



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108933072 B

(45)授权公告日 2020.05.08

(21)申请号 201810786935.5

(22)申请日 2015.07.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108933072 A

(43)申请公布日 2018.12.04

(30)优先权数据

2014-147338 2014.07.18 JP

2015-134263 2015.07.03 JP

(62)分案原申请数据

201580038166.5 2015.07.13

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 大桥康雄 上田和幸

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 宋岩

(51)Int.Cl.

H01J 35/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 103943442 A, 2014.07.23,

CN 104701118 A, 2015.06.10,

US 2010260324 A1, 2010.10.14,

WO 2013031423 A1, 2013.03.07,

审查员 陈凯妍

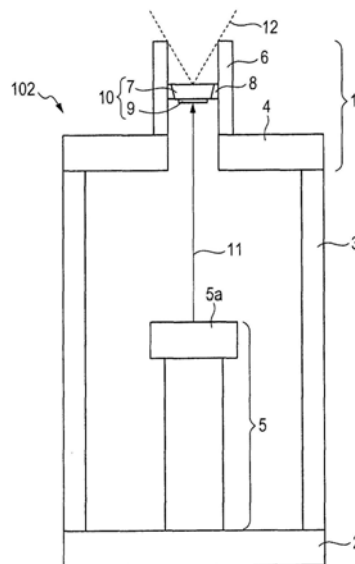
权利要求书4页 说明书9页 附图7页

### (54)发明名称

阳极和X射线生成管、X射线生成装置和放射  
线照相系统

### (57)摘要

公开了阳极和X射线生成管、X射线生成装置和放射线照相系统。接合材料(8)的厚度在与管状阳极构件(6)的中心轴(P)正交的径向方向上变化,接合材料(8)被用来将用于支撑靶层(9)的透射基板(7)与管状阳极构件(6)在沿着中心轴(P)的方向上进行接合。因而,其中接合材料(8)的圆周拉伸应力被缓解的区域被形成于沿着中心轴(P)的方向上,以防止在接合材料(8)中产生裂纹。



1. 一种用于X射线生成管的阳极, 包含:

透射靶, 该透射靶包含:

靶层, 用于通过电子束的照射来生成X射线; 以及

透射基板, 被配置成支撑靶层且透射由靶层生成的X射线, 该透射基板包含用于支撑靶层的支撑面; 以及

管状阳极构件, 被配置成将透射基板支撑于其管内圆周处, 该管状阳极构件包含从用于支撑透射基板的管内圆周朝内凸起的环形凸起部分, 该环形凸起部分包含与所述支撑面的外周相对的座面,

接合材料, 被配置成接合在透射基板的侧面与管状阳极构件的管内圆周之间并且具有在沿着管状阳极构件的管轴的方向中的至少一个方向上引起压缩应力分量以使得接合材料的圆周拉伸应力被缓解的截面形状。

2. 根据权利要求1所述的阳极,

其中接合材料从在所述侧面与管内圆周之间的管轴方向上的间隙延伸到在所述座面与所述支撑面的外周之间的管径方向上的间隙。

3. 根据权利要求1所述的阳极,

其中接合材料具有在沿着管状阳极构件的管轴的方向上变化的厚度。

4. 根据权利要求3所述的阳极, 其中接合材料的厚度在沿着管状阳极构件的管轴的方向上并且在从靶层朝向透射基板的方向上减小。

5. 根据权利要求3所述的阳极,

其中接合材料的厚度在沿着管状阳极构件的管轴的方向上并且在从靶层朝向透射基板的方向上减小, 并且

其中透射基板的与管状阳极构件的管轴正交的截面面积在沿着管状阳极构件的管轴的方向上并且在从靶层朝向透射基板的方向上增大。

6. 根据权利要求1所述的阳极, 其中透射基板、管状阳极构件及接合材料的热膨胀系数满足如下关系: 透射基板 < 管状阳极构件 < 接合材料。

7. 根据权利要求6所述的阳极, 其中, 在包含管状阳极构件的管轴的虚拟平面上, 在透射基板与接合材料之间的接合区的长度比在管状阳极构件与接合材料之间的接合区的长度小。

8. 根据权利要求1所述的阳极, 其中接合材料包含钎焊材料。

9. 根据权利要求1所述的阳极, 其中透射基板包含金刚石。

10. 根据权利要求1所述的阳极, 其中管状阳极构件包含钨和铜中的一个。

11. 根据权利要求1所述的阳极, 其中接合材料的最厚部分的厚度 ( $t_{\max}$ ) 和最薄部分的厚度 ( $t_{\min}$ ) 之比 ( $t_{\max}/t_{\min}$ ) 大于或等于1.05且小于或等于1.90, 所述接合材料被布置于透射基板的侧面与管状阳极构件的管内圆周彼此相对的区域中。

12. 根据权利要求11所述的阳极, 其中接合材料的最厚部分的厚度 ( $t_{\max}$ ) 和最薄部分的厚度 ( $t_{\min}$ ) 之比 ( $t_{\max}/t_{\min}$ ) 大于或等于1.20且小于或等于1.70。

13. 根据权利要求1所述的阳极, 其中管状阳极构件是圆柱形的, 并且透射基板具有盘

14. 一种用于X射线生成管的阳极, 包含:

透射靶,该透射靶包含:

靶层,用于通过电子束的照射来生成X射线;以及

透射基板,用于支撑靶层且用于透射由靶层生成的X射线;以及

管状阳极构件,用于将透射基板支撑于其管内圆周处,

接合材料,被配置成接合在透射基板的侧面与管状阳极构件的管内圆周之间并且具有在沿着管状阳极构件的管轴的方向中的至少一个方向上引起压缩应力分量以使得接合材料的圆周拉伸应力被缓解的截面形状,

其中透射基板、管状阳极构件及接合材料的热膨胀系数满足如下关系:透射基板<管状阳极构件<接合材料,

其中,在包含管状阳极构件的管轴的虚拟平面上,在透射基板与接合材料之间的接合区的长度比在管状阳极构件与接合材料之间的接合区的长度小。

15.根据权利要求14所述的阳极,

其中透射基板包含用于支撑靶层的支撑面,

其中管状阳极构件包含从用于支撑透射基板的管内圆周朝内凸起的环形凸起部分,所述环形凸起部分包含与所述支撑面的外周相对的座面,并且

其中接合材料从在所述侧面与管内圆周之间的管轴方向上的间隙延伸到在所述座面与所述支撑面的外周之间的管径方向上的间隙。

16.根据权利要求14所述的阳极,

其中接合材料具有在沿着管状阳极构件的管轴的方向上变化的厚度。

17.根据权利要求16所述的阳极,其中接合材料的厚度在沿着管状阳极构件的管轴的方向上并且在从靶层朝向透射基板的方向上减小。

18.根据权利要求16所述的阳极,

其中接合材料的厚度在沿着管状阳极构件的管轴的方向上并且在从靶层朝向透射基板的方向上减小,并且

其中透射基板的与管状阳极构件的管轴正交的截面面积在沿着管状阳极构件的管轴的方向上并且在从靶层朝向透射基板的方向上增大。

19.根据权利要求14所述的阳极,其中接合材料包含钎焊材料。

20.根据权利要求14所述的阳极,其中透射基板包含金刚石。

21.根据权利要求14所述的阳极,其中管状阳极构件包含钨和铜中的一个。

22.根据权利要求14所述的阳极,其中接合材料的最厚部分的厚度( $t_{\max}$ )和最薄部分的厚度( $t_{\min}$ )之比( $t_{\max}/t_{\min}$ )大于或等于1.05且小于或等于1.90,所述接合材料被布置于透射基板的侧面与管状阳极构件的管内圆周彼此相对的区域中。

