



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111801764 B

(45) 授权公告日 2024.11.26

(21) 申请号 201980016742.4

(72) 发明人 嘉藤诚 佐佐木澄夫 田中幸浩

(22) 申请日 2019.03.01

山崎裕一郎

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111801764 A

(74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限公司 31300

(43) 申请公布日 2020.10.20

专利代理人 刘煜

(30) 优先权数据

2018-039636 2018.03.06 JP

(51) Int.CI.

H01J 37/05 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01N 23/20 (2018.01)

2020.09.02

H01J 37/09 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

H01J 37/244 (2006.01)

PCT/JP2019/008066 2019.03.01

H01J 37/28 (2006.01)

H01J 37/29 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

(56) 对比文件

W02019/172115 JA 2019.09.12

US 2018005797 A1, 2018.01.04

(73) 专利权人 塔斯米特株式会社

审查员 崔文凯

地址 日本神奈川县横滨市港北区新横滨二
丁目6番23号

权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

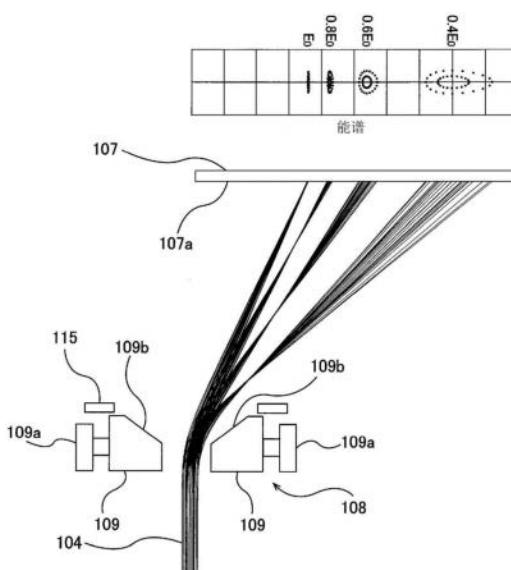
测定背散射电子能谱的装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及用于分析从试样产生的背散射电子的能量的装置及方法。该装置包括：电子束源(101)，其用于产生一次电子束；电子光学系统(102、105、112)，其使一次电子束引导至试样地会聚并偏转；以及能量分析系统，其能够检测从试样产生的背散射电子的能谱。能量分析系统具备：维恩过滤器(108)，其使背散射电子分散；检测器(107)，其用于测定由维恩过滤器(108)分散的背散射电子的能谱；以及动作控制部(150)，其一边使维恩过滤器(108)的四极场的强度变化，一边与四极场的强度的变化同步地使检测器(107)的背散射电子的检测位置移动。

B

CN 111801764



1.一种装置,其特征在于,具备:

电子束源,其用于产生一次电子束;

电子光学系统,其使所述一次电子束引导至试样地会聚并偏转;以及

能量分析系统,其能够检测从所述试样产生的背散射电子的能谱,

所述能量分析系统包括:

维恩过滤器,其使所述背散射电子分散;

检测器,其用于测定由所述维恩过滤器分散的背散射电子的能谱;以及

动作控制部,其一边使所述维恩过滤器的四极场的强度变化,一边与所述四极场的强度的变化同步地使所述检测器的所述背散射电子的检测位置移动,

所述能量分析系统还具备分流器,该分流器配置在所述维恩过滤器的出口侧,

所述分流器具有狭缝,该狭缝在所述背散射电子的分散方向上延伸。

2.根据权利要求1所述的装置,其特征在于,

所述动作控制部以背散射电子在所述检测位置上聚焦的方式一边使所述维恩过滤器的四极场的强度变化,一边与所述四极场的强度的变化同步地使所述检测器的所述背散射电子的检测位置移动。

3.根据权利要求1所述的装置,其特征在于,

所述能量分析系统还具备像散校正器,该像散校正器配置在所述电子束源和所述维恩过滤器之间,所述像散校正器与所述四极场的强度的变化同步地进行动作,以消除一次电子束的像散像差。

4.一种装置,其特征在于,具备:

电子束源,其用于产生一次电子束;

电子光学系统,其使所述一次电子束引导至试样地会聚并偏转;以及

能量分析系统,其能够检测从所述试样产生的背散射电子的能谱,

所述能量分析系统包括:

