

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

H01J 35/00 (2006.01)

H01J 31/00 (2006.01)

G01N 23/223 (2006.01)

[21] 申请号 200810009401.8

[43] 公开日 2008年8月6日

[11] 公开号 CN 101236876A

[22] 申请日 2008.1.30

[21] 申请号 200810009401.8

[30] 优先权

[32] 2007.1.30 [33] JP [31] 2007-018872

[32] 2007.7.28 [33] JP [31] 2007-196818

[71] 申请人 精工电子纳米科技有限公司

地址 日本千叶县千叶市

[72] 发明人 的场吉毅

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 王岳 刘宗杰

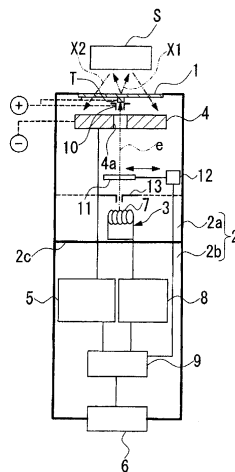
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称

X 射线管和 X 射线分析装置

[57] 摘要

本发明公开了 X 射线管和 X 射线分析装置。为了能够实现进一步的小尺寸和轻重量并提高灵敏度，提供：真空室(2)，其内部处于真空状态并且包括由 X 射线透射膜形成的窗口部分(1)，通过该 X 射线透射膜可以透射 X 射线；安装在真空室(2)的内部的电子束源(3)，用于发射电子束 e；靶 T，用于通过用电子束 e 照射而产生初级 X 射线 X1，并且被安装在真空室(2)的内部以便能够通过窗口部分(1)将初级 X 射线 X1 发射到外部样品 S；以及 X 射线探测元件(4)，其被布置在真空室(2)的内部以便能够探测从样品 S 发射并从窗口部分(1)入射的荧光 X 射线和散射 X 射线 X2，用于输出包括荧光 X 射线和散射 X 射线 X2 的能量信息的信号。



1、一种 X 射线管，包括：

真空室，其内部处于真空状态，并且其包括由 X 射线透射膜形成的窗口部分，通过该 X 射线透射膜可以透射 X 射线；

安装在真空室的内部的电子束源，用于发射电子束；

靶，用于通过用电子束进行照射而产生初级 X 射线，并且被安装在真空室的内部，以便能够通过窗口部分将初级 X 射线发射到外部样品；以及

X 射线探测元件，其被布置在真空室的内部以便能够探测从样品发射并从窗口部分入射的荧光 X 射线和散射 X 射线，用于输出包括荧光 X 射线和散射 X 射线的能量信息的信号。

2、根据权利要求 1 所述的 X 射线管，其中靶被布置成接近窗口部分或者与窗口部分接触；以及

其中 X 射线探测元件的光接收面被布置在靶的周围。

3、根据权利要求 1 所述的 X 射线管，其中 X 射线探测元件包括透射孔，该透射孔被布置在电子束源和靶之间的区域处，并且通过该透射孔可以透射电子束。

4、根据权利要求 1 所述的 X 射线管，其中靶和窗口部分中的至少一个被设置为地电位或正电位。

5、根据权利要求 1 所述的 X 射线管，其中在电子束源和靶之间设置可向电子束的路径伸出并可从电子束的路径缩回的光闸。

6、根据权利要求 1 所述的 X 射线管，其中在电子束源和 X 射线探测元件之间布置屏蔽部件，以用于屏蔽来自电子束源的辐射热。

7、一种 X 射线分析装置，包括：

根据权利要求 1 到 6 中任何一项所述的 X 射线管；

用于分析信号的分析仪；以及

用于显示分析仪的分析结果的显示部分。

8、根据权利要求 7 所述的 X 射线分析装置，其中分析仪和显示部分被设置在真空室中以便构成便携型。

X射线管和X射线分析装置

技术领域

本发明涉及一种X射线管和X射线分析装置，例如用于能量色散型的荧光X射线分析装置，更优选地用于小尺寸和轻重量灵便型以及便携型的荧光X射线分析装置。

背景技术

荧光X射线分析通过向样品照射从X射线源发射的初级X射线并用X射线探测器探测从该样品发射的荧光X射线以便由此从荧光X射线的能量获取光谱，从而进行样品的定性分析或定量分析。由于可以无损地和迅速地分析样品，因此荧光X射线分析被广泛地用在分步/质量控制中。

