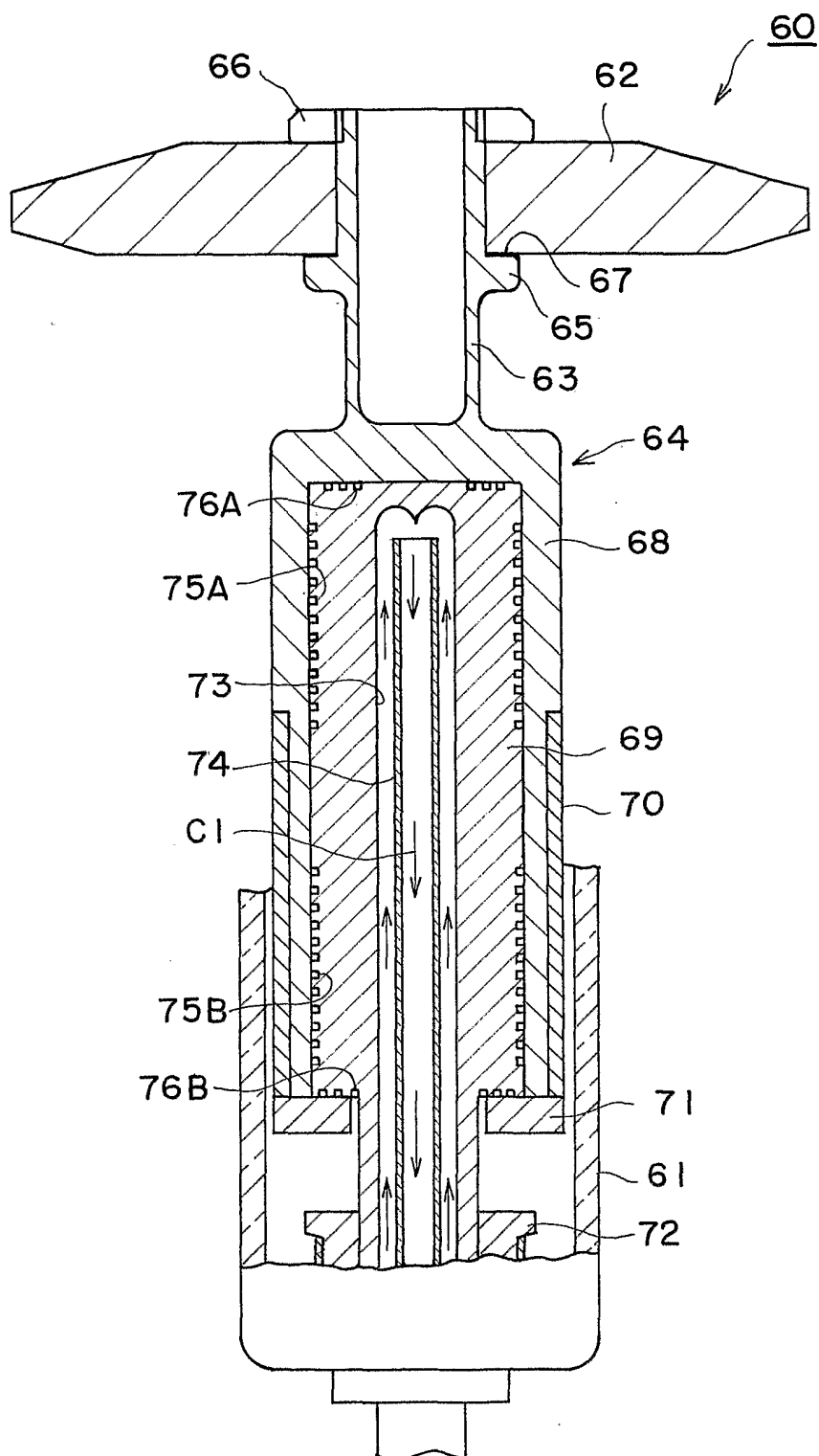


FIG. 10

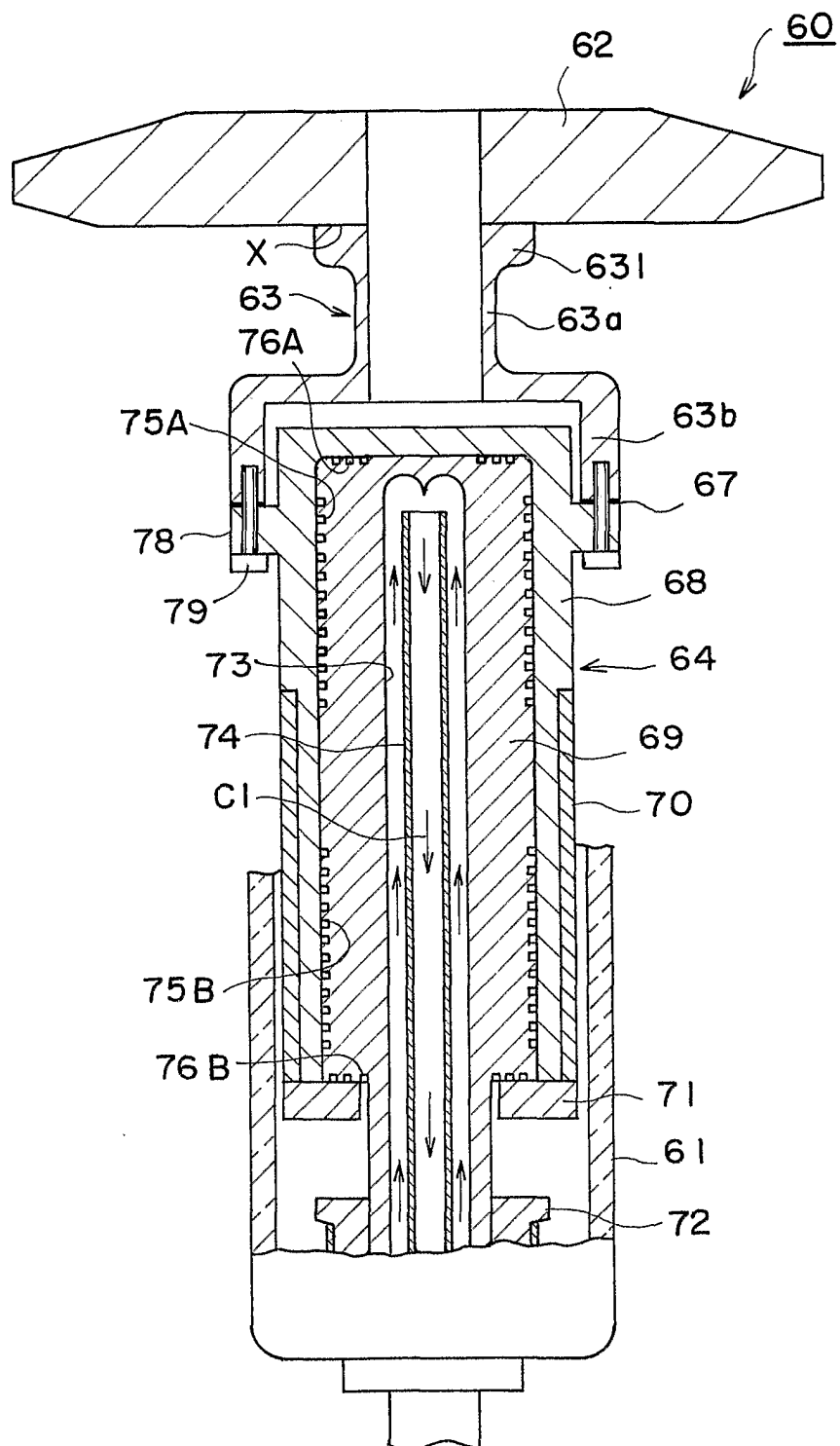


FIG. 11

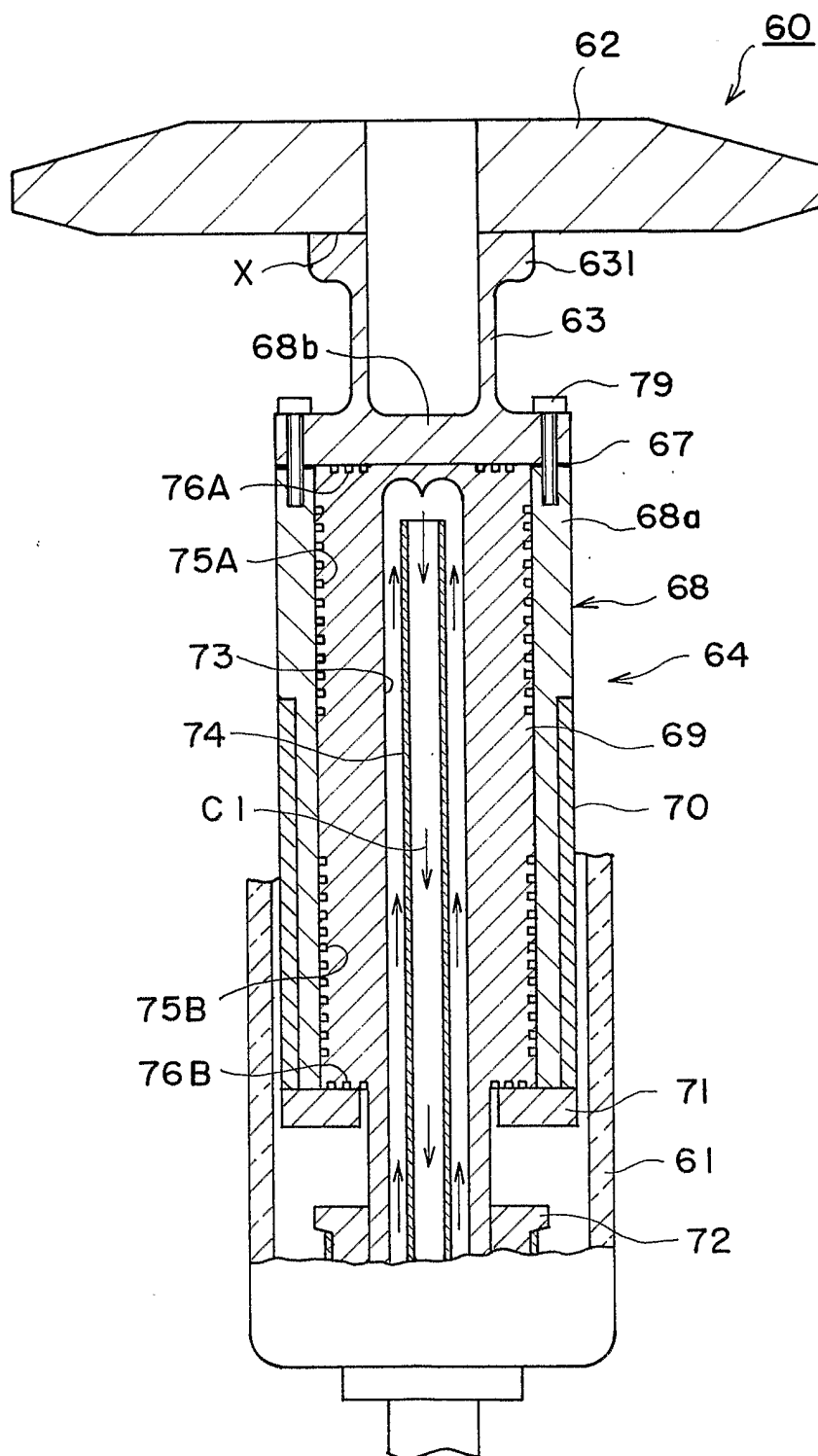


FIG. 12

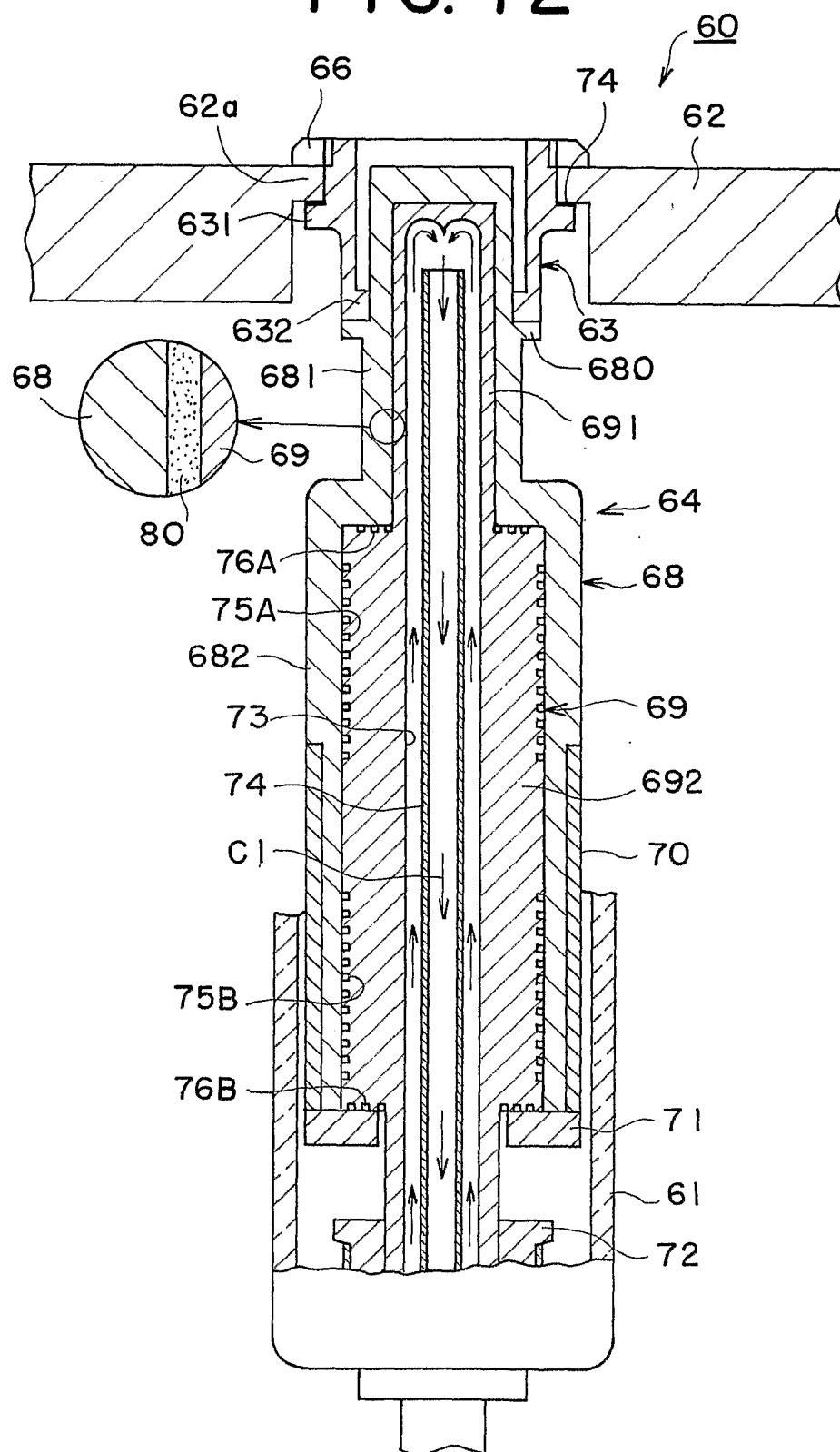


FIG. 13

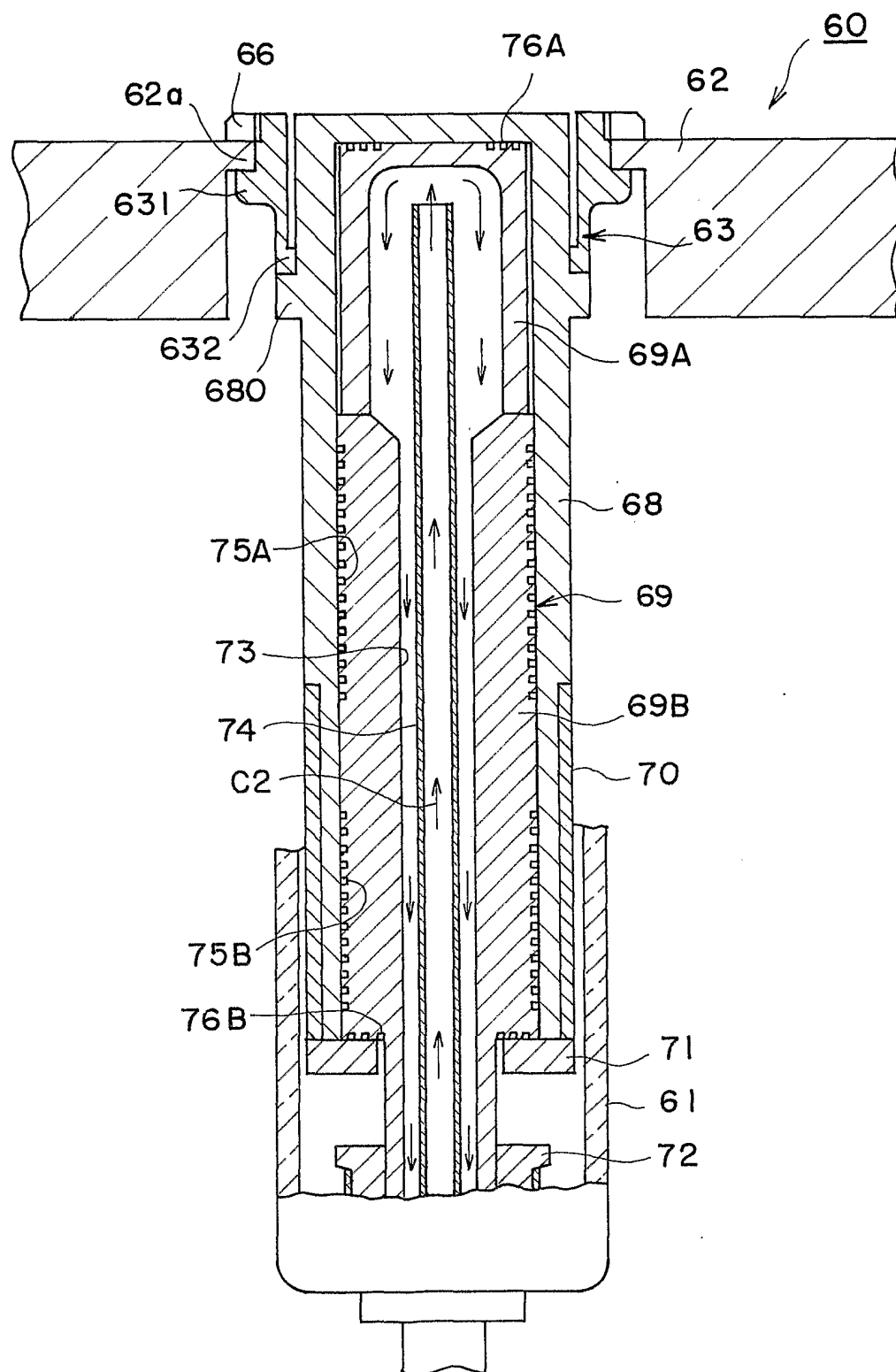


FIG. 14

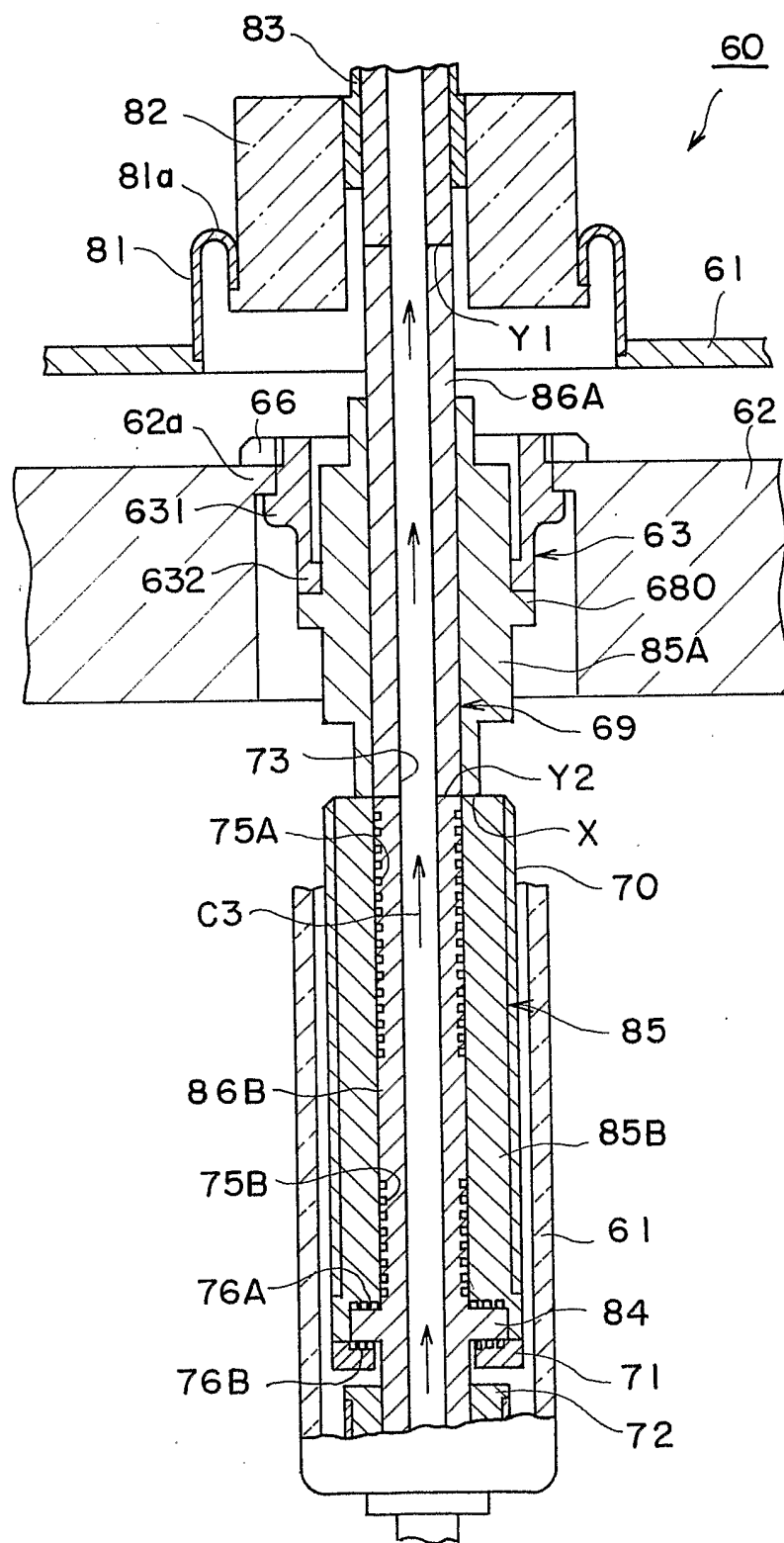


FIG. 15

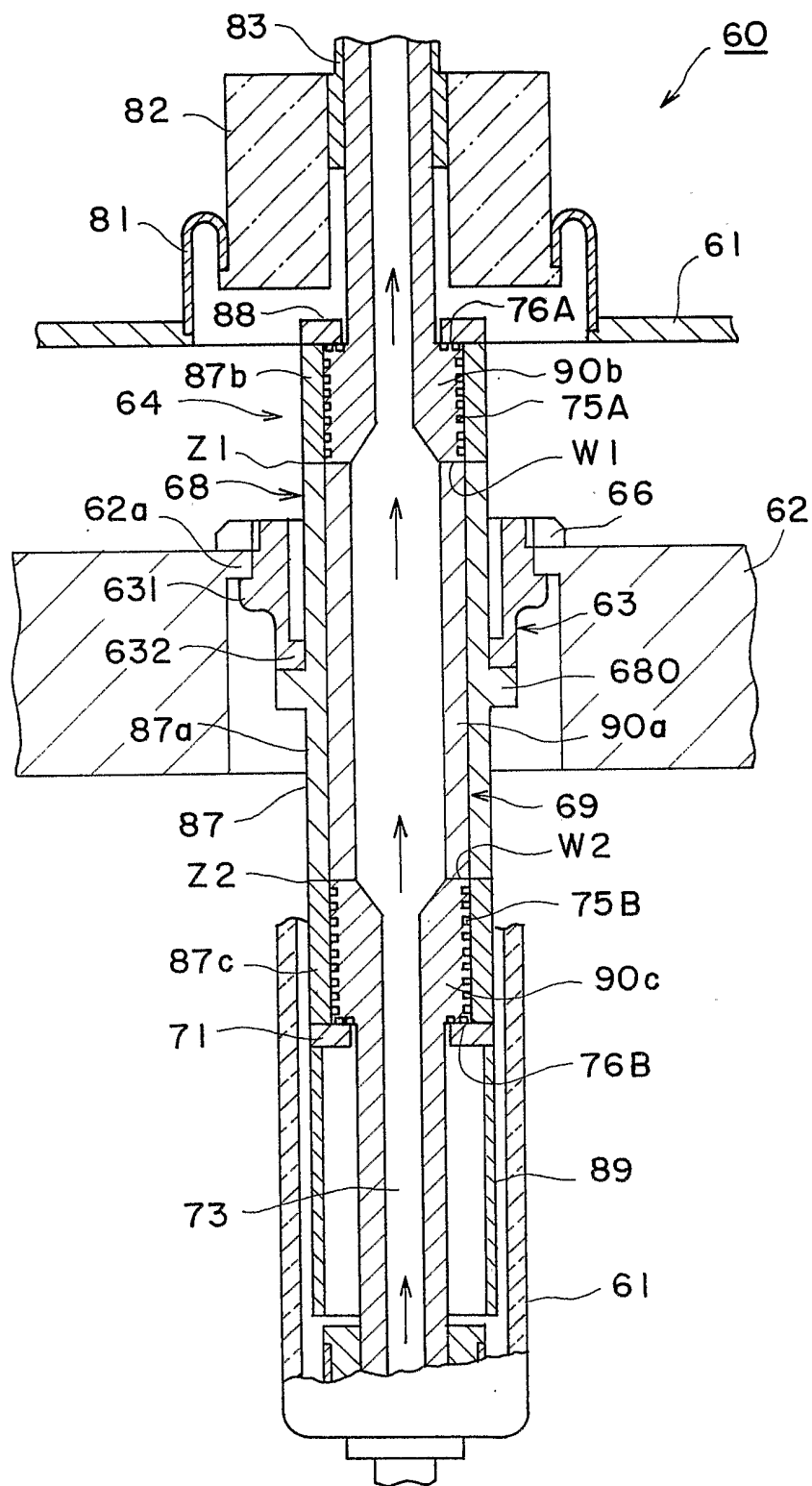


FIG. 16

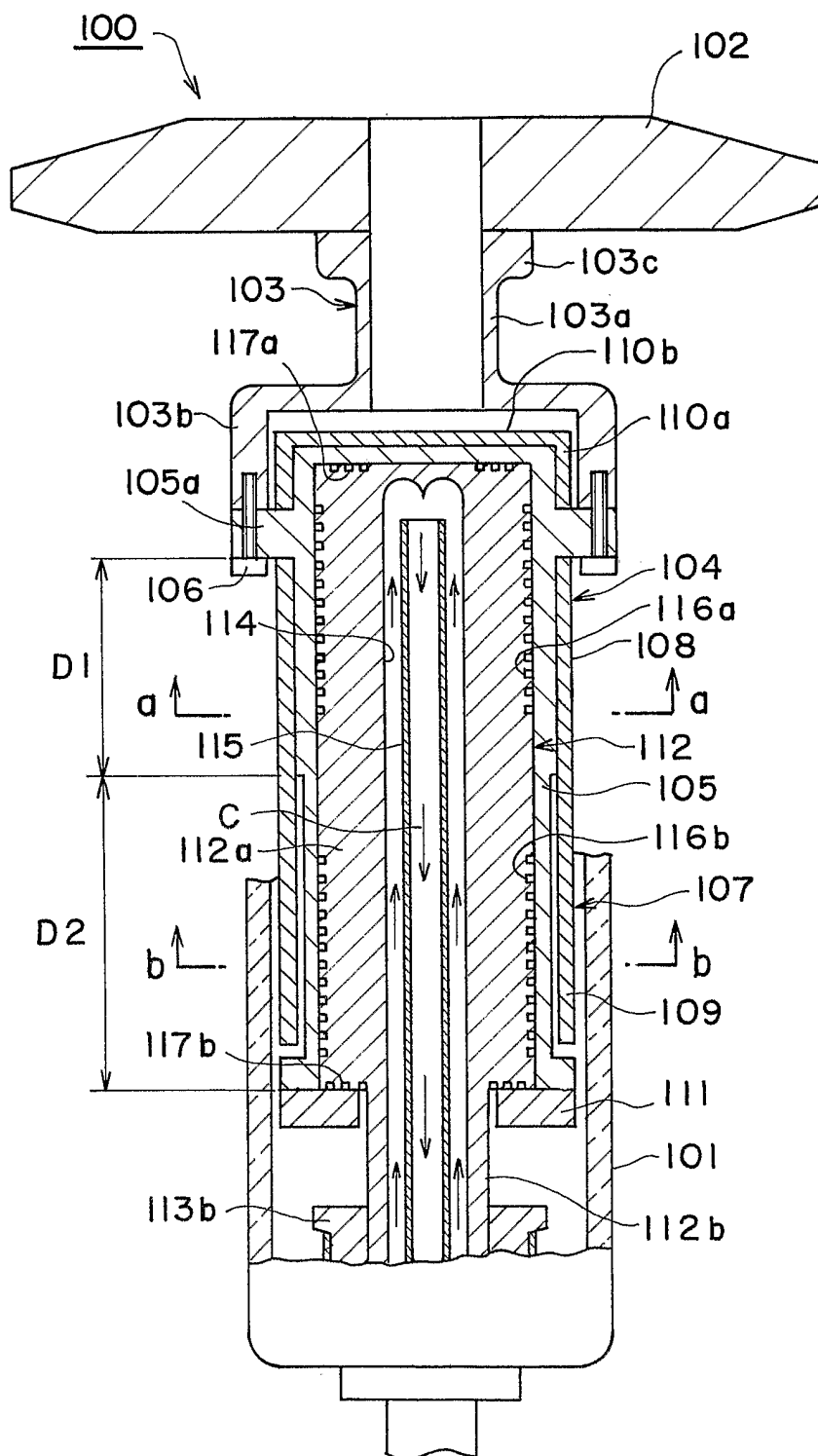


FIG. 17