维恩过滤器,其使所述背散射电子分散;

检测器,其用于测定由所述维恩过滤器分散的背散射电子的能谱,

所述检测器具有检测面,该检测面与所述分散的背散射电子的每个能量的聚焦位置实质上一致,

所述检测器的检测面为平面,所述检测面与光轴的角度在 $10^\circ \pm 5^\circ$ 的范围内。

5.根据权利要求4所述的装置,其特征在于,

所述能量分析系统还具备像散校正器,该像散校正器配置在所述电子束源和所述维恩过滤器之间。

6.一种装置,其特征在于,具备:

电子束源,其用于产生一次电子束;

电子光学系统,其使所述一次电子束引导至试样地会聚并偏转;以及

能量分析系统,其能够检测从所述试样产生的背散射电子的能谱,

所述能量分析系统包括:

维恩过滤器,其使所述背散射电子分散;

检测器,其用于测定由所述维恩过滤器分散的背散射电子的能谱,

所述检测器具有检测面，该检测面与所述分散的背散射电子的每个能量的聚焦位置实质上一致，

所述能量分析系统还具备分流器，该分流器配置在所述维恩过滤器的出口侧，

所述分流器具有狭缝，该狭缝在所述背散射电子的分散方向上延伸。

7. 一种方法，其特征在于，包括如下工序：

将由电子束源产生的一次电子束引导到试样；

通过维恩过滤器分散从所述试样产生的背散射电子；以及

用检测器测定所述分散的背散射电子的能谱，

所述检测器具有检测面，该检测面与所述分散的背散射电子的每个能量的聚焦位置实质上一致，

所述检测器的检测面为平面，所述检测面与光轴的角度在 $10^\circ \pm 5^\circ$ 的范围内。

测定背散射电子能谱的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于分析从试样产生的背散射电子的能量的装置及方法。

背景技术

[0002] 在以半导体器件观察为目的的扫描电子显微镜中,随着观察对象的器件图案的微细化、图案的多层化不断发展,因此,使用透过力大的高加速电压,观察具有由距观察对象的试样的表面的深度决定的适当能量的背散射电子是有效的。为此,需要测定背散射电子的能谱的功能。

[0003] 为了进行该背散射电子的能量分析,以往在通过维恩(ワイン)过滤器使背散射电子稍微偏离光轴的基础上,将背散射电子引导到能量分析器、例如静电球面分析器、扇形磁场分析器,由此进行能量分析。用于该目的的维恩过滤器作为用于分配朝向试样的一次电子束和从试样返回的背散射电子的射束分离器而发挥作用。或者,也有使用维恩过滤器自身的能量分散作用,一个维恩过滤器作为射束分离器和能量分析器同时动作的情况。例如在专利文献1中记载了维恩过滤器的作为射束分离器的利用。例如在专利文献2中记载了组合维恩过滤器和能量分析器的方法。另外,例如在专利文献3中记载了仅通过维恩过滤器进行能量分析的方法。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:美国专利第5422486号公报

[0007] 专利文献2:美国专利第6455848号公报

[0008] 专利文献3:美国专利公开2006/0076489号说明书

发明内容

[0009] 发明要解决的问题

[0010] 在选择了能量的背散射电子像的形成中,应选择的能量值根据对象的试样的观察目的而不同。因此,最初测定背散射电子的尽可能宽的范围的能谱,粗略地确定对表征试样有效的能量区域。接着,在详细调查该特定的能量值附近的光谱的基础上,最终形成仅选择了的某个能量值的背散射电子像。在该步骤中,在最初分析宽的能量区域时,与能量分辨率相比,优先缩短测定时间。因此,不是通常那样的扫掠分析器的通过能来获取光谱的串行检测,而优选能够在短时间内获取宽的能量区域的光谱的并行检测。另一方面,在详细测定特定的能量值附近的光谱时,能量分辨率优先,并且检测可以是串行,但理想的是期望并行检测。在最终仅选择特定的能量而得到背散射电子像时,仍然要求高能量分辨率。

[0011] 作为用于背散射电子的能量分析的通常使用的能量分析器,有静电球面分析器。这种类型的分析器具有高能量分辨率,但由于是在出射侧仅检测穿过狭窄的电极间的电子的结构,所以可一次检测的能量区域非常受限制。特别是,在想要分析的背散射电子的能量例如高达数10keV的情况下,为了避免因施加在电极上的电压变大而引起的放电,不得不使

