

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480030547.0

H01J 35/00 (2006.01)

H01J 35/10 (2006.01)

H01J 35/16 (2006.01)

G21K 5/08 (2006.01)

H05G 1/02 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 11 月 22 日

[11] 公开号 CN 1868027A

[22] 申请日 2004.10.18

[21] 申请号 200480030547.0

[30] 优先权

[32] 2003.10.17 [33] JP [31] 358277/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/015388 2004.10.18

[87] 国际公布 WO2005/038854 日 2005.4.28

[85] 进入国家阶段日期 2006.4.17

[71] 申请人 株式会社东芝

地址 日本东京

共同申请人 东芝电子管器件株式会社

[72] 发明人 阿武秀郎 北出康一 北见隆幸

中牟田浩典 佐藤学

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 张兰英

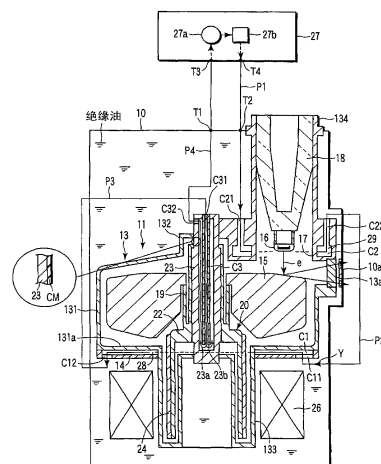
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 7 页

[54] 发明名称

X 射线装置

[57] 摘要

一种 X 射线装置包括被配置成使得可旋转阳极靶 15 和设置为与所述阳极靶 15 相对的阴极 16 容纳于真空封装件 13 内的旋转阳极型 X 射线管 11；产生用于旋转所述阳极靶 15 的感生电磁场的定子 26；至少容纳并保持所述旋转阳极 X 射线管 11 的外壳 10；设置于所述旋转阳极 X 射线管 11 的至少一部分附近的循环路径。且水基冷却剂通过该循环路径循环，以及冷却单元 27，它包括设置于沿着所述循环路径的一位置处并强制地馈送所述水基冷却剂的循环泵 27a 以及辐射所述水基冷却剂的热量的辐射器 27b，其中用涂布部件涂布与水基冷却剂相接触的金属组件的至少一部分表面。



1.一种 X 射线装置，其特征在于，包括：

旋转阳极型 X 射线管，它被配置成使得可旋转阳极靶和设置为与所述阳极靶相对的阴极容纳于真空封装件内；

定子，它产生用于旋转所述阳极靶的感生电磁场；

外壳，它至少容纳并保持所述旋转阳极型 X 射线管；

循环路径，它设置于所述旋转阳极 X 射线管的至少一部分附近，且水基冷却剂通过该循环路径循环，以及

冷却单元，它包括设置于沿着所述循环路径的一位置处并强制地馈送所述水基冷却剂的循环泵以及辐射所述水基冷却剂的热量的辐射器，

其中用涂布部件涂布与水基冷却剂相接触的金属组件的至少一部分表面。

2.如权利要求 1 所述的 X 射线装置，其特征在于，所述外壳包含填充容纳旋转阳极型 X 射线管的内部空间的非水基冷却剂，以及

用所述涂布部件涂布循环路径的至少一部分。

3.如权利要求 1 所述的 X 射线装置，其特征在于，所述循环路径包括容纳所述旋转阳极型 X 射线管的外壳的内部空间与冷却单元之间的水基冷却剂的返回路径，以及

用所述涂布部件涂布所述外壳的内表面的至少一部分。

4.如权利要求 3 所述的 X 射线装置，其特征在于，所述定子与旋转阳极型 X 射线管一起容纳于所述外壳内，且用所述涂布部件涂布所述定子的至少一部分表面。

5.如权利要求 1 所述的 X 射线装置，其特征在于，所述涂布部件是有机涂层。

6.如权利要求 5 所述的 X 射线装置，其特征在于，所述有机涂层是选自环氧树脂、焦油环氧树脂、聚酰亚胺树脂、丙烯酸树脂、氟树脂、硅氧烷树脂和聚氨酯树脂的树脂或者基本包含该树脂的混合树脂中的一种。

7.如权利要求 1 所述的 X 射线装置，其特征在于，所述涂布部件是无机涂层。

8.如权利要求 7 所述的 X 射线装置，其特征在于，所述无机涂层是选自铬酸盐涂层、氟化物涂层、氧化物涂层和金属电镀涂层中的一种。

9.如权利要求 8 所述的 X 射线装置，其特征在于，金属电镀涂层的主要成分

是选自金、铬、镍和铂中的一种。

X 射线装置

技术领域

本发明涉及 X 射线装置，尤其涉及具有与例如旋转阳极型 X 射线管所产生的热有关的改良热辐射特性的 X 射线装置。

背景技术

X 射线装置被配置为包括旋转阳极型 X 射线管，其中真空管壳容纳旋转支承的阳极靶，以及容纳旋转阳极型 X 射线管的外壳。在例如由要被辐射的阳极靶产生热量的情况下，旋转阳极型 X 射线管具备用于冷却该热量的冷却机构。

关于具有冷却机构的 X 射线装置，提出以下建议。

(1) 提出了一种 X 射线装置，其中将旋转阳极型 X 射线管和定子浸入绝缘油。使高热传热效率的水基冷却剂流过部分设置在高热产生的部分处的流动通道，上述产生高热量的部分诸如阳极靶附近提供的反冲电子捕集器 (trap) 和真空管壳。因此，冷却了高热产生的部分。冷却剂在这些流动通道和冷却单元之间循环 (例如，参见 USP 6519317)。

(2) 提出了一种 X 射线装置，它被构建为类似于 X 射线装置 (1)，区别在于旋转阳极型 X 射线管和定子不浸入绝缘油，而是浸入水基冷却剂，该水基冷却剂在外壳和冷却单元之间循环 (例如参见 PCT 国家公开 No.2001-502473)。

根据具有结构 (1) 的 X 射线装置，如果旋转阳极型 X 射线管上的热负荷增加，真空管壳外表面所产生的热量也增加。但由于冷却该外表面的冷却剂仅仅是通过外部热交换器冷却的绝缘油，在一些情况中，不能获得必需的冷却性能。此外，由于冷却剂包含水，所以可能腐蚀循环路径的金属部分。构成部分设置于阳极靶附近提供的反冲电子捕集器和真空管壳处的流动通道的这些金属部分具有隔离真空和冷却剂的功能。如果腐蚀不断发展，则这种功能会劣化且 X 射线管将变得不可用。如果出现这种缺点，当 X 射线管的阳极靶的温度上升到较高水平时，水基冷却剂会浸入 X 射线管。水基冷却剂接触到高温阳极靶，蒸发并使压力上升。这造

成了安全问题。

除了结构(1)的问题,具有结构(2)的X射线装置具有以下问题。即,随着由于金属腐蚀引起的水基冷却剂的绝缘电阻减小,会劣化诸如定子电路的低电压电路系统的绝缘性能以及外壳和真空管壳之间的绝缘性能。特别是,在将动压滑动轴承用作旋转支承机构的轴承时,与使用球轴承的情况相比,定子的热产生增加且电绝缘性能显著劣化。此外,在(1)的情况中未浸入水基冷却剂的X射线管的真空壁被腐蚀。结果,更容易出现结构(1)的问题。