作为荧光X射线分析的分析方法，存在测量X射线的波长和强度的波长色散型、在不用脉冲高度分析仪来色散荧光X射线并测量X射线的能量和强度的情况下通过半导体探测元件来探测荧光X射线的能量色散型。

在相关技术（例如专利参考文献1（JP-A-8-115694））中，为了提高荧光X射线的灵敏度，尝试着通过向X射线管提供取出窗口来使X射线管和X射线分析仪接近于样品，其中所述取出窗口用于取出经过其内部并到外部的荧光X射线。

此外，如在专利参考文献2（日本专利No. 3062685）中所述，灵便型的能量色散型荧光X射线分析装置已经以小尺寸形式的X射线管和X射线分析仪被普遍使用了。

根据上述相关技术，下列问题仍然存在。

例如，根据专利参考文献1中所述的X射线分析装置，尽管通过使X射线管和X射线探测器接近于样品而实现了提高探测灵敏度的显著效果，但是，X射线管和X射线探测器各自具有有限的和恒定的或多个尺寸，因此，在使X射线管和X射线探测器接近于样品的方面受到限制。

此外，根据相关技术的灵便型能量色散型荧光X射线分析装置，尽管要求更小尺寸的形式和轻重量的形式，但是作为该装置的结构，X射

线管和 X 射线探测器占据大部分的体积和质量，因此根据该相关技术，在实现更小尺寸形式和轻重量形式的方面受到限制。此外，通过在用于分析的处于气密封闭状态的样品室的内部不含样品的环境中使初级 X 射线直接照射该样品的开放型来构成灵便型，并且因此鉴于对 X 射线的安全性，限制从 X 射线管产生 X 射线的量，并且因此必须更有效地探测来自样品的荧光 X 射线。

发明内容

本发明是在鉴于上述问题的情况下进行的，并且其目的是提供一种 X 射线管和 X 射线分析装置，其能够实现更小尺寸的形式和轻重量的形式，并且能够通过更有效地探测荧光 X 射线等来提高灵敏度。

为了解决上述问题，本发明采用下列结构。也就是，本发明的 X 射线管包括：真空室，其内部处于真空状态，并且其包括由 X 射线透射膜所形成的窗口部分，通过该 X 射线透射膜可以透射 X 射线；安装在真空室内部的电子束源，用于发射电子束；靶，用于通过用电子束进行照射而产生初级 X 射线，并且被安装在真空室的内部，以便能够通过窗口部分将初级 X 射线发射到外部样品；以及 X 射线探测元件，其被布置在真空室内部以便能够探测从样品发射并从窗口部分入射的荧光 X 射线和散射 X 射线，用于输出包括荧光 X 射线和散射 X 射线的能量信息的信号。

根据该 X 射线管，构成 X 射线探测器的元件的 X 射线探测元件被布置在真空室的内部，以便能够探测从窗口部分入射的荧光 X 射线和散射 X 射线，因此 X 射线探测元件与构成 X 射线管的构成元件的电子束源和靶一起被整体包含在真空室的内部，以便能够进一步促进该装置总体的小尺寸和轻重量的形式。此外，X 射线探测元件被布置在真空室的内部，以便与用于产生能够进行探测的初级 X 射线的靶一起接近样品，因此可以非常有效地进行激励和探测。此外，当应用于开放型的灵便型时，可以进行有效的探测，因此，甚至当进一步限制产生 X 射线的量时，也可以以高灵敏度进行探测，并且可以实现高度安全性。

此外，根据本发明的 X 射线管，靶被布置成接近窗口部分或者与窗口部分接触，并且 X 射线探测元件的光接收面被布置在靶的周围。

也就是，根据该 X 射线管，X 射线探测元件的光接收面被布置在靶

的周围，因此，当在使样品接近窗口部分的状态下进行分析时，通过在靶周围（也就是窗口部分的附近）布置的 X 射线探测元件可以有效地探测通过来自靶的初级 X 射线由样品产生的荧光 X 射线等等。

此外，根据本发明的 X 射线管，该 X 射线探测元件包括透射孔，该透射孔被布置在电子束源和靶之间的区域处，并且通过该透射孔可以透射电子束。也就是，根据该 X 射线分析装置，通过在电子束源和靶之间布置的 X 射线探测元件的透射孔来照射电子束，因此，通过透射孔使电子束变窄而可以将电子束照射到靶上。