23.根据权利要求22所述的阳极,其中接合材料的最厚部分的厚度( $t_{\max}$ )和最薄部分的厚度( $t_{\min}$ )之比( $t_{\max}/t_{\min}$ )大于或等于1.20且小于或等于1.70。

24.根据权利要求14所述的阳极,其中管状阳极构件是圆柱形的,并且透射基板具有盘

25.一种用于X射线生成管的阳极,包含:

透射靶,该透射靶包含:

靶层,用于通过电子束的照射来生成X射线;以及

透射基板,用于支撑靶层且用于透射由靶层生成的X射线;以及  
管状阳极构件,用于将透射基板支撑于其管内圆周处,

接合材料,被配置成接合在透射基板的侧面与管状阳极构件的管内圆周之间并且具有在沿着管状阳极构件的管轴的方向中的至少一个方向上引起压缩应力分量以使得接合材料的圆周拉伸应力被缓解的截面形状,

其中接合材料的最厚部分的厚度( $t_{\max}$ )和最薄部分的厚度( $t_{\min}$ )之比( $t_{\max}/t_{\min}$ )大于或等于1.05且小于或等于1.90,所述接合材料被布置于透射基板的侧面与管状阳极构件的管内圆周彼此相对的区域中。

26. 根据权利要求25所述的阳极,

其中透射基板包含用于支撑靶层的支撑面,

其中管状阳极构件包含从用于支撑透射基板的管内圆周朝内凸起的环形凸起部分,所述环形凸起部分包含与所述支撑面的外周相对的座面,并且

其中接合材料从在所述侧面与管内圆周之间的管轴方向上的间隙延伸到在所述座面与所述支撑面的外周之间的管径方向上的间隙。

27. 根据权利要求25所述的阳极,

其中接合材料具有在沿着管状阳极构件的管轴的方向上变化的厚度。

28. 根据权利要求27所述的阳极,其中接合材料的厚度在沿着管状阳极构件的管轴的方向上并且在从靶层朝向透射基板的方向上减小。

29. 根据权利要求27所述的阳极,

其中接合材料的厚度在沿着管状阳极构件的管轴的方向上并且在从靶层朝向透射基板的方向上减小,并且

其中透射基板的与管状阳极构件的管轴正交的截面面积在沿着管状阳极构件的管轴的方向上并且在从靶层朝向透射基板的方向上增大。

30. 根据权利要求25所述的阳极,其中接合材料包含钎焊材料。

31. 根据权利要求25所述的阳极,其中透射基板包含金刚石。

32. 根据权利要求25所述的阳极,其中管状阳极构件包含钨和铜中的一个。

33. 根据权利要求25所述的阳极,其中接合材料的最厚部分的厚度( $t_{\max}$ )和最薄部分的厚度( $t_{\min}$ )之比( $t_{\max}/t_{\min}$ )大于或等于1.20且小于或等于1.70。

34. 根据权利要求25所述的阳极,其中管状阳极构件是圆柱形的,并且透射基板具有盘的形状。

35. 一种X射线生成管,包含:

管状绝缘管;

安装于绝缘管的一端上的阴极;

安装于绝缘管的另一端上的阳极;以及

布置于绝缘管中且与阴极连接的电子发射源,

所述阳极包含根据权利要求1-34中任一项所述的阳极。

36. 一种X射线生成装置,包含:

根据权利要求35所述的X射线生成管;以及

用于将管电压施加到X射线生成管的阴极和阳极的驱动电路。

37. 一种放射线照相系统,包含:

根据权利要求36所述的X射线生成装置;

用于检测从X射线生成装置发射并穿过被检体的X射线的X射线检测设备;以及

用于整体控制X射线生成装置和X射线检测设备的系统控制设备。

## 阳极和X射线生成管、X射线生成装置和放射线照相系统

[0001] 本申请是申请号为201580038166.5,申请日为2015年7月13日,题为“阳极和X射线生成管、X射线生成装置以及使用X射线生成装置的放射线照相系统”的中国发明专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及要用于X射线生成管内的且包含透射靶的阳极,并且还涉及包含阳极的X射线生成管、包含X射线生成管的X射线生成装置以及包含X射线生成装置的放射线照相系统。

### 背景技术

[0003] 已知包含透射靶的透射型X射线生成管。透射靶使用从其侧面发射的X射线,该侧面与电子束进入靶的侧面相对。透射型X射线生成管可以包含作为X射线生成管的端窗的靶。这样的透射型X射线生成管具有如下有利的特征:辐射角可以变得更宽,散热性能可以变得更高,并且X射线生成装置可以缩小尺寸。在这样的透射型X射线生成管中的靶经由接合(bonding)材料(诸如,形成于靶的周边的银钎焊材料)被气密性地接合于管状阳极构件。

[0004] 在专利文献1中,公开了透射型X射线生成管,该透射型X射线生成管包含具有带分布的开口直径的管状阳极构件以及由管状阳极构件保持的透射靶。

[0005] 在这种包含作为端窗的透射靶的X射线生成管中,当X射线生成操作被重复时,有时无法获得所期望的管电流并因此难以确保必要的X射线输出。需要可以获得稳定的X射线输出的透射型X射线生成管。

[0006] 引文列表

[0007] 专利文献

[0008] PTL 1:日本专利申请特开No.2013-51153

### 发明内容

[0009] 技术问题

[0010] 然而,在X射线生成管中,一般重复X射线发射操作和X射线发射操作停止。在X射线生成管的这种操作-停止循环中,在透射基板与接合材料之间引起热收缩量的差异。因此,圆周拉伸应力沿着透射基板的圆周作用于与透射基板接触的接合材料。存在如下的情况:在该情况中,拉伸应力超过接合材料的拉伸强度,在接合材料中产生裂纹,并且在X射线生成管中引起真空泄漏。

[0011] 本发明的一个目的是在包含经由接合材料接合在一起的透射靶和管状阳极构件的阳极中抑制伴随X射线生成管的操作-停止循环的真空泄漏的发生。本发明的另一个目的是提供包含高度可靠的阳极且可以获得稳定的X射线输出的X射线生成管,并且提供高度可靠的X射线生成装置和放射线照相系统。