发明内容

本发明考虑了上述问题,且本发明的目的在于提供一种X射线装置,它可以改善热辐射特性并可以长时间具有较高的可靠性。

根据本发明的一个方面,提供了一种X射线装置,它的特点是:

旋转阳极型X射线管,它被配置成使得可旋转阳极靶和设置为与所述阳极靶相对的阴极容纳于真空封装件内;

定子,它产生用于旋转所述阳极靶的感生电磁场;

外壳,它至少容纳并保持所述旋转阳极X射线管;

循环路径,它设置于所述旋转阳极X射线管的至少一部分附近,且水基冷却剂通过该循环路径循环,以及

冷却单元,它包括设置于沿着所述循环路径的一位置处并强制地馈送所述水基冷却剂的循环泵以及辐射所述水基冷却剂的热量的辐射器,

其中用涂布部件涂布与水基冷却剂相接触的金属组件的至少一部分表面。

附图说明

图1示意性示出了根据本发明第一实施例的X射线装置的结构。

图2示意性示出了根据本发明第二实施例的X射线装置的结构。

图3示意性示出了根据本发明第三实施例的X射线装置的结构。

图4示意性示出了根据本发明第四实施例的X射线装置的结构。

图5示意性示出了根据本发明第五实施例的X射线装置的结构。

图6示意性示出了根据本发明第六实施例的X射线装置的结构。

图 7 示意性示出了根据一种修改的 X 射线装置的结构。

具体实施方式

现在将参考附图描述根据本发明实施例的 X 射线装置。

（第一实施例）

如图 1 所示，根据第一实施例的 X 射线装置包括外壳 10 和旋转阳极型 X 射线管 11。外壳 10 具有其一部分处设置的 X 射线输出窗 10a。该旋转阳极型 X 射线管 11 容纳并保持于外壳 10 内。外壳 10 包含诸如绝缘油的非水基冷却剂，它装填容纳旋转阳极型 X 射线管 11 的内部空间。

旋转阳极型 X 射线管 11 由真空管壳 13 等构成。真空管壳 13 具有其一部分处设置的 X 射线输出窗 13a。真空管壳 13 例如由大直径部分 131、直径小于该大直径部分 131 的小直径部分 132、双圆柱部分 133 和圆柱阴极包含部分 134 构成。大直径部分 131、小直径部分 132 和圆柱部分 133 与管轴共轴设置。阴极包含部分 134 从管轴离心地设置。

可旋转阳极靶 15 设置于大直径部分 121 中。阴极 16 设置于阴极包含部分 134 中，使之面对该阳极靶 15。反冲电子捕集器（屏蔽结构）17 设置于阴极包含部分 134 的一部分处，例如被设置为包围所述阴极 16 的壁部分处。反冲电子捕集器 17 俘获从阳极靶 15 反射出来的电子。反冲电子捕集器 17 由具有相对较高导热性的材料构成，诸如铜或铜合金。

阴极 16 由阴极支承结构 18 支承。阴极支承结构 18 被固定于阴极包含部分 134 内部。阳极靶 15 经由耦合部分 19 耦合到旋转支承机构 20，并由旋转支承机构 20 可旋转地支承。

旋转支承机构 20 包括与耦合部分 19 耦合的旋转部件 22，以及例如配合旋转部件 22 的远端部分的固定部件 23。圆柱转子 24 耦合到旋转部件 22 的远端圆柱部分的外围表面。例如径向/上冲方向动压滑动轴承（未示出）的动压滑动轴承设置于旋转部件 22 和固定部件 23 之间的啮合部分处。固定部件 23 的两个端部分都固定到真空管壳 13。

定子 26 设置于真空管壳 13 之外，例如在一定位置以包围圆柱状转子 24。定子 26 产生用于旋转阳极靶 15 的感生电磁场。定子 26 与旋转阳极型 X 射线管 11

一起容纳于外壳 10 内并与绝缘油相接触。

冷却单元 27 例如设置于外壳 10 外部。冷却单元 27 例如包括循环泵 27a 和热交换器 27b。循环泵 27a 设置于水基冷却剂（以下描述）循环经过的循环路径上的一点处。循环泵 27a 强制馈送水基冷却剂。热交换器（辐射器）27b 设置于循环泵 27a 的下游侧并辐射水基冷却剂的热量。辐射器由导热率相对较高的材料构成，诸如铜或铜合金。水基冷却剂例如是导热率高于外壳 10 中的绝缘油的冷却剂，诸如水和乙二醇或丙二醇（以下称作“防冻液”）的混合物。将水基冷却剂装填入循环路径。

水基冷却剂的循环路径设置于旋转阳极型 X 射线管 11 的至少一部分附近。循环路径包括第一冷却路径 C1、第二冷却路径 C2 和第三冷却路径 C3。第一冷却路径 C1 形成于大直径部分 131 的圆柱部分 133 侧上，即在大直径部分 131 之下。第二冷却路径 C2 形成于反冲电子捕集器 17 附近或之内。第三冷却路径 C3 形成于固定部件 23 内。

特别地，在大直径部分 131 的圆柱部分 133 侧上设置的壁 131a 的外部，环状壁 14 被设置为与壁 131a 平行并包围圆柱部分 133。第一冷却路径 C1 是壁 131a 和壁部分 14 之间设置的盘状空间 28。该盘状空间 28 包括用于将水基冷却剂引入第一冷却路径 C1 的进口 C11，以及用于将水基冷却剂从第一冷却路径 C1 排出的出口 C12。进口 C11 和出口 C12 例如形成于盘状空间 28 的两端处与盘状空间 28 的中心相对（即， 180° 的距离）。

第二冷却路径 C2 例如是反冲电子捕集器 17 内的环形空间 29。环形空间 29 包括用于将水基冷却剂引入第二冷却路径 C2 的进口 C21，以及用于将水基冷却剂从第二冷却路径 C2 排出的出口 C22。

第三冷却路径 C3 例如由固定部件 23 内形成的腔 23a 和被插入腔 23a 的导管 23b 构成。特别地，固定部件 23 是中孔的杆状部件，其一个端部分（在该示例中位于阴极包含部分 134 侧上）打开而另一个端部分（在该示例中在圆柱转子 24 侧上）关闭。导管 23b 固定于圆柱转子 24 的旋转中心处。导管 23b 的与固定部件 23 的上述一个端部分相对应的一端用作将水基冷却剂引入第三冷却路径 C3 的进口 C31。固定部件 23 的上述一个端部分用作将水基冷却剂从第三冷却路径 C3 排出的出口 C32。更具体地，从进口 C31 引入的水基冷却剂流经导管 23b 并在腔 23a 内按

U 形改变方向, 随后将水基冷却剂从出口 C32 排出到固定部件 23 之外。

导管 P1、P2、P3 和 P4 分别连接冷却单元 27 和进口 C21、出口 C22 和进口 C11、出口 C12 和进口 C31 以及出口 C32 和冷却单元 27。从而, 形成了包括第一冷却路径 C1、第二冷却路径 C2 和第三冷却路径 C3 的循环路径。为便于描绘, 导管 P2 和 P3 部分描绘于外壳 10 之外。但通常, 导管 P2 和 P3 设置于外壳 10 内。