电极间隔变窄,可同时检测的能量区域被进一步限制。由于该情况,静电球面分析器通常不得不成为将检测器固定在一处来扫掠通过能的串行检测的方式。即,静电球面分析器不适合在短时间内测定宽的能量区域的用途。

[0012] 在单独用维恩过滤器进行能量分析的情况下,只要设计维恩过滤器的形状和伴随其的电磁场分流器的形状,就能够并行检测宽的能量区域。但是,不能针对该能量区域的所有能量值得到高能量分辨率。其理由是,由维恩过滤器分散的每个能量的射束都不聚焦在垂直于光轴的检测面上而大幅模糊。因此,维恩过滤器适合于以低能量分辨率进行并行检测的目的,但不能实现高能量分辨率。

[0013] 本发明的目的在于提供一种能够在宽的能量区域中实现高能量分辨率的装置及方法。

[0014] 用于解决问题的技术手段

[0015] 在一方式中,提供了一种设备,其具备:电子束源,其用于产生一次电子束;电子光学系统,其用于使所述一次电子束引导到样本地会聚并偏转;以及能量分析系统,其能够检测从所述样本产生的背散射电子的能谱,所述能量分析系统包括:维恩过滤器,其使所述背散射电子分散;检测器,其用于测定由所述维恩过滤器分散的背散射电子的能谱;以及动作控制部,其一边使所述维恩过滤器的四极场的强度变化,一边与所述四极场的强度的变化同步地使所述检测器的所述背散射电子的检测位置移动。

[0016] 在一方式中,所述动作控制部以背散射电子在所述检测位置上聚焦的方式一边使所述维恩过滤器的四极场的强度变化,一边与所述四极场的强度的变化同步地使所述检测器的所述背散射电子的检测位置移动。

[0017] 在一方式中,所述能量分析系统还具备像散校正器,该像散校正器配置在所述电子束源和所述维恩过滤器之间,所述像散校正器与所述四极场的强度的变化同步地进行动作,以消除一次电子束的像散像差。

[0018] 在一方式中,所述能量分析系统还具备分流器,该分流器配置在所述维恩过滤器的出口侧,所述分流器具有狭缝,该狭缝在所述背散射电子的分散方向上延伸。

[0019] 在一方式中,提供了一种装置,其具备:电子束源,其用于产生一次电子束;电子光学系统,其用于使所述一次电子束引导至试样地会聚并偏转;以及能量分析系统,其能够检测从所述试样产生的背散射电子的能谱,所述能量分析系统包括:维恩过滤器,其使所述背散射电子分散;以及检测器,其用于测定由所述维恩过滤器分散的背散射电子的能谱,所述检测器具有检测面,该检测面与分散的所述背散射电子的每个能量的聚焦位置实质上一致。

[0020] 在一方式中,所述检测器的检测面为曲面或平面。

[0021] 在一方式中,所述能量分析系统还具备像散校正器,该像散校正器配置在所述电子束源和所述维恩过滤器之间。

[0022] 在一方式中,所述能量分析系统还具备分流器,该分流器配置在所述维恩过滤器的出口侧,所述分流器具有狭缝,该狭缝在所述背散射电子的分散方向上延伸。

[0023] 在一个方式中,提供了一种方法:将由电子束源产生的一次电子束引导到试样,通过维恩过滤器分散从所述试样产生的背散射电子;用检测器测定所述分散的背散射电子的能谱,在所述能谱的测定中,一边使所述维恩过滤器的四极场的强度变化,一边与所述四极

场的强度的变化同步地使所述检测器的所述背散射电子的检测位置移动。

[0024] 在一方式中,一边使所述维恩过滤器的四极场的强度变化,一边与所述四极场的强度的变化同步地使所述检测器的所述背散射电子的检测位置移动的工序是在所述能谱的测定中,以背散射电子在所述检测位置上聚焦的方式一边使所述维恩过滤器的四极场的强度变化,一边与所述四极场的强度的变化同步地使所述检测器的所述背散射电子的检测位置移动的工序。