- [0012] 问题的解决方案
- [0013] 根据本发明的第一方面,提供了阳极,该阳极包含:
- [0014] 透射靶,该透射靶包含:
- [0015] 用于通过电子束的照射来生成X射线的靶层;以及
- [0016] 用于支撑靶层且用于透射由靶层生成的X射线的透射基板;以及
- [0017] 用于将透射基板支撑于其管内圆周处的管状阳极构件,
- [0018] 其中透射基板的侧面与管状阳极构件的管内圆周通过接合材料接合在一起,并且
- [0019] 其中接合材料具有在沿着管状阳极构件的管轴的方向上变化的厚度。
- [0020] 根据本发明的第二方面,提供了X射线生成管,该X射线生成管包含:
- [0021] 管状绝缘管;
- [0022] 安装于绝缘管的一端上的阴极;
- [0023] 安装于绝缘管的另一端上的阳极;以及
- [0024] 布置于绝缘管中且与阴极连接的电子发射源,
- [0025] 所述阳极是本发明的第一方面的阳极。
- [0026] 根据本发明的第三方面,提供了X射线生成装置,该X射线生成装置包含:
- [0027] 本发明的第二方面的X射线生成管;以及
- [0028] 用于将管电压施加到X射线生成管的阴极和阳极的驱动电路。
- [0029] 根据本发明的第四方面,提供了放射线照相系统,该放射线照相系统包含:
- [0030] 本发明的第三方面的X射线生成装置;
- [0031] 用于检测从X射线生成装置发射并穿过被检体的X射线的X射线检测设备;以及
- [0032] 用于整体控制X射线生成装置和X射线检测设备的系统控制设备。
- [0033] 发明的有益效果
- [0034] 在根据本发明的阳极中,接合靶的透射基板与管状阳极构件的接合材料具有其中在X射线生成管的操作-停止循环中引起的圆周方向上的压缩应力被缓解并且裂纹的产生被抑制的区域。因此,在使用阳极的X射线生成管中,由于驱动以发射X射线而导致的真空泄漏的发生被抑制,并且提供了高度可靠的X射线生成管。此外,提供了各自使用X射线生成管的高度可靠的X射线生成装置和高度可靠的放射线照相系统。
- [0035] 本发明的进一步的特征根据下面参照附图对示例性实施例的描述将变得清楚。

## 附图说明

- [0036] [图1A]图1A是用于示意性地示出根据本发明的实施例的X射线生成管的结构的部分截面图。
- [0037] [图1B]图1B是图1A中所示的X射线生成管的阳极的部分放大的截面图。
- [0038] [图2A]图2A是用于示出根据本发明的实施例的阳极中的接合材料内引起的压缩应力的部分平面图。
- [0039] [图2B]图2B是沿着根据本发明的实施例的阳极中的管状阳极构件的中心轴的部分截面图,并且是图1B的放大图。
- [0040] [图2C]图2C是沿着根据本发明的实施例的阳极中的管状阳极构件的中心轴截取的部分截面图,并且是图1B的放大图。

[0041] [图3A]图3A是用于示出根据本发明的阳极的接合材料内的变形(distortion)大小的接合材料的截面图,并且是沿着管状阳极构件的中心轴截取的截面图。

[0042] [图3B]图3B是用于示出在接合材料内引起的压缩应力的缓解区域的截面图,并且是沿着管状阳极构件的中心轴截取的截面图。

[0043] [图4]图4是用于示意性地示出根据本发明的另一种实施例的阳极的压缩应力的缓解效果及结构的截面图,并且是沿着管状阳极构件的中心轴截取的截面图。

[0044] [图5]图5是用于示意性地示出根据本发明的又一种实施例的阳极的压缩应力的缓解效果及结构的截面图,并且是沿着管状阳极构件的中心轴截取的截面图。

[0045] [图6]图6是用于示意性地示出根据本发明的实施例的X射线生成装置的结构的面图。

[0046] [图7]图7是用于示意性地示出根据本发明的实施例的放射线照相系统的结构的框图。

### 具体实施方式

[0047] 以下参照附图来描述本发明的实施例,但是本发明并不限于那些实施例。注意,本领域中熟知或公知的技术将会被应用于本文没有特别示出或描述的部分。

[0048] <X射线生成管>

[0049] 图1A是用于示意性地示出根据本发明的实施例的X射线生成管的结构视图。如图1A中所示,本发明的X射线生成管102包含管状绝缘管3、安装于绝缘管3的一端上的阴极2、安装于绝缘管3的另一端上的阳极1,以及布置于绝缘管内且与阴极2连接的电子发射源5。

[0050] 电子发射源5包含电子发射源5a。阳极1包含位于与电子发射源5a相对的位置的靶10。根据本发明,靶10是包含用于通过入射电子束11的照射来生成X射线的靶层9以及用于透射在靶层9处生成的X射线的透射基板7的透射靶。阳极1还包含管状的且将靶10的透射基板7支撑于其管内圆周上的管状阳极构件6。在这种情况下,管状阳极构件6经由阳极板4安装于绝缘管3的另一端。管状阳极构件6和透射基板7经由接合材料8相互接合。

[0051] 在该结构中,当管电压被施加于阴极2与阳极1之间时,电子束11从电子发射源5a发射并且电子束11进入靶层9以生成X射线12。

[0052] 注意,包含于电子束11内的电子通过在电子发射源5与靶10之间的电场来加速以具有生成X射线12所需的入射能量。加速电场通过从下文所描述的驱动电路输出的管电压 $V_a$ 将电子发射源5限定于阴极电位并将靶10限定于阳极电位而形成于X射线生成管102内的全封闭空间中。

[0053] 根据本发明的X射线生成管102的主干由绝缘管3形成,该绝缘管3是为了电绝缘的目的而形成于被限定于阴极电位的电子发射源5与被限定于阳极电位的靶10之间。绝缘管3由诸如玻璃材料或陶瓷材料之类的绝缘材料形成。绝缘管3还可以具有限定电子发射源5与靶层9之间的距离的功能。

[0054] 在X射线生成管102内的空间被减压以使得电子发射源5运行。优选地,X射线生成管102的内部具有大于或等于 $10^{-8}$ Pa且小于或等于 $10^{-4}$ Pa的真空度,并且,从电子发射源5的寿命的角度来看,更为优选的是该真空度为大于或等于 $10^{-8}$ Pa且小于或等于 $10^{-6}$ Pa。优选



地,作为真空容器,X射线生成管102具有用于维持这样的真空度的气密性以及抵抗大气压力的耐久性。X射线生成管102的内部可以这样来减压:在使用真空泵(未示出)经由排放管(未示出)产生真空之后,密封该排放管。此外,为了维持该真空度,可以在X射线生成管102内布置吸气剂(未示出)。

[0055] 电子发射源5被布置为与靶10的靶层9相对。作为电子发射源5,例如可以使用钨丝、热阴极(诸如浸渍阴极)或冷阴极(诸如碳纳米管)。为了控制电子束11的射束直径、电子电流密度以及开/关,电子发射源5可以包含栅电极和静电透镜电极(未示出)。

[0056] <阳极>

[0057] 图1B是图1A中所示的阳极1的部分放大的截面图。阳极1是根据本发明的实施例的阳极。在根据本发明的阳极中,靶10通过经由接合材料8将作为靶10的支撑构件的管状阳极构件6的管内圆周接合于包含于靶10内的透射基板7的侧面来支撑。

[0058] 根据本发明的靶10是包含透射基板7和靶层9的透射靶。靶层9通过连同管电压 $V_a$ 一起适当地选择包含于靶层内的材料及其厚度来形成,以便使用作用于发射必要种类的射线的X射线生成源。作为靶层的材料,例如可以含有原子数为40或更大的金属材料,诸如钼、钽、钨等。靶层9可以通过任意成膜方法(诸如气相沉积或溅射)而形成于透射基板7上。

[0059] 透射基板7由高度透射X射线且高度耐火的材料形成,诸如钨、天然金刚石或人造金刚石。这些材料中,从散热、可再生产性、均匀性、成本等角度来看,通过高温高压合成法或化学气相沉积形成的人造金刚石是优选的。透射基板7不仅充当用于将在靶层9处生成的X射线取出X射线生成管102的透射窗,而且充当与其它构件一起形成真空容器的构件。

[0060] 优选的是,透射基板7为具有大于或等于2mm且小于或等于10mm的直径的盘的形状。在透射基板7上,形成靶层9,在该靶层9上可以形成必要的焦点直径。此外,在透射基板7为长方体形状的情况下,上述直径的范围可以用长方体的表面的短边的长度和长边的长度来代替。此外,更为优选的是,透射基板7的厚度为大于或等于0.3mm且小于或等于4.0mm。以此,抵抗大气压力的耐久性得以维持,并且还可以确保X射线12的透射率。