冷却单元 27 经由可拆卸管接头连接到外壳 10。特别地, 外壳 10 和冷却单元 27 之间的循环路径由例如软管形成。软管和外壳 10 之间的连接部分 T1 和 T2 以及软管和冷却单元 27 之间的连接部分 T3 和 T4 被配置成至少使得外壳 10 侧上的连接部分或者冷却单元 27 侧上的连接部分是可拆卸的。采用这种结构, 外壳 10 和冷却单元 27 可分离, 且可以使安装冷却单元 27 的工作和维护的工作更容易。

在具有上述结构的 X 射线装置中, 旋转部件 22 通过定子 26 产生的感生电磁场旋转。旋转力经由耦合部分 19 被传送到阳极靶 15, 并使阳极靶 15 旋转。在这种状态下, 电子束 e 从阴极 16 射到阳极靶 15, 且阳极靶 15 发出 X 射线。X 射线经由 X 射线输出窗 13a 和 10a 提取到外面。此时, 由阳极靶 15 反射的一部分电子束 e 由反冲电子捕集器 17 俘获。

如果旋转阳极型 X 射线管 11 设定于操作中, 则由于电子束 e 的辐射而使阳极靶 15 的温度上升。由于俘获了来自阳极靶 15 的反射电子束 e , 反冲电子捕集器 17 的温度也上升。此外, 定子 26 的温度由于线圈部分中流动的电流而上升。由于传热而使真空管壳 13 的温度上升。

真空管壳 13 和定子 26 的热量传到外壳 10 内的绝缘油, 从而辐射到外部。阳极靶 15 和反冲电子捕集器 17 的热量传到循环路径中循环的防冻液并辐射到外部。特别地, 冷却单元 27 的循环泵 27a 在循环路径中循环防冻液, 如图中的箭头 Y 所指示的。热交换器 27b 辐射防冻液的热量, 该防冻液被强制从循环泵 27a 馈送并由于冷却旋转阳极型 X 射线管 11 而使温度上升。

从冷却单元 27 的热交换器 27b 馈出的防冻液经由导管 P1 被引入进口 C21, 并冷却反冲电子捕集器 17, 同时经过环形空间 29 (第二冷却路径 C2)。从出口 c22 流出的防冻液经由导管 P2 被引入进口 C11, 并冷却真空管壳 13 的大直径部分 131 同时经过盘状空间 28 (第一冷却路径 C1)。

从出口 C12 排出的防冻液经由导管 P3 被引入进口 C31, 并冷却固定部件 23

同时经过腔 23a（第三冷却路径 C3），它被形成为允许固定部件 23 内防冻液的往复流动。流出出口 C32 的防冻液经由导管 P4 返回到冷却单元 27。

同时，用涂布部件涂布与水基冷却剂相接触的金属组件的至少一部分表面。在第一实施例中，与水基冷却剂相接触的金属组件是构成循环路径的那些，例如，循环泵 27a、热交换机 27b、导管 P1 到 P4、冷却路径 C1 到 C3 以及连接部分 T1 到 T4。其内表面的至少一部分用涂布部件进行涂布。

在涂布部件直接形成于金属组件上的情况下，该涂布部件无间隙地固定于金属组件的表面上。在涂布部件间接地形成于金属组件上的情况下，有两种可能的状态：一种是中间涂层位于金属组件和涂布部件之间以增加它们之间的粘着力，另一种状态是金属组件和涂布部件简单地相互接触，且它们之间有间隙。例如，包围与水基冷却剂相接触的部分的袋状部件可用作上述涂布部件。

涂布部件用作金属组件的防锈涂布薄膜，或者用作电绝缘膜。特别地，涂布部件例如由有机涂层形成。更具体地，有机涂层由选自环氧树脂、焦油环氧树脂、聚酰亚胺树脂、丙烯酸树脂、氟树脂、硅氧烷树脂和聚氨酯树脂的树脂或者基本包含该树脂的混合树脂的一种形成的。

或者，涂布部件可由无机涂层构成。更具体地，涂布部件优选由选自铬酸盐涂层、氟化物涂层、氧化物涂层和金属电镀涂层中的一种构成。在金属电镀涂层的情况下，其主要成分是选自金、铬、镍和铂中的一种。

在第一实施例中，如图 1 所示，例如，具有第三冷却路径 C3 的固定部件 23 的与水基冷却剂相接触的部分涂布了涂布部件 CM。固定部件 23 例如由铁-镍合金构成，且环氧树脂涂层（例如，Nippon Paint Co.,Ltd.制造的“Hi-PON 40”）可选择作为固定部件 23 上涂布的涂布部件 CM。如果将硅氧烷树脂涂层（例如，Yugen-Kaisha Pilex 制造的“PL-250”）被形成为环氧树脂涂层的底涂层，则进一步改善了防腐蚀性质。

根据第一实施例的 X 射线装置，其温度上升到较高水平的部分（诸如反冲电子捕集器 17 和真空封装件 13 的部分）的热量通过该高传热效率的防冻液有效地进行辐射，该防冻液流经第一冷却路径 C1、第二冷却路径 C2 和第三冷却路径 C3。在大直径部分 131 处，在第一冷却路径 C1 中流动的防冻液和绝缘油之间进行热交换。在这种情况下，绝缘油在与壁部分 14 的外表面相接触的同时移动，从而用防

冻液进行有效的热交换并改善了绝缘油的热辐射特性。结果，不需要向绝缘油提供热交换机，简化了装置的结构。

此外，定子 26 的外围、真空封装件 13 的外表面和外壳 10 的内表面不与水基冷却剂相接触，且绝缘油沿着它们流动。因此，可能防止电绝缘的减少以及金属腐蚀。此外，与该高传热效率的水基冷却剂（防冻液）相接触的金属组件具有防锈涂布膜。因此，可能防止沿着循环路径的金属组件的腐蚀。

所以，可以提供一种 X 射线装置，它能长时间确保良好的热辐射特性和高可靠性。

（第二实施例）

将描述根据本发明第二实施例的 X 射线装置。与第一实施例中的结构部分共有的那些结构部分由相同的标号标注，并省去了详细描述。

如图 2 所示，例如通过线性穿过固定部件 23 的通孔 23a 形成第三冷却路径 C3。固定部件 23 是中孔的杆状部件，且两端打开。通孔 23a 包括将水基冷却剂引入第三冷却路径 C3 的进口 C31，以及将水基冷却剂从第三冷却路径 C3 排出的出口 C32。入口 C31 设置于固定部件 23 的上述另一端部分（在本示例中在圆柱转子 24 侧上）。出口 C32 设置于固定部件 23 的上述一个端部分处（在本示例中在阴极包含部分 134 侧上）。

导管 P1、P2、P3 和 P4 分别连接冷却单元 27 和进口 C21、出口 C22 和进口 C11、出口 C12 和进口 C31 以及出口 C32 和冷却单元 27。因此，形成了包含第一冷却路径 C1、第二冷却路径 C2 和第三冷却路径 C3 的循环路径。为便于描绘，导管 P2 部分描绘于外壳 10 之外。但通常，所有导管都设置于外壳 10 内。

具有上述结构的 X 射线转子被配置成使得流出出口 C12 的防冻液通过导管 P3 引入进口 C31 并冷却固定部件 23 同时沿一个方向（即，从圆柱转子 24 侧向阴极包含部分 134 侧的方向）经过固定部件 23 内延伸的通孔 23a（第三冷却路径 C3）。