此外，根据本发明的 X 射线管，靶和窗口部分中的至少一个被设置为地电位或正电位。也就是，根据该 X 射线管，靶和窗口部分中的至少一个被设置为地电位或正电位，因此，通过由电场将次级电子从靶拉回到靶或窗口部分，可以抑制次级电子入射在 X 射线探测元件上。

此外，根据本发明的 X 射线管，在电子束源和靶之间设置可向电子束的路径伸出并可从电子束的路径缩回的光闸（shutter）。也就是，根据该 X 射线管，在电子束源和布置在该管内部的靶之间设置可向电子束的路径伸出并可从电子束的路径缩回的光闸，因此，与在初级 X 射线的路径上设置光闸的情况相比，可以进一步使得 X 射线产生点（靶）和样品更加彼此接近。此外，通过使光闸处于闭合状态，直到使得构成来自电子束源的热电子的电子束稳定为止，并在使电子束稳定之后打开光闸，由此可以通过稳定的电子束进行测量。

此外，根据本发明的 X 射线管，在电子束源和 X 射线探测元件之间布置用于屏蔽来自电子束源的辐射热的屏蔽部件。也就是，根据该 X 射线管，该屏蔽部件被设置在电子束源和 X 射线探测元件之间，因此屏蔽来自产生热量的电子束源的辐射热，并可以抑制由辐射热对冷却 X 射线探测元件产生的不利影响。

本发明的 X 射线分析装置包括：上述的本发明的 X 射线管和用于分析信号的分析仪、以及用于显示分析仪的分析结果的显示部分。也就是，根据该 X 射线分析装置，提供本发明的 X 射线管，因此可以减小该装置的总体尺寸。

此外，根据本发明的 X 射线分析装置，在真空室中设置分析仪和显示部分以便构成便携型。也就是，根据该 X 射线分析装置，该装置通过将分析仪和显示部分整体地安装到真空室中的便携型构成，因此该 X 射

线分析装置可以由灵便型构成，其可以通过上述的分析仪和显示部分来确认分析的结果，并且尺寸小和重量轻。

根据本发明，实现下列效果。也就是，根据本发明的X射线管和X射线分析装置，X射线探测元件被布置在真空室的内部，以便能够探测从窗口部分入射的荧光X射线和散射X射线，因此，可以进一步缩小该装置的整体尺寸和减轻重量，并且可以进一步有效地进行激励和探测。特别是，当本发明被应用于开放型的灵便型的X射线分析装置时，即使在进一步抑制X射线产生量的情况下也可以以高灵敏度探测产生X射线的量，并且可以实现高度安全性。

附图说明

图1是示出根据本发明的X射线分析装置的一个实施例的X射线分析装置的外形总体结构图；

图2是示出根据该实施例的靶和X射线探测元件之间的位置关系的主要部分的正视图；

图3是示出根据该实施例的另一例子1的靶和X射线探测元件之间的位置关系的主要部分的正视图；以及

图4是示出根据该实施例的另一例子2的靶和X射线探测元件之间的位置关系的主要部分的正视图。

具体实施方式

如下将参考图1和图2来解释根据本发明的X射线管和X射线分析装置的实施例。此外，在下面的解释中所使用的各个附图中，为了按照可识别的或者易于识别的尺寸来构成各个部件，适当地改变了缩小比例尺。

该实施例的X射线分析装置是便携型（灵便型）的能量色散型荧光X射线分析装置，并且包括：真空室2，其内部的一部分处于真空状态，并且该真空室2包括由X射线透射膜形成的窗口部分1，通过该X射线透射膜可以透射X射线；安装在真空室2内部的电子束源3，用于发射电子束e；靶T，其利用电子束进行照射，产生初级X射线X1，并被安装在真空室2的内部，以便能够将初级X射线X1通过窗口部分1发射到位于其外部的样品S上；X射线探测元件4，其被布置在真空室2的

内部以便能够探测从样品 S 发射并从窗口部分 1 入射的荧光 X 射线和散射 X 射线 X2，用于发射包括荧光 X 射线和散射 X 射线 X2 的能量信息的信号；用于分析该信号的分析仪 5；以及用于显示如图 1 所示的分析仪 5 的分析结果的显示部分 6。此外，通过由真空室 2、电子束源 3、靶 T 和 X 射线探测元件 4 构成主要结构，从而构成 X 射线管。