[0061] 管状阳极构件6不仅具有限定靶层9的阳极电位的功能,而且具有支撑靶10的功能。管状阳极构件6经由电极(未示出)与靶10电连接。此外,管状阳极构件6和靶10的透射基板7经由接合材料8接合在一起。

[0062] 部件经由接合材料8接合在一起,该接合材料8为例如诸如银钎焊材料、金钎焊材料或铜钎焊材料之类的各种钎焊材料、焊料等。在这些材料当中,银钎焊材料是优选的,即使是在高温下烧制真空容器,银钎焊材料也可以使得钎焊处于高到足以防止重熔的相对低的钎焊温度。

[0063] 此外,管状阳极构件6可以通过以具有高比重(specific gravity)的材料来形成而具有阻挡X射线的功能。从使管状阳极构件6缩小尺寸的角度来看,优选的是形成管状阳极构件6的材料具有某个质量衰减系数 $\mu/\rho$  [ $\text{m}^2/\text{kg}$ ]和某个密度 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],以使得它们的乘积为大。此外,从进一步缩小尺寸的角度来看,优选的是基于从靶层9生成的X射线12的种类,适当地将具有特定吸收边能量的金属元素选为形成管状阳极构件6的材料。管状阳极构件6可以由铜、银、钼、钽、钨等的合金中的一种或至少两种形成,并且可以含有与包含于靶层9内的靶金属相同的金属元素。

[0064] 管状阳极构件6为围绕靶层9的管状形状,并从而起着限定从靶层9发射的X射线12

的发射角的范围的前向屏蔽构件的作用。优选的是,管状阳极构件6为圆柱形。此外,管状阳极构件6起后部块体(rear block)的作用,该后部块体限制反射和背散射电子(未示出)或者背散射X射线(未示出)从靶层9到达电子发射源5的范围。

#### [0065] 第一实施例

[0066] 描述根据本发明的第一实施例的阳极1。该例是其中管状阳极构件6为圆柱形并且靶10的透射基板7为在平面图中与管状阳极构件6的内圆周为同心圆的盘的形状的情形。如图1B中所示,在本发明的阳极中,接合材料8具有在沿着管状阳极构件6的中心轴P(下面称为“中心轴P”)的方向上变化的厚度。注意,在本发明中,接合材料8的厚度是接合材料8在正交于管状阳极构件6的中心轴P的方向上的宽度,也就是,在这种情况下为接合材料8在管状阳极构件6的径向方向上的宽度以及在横向上的图1B的图纸宽度。注意,接合材料8在以中心轴P为中心的圆周方向上具有均匀的厚度。

[0067] 此外,管状阳极构件6经由环形的接合材料8接合于透射基板7。接合材料8沿着管状阳极构件6的管轴Q延伸以围绕管轴Q。本发明的作用机制在于:所引起的沿着围绕管轴Q的环形接合材料8的拉伸应力通过局部形成沿着管轴Q的压缩应力分量而被缓解。

[0068] 管状阳极构件6的中心轴P在此也可以说是管状阳极构件6的管轴Q的一部分。因此,只有管状阳极构件6的中心轴P被示出,而管状阳极构件6的管轴Q的图示被省略。

[0069] 在本发明中,为了改变接合材料8的厚度,各自用作接合表面的透射基板7的侧面7a和管状阳极构件6的内周面6a中的一个相对于中心轴P倾斜。图1B是透射基板7的侧面7a倾斜且接合材料8的厚度在从靶层9朝向透射基板7的方向上沿着中心轴P减小的情形的图示。此外,图1B是透射基板7在正交于中心轴P的方向上的截面面积在从靶层9朝向透射基板7的方向上沿着中心轴P增大的模式的图示。

[0070] 在本发明中,通过在沿着中心轴P的方向上形成接合材料8的厚度分布,在透射基板7和管状阳极构件6被接合于一起时或者在发射X射线时引起的在接合材料8内的裂纹的产生被抑制。这种作用的机制参照图2A至图2C、图3A和图3B来描述。

[0071] 图2A至图2C是用于示出在冷却高温的接合材料8时在接合材料8内引起的拉伸应力的示意图。图2A是在从图纸的上方观看图1B时的部分平面图,并且图2B和图2C是图1A的放大视图。参照图2A至图2C,z方向是沿着中心轴P的方向, $\theta$ 方向是环形围绕作为中心的中心轴P的圆周方向,并且R方向是从中心轴P径向延伸的径向方向。

[0072] 如图2A中所示,当热接合材料8的温度下降时,因为透射基板7和接合材料8的热膨胀系数具有关系“透射基板7<接合材料8”,所以它们之差引起在 $\theta$ 方向上的拉伸应力21作用于接合材料8上。假定拉伸应力21作用于接合材料8的整个圆周上,这引起在接合材料8中产生裂纹。

[0073] 如图2B中所示,同样相对于R方向,拉伸应力22作用于接合材料8上,并且在接合材料8内发生变形。透射基板7和管状阳极构件6具有比接合材料8的热膨胀系数小的热膨胀系数,并且因此,接合材料8不能在R方向上收缩。因此,拉伸应力22不能被减小。

[0074] 此外,如图2C中所示,拉伸应力23也作用于z方向上。但是,接合材料8在z方向上的两端是敞开的,并且不固定(tied to)到透射基板7和管状阳极构件6,并且因此,接合材料8可以在z方向上收缩。如图3A中所示,接合材料8与作为返回平面的平面25一起收缩,在该平面25上变形31为零。随着距离平面25的距离增大,变形31变大。因此,如由图3A中的32a和

32b所指代的,接合收缩材料8在z方向上的每个端部是向内画的曲面。

[0075] 接合材料8在z方向上的收缩根据泊松比缓解在 $\theta$ 方向上的拉伸应力。应力 $\sigma$ 由接合材料8的杨氏模量E (Pa) 和变形因子 $\epsilon$ 的乘积表示,即, $\sigma=E\epsilon$ 。因而,应力 $\sigma$ 的缓解量在接合材料8的z方向上的两端处大,在两端处,变形大从而缓解在 $\theta$ 方向上的拉伸应力。在这种情况下,根据本发明,接合材料8在z方向上具有厚度分布,并且因此,通过z方向上的收缩而缓解的应力 $\sigma$ 的量改变。

[0076] 在z方向上的变形为零的平面25由接合区的长度和敞开区的长度来确定,在接合区中,接合材料8被固定于透射基板7的侧面7a和管状阳极构件6的内周面6a,在敞开区中,接合材料8不被固定。特别地,在包含图2C中所示的中心轴P的虚拟平面上,在z方向上的变形为零的平面25是如下的平面:在该平面上,在平面25一侧的接合区的长度与敞开区的长度之差与在平面25另一侧的接合区的长度与敞开区的长度之差相等。在图2C中所示的情形中, $a+c-e=b+d-f$ ,且 $a/b=c/d$ 。因此,根据本发明,变形在接合材料8的较大厚度侧变大,并且由收缩引起的压缩应力 $\sigma$ 相应地变大,由此更多地缓解在 $\theta$ 方向上的拉伸应力。参照图3A和图3B,由虚线包围的区域33是在 $\theta$ 方向上的拉伸应力被更多地缓解的区域。