同样，在第二实施例中，与水基冷却剂相接触的金属组件的至少一部分表面涂布有涂布部件。在第二实施例中，同第一实施例相同，与水基冷却剂相接触的金属组件是构成循环路径的那些，例如循环泵 27a、热交换机 27b、导管 P1 到 P4、冷却路径 C1 到 C3 以及连接部分 T1 到 T4。其内表面的至少一部分涂布了涂布部件。如同在第一实施例中，涂布部件可由有机或无机涂层形成。因此，根据第二实

施例的 X 射线装置，可以获得与第一实施例相同的优点。

（第三实施例）

将描述根据本发明第三实施例的 X 射线装置。与第一实施例中的结构部分共有的那些结构部分由相同的标号标注，并省去了详细描述。

如图 3 所示，与第一实施例相同，第三冷却路径 C3 例如由固定部件 23 内形成的腔 23a 和被插入腔 23a 的导管 23b 构成。特别是，将水基冷却剂引入第三冷却路径 C3 的进口 C31 和将水基冷却剂从第三冷却路径 C3 排出的出口 C32 都设置于固定部件 23 的一个端部分处（在本例中在阴极包含部分 134 侧）。

导管 P1、P2 和 P3 分别连接冷却单元 27 和进口 C21、出口 C22 和进口 C31 以及出口 C32 和进口 C11。出口 C12 将被引入第一冷却路径 C1 的防冻液排入外壳 10 的内部空间 10b。软管和外壳 10 之间的连接部分 T1 用作将防冻液从外壳 10 的内部空间 10b 经由软管输出到冷却单元 27 的出口。

防冻液的返回路径形成于外壳 10 的内部空间 10b 与冷却单元 27 之间（即，连接部分 T1 和 T3 之间）。因此，容纳旋转阳极型 X 射线管 11 的内部空间 10b 填满了防冻液，该防冻液是上述水基冷却剂。

防冻液的循环路径被形成为包括导管 P1、P2 和 P3，第一冷却路径 C1，第二冷却路径 C2，第三冷却路径 C3 和返回路径。为便于描绘，导管 P1 和 P3 部分地描绘于外壳 10 之外。但通常，导管 P1 和 P3 设置于外壳 10 内。

另一方面，定子 26 与旋转阳极型 X 射线管 11 一起容纳于外壳 10 内。由于使定子 26 与水基冷却剂相接触，所以在定子 26 的至少一部分上形成（通过模制）涂布薄膜 26a。

涂布薄膜 26a 例如由有机涂层构成。更具体地，有机涂层由选自环氧树脂、焦油环氧树脂、聚酰亚胺树脂、丙烯酸树脂、氟树脂、硅氧烷树脂和聚氨酯树脂的树脂或者基本包含该树脂的混合树脂的厚涂布薄膜构成。

因此，定子 26 的外围不与水基冷却剂相接触，可以避免电绝缘的劣化。

在具有上述结构的 X 射线装置中，真空管壳 13、定子 26、阳极靶 15 和反冲电子捕集器 17 的热量被传到循环路径中循环的防冻液，并被辐射到外部。特别地，冷却单元 27 的循环泵 27a 循环在循环路径中的防冻液，如图中的箭头 Y 所指示的。热交换机 27b 辐射防冻液的热量，该防冻液强制地从循环泵 27a 被馈送并由于冷却

了旋转阳极型 X 射线管 11 而使温度升高。

被馈出冷却单元 27 的热交换机 27b 的防冻液经由导管 P1 引入进口 C21 并冷却反冲电子捕集器 17 同时经过环形空间 29 (第二冷却路径 C2)。流出出口 C22 的防冻液经由导管 P2 被引入进口 C31 并冷却固定部件 23 同时经过腔 23a (第三冷却路径 C3)，它被形成为允许固定部件 23 内防冻液的往复流动。

流出出口 C32 的防冻液经由导管 P3 被引入进口 C11 并冷却真空管壳 13 的大直径部分 131 同时经过盘状空间 28 (第一冷却路径 C1)。从出口 C12 排出的防冻液被引入外壳 10 的内部空间 10b，并冷却真空管壳 13 和定子 26。内部空间 10b 中的防冻液经由连接部分 T1 被返回到冷却单元 27。

同样，在第三实施例中，与水基冷却剂相接触的金属组件的至少一部分表面涂布有涂布部件 CM。在第三实施例中，与水基冷却剂相接触的金属组件是构成循环路径的那些，例如循环泵 27a、热交换机 27b、导管 P1 到 P4、冷却路径 C1 到 C3、连接部分 T1 到 T4、外壳 10 的内表面、真空封装件 13 的外表面、X 射线输出窗 10a 以及 X 射线输出窗 13a。其至少一部分涂布了涂布部件。如同在第一实施例中，涂布部件 CM 可由有机或无机涂层形成。

例如，外壳 10 具有双层结构，它具有由铅构成的第一层 101 和由铸铝形成并覆盖第一层 101 外部的第二层 102。较佳地，第一层 101 的整个表面 (内和外表面) 应预先用涂布部件 CM 涂布。第二层 102 的至少内表面涂布有涂布部件 CM。第一层 101 和第二层 102 通过粘合剂彼此耦合。改性环氧树脂涂层 (例如，Nippon Paint Co.,Ltd 制造的“Hi-PON 30HB”) 可选择作为用于涂布第一层 101 和第二层 102 的涂布部件 CM。如果硅氧烷树脂涂层 (例如 Yugen-Kaisha Pilex 制造的“PL-250”) 被形成作为改性环氧树脂涂层的底涂层，则进一步改善防腐蚀属性。

环氧树脂涂层 (例如，Nippon Paint Co.,Ltd 制造的“Hi-PON 30HB”) 可选择作为用于涂布例如真空封装件 13 或其上的镍电镀表面的铁-镍合金的表面的涂布部件 CM。如果硅氧烷树脂涂层 (例如 Yugen-Kaisha Pilex 制造的“PL-250”) 被形成作为环氧树脂涂层的底涂层，则进一步改善防腐蚀属性。

聚酰亚胺涂层 (例如，Ube Industries,Ltd. 制造的“U-VARNISH-A”或“U-VARNISH-S”) 可被选择作为用于涂布由铝构成的 X 射线输出窗 10a 的内表面的涂布部件 CM。

聚酰亚胺涂层（例如，Ube Industries,Ltd.制造的“U-VARNISH-A”或“U-VARNISH-S”）可被选择作为用于涂布由铍构成的X射线输出窗13a的表面的涂布部件CM。

根据第三实施例的X射线装置，可以获得与第一实施例相同的有益效果。此外，由于要使用的冷却剂仅仅是水基冷却剂，所以在成本方面有优势且维护较为容易。由于水基冷却剂的传热效率高于绝缘油，因此可以进一步改善整个装置的热辐射特性。此外，改善了与水基冷却剂相接触的金属部分的防腐蚀属性，且增强了电绝缘属性。为了参考目的，测量外壳10和真空封装件13之间的电阻值（ Ω ）。