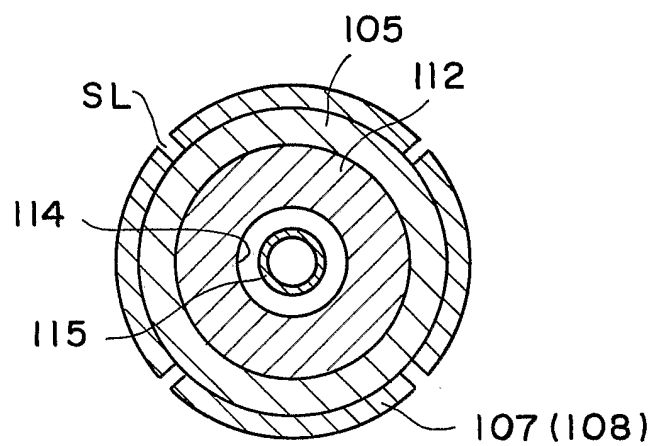


FIG. 18

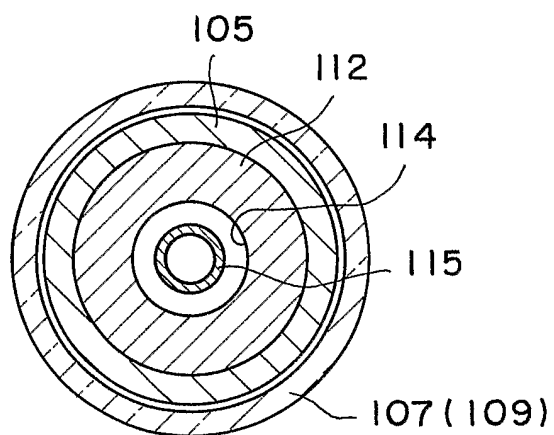


FIG. 19

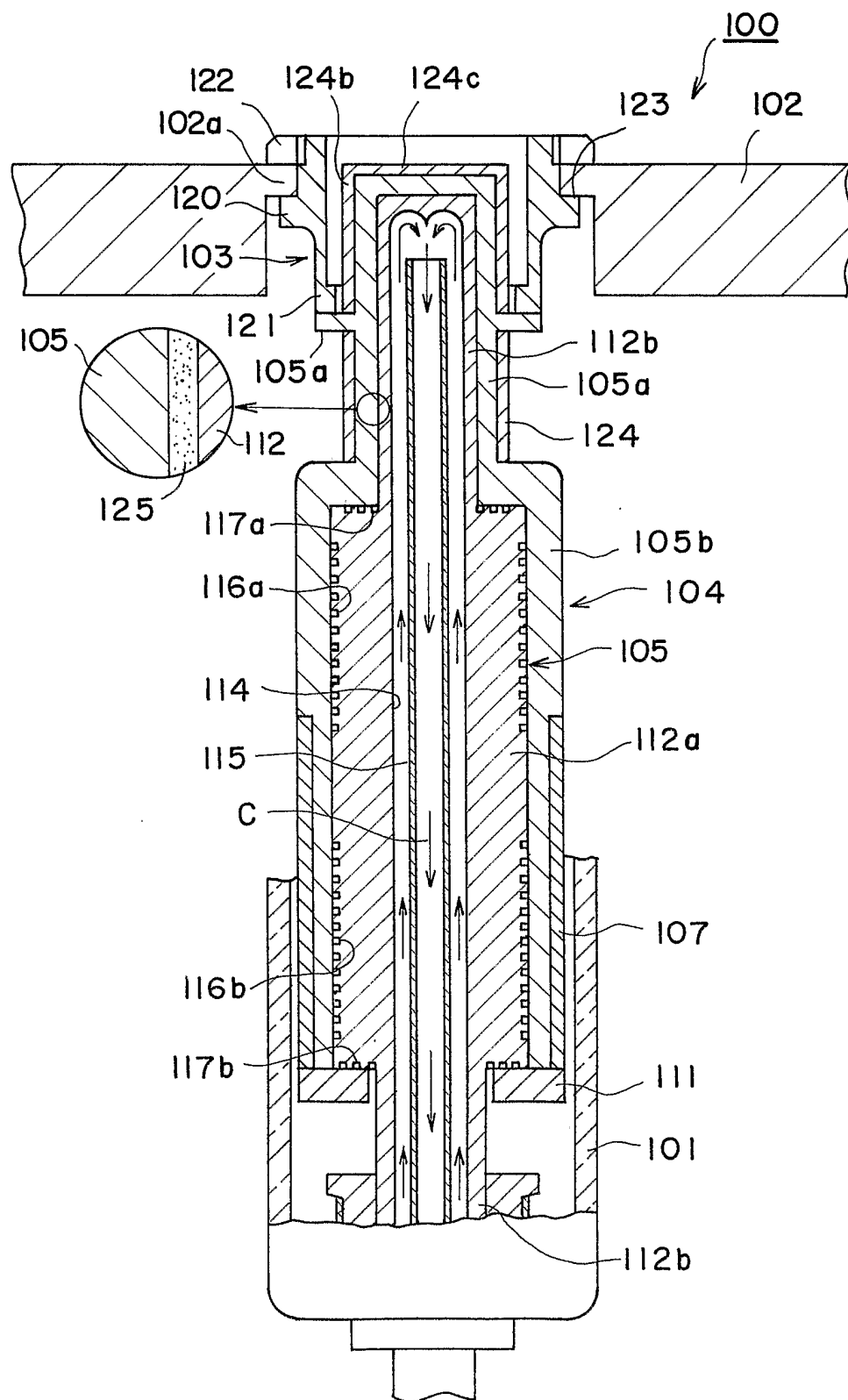


FIG. 20

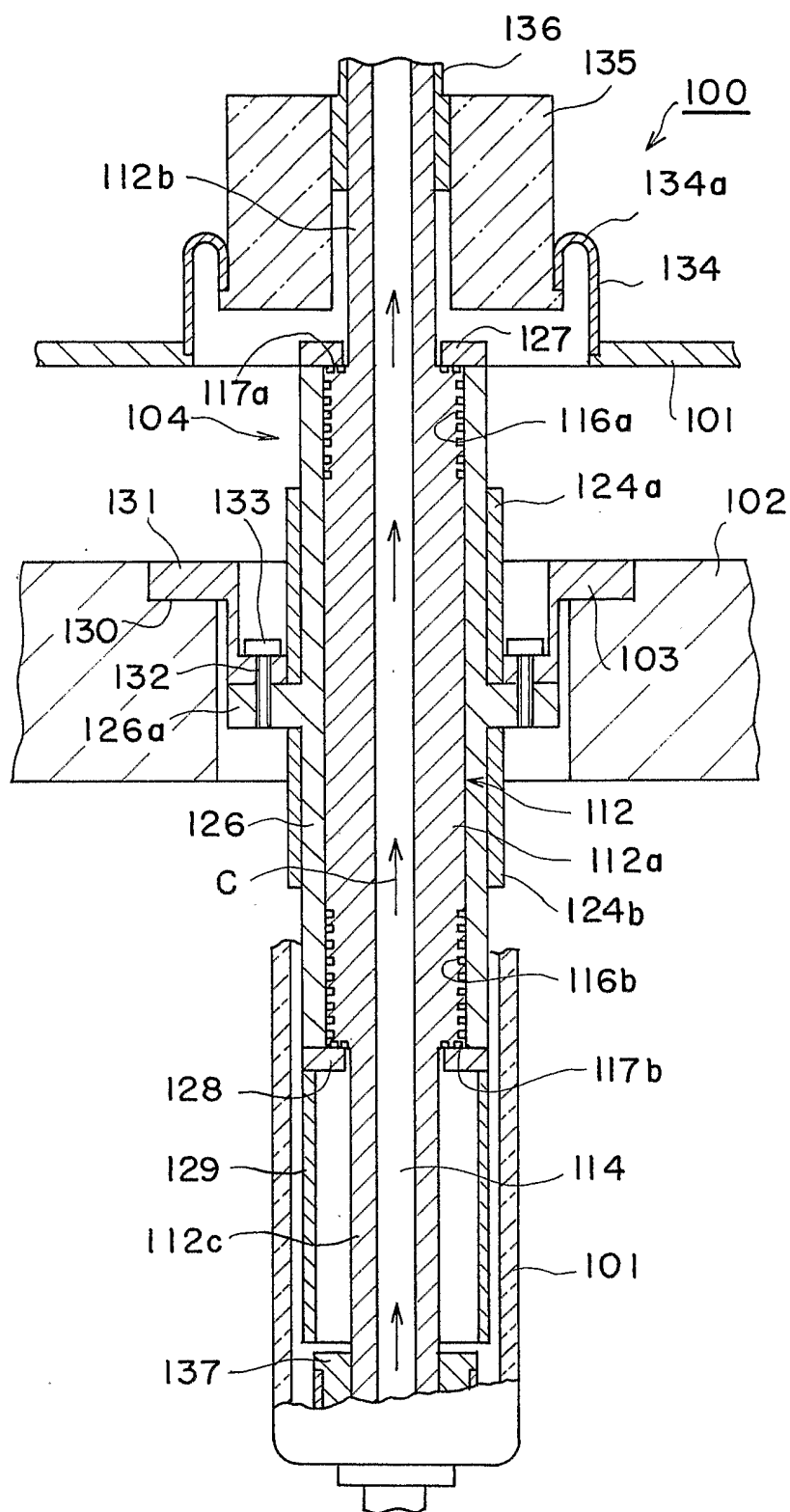


FIG. 21

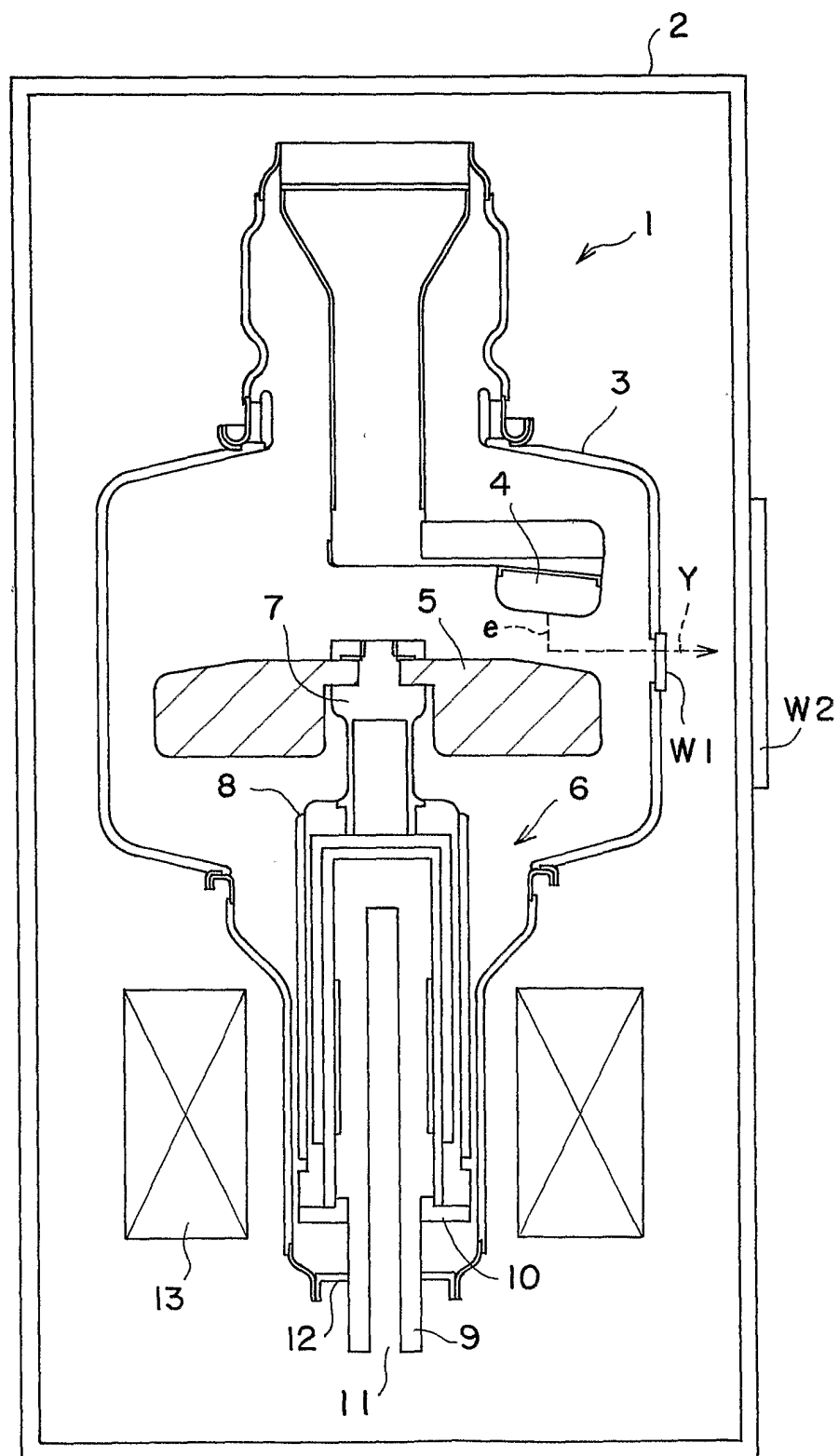


FIG. 22

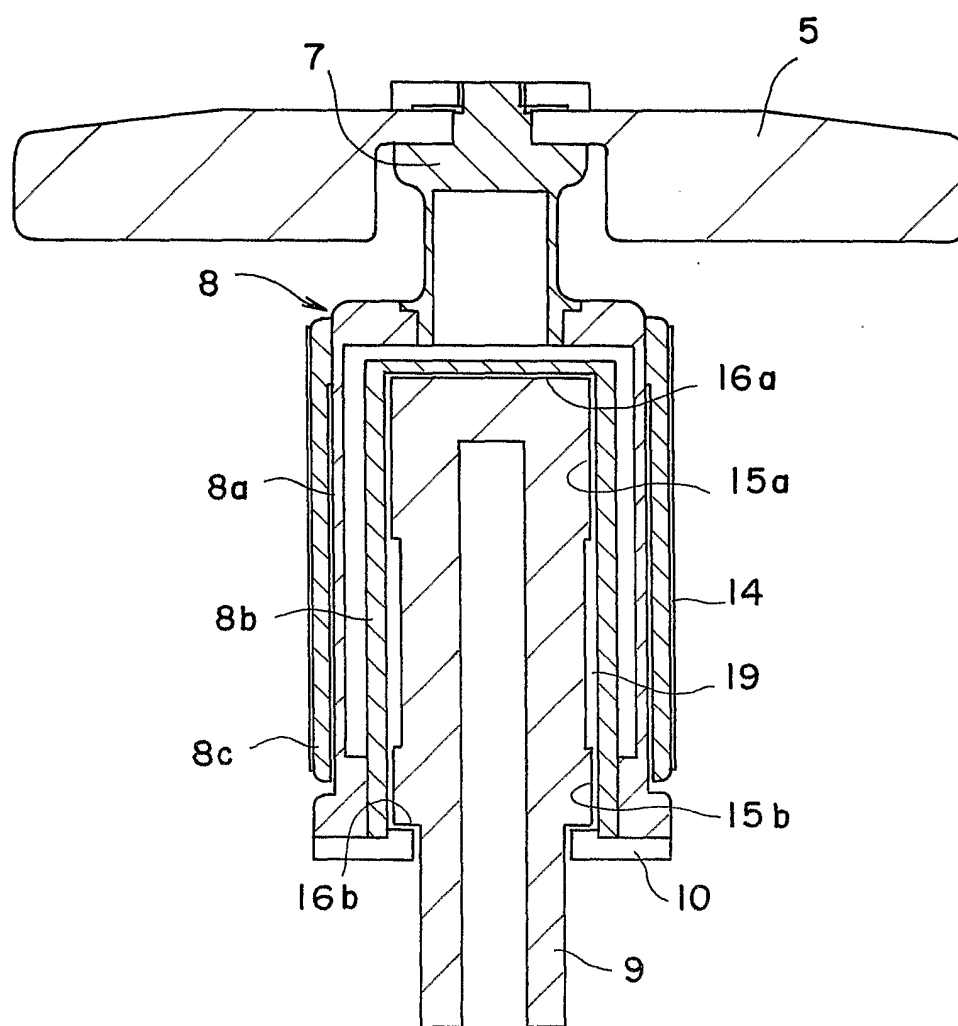


FIG. 23

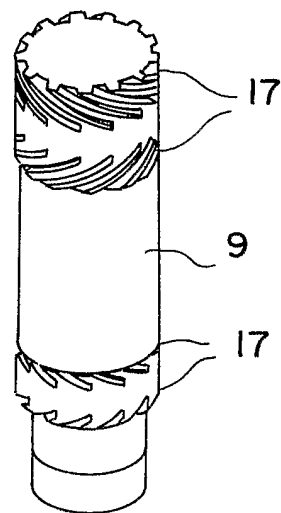
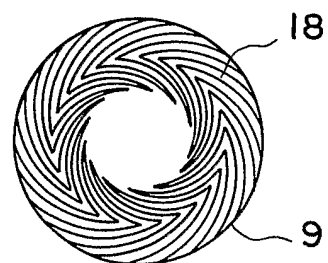


FIG. 24