[0077] 特别地,为缓解接合材料8的圆周拉伸应力21,接合材料8具有以便引起在沿着管状阳极构件6的管轴的至少一个方向上的压缩应力分量的截面形状(例如,具有与其它截面的面积不同的面积的截面形状)。

[0078] 注意,在沿着管状阳极构件6的管轴的方向上,本实施例的接合材料8的两个端面不与另一个构件接触,用刚性小的薄板覆盖,或者与具有比接合材料8的热膨胀系数大的热膨胀系数的另一个构件接触。

[0079] 在本发明中,通过在z方向上于接合材料8内形成在 $\theta$ 方向上的拉伸应力被大程度地缓解的区域,可以抑制在接合材料8的该区域内的裂纹的产生。

[0080] 此外,如图3B中所示,在这种情况下,透射基板7的作为接合表面的侧面7a是倾斜的,并且因此,由沿着侧面7a的法线的方向的箭头34指示的力由于接合材料8的收缩力而作用于侧面7a上。该力在侧面7a内可以被分解成由沿着R方向的箭头34a指示的方向以及由沿着z方向的箭头34b指示的方向。由箭头34b指示的方向是透射基板7具有形变(deformation)灵活性的方向。因而,接合材料8在由箭头34b指示的方向上的形变进一步在 $\theta$ 方向上缓解了接合材料8内的拉伸应力。

[0081] 此外,当根据本发明的阳极1被安装于X射线生成管102时,靶层9朝向X射线生成管102的内部取向。X射线生成管102的内部被减压,并且其外部如下文所述处于以绝缘流体填充的状态。因而,X射线生成管102的外部比X射线生成管102的内部处于更高的压力。因此,由于在X射线生成管102的内部与外部之间的压力差,在图3B中所示的箭头34b的方向上的力作用于透射基板7上,并且因此,进一步压缩接合材料8的力起作用。结果,在接合材料8内于 $\theta$ 方向上的拉伸应力被进一步缓解。

[0082] 根据本发明,优选的是缓解拉伸应力(在 $\theta$ 方向上作用于接合材料8上)的作用在X射线生成管102的内部更大程度地发生作用。因此,优选的是,接合材料8的厚度分布被形成使得厚度在z方向上从靶层9朝向透射基板7减小。

[0083] 其中接合材料8的厚度分布被设置为使得厚度在z方向上从靶层9朝向透射基板7减小的如同在图1A至图3B中所示的实施例中的模式也可以通过使管状阳极构件6的内周面

6a倾斜来实现。图4是本发明的这样的实施例的截面图。同样,在这种情况下,类似于在图1A至图3B中所示的情形,在 $\theta$ 方向上的拉伸应力被更多地缓解的区域36形成于接合材料8内的其厚度较大侧。同样,在这种情况下,接合材料8的收缩使得由沿着内周面6a的法线方向的箭头35指示的力作用于管状阳极构件6的内周面6a上。该力的方向可以被分解成由箭头35a和箭头35b指示的方向。但是,即使当在箭头35b方向上的力作用于管状阳极构件6上时,管状阳极构件6也不会压缩接合材料8的方向上移动,并且因此,不能获得如图3B中所示的透射基板7压缩接合材料8的作用。此外,透射基板7的侧面7a处于与中心轴P平行,并且因此,也不能获得由于在X射线生成管102的内部和外部之间的压力差而造成的透射基板7压缩接合材料8的作用。

[0084] 但是,在图4中所示的情形中,获得了由于在透射基板7与管状阳极构件6之间的接合表面的长度差造成的效果。如图4所示,在这种情况下,在包含中心轴P的虚拟平面上,透射基板7的侧面7a的长度g小于管状阳极构件6与接合材料8的接合区的长度h。在透射基板7、管状阳极构件6和接合材料8的普通材料的组合中,热膨胀系数满足关系“透射基板7<管状阳极构件6<接合材料8”,并且在管状阳极构件6的接合区内的热膨胀系数差小于在透射基板7的接合区内的热膨胀系数差。在图4所示的情形中,其内更可能观察到因热膨胀系数的差导致的损伤(诸如接合材料8的剥离或裂纹的产生)的透射基板7的接合区比管状阳极构件6的接合区短,并且因此,接合材料8的损伤与相反的情形相比不太可能被观察到。

[0085] 根据本发明,用于获得该效果的材料组合是:透射基板7为金刚石,管状阳极构件6为钨或铜,并且接合材料8为钎焊材料。

[0086] 根据本发明,从增强X射线生成管102的可靠性的角度来看,优选的是,其中在接合材料8内的 $\theta$ 方向上的拉伸应力被更多地缓解的区域33和36形成于更靠近X射线生成管102的内部的位置。因此,优选的是,接合材料8的厚度在沿着管状阳极构件6的中心轴P的方向上并且在从靶层9朝向透射基板7的方向上减小。

[0087] 此外,在这种情况下,考虑到制造效率和效果,接合材料8的最厚部分的厚度 $t_{\max}$ 和最薄部分的厚度 $t_{\min}$ 之比 $t_{\max}/t_{\min}$ 优选为大于或等于1.05且小于或等于1.90,并且更优选地为大于或等于1.20且小于或等于1.70。在图1A至图3B中所示的模式中,图2C中所示的e和f分别为 $t_{\min}$ 和 $t_{\max}$ 。

[0088] 第二实施例

[0089] 图5是用于示意性地示出根据本发明的另一种示例性实施例的阳极的结构的部分截面图。在本实施例中,透射基板7具有用于支撑靶层9的支撑面7b。此外,管状阳极构件6具有用于支撑透射基板7的管内圆周。此外,本实施例的管状阳极构件6包含从管内圆周在管径方向上朝内凸起的环形凸起部分41,这是本实施例的管状阳极构件与参照图1A至图3B所描述的第一实施例的管状阳极构件不同的点。环形凸起部分41具有与支撑面7b的外周相对的座面(bear surface)41a。接合材料8从在侧面7a与管内圆周6a之间在管轴方向上延伸的管轴方向上的间隙延伸到在支撑面7b的外周和座面41a之间在管径方向上延伸的管径方向上的间隙(区域43)。注意,在这种情况下,管状阳极构件6是圆柱形的,并且因此,环形凸起部分41的内径小于管内圆周的半径。

[0090] 如参照图3A和图3B所描述的,接合材料8在收缩过程中引起由沿着侧面7a的法线方向上的箭头44指示的力作用于透射基板7的倾斜侧面7a上,以及由箭头44b指示的力作用

于透射基板7上。注意,类似于图3B中所示的情形,箭头44指示由箭头44a所指示的水平方向上的力分量与由箭头44b所指示的垂直方向上的力分量的合力。当接合材料8处于收缩过程中时,透射基板7被压向靶层9一侧,并且透射基板7的支撑面7b的外周对着座面41a挤压接合材料8。在此,受到支撑面7b的外周挤压的接合材料8引起根据接合材料8的泊松比的压缩应力作用于 $\theta$ 方向上,并因此在区域43内,所引起的在 $\theta$ 方向上的拉伸应力被缓解。

[0091] 此外,在图5中所示的情形中,同样获得了缓解由于参照图3B所描述的在X射线生成管102的内部和外部之间的压力差造成的在 $\theta$ 方向上的拉伸应力的作用。此外,类似于图4中所示的情形,当管状阳极构件6的接合区的长度( $h_1+h_2$ )大于透射基板7的接合区的长度( $g_1+g_2$ )时,并且当在透射基板7、管状阳极构件6和接合材料8的组合中的热膨胀系统满足关系“透射基板7<管状阳极构件6<接合材料8”时,可以减少接合材料8的损伤。