在外壳10的内表面上没有形成涂层的情况下，两组件之间的电阻值是1k Ω 以下，且电绝缘是不够的。在外壳10形成为使得未用涂布部件涂布的第一层101和第二层102相互附着且随后第一层101的内表面用涂布部件CM涂布三次的情下，两组件之间的电阻值在1M Ω 到10k Ω 的范围内，且电绝缘不被认为是充分的。

相反，如已联系第三实施例描述的，外壳10形成为使得其内表面和外表面都用涂布材料CM涂布的第二层102被附着于其内表面用涂布部件CM涂布的第一层101，且第一层101的内表面用涂布部件CM进一步涂布两次。在这种情况下，外壳10和真空封装件13之间的电阻值是20M Ω 或以上，且可以确保足够的电绝缘。这种情况下使用的水基冷却剂的导电率是1到2mS/m。

（第四实施例）

将描述根据本发明第四实施例的X射线装置。与第三实施例中的结构部分共有的那些结构部分由相同的标号标注，并省去了详细描述。

如图4所示，与第二实施例相同，第三冷却路径C3通过线性穿过固定部件23的通孔23a形成。固定部件23是中孔的杆状部件，且两端打开。通孔23a包括用于将水基冷却剂引入第三冷却路径C3的进口C31，和用于将水基冷却剂从第三冷却路径C3排出的出口C32。进口C31设置于固定部件23的一个端部分处（本例中在阴极包含部分134侧上）。出口C32设置于固定部件23的另一端部分处（本例中在圆柱装置24侧上）。

导管P1和P2分别连接冷却单元27和进口C21以及出口C22和进口C31。输出C32将被引入第三冷却路径C3的防冻液排入外壳10的内部空间10b。软管和外壳10之间的连接部分T1用作将防冻液从外壳10的内部空间10b经由软管输出

到冷却单元 27 的出口。

防冻液的返回路径形成于外壳 10 的内部空间 10b 和冷却单元 27 之间（即，连接部分 T1 和 T3 之间）。因此，容纳旋转阳极型 X 射线管 11 的内部空间 10b 填满了防冻液，该防冻液是水基冷却剂。

防冻液的循环路径被形成为包含导管 P1 和 P2、第二冷却路径 C2、第三冷却路径 C3 和返回路径。为便于描述，导管 P1 部分描绘于外壳 10 之外。但通常，所有导管都设置于外壳 10 内。

另一方面，与第三实施例相同，定子 26 与旋转阳极型 X 射线管 11 一起容纳于外壳 10 内，且防锈涂布薄膜 26a 形成（通过模制）于定子 26 的至少一部分表面上。从而，定子 26 的外围不与水基冷却剂相接触，可以防止电绝缘的劣化。

具有上述结构的 X 射线装置被配置成使得流出出口 C22 的防冻液经由导管 P2 引入进口 C31 并冷却固定部件 23 同时经过沿一个方向（即，从阴极包含部分 134 侧到圆柱转子 24 侧的方向）在固定部件 23 内延伸的通孔 23a（第三冷却路径 C3）。

在第四实施例中，与第三实施例相同，与水基冷却剂相接触的金属组件的至少一部分表面用涂布部件 CM 涂布。在第四实施例中，与水基冷却剂相接触的金属组件是构成循环路径的那些，例如循环泵 27a、热交换机 27b、导管 P1 到 P4、冷却路径 C1 到 C3、连接部分 T1 到 T4、外壳 10 的内表面、真空封装件 13 的外表面、X 射线输出窗 10a 和 X 射线输出窗 13a。其至少一部分涂布了涂布部件。如同在第三实施例中，涂布部件 CM 可由有机或无机涂层形成。因此，根据第四实施例的 X 射线装置，可以获得与第三实施例相同的优点。

（第五实施例）

将描述根据本发明第五实施例的 X 射线装置。与第三实施例中的结构部分共有的那些结构部分由相同的标号标注，并省去了详细描述。

如图 5 所示，根据第五实施例的 X 射线装置具有与根据图 3 所示的第三实施例的 X 射线装置基本相同的结构。但是，第五实施例与第三实施例的区别在于定子 26 设置于外壳 10 之外。由于定子 26 不与水基冷却剂相接触，所以可以避免电绝缘的劣化。与第三实施例不同，不需要在定子 26 的表面上形成防锈涂布薄膜。因此，可以降低成本且可以有利地减小整个装置的尺寸。具有该结构的定子 26 不能通过冷却剂冷却，但它可以利用外部空间来冷却。

在第五实施例中，与第三实施例相同，与水基冷却剂相接触的金属组件的至少一部分表面用涂布部件 CM 涂布。在第五实施例中，与第三实施例相同，与水基冷却剂相接触的金属组件是构成循环路径的那些，例如循环泵 27a、热交换机 27b、导管 P1 到 P4、冷却路径 C1 到 C3、连接部分 T1 到 T4、外壳 10 的内表面、真空封装件 13 的外表面、X 射线输出窗 10a 和 X 射线输出窗 13a。其至少一部分涂布了涂布部件。如同在第三实施例中，涂布部件 CM 可由有机或无机涂层形成。因此，根据第五实施例的 X 射线装置，可以获得与第三实施例相同的优点。

（第六实施例）

将描述根据本发明第六实施例的 X 射线装置。与第一实施例中的结构部分共有的那些结构部分由相同的标号标注，并省去了详细描述。

如图 6 所示，根据第六实施例的 X 射线装置具有与根据图 4 所示的第四实施例的 X 射线装置基本相同的结构。但是，第六实施例与第四实施例的区别在于定子 26 设置于外壳 10 之外。由于定子 26 不与水基冷却剂相接触，所以可以避免电绝缘的劣化。与第四实施例不同，不需要在定子 26 的表面上形成防锈涂布薄膜。因此，可以降低成本且可以有利地减小整个装置的尺寸。具有该结构的定子 26 不能通过冷却剂冷却，但它可以利用外部空气来冷却。

在第六实施例中，与第三实施例相同，与水基冷却剂相接触的金属组件的至少一部分表面用涂布部件 CM 涂布。在第六实施例中，与第三实施例相同，与水基冷却剂相接触的金属组件是构成循环路径的那些，例如循环泵 27a、热交换机 27b、导管 P1 到 P4、冷却路径 C1 到 C3、连接部分 T1 到 T4、外壳 10 的内表面、真空封装件 13 的外表面、X 射线输出窗 10a 和 X 射线输出窗 13a。其至少一部分涂布了涂布部件。如同在第三实施例中，涂布部件 CM 可由有机或无机涂层形成。因此，根据第六实施例的 X 射线装置，可以获得与第三实施例相同的优点。

本发明不限于上述实施例。在实施本发明的阶段，可以通过修改结构元件来实施各种实施例而不背离本发明的精神。实施例中揭示的结构元件可适当组合，且可以进行各种发明。例如，可将一些结构元件从实施例中省去。此外，不同实施例中的结构元件可适当组合。

例如，在第一和第二实施例中，绝缘油可用作装填外壳内部的第一冷却剂，且传热效率高于第一冷却剂的防冻液用作装填循环路径的第二冷却剂。但是，第一

冷却剂和第二冷却剂的组合不限于绝缘油和防冻液的组合,且可以使用其它冷却剂组合。

类似地,在第三到第六实施例中,传热效率高于绝缘油的防冻液被用作装填外壳和循环路径的冷却剂。然而,可应用于这些实施例的冷却剂不限于防冻液,且其它冷却剂也是可用的。

在第一到第六实施例中,在旋转支承阳极靶的旋转支承机构中使用动压滑动轴承。但是,在本发明中,使用球轴承的减摩轴承或者磁性轴承可以被使用。即使在使用这些轴承的情况下,如果定子线圈和旋转部件的旋转驱动单元之间的耦合足够或者进行高速旋转,则线圈温度会上升。在这些情况下,可以通过采用这些实施例的结构而获得与以上实施例中相同的有利效果。