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/08699

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01J35/10, F16C17/10

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.Cl⁷ H01J35/10, F16C17/10

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

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

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 A	US 5559852 A (U.S. Philips Corp.), 24 September, 1996 (24.09.96), Full text; all drawings Full text; all drawings & JP 7-226177 A & EP 666585 A1 & DE 4403116 A1	8-10, 18 1-7, 11-14
Y	EP 229697 A2 (The Machlett Laboratories, Inc.), 22 July, 1987 (22.07.87), Full text; all drawings & JP 62-168317 A & US 4736400 A & DE 3751638 T	8-10
Y A	US 5652778 A (General Electric Co.), 29 July, 1997 (29.07.97), Full text; all drawings Full text; all drawings & JP 9-171789 A & DE 19642217 A1	10, 20 7

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
02 December, 2002 (02.12.02)Date of mailing of the international search report
17 December, 2002 (17.12.02)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/08699

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1094491 A2 (Kabushiki Kaisha Toshiba), 25 April, 2001 (25.04.01), Full text; all drawings	15-16
Y	Full text; all drawings	18,20
A	Full text; all drawings & JP 2001-189143 A & CN 1293447 A & KR 01/51058 A	17,19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01J35/10, F16C17/10

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. Cl⁷ H01J35/10, F16C17/10

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 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002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
Y A	US 5559852 A (U. S. Philips Corporation) 1996.09.24 全文, 全図 全文, 全図 & JP 7-226177 A & EP 666585 A1 & DE 4403116 A1	8-10, 18 1-7, 11-14

☒ 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

02.12.02

国際調査報告の発送日

17.12.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 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)

渡戸 正義



2G 9023

電話番号 03-3581-1101 内線 3225

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 請求の範囲の番号
Y	EP 229697 A2 (THE MACHLETT LABORATORIES, INCORPORATED) 1987. 07. 22 全文, 全図 & JP 62-168317 A & US 4736400 A & DE 3751638 T	8-10
Y A	US 5652778 A (General Electric Company) 1997. 07. 29 全文, 全図 全文, 全図 & JP 9-171789 A & DE 19642217 A1	10, 20 7
X Y A	EP 1094491 A2 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 2001. 04. 25 全文, 全図 全文, 全図 全文, 全図 & JP 2001-189143 A & CN 1293447 A & KR 01/51058 A	15-16 18, 20 17, 19