[0025] 在一方式中,所述方法还包括如下工序:与所述四极场的强度的变化同步地用像散校正器消除一次电子束的像散像差。

[0026] 在一方式中,提供了一种方法,该方法包括以下工序:将由电子束源产生的一次电子束引导到试样;通过维恩过滤器分散从所述试样产生的背散射电子;以及用检测器测定所述分散的背散射电子的能谱,所述检测器具有检测面,该检测面与所述分散的背散射电子的每个能量的聚焦位置实质上一致。

[0027] 在一方式中,所述检测器的检测面为曲面或平面。

[0028] 发明的效果

[0029] 根据本发明,能够在宽的能量区域中实现高能量分辨率。

附图说明

[0030] 图1是表示扫描电子显微镜的一实施方式的示意图。

[0031] 图2是表示维恩过滤器的八极结构的一实施方式的示意图。

[0032] 图3是维恩过滤器的剖面立体图。

[0033] 图4是表示配置在维恩过滤器的出口侧的分流器的立体图。

[0034] 图5是表示维恩过滤器的动作的模拟结果的一例的图。

[0035] 图6是表示维恩过滤器的动作的模拟结果的另一例的图。

[0036] 图7是表示具有沿着分散的背散射电子的焦平面配置的检测面的检测器的一实施方式的图。

具体实施方式

[0037] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行详细说明。

[0038] 图1是表示扫描电子显微镜的一实施方式的示意图。图1所示的扫描电子显微镜可适用于分析从试样106放出的背散射电子的能量的装置。在图1中,由作为电子束源的电子枪101产生的一次电子束103一般由多级透镜构成的聚光透镜系统102会聚。一次电子束103通过维恩过滤器108,进而由物镜105会聚,照射到试样106上。一次电子束103被偏转器112偏转,并扫描试样106的表面。

[0039] 一般,在试样106中产生的背散射电子束与光轴所成的角度具有宽的分布。来自试样106的背散射电子受到背散射电子光阑110的限制,被分离为能够通过背散射电子光阑110的开口的背散射电子104和被排除的背散射电子104a。该背散射电子光阑110的开口成为从能量分析系统观察到的光源。通过了背散射电子光阑110的背散射电子束104由维恩过滤器108针对每个能量偏转,并被引导到检测器107。由检测器107检测背散射电子束104,并由检测器107测定背散射电子的能谱。与检测器107连接的成像装置121从该能谱中选择表

征试样106的能量区域,仅使用该选择的能量区域内的检测器107的输出信号来形成图像。该图像是目标背散射电子像。

[0040] 维恩过滤器108及检测器107与动作控制部150连接,维恩过滤器108及检测器107的动作由动作控制部150控制。动作控制部150具备通用的计算机或专用的计算机,该通用的计算机或专用的计算机具备CPU(中央运算处理装置)及存储装置。

[0041] 以下说明在扫描电子显微镜中,维恩过滤器108的动作。首先,相对于一次电子束的入射方向,使得电场和磁场施加在电子束上的力的方向相反、彼此抵消。用于此的电场和磁场的强度的条件被称为维恩条件,表示为 $E_1 = vB_1$ 。这里, E_1 是维恩过滤器108产生的x方向的电场的均匀分量,相对于方位角 θ 具有 $\cos\theta$ 依赖性。另外, B_1 是y方向的磁场的均匀分量,相对于方位角 θ 具有 $\sin\theta$ 依赖性。在具有速度v的电子入射到维恩过滤器108的情况下,在电场和磁场满足维恩条件的情况下,电子直接在维恩过滤器108中直线前进。在实现了该维恩条件的状况下,在电子沿着光轴从相反方向入射到维恩过滤器108的情况下,由于来自磁场的力的方向反转,所以电场和磁场对电子施加相同方向的力,维恩过滤器108表现出作为偏转器的作用。由以上可知,维恩过滤器108不会对1次电子产生影响,能够使从与1次电子相反方向入射的电子束偏转而从光轴偏离。