从冷却单元馈送的期望水基冷却剂被引入要优先冷却的部分,诸如耐热性较差的部分或者发热量较高的部分。例如,如在第三实施例的修改中,如图17所示,导管P1、P2和P3可分别连接冷却单元27和进口C31、出口C32和进口C21以及出口C22和进口C11。

出口C12将引入第一冷却路径C1的防冻液排入外壳10的内部空间10b。软管和外壳10之间的连接部分T1用作将防冻液从外壳10的内部空间10b经由软管输出到冷却单元27的出口。简言之,防冻液的返回路径形成于外壳10的内部空间10b和冷却单元27之间(即,连接部分T1和T3之间)。因此,容纳旋转阳极型X射线管11的内部空间10b装填有作为水基冷却剂的防冻液。这样,防冻液的循环路径形成为包括导管P1、P2和P3,第一冷却路径C1,第二冷却路径C2,第三冷却路径C3,和返回路径。

在这种情况下,将馈送出冷却单元27的热交换机27b的防冻液经由导管P1引入进口C31并冷却固定部件23同时经过腔23a(第三冷却路径C3),它被形成允许固定部件23内防冻液的往复流动。从出口C32出来的防冻液经由导管P2引入进口C21并冷却反冲电子捕集器17同时经过环形空间29(第二冷却路径C2)。流出出口C22的防冻液经由导管P3引入进口C11并冷却真空管壳13的大直径部分131同时经过盘状空间28(第一冷却路径C1)。从出口C12排出的防冻液经由导管P4返回到冷却单元27。

根据该结构,可以提供一种X射线装置,其中有效地冷却要优先冷却的部分,

且长时间确保高可靠性。虽然只描述了第一实施例的修改，但类似结构可应用于其它实施例。

根据上述 X 射线装置，通过适用具有高传热效率的冷却剂来冷却高温部分。从而，可以实现良好的热辐射性能。因此，可以提供一种 X 射线装置，它能改善热辐射特性并能具有长时间的高可靠性。