[0092] 在本例中,在接合材料8内于 $\theta$ 方向上的拉伸应力被更多地缓解的区域43形成于更靠近X射线生成管102的内部的位置,并且因此,可以进一步增强X射线生成管102的可靠性。

[0093] 同样,在这种情况下,考虑到制造效率和效果,在其中透射基板7的侧面7a和管状阳极构件6的内周面6a彼此相对的区域内,接合材料8的最厚部分的厚度 $t_{\max}$ 和最薄部分的厚度 $t_{\min}$ 之比 $t_{\max}/t_{\min}$ 优选为大于或等于1.05且小于或等于1.90,并且更优选地为大于或等于1.20且小于或等于1.70。

[0094] 在上描第一和第二实施例中,管状阳极构件6被描述为在圆周方向上具有高连续性的圆柱形状,但是,根据本发明的管状阳极构件6并不限于圆柱形状。具有截面为多边形形状的开口的模式(未示出)同样在本发明的范围之内。根据本发明,当管状阳极构件为圆柱形时,通过接合材料沿着管轴方向的厚度分布可以在整个圆周方向上产生减小拉伸应力的效果,这是优选的。

[0095] <X射线生成装置>

[0096] 图6是用于示出根据本发明的实施例的X射线生成装置的结构示意性截面图。根据本发明的X射线生成装置101具有如下特征:其包含使用根据本发明的阳极1的X射线生成管102以及用于将管电压施加于X射线生成管102的阴极2和阳极1的驱动电路103。

[0097] 在这种情况下,X射线生成装置101在具有X射线透射窗121的容器120内包含作为X射线源的本发明的X射线生成管102以及用于输出要被施加于X射线生成管102的阴极2和阳极1之间的管电压的驱动电路103。

[0098] 期望的是用于包含X射线生成管102和驱动电路103的容器120具有对容器而言足够的强度,且具有优异的散热性能,并且作为它的材料,合适地使用诸如黄铜、铁或不锈钢之类的金属材料。

[0099] 在这种情况下,在容器120内除了布置X射线生成管102和驱动电路103所需的空间外的空间以绝缘流体109填充。可以是液体或气体的绝缘流体109具有电绝缘性质,并且起着维持容器120内的电绝缘的作用以及作为X射线生成管102的冷却介质的作用。当使用绝缘液体时,优选的是使用诸如矿物油、硅油或全氟油之类的电绝缘油。

[0100] <放射线照相系统>

[0101] 图7是用于示意性地示出根据本发明的实施例的放射线照相系统的结构的框图。

[0102] 系统控制设备202以协调的方式控制X射线生成装置101以及其它相关的装置。驱动电路103在系统控制设备202的控制之下向X射线生成管102输出各种种类的控制信号。从

X射线生成装置101发射的X射线12的发射状态通过控制信号来控制。从X射线生成装置101发射的X射线12穿过被检体204,以由此被X射线检测设备206检测。X射线检测设备206将检测的X射线12转换成图像信号并将图像信号输出到信号处理部分205。在系统控制设备202的控制之下,信号处理部分205将预定的信号处理应用于图像信号,并且将已处理的图像信号输出到系统控制设备202。基于已处理的图像信号,系统控制设备202将显示信号输出到显示设备203以在显示设备203上显示图像。显示设备203基于显示信号在屏幕上显示被检体204的图像。

[0103] 附图标记列表

[0104] 1:阳极,2:阴极,3:绝缘管,5:电子发射源,5a:电子发射源,6:管状阳极构件,6a:管状阳极构件的内周面,7:透射基板,7a:透射基板的侧面,7b:透射基板的支撑面,8:接合材料,9:靶层,10:透射靶,11:电子束,12:X射线,41:环形凸起部分,41a:座面,101:X射线生成装置,102:X射线生成管,103:驱动电路,202:系统控制设备,204:被检体,206:X射线检测设备

[0105] 虽然已经参照示例性实施例描述了本发明,但是应当理解,本发明并不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围应被赋予最广泛的解释,以涵盖所有此类修改以及等同的结构和功能。

[0106] 本申请要求于2014年7月18日提交的日本专利申请No.2014-147338以及2015年7月3日提交的日本专利申请No.2015-134263的权益,这两项专利申请通过引用以其全部并入本文。