真空室 2 由其内部处于真空状态的前包含部分 2a、以及后包含部分 2b 构成，其中后包含部分 2b 与前包含部分 2a 通过隔壁 2c 隔开，并且其内部处于大气压状态。

窗口部分 1 例如由作为 X 射线透射膜的 Be (铍) 箔形成。此外，窗口部分 1 的前表面可以附着有初级过滤器，该初级过滤器构成根据样品 S 而选择的 Cu (铜)、Zr (锆)、Mo 等的金属薄膜或金属薄板。此外，窗口部分 1 和靶 T 被设置为地电位或正电位，以便将由入射在靶 T 上的电子束 e 和靶 T 的相互作用产生和放出的次级电子回拉。此外，次级电子通常只具有大约几 eV 的能量，因此地电位或正电位被设置成构成等于或高于该能量的电场。

电子束源 3 包括电流/电压控制部分 8，用于控制构成阴极的灯丝 7 和构成阳极(管电流)的靶 T 之间的电压以及电子束 e 的电流(管电流)。电子束源 3 通过施加于灯丝 7 和构成阳极的靶 T 之间的电压进行加速而使从构成阴极的灯丝 7 产生的热电子(电子束)撞击靶 T 来产生 X 射线，以作为初级 X 射线。

此外，不仅灯丝 7 而且碳纳米管都可被用于阴极。

例如，W (钨)、Mo (钼)、Cr (铬)、Rh (铑) 等被用于靶 T。靶 T 被布置成接近或接触窗口部分 1。X 射线探测元件 4 是构成 pin 结构二极管的例如 Si (硅) 元素等的半导体探测元件。根据该 X 射线探测元件 4，当一片 X 射线光子入射在其上时，产生对应于一片 X 射线光子的电流脉冲。该电流脉冲的瞬时电流值与入射的荧光 X 射线的能量成比例。

如图 1 和图 2 所示，X 射线探测元件 4 包括透射孔 4a，该透射孔 4a 被布置在电子束源 3 的灯丝 7 和靶 T 之间的区域处，并且能够透射电子束 e。此外，靶 T 被布置在透射孔 4a 的正下方和接近透射孔 4a，以及 X 射线探测元件 4 的光接收面被布置在靶 T 的周围。

此外，X 射线探测元件 4 被设置成通过未示出的冷却机构 (例如由

液化氮构成制冷剂的冷却机构或者使用珀耳帖元件的冷却机构)而保持在恒定温度。此外,X射线探测元件4可以通过被冷却到大约-30度到-100度来保证固有功能。此外,X射线探测元件4的透射孔4a的周围受到金属板等的保护,使得初级X射线X1或电子束e不会入射在光接收面上。

此外,金属防护部件10被设置在靶T和X射线探测元件4之间,使得初级X射线X1、次级电子或从靶T反射的电子不进入X射线探测元件4。金属防护部件10通过未示出的支撑部件被固定到真空室2上,并在其中心处形成有电子束e的透射孔,以便能够透射电子束e。此外,金属防护部件10被设置为地电位或正电位,这与窗口部分1和靶T类似。

此外,通过将X射线探测元件4设置为负电位,可以抑制热电子(电子束e)入射在X射线探测元件4上。

此外,光闸11被设置在电子束源3的灯丝7和靶T之间,以便可向电子束e的路径伸出/可从电子束e的路径缩回。光闸11由作为能够屏蔽电子束e的材料的Ta、W、Cu等形成,并被连接到小尺寸电动机的驱动机构12、螺线管等上。驱动机构12被连接到CPU9,并且被控制成使得电子束e的路径逃脱光闸11,并且电子束e只在测量时间被照射到靶T上。此外,CPU9进行控制,使得光闸11处于闭合状态,直到使得构成来自电子束源3的灯丝7的热电子的电子束e稳定为止,并在稳定电子束e之后打开光闸11。

此外,屏蔽部件13被布置成通过电子束源3和X射线探测元件4之间的真空室2来支撑,其中该屏蔽部件13在其中心处具有用于透射电子束e的孔。屏蔽部件13由具有高导热性的Cu等的金属板、金属片等形成,以用于屏蔽来自电子束源3的辐射热,从而使热量排出到真空室2,由此防止对X射线探测元件4的冷却产生不利影响。