工业应用性

如上所述，本发明可提供一种 X 射线装置，它可以改善辐射特性并可以长时间具有高可靠性。

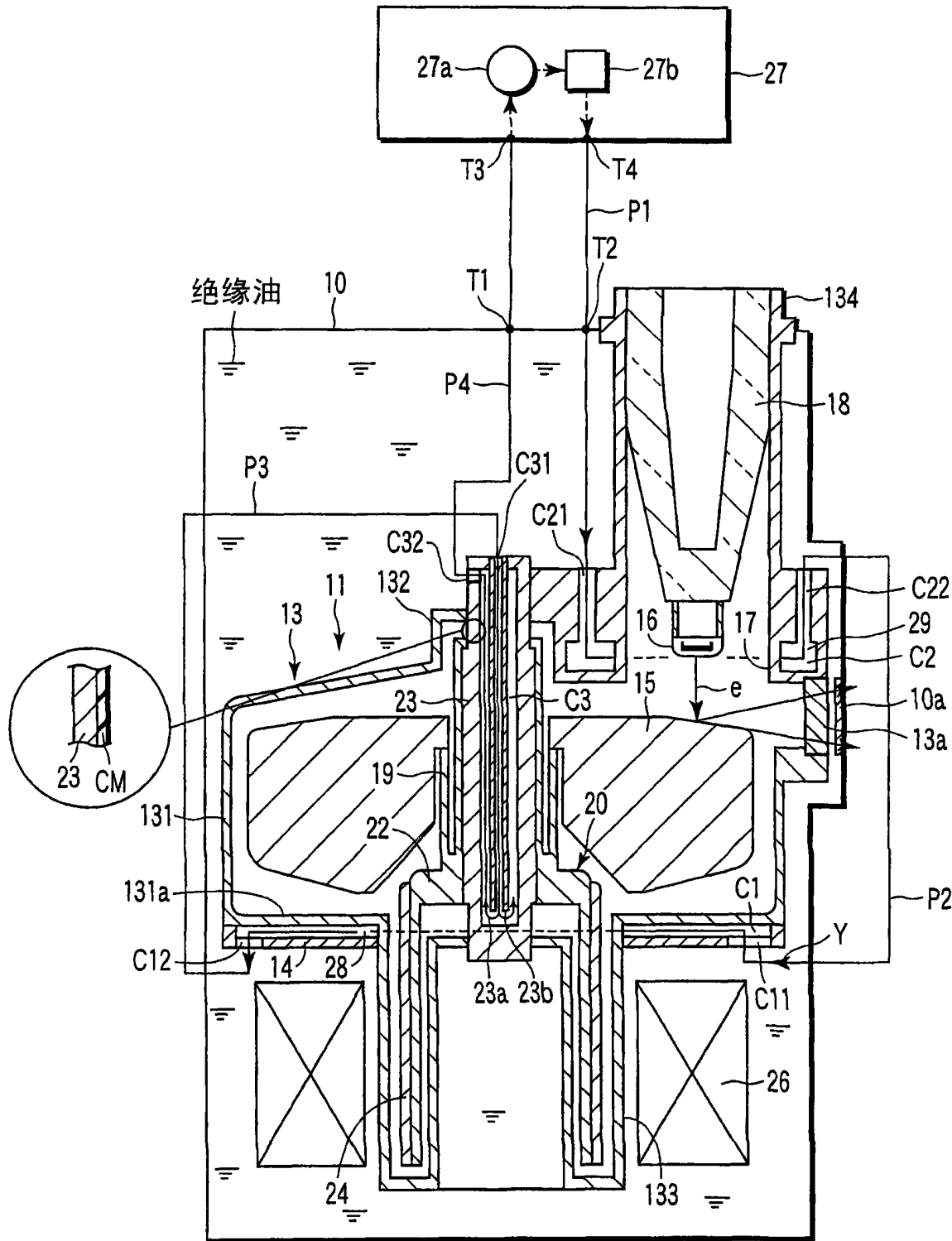


图 1

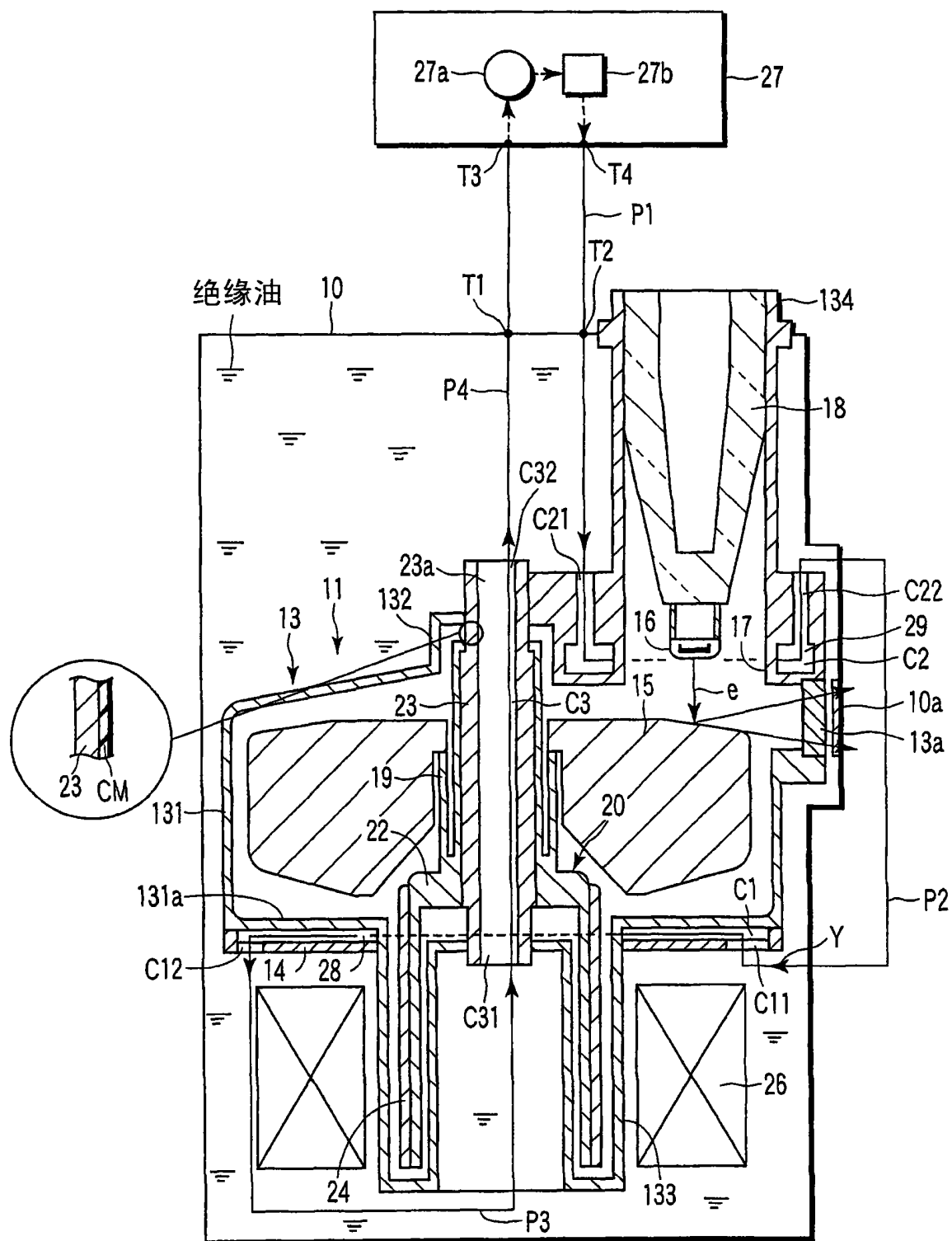