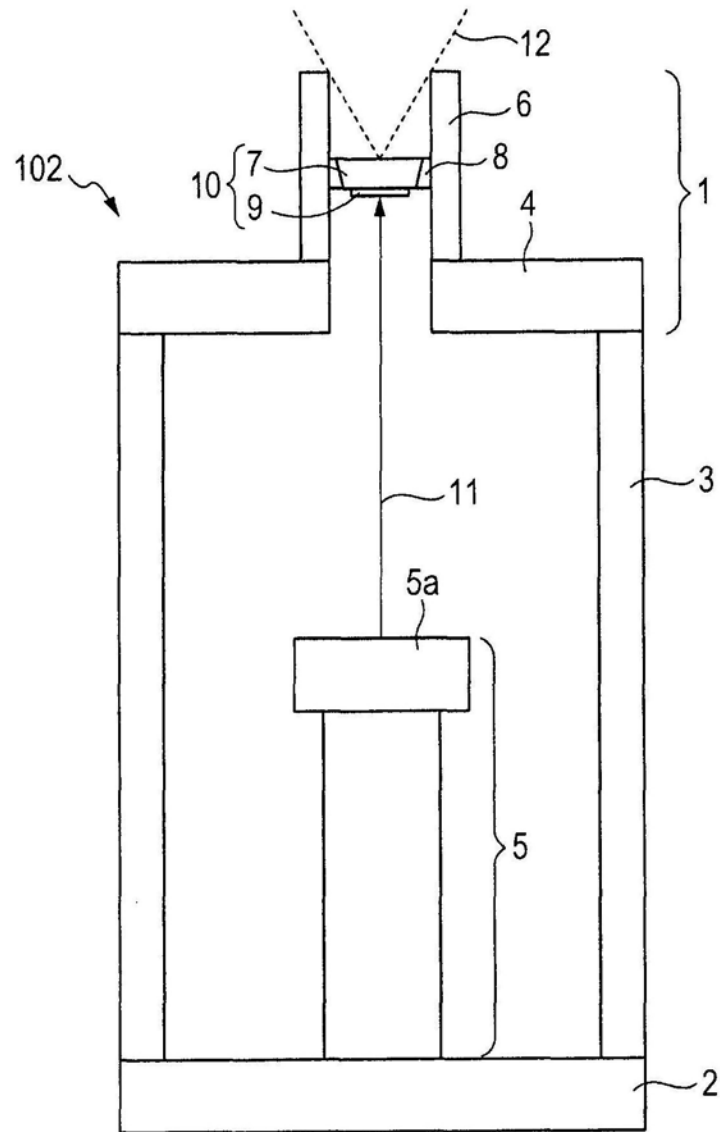


图1A

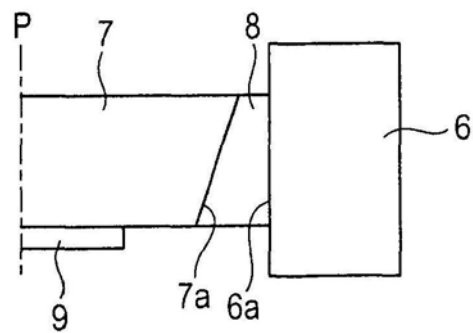


图1B

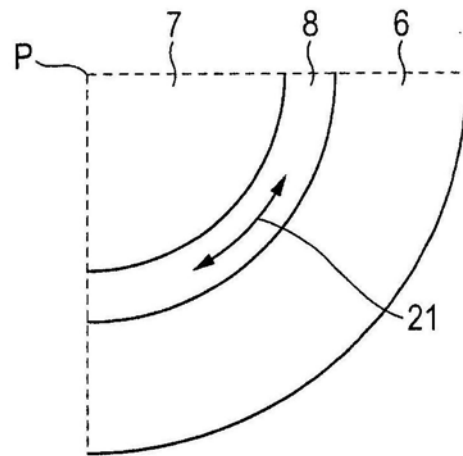


图2A

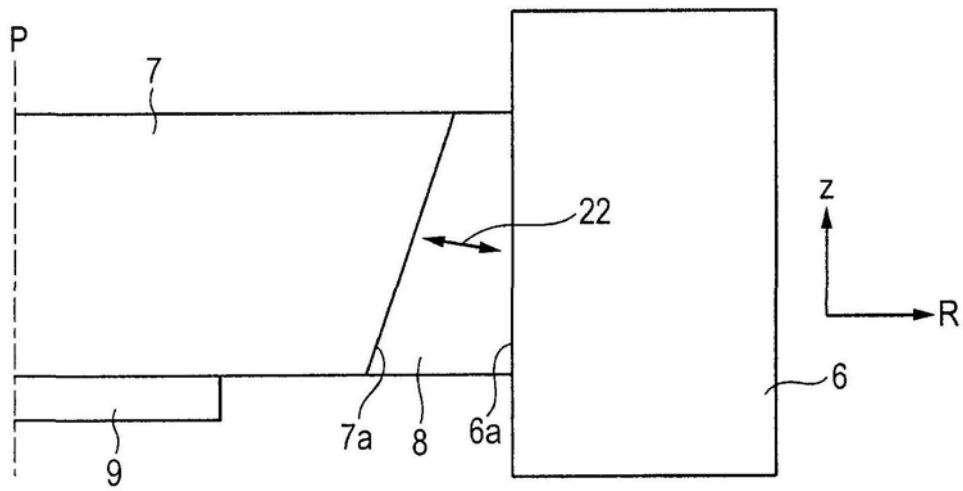


图2B