灯丝7、靶T、X射线探测元件4、金属防护部件10、光闸11、驱动机构12以及屏蔽部件13被布置在真空室2的前包含部分2a的内部。

分析仪5是X射线信号处理部分,并且是脉冲高度分析仪(多通道脉冲高度分析仪),用于将在X射线探测元件4处产生的电流脉冲转换和放大为电压脉冲以便构成信号,并从该信号提供电压脉冲的脉冲高度以便产生能谱。

此外,电流/电压控制部分8和分析仪5被连接到CPU9,以便通过

设置进行各种控制。

显示部分 6 例如是被连接到 CPU 9 的液晶显示装置，以便不仅能够显示能谱等的分析结果，而且能够显示根据设置的各种屏幕。

此外，分析仪 5、电流/电压控制部分 8 和 CPU 9 被设置在真空室 2 的后包含部分 2b 的内部，并且显示部分 6 通过在后包含部分 2b 的外表面处布置其显示面而被设置。也就是，分析仪 5 和显示部分 6 被整体设置在真空室 2 上。

此外，供应电源和设置电位所需的上述各个结构被连接到电源部分（未示出）。

以这种方式，根据该实施例，X 射线探测元件 4 被布置在真空室 2 的内部，以便能够探测从窗口部分 1 入射的荧光 X 射线和散射的 X 射线 X2，因此 X 射线探测元件 4 与电子束源 3 和靶 T 一起被整体包含在真空室 2 的内部，并且可以进一步减小该装置总体的尺寸和减轻其重量。此外，X 射线探测元件 4 被布置在真空室 2 的内部，并且能够通过用于产生初级 X 射线 X1 的靶 T 一起接近样品 S 来进行探测，因此可以非常有效地进行激励和探测。特别是，可以通过应用于开放型的灵便型而进行有效探测，因此，通过进一步抑制产生 X 射线的量可以以更高灵敏度进行探测，并且可以实现高度安全性。

此外，X 射线探测元件 4 的光接收面被布置在靶 T 的周围，因此，当在使样品 S 接近窗口部分 1 的状态下进行分析时，通过在靶 T 的周围（也就是窗口部分 1 的附近）布置的 X 射线探测元件 4，可以有效地探测通过来自靶 T 的初级 X 射线 X1 由样品 S 产生的荧光 X 射线等。

此外，通过在电子束源 3 和靶 T 之间布置的 X 射线探测元件 4 的透射孔 4a 将电子束 e 照射到靶上，因此，通过由透射孔 4a 变窄，可以使电子束 e 照射到靶 T 上。

此外，金属防护部件 10 被设置在 X 射线探测元件 4 和靶 T 之间，因此，在靶 T 处产生的次级电子被屏蔽和阻止入射到 X 射线探测元件 4 上。此外，金属防护部件 10 屏蔽来自靶的外围部分的辐射热，并且可以抑制对冷却 X 射线探测元件 4 造成的不利影响。

此外，金属防护部件 10 被设置为地电位或正电位，因此，通过电场将来自靶 T 的次级电子拉到金属防护部件 10，可以实现高屏蔽效果。

此外，靶 T 和窗口部分 1 被设置为地电位或正电位，因此，通过电

场将次级电子从靶 T 拉回到靶 T 和窗口部分 1，可以抑制次级电子入射到 X 射线探测元件 4 上。

此外，可向电子束 e 的路径伸出/可从电子束 e 的路径缩回的光闸 11 被设置在灯丝 7 和布置在该管的内部的靶 T 之间，因此，与在初级 X 射线的路径上设置光闸的情况相比，可以使 X 射线产生点（靶 T）和样品 S 更加彼此接近。此外，光闸 11 处于闭合状态，直到使得构成来自灯丝 7 的热电子的电子束 e 稳定为止，并在稳定电子束 e 之后打开光闸 11，因此可以通过稳定的电子束 e 进行测量。

此外，本发明由将分析仪 5 和显示部分 6 整体地安装到真空室 2 上的便携型构成，因此本发明可以由灵便型构成，其可以通过上述的分析仪 5 和显示部分 6 来确认分析的结果，并且尺寸小和重量轻。

此外，本发明的技术范围不限于上述实施例，并且可以在不脱离本发明的要点的范围内进行各种修改。

例如，尽管根据上述实施例使用了在中心处形成有透射孔 4a 的单个 X 射线探测元件 4，但是作为另一例子 1，如图 3 所示，可以构造其中多个 X 射线探测元件 14 被布置在靶 T 的周围的结构。此外，作为另一例子 2，如图 4 所示，可以构造其中只有一个 X 射线探测元件 14 被布置在靶 T 的周围的结构。