图 2

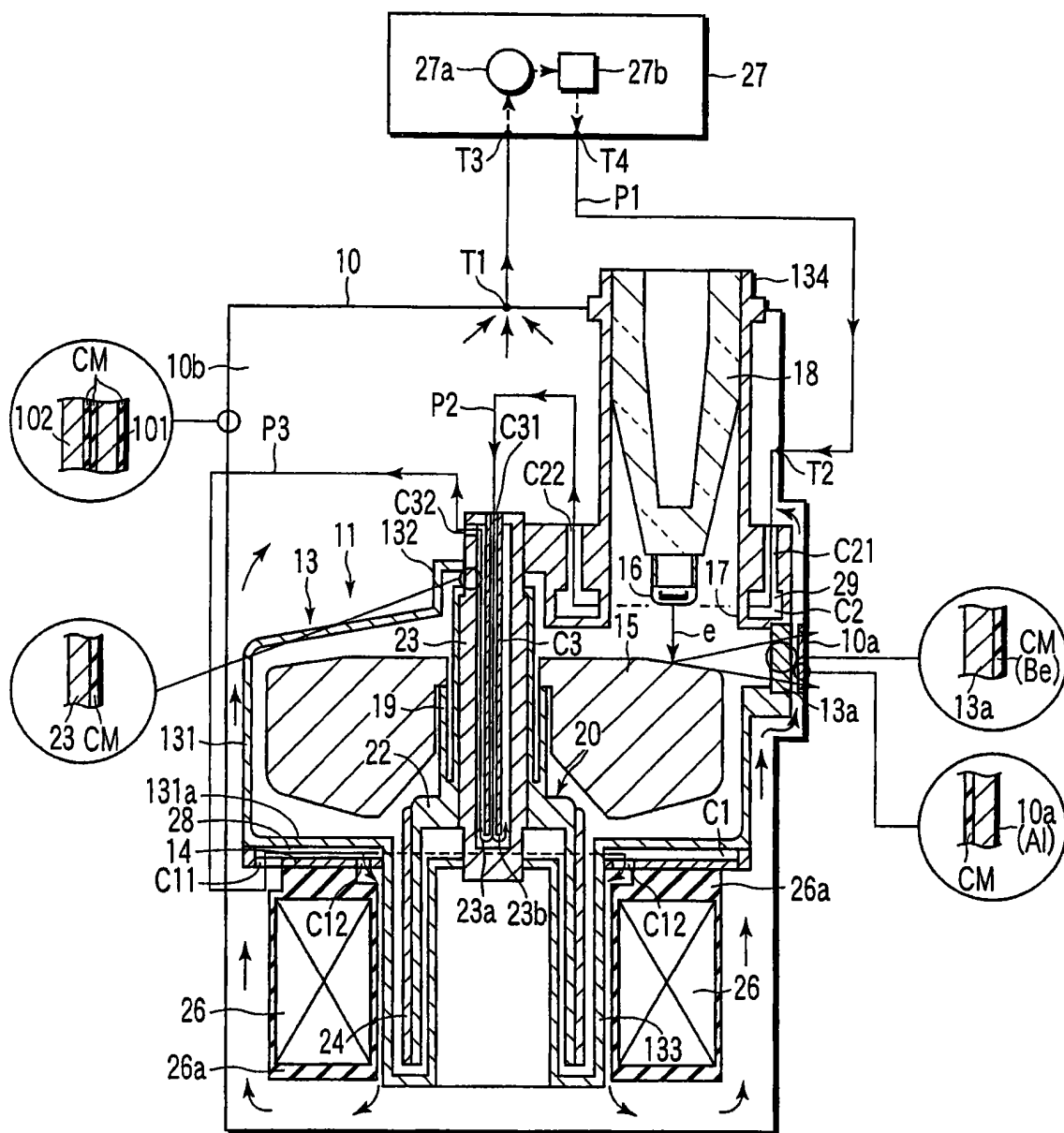


图 3

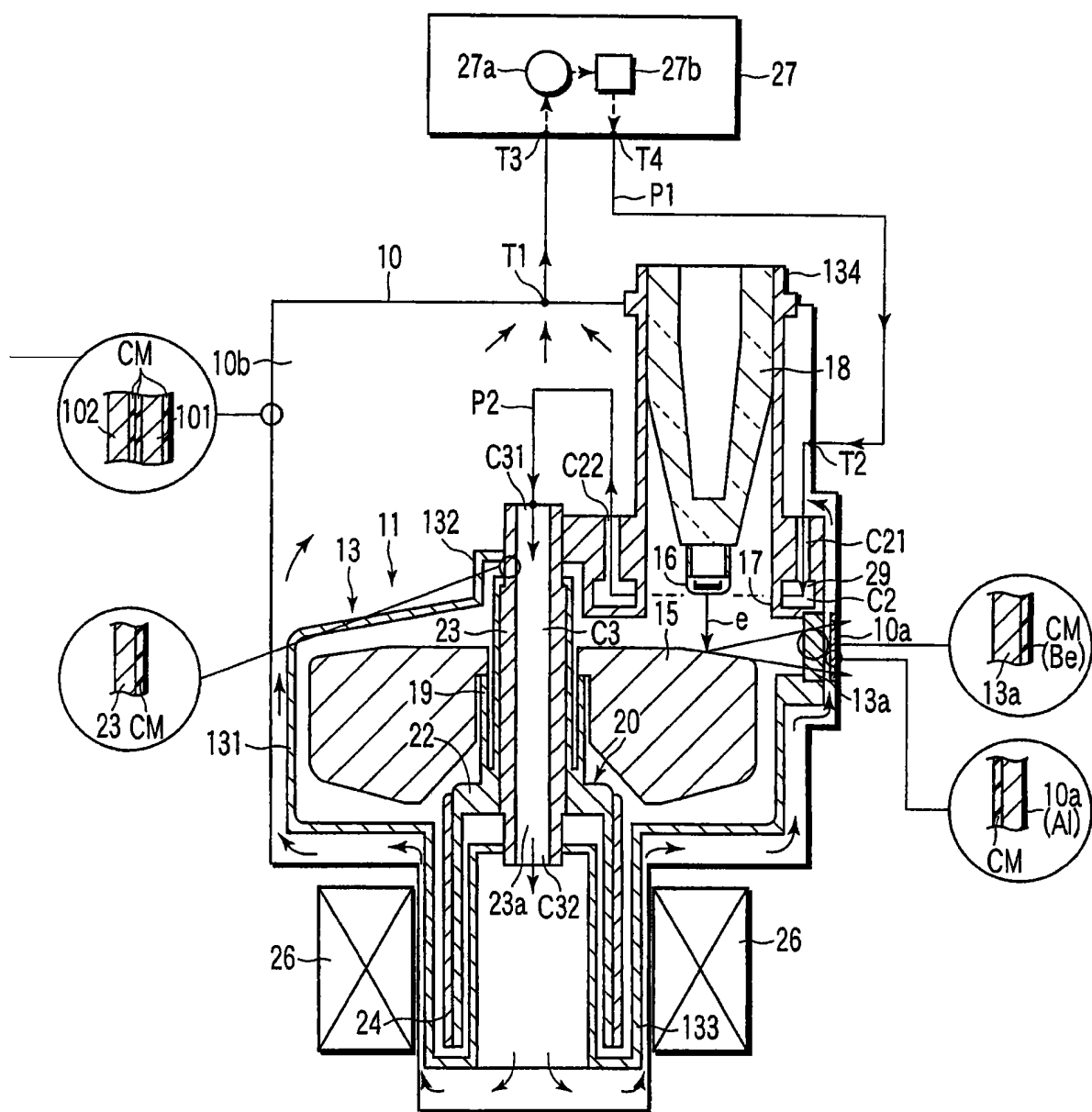


图 6

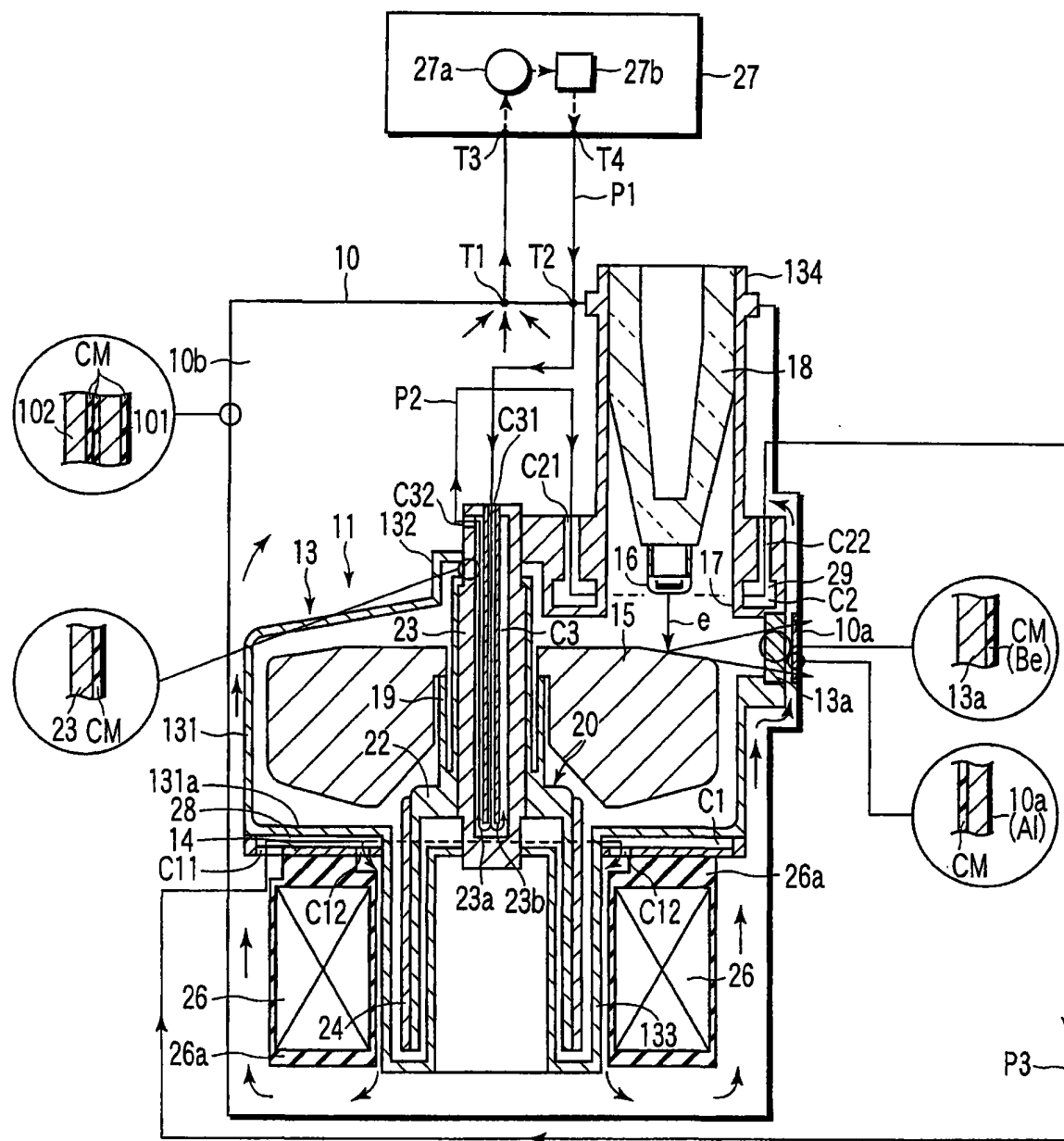


图 7