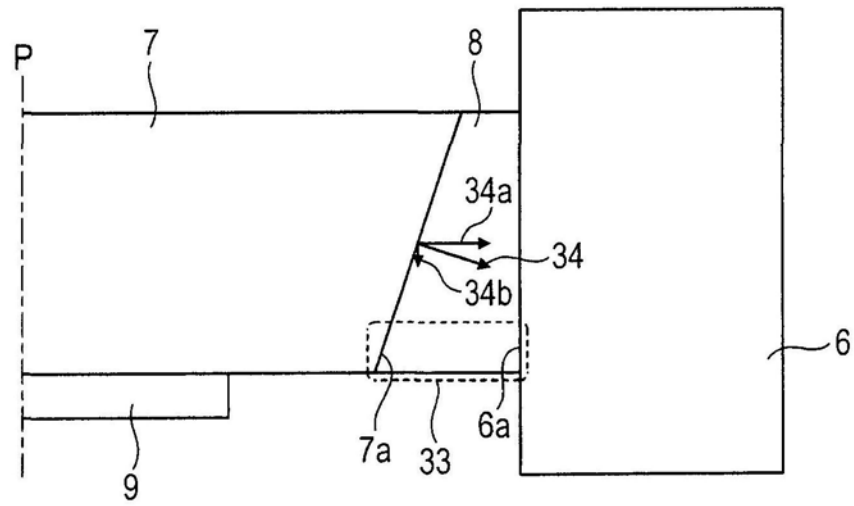


图3B

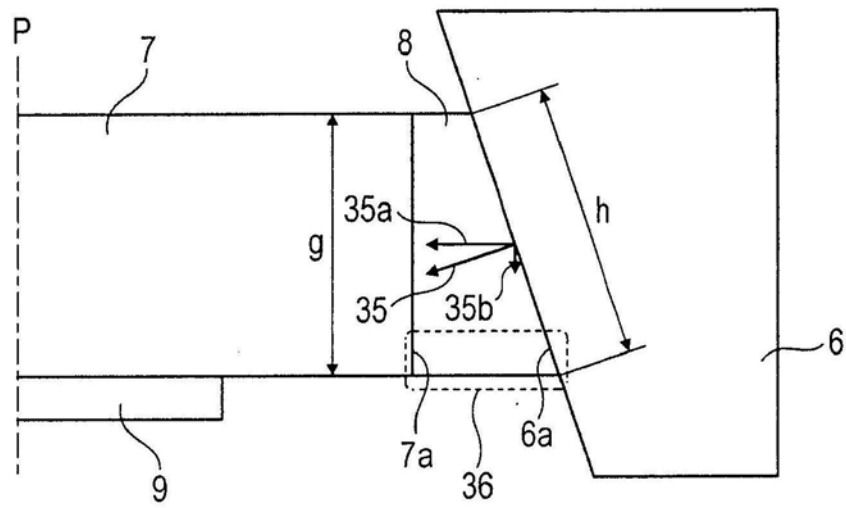


图4

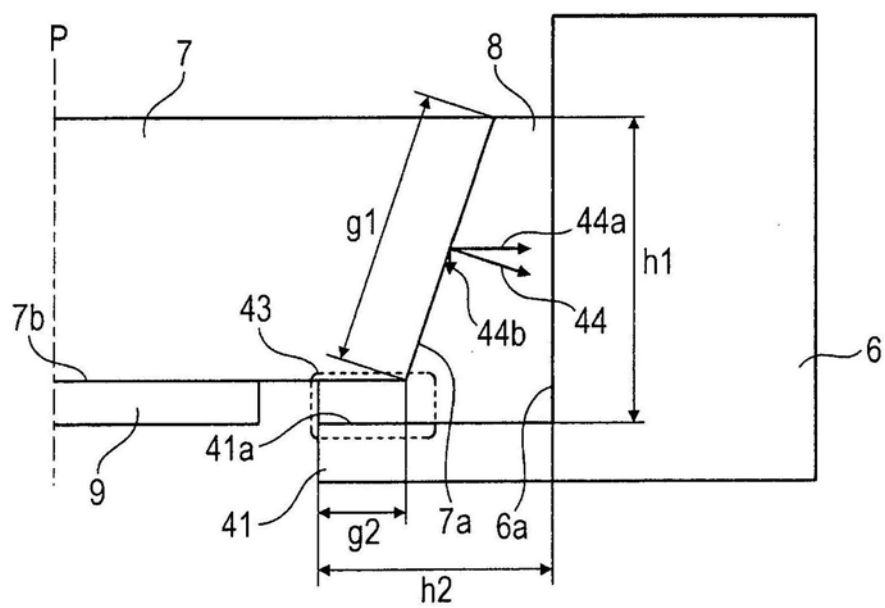


图5

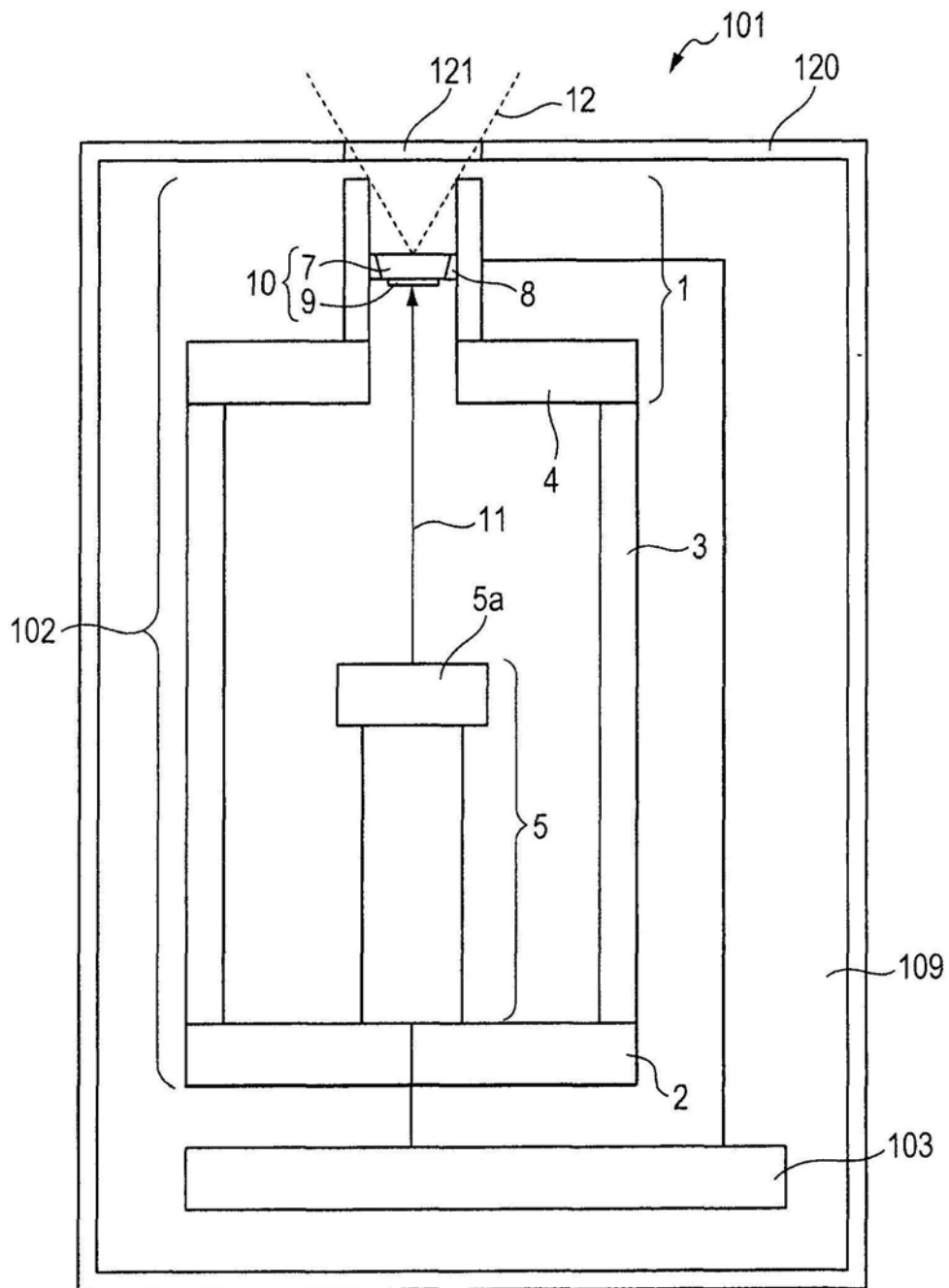


图6

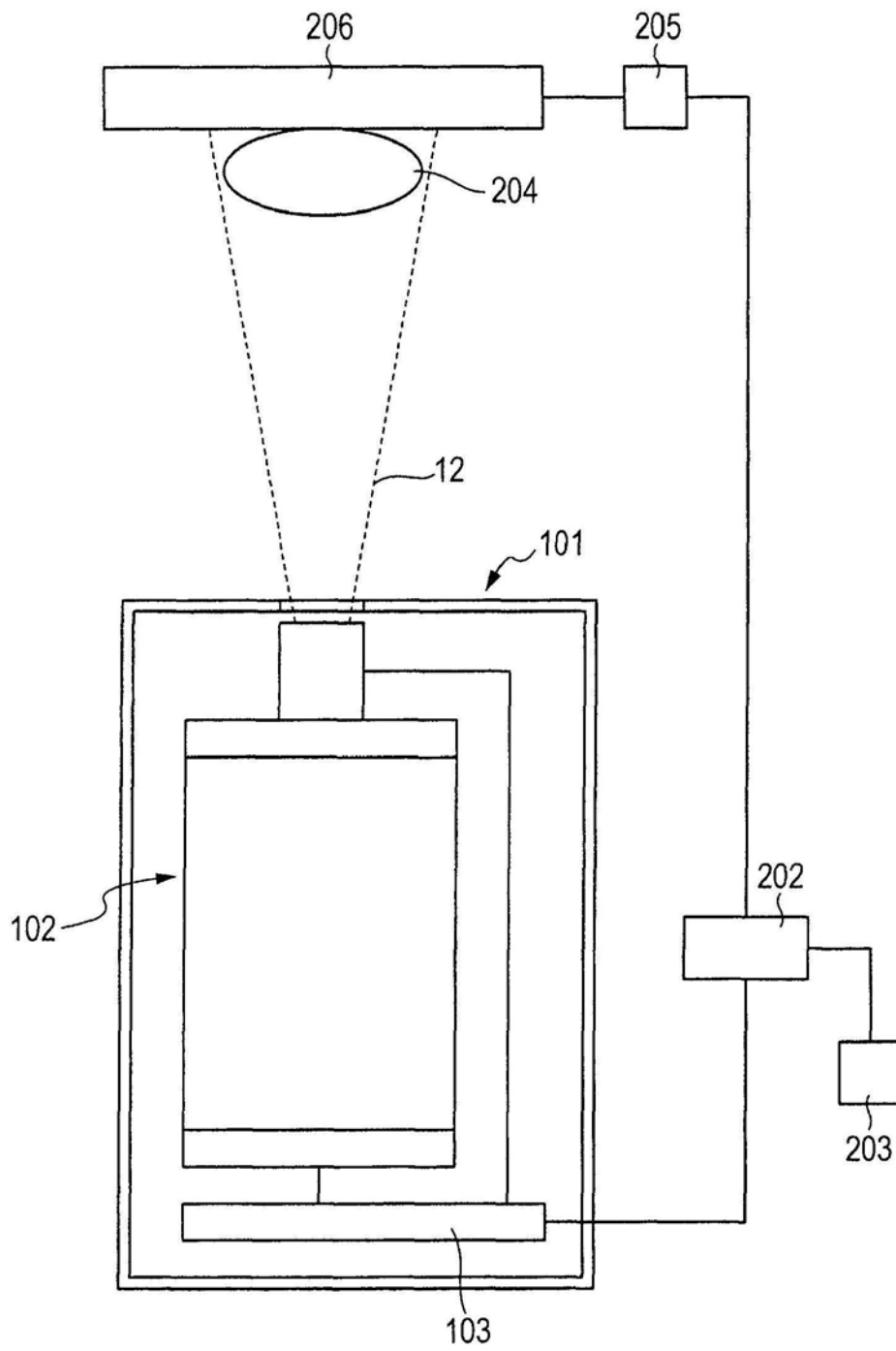


图7