此外，尽管上述实施例是能量色散型荧光 X 射线分析装置，但是本发明可以应用于其他类型的分析，例如波长色散型荧光 X 射线分析装置。

此外，本发明可以由可謂的反射型构成，其用于通过从圆环状的灯丝向柱状的靶照射电子束而产生初级 X 射线，其中灯丝被布置在靶的周围，如在专利参考文献 1 中所述的 X 射线管中那样。

此外，尽管本发明优选用于灵便型 X 射线分析装置，如在上述实施例中那样，但是本发明还可以应用于固定型的 X 射线分析装置。例如，可以构成这样的固定型 X 射线分析装置，其通过分开地设置 X 射线管以及分析仪 5、控制系统和显示部分 6 等来构成，该 X 射线管例如由真空室 2、电子束源 3、靶 T 和 X 射线探测元件 4 构成。

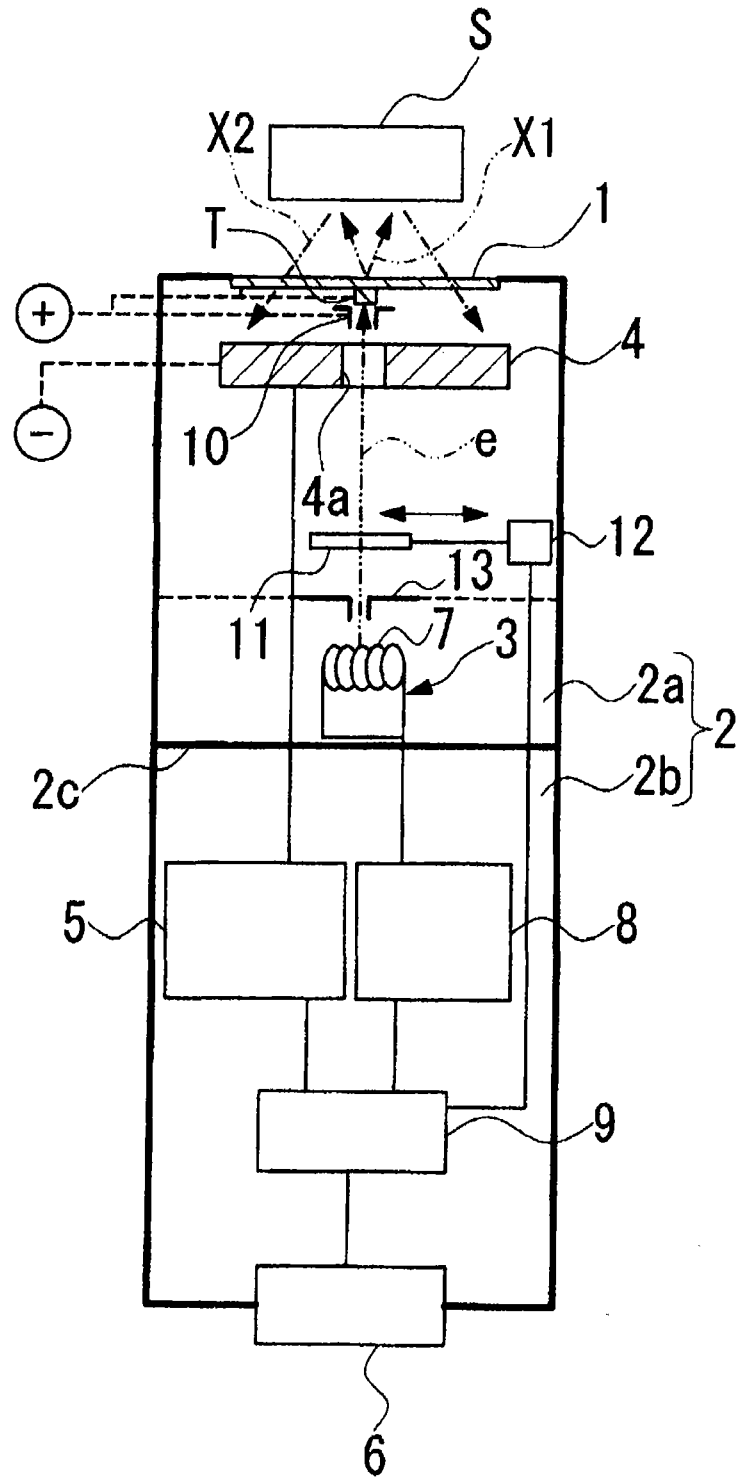


图 1

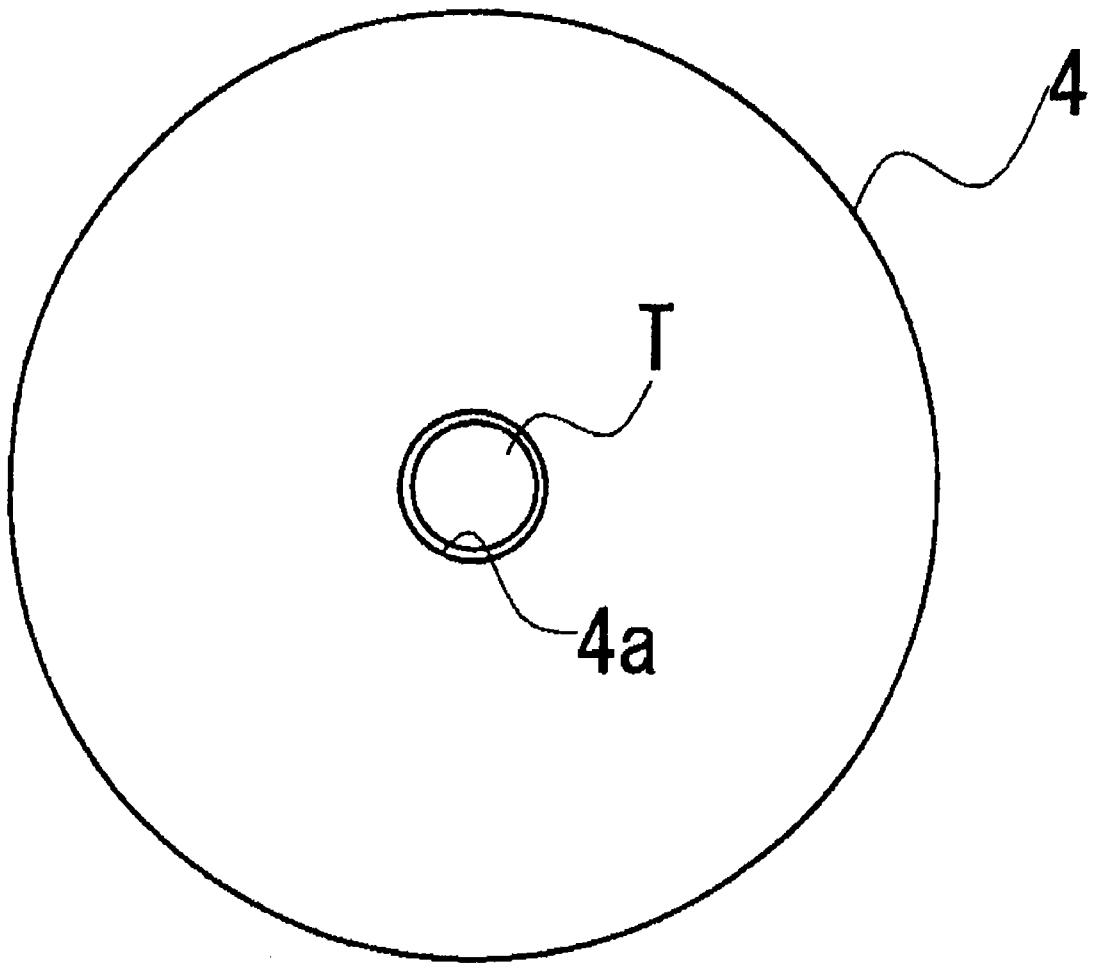


图 2

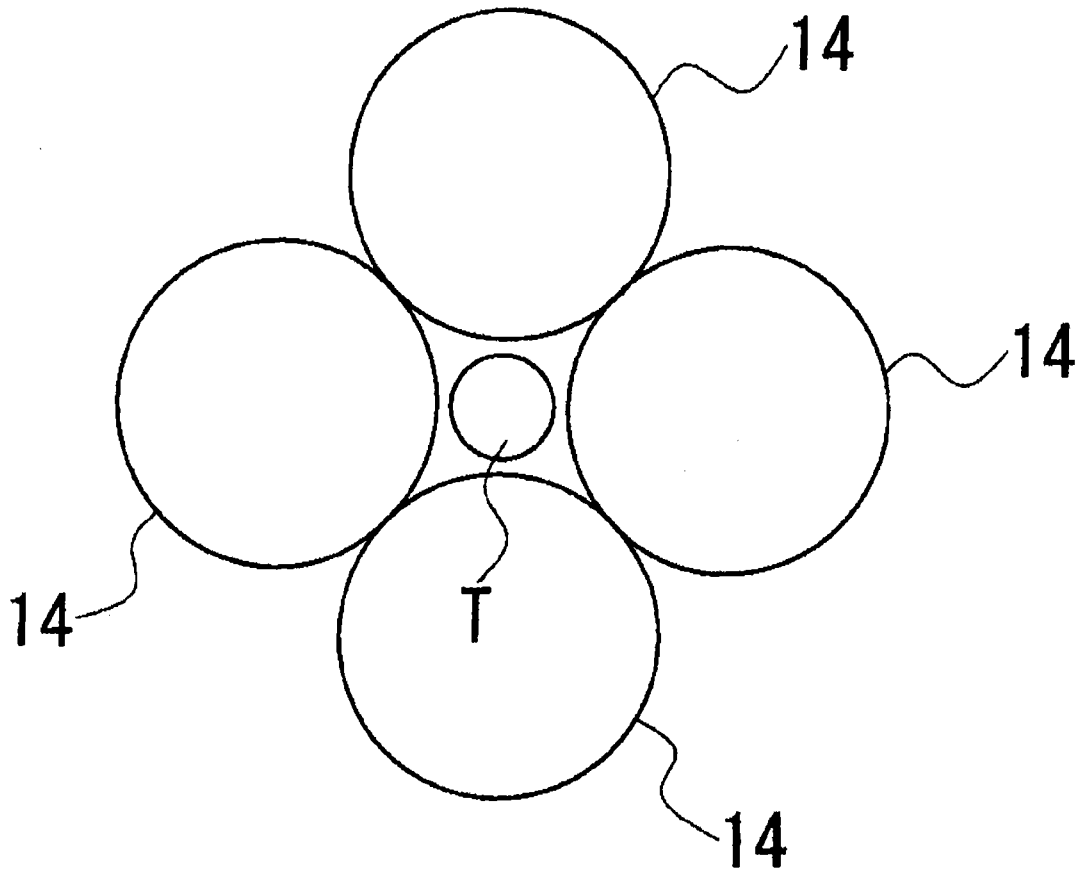


图 3

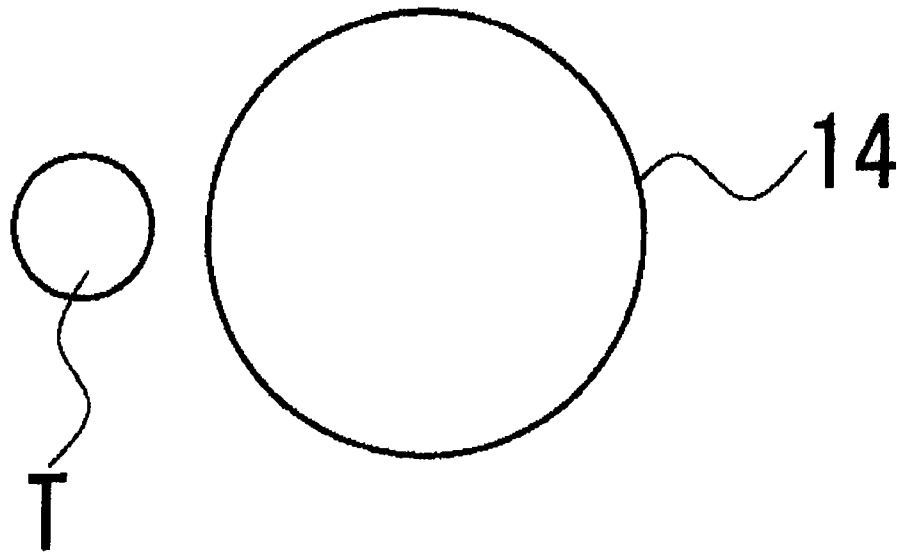


图 4