[0042] 当维恩过滤器108形成均匀的电场和磁场时,一次电子束在x方向上受到一些会聚透镜作用,但在y方向上没有这样的会聚透镜作用。因此,一次电子束受到与通过具有像散像差的透镜时同样的作用。为了消除该作用,在均匀的电场和磁场的某一方或双方上重叠四极场分量。一般地,由于四极场在x方向和y方向上施加不同的透镜作用,所以如果调整四极场的强度,则维恩过滤器108整体为在x方向和y方向上对称的、即轴对称的透镜作用,不会对一次电子束产生像散像差。该条件被称为消像散条件。用于满足该条件的四极场,在用电场制作时成为具有 $\cos 2\theta$ 依赖性的E2分量,在用磁场制作时成为具有 $\sin 2\theta$ 依赖性的B2分量,或者也可以重叠这些E2分量和B2分量。

[0043] 接着,对维恩过滤器108的结构进行说明。一般地,满足消像散条件的维恩过滤器需要具有均匀场和四极场这两者,因此多使用电磁场重叠型的多极透镜类型。多极透镜类型的最小构成为四极结构,但在四极结构中无法形成理想的均匀场,并且会产生很多额外的多极分量,由此,会对一次电子束产生像差。因此,采用具有更多极的结构,例如八极结构。

[0044] 图2是表示维恩过滤器108的八极结构的一实施方式的示意图,表示从与射束轴垂直的方向观察到的维恩过滤器108的俯视图。8个极109等间隔地配置在维恩过滤器108的中心线的周围。这些极109分别具有线圈109a。通过对各极109施加电压Vn、励磁ATn(n=1, 2, ..., 8),来生成满足维恩条件的均匀场和用于消像散条件的四极场。所有的极109都用作电极和磁极,因此各极109的铁心例如由坡莫合金那样的磁体构成。

[0045] 在现有技术中,作为射束分离器使用的维恩过滤器的偏转角很小,典型的是偏转为10°左右。在本实施方式中,通过改变维恩过滤器108的电磁极的形状,在背散射电子射出的维恩过滤器的出口侧(上侧)具有锥形形状,能够实现大角度的偏转。由此,能够同时测定宽的能量区域。

[0046] 图3是维恩过滤器108的剖面立体图。各极109的中心侧端部的上表面由朝向维恩过滤器108的中心线向下方倾斜的锥面109b构成。8个极109的锥面109b围绕维恩过滤器108

的中心线等间隔地排列,形成朝向上方的圆锥台形状的面。从试样106放出的背散射电子104从下方进入到维恩过滤器108,从由锥面109b构成的维恩过滤器108的出口出来。

[0047] 在以上述那样的多极结构构成维恩过滤器108的情况下,边缘区域中的电磁场的分布大幅扩大,电场和磁场分别受到被置于维恩过滤器108的周边的结构物的影响。该效果尤其在具有锥形结构的维恩过滤器108的出口侧较大。如果电场和磁场的分布因该效果而变得不一致,则即使在维恩过滤器108的中央附近满足维恩条件,在边缘区域也不再满足,一次电子束偏转。

[0048] 以往,为了防止该效果,将电磁场分流器放置在维恩过滤器的入口和出口,强制地使电磁场衰减。与此相对,在本实施方式中,为了使背散射电子大幅偏转,如图4所示,在维恩过滤器108的出口侧配置形成有狭缝116的分流器115。该狭缝116本来只需设置在背散射电子分散的方向上即可,但为了保持电磁场的对称性,理想的是在8极的所有方向上都排列狭缝116。狭缝116呈放射状延伸,具有相同的形状或相似的形状。狭缝116排列在形成于分流器115中央的通孔117的周围,各狭缝116的内侧开口端与通孔117连接。多个狭缝116中的一个狭缝从通孔117向背散射电子104的分散(偏转)的方向延伸。分流器115的通孔117的直径比由锥面109b构成的维恩过滤器108的出口的直径小。这样的分流器115能够使边缘场衰减,并且能够使检测器107同时测定宽的能量区域。分流器115由电位为0的磁体例如坡莫合金构成。在本实施方式中,分流器115具有呈放射状延伸的多个狭缝116,但在一实施方式中,分流器115也可以仅具有从通孔117向背散射电子104的分散(偏转)的方向延伸的一个狭缝116。

[0049] 图5是表示本实施方式中的维恩过滤器108的动作的模拟结果的图。一般,由于试样面上的一次电子束的扫描区域非常狭窄,所以背散射电子束104的产生区域可以视为点电子源。在该模拟中,假设背散射电子束104在穿过背散射电子光阑110之后成为平行束。背散射电子光阑110的直径越小,能量分辨率越高,但同时会损害灵敏度。因此,背散射电子光阑110的直径需要根据最终所需的分辨率和灵敏度来决定。在图5所示的模拟中,为了容易观察每个能量的射束的会聚状况,假设背散射电子光阑110的直径比实际大很多。维恩过滤器108以同时满足维恩条件和消像散条件的方式设定各极109的电压和励磁。

[0050] 通过了背散射电子光阑110的背散射电子104由维恩过滤器108根据背散射电子的能量而以不同的角度偏转,其结果,背散射电子被分散。分散的背散射电子入射到检测器107,由检测器107测定背散射电子的能谱。如果将一次电子束的能量设为 E_0 ,则一般背散射电子的能量从 E_0 到0连续地分布,但在图5的模拟中,示出了背散射电子的能量从 E_0 到 $0.4E_0$ 的、以 $0.2E_0$ 刻度的轨道计算结果。检测器107能够一次测定从 E_0 到 $0.4E_0$ 的能量宽度 $0.6E_0$ 的区域。能够一次测定的区域能够根据维恩过滤器108的均匀场强度进行调整。即,通过在满足维恩条件的同时改变电场和磁场的均匀分量 E_1 、 B_1 ,能够在保持相对于一次电子束的平衡条件的状态下改变背散射电子的分散作用。例如,也可以通过减弱维恩过滤器108的分散作用来一次测定从 E_0 到0的所有区域。但是,越扩大可测定的区域,能量分辨率越低。因此,在预先在一定程度上确定了应观察的区域的情况下,缩小能量范围是有利的。

[0051] 在图5中,如果观察能量分辨率,则具有 $0.6E_0$ 的能量的背散射电子在检测器107的检测面107a上在与能量分散方向正交的方向上线聚焦。但是,具有其他能量的背散射电子向能量分散方向扩散,能量分辨率相应地受损。这样,一般地,在通过维恩过滤器108的偏转

作用而分散的背散射电子中,只有具有某特定能量的背散射电子聚焦在检测器107的检测面107a上。该状况在能量分辨率方面不是优选的,但适合于在短时间内并行检测宽的能量区域的目的。如上所述,在图5中,假设背散射电子光阑110的直径大,通过减小该直径,能够以牺牲灵敏度为代价来改善能量分辨率。

[0052] 维恩过滤器108为了满足消像散条件而具有四极场分量。维恩过滤器108的四极场具有使射束的x方向、y方向的聚焦位置分别移动的作用。因此,通过将维恩过滤器108的四极场的强度设定为与本来的消像散条件不同的值,能够使具有某特定能量的背散射电子的聚焦位置与检测器107的检测面107a一致。图6表示其一例,表示以能量 E_0 满足在检测面107a的聚焦条件的方式调整四极场的强度的情况下的模拟结果。

[0053] 通过调整四极场的强度,能够以任意的能量满足聚焦条件,但不能在宽的能量区域使背散射电子同时聚焦在检测器107的检测面107a上。因此,在本实施方式中,如果使四极场的强度随时间变化,与其同步地使检测器107的检测位置移动,则可以在宽的能量区域中实现高能量分辨率,得到最佳的光谱。例如,动作控制部150对维恩过滤器108发出指令,使四极场的强度变化,来使图5所示的聚焦条件成立,并且使检测器107的检测位置移动到能量 $0.6E_0$ 的位置。结果,背散射电子在能量 $0.6E_0$ 的检测位置上聚焦在检测器107的检测面107a上。同样,动作控制部150对维恩过滤器108发出指令,使四极场的强度变化,来使图6所示的聚焦条件成立,并且使检测器107的检测位置移动到能量 E_0 的位置。结果,背散射电子在能量 E_0 的检测位置上聚焦在检测器107的检测面107a上。

[0054] 这样,动作控制部150一边使四极场的强度变化(扫描),一边与四极场的强度的变化同步地使检测器107的检测位置移动(扫描),从而能够在宽的能量区域(例如, E_0 至 $0.4E_0$ 的范围)内实现高能量分辨率。四极场的强度与检测器107的对应的检测位置之间的关系可以通过维恩过滤器108的动作的模拟来求出。根据这样的实施方式,能够通过维恩过滤器108进行高能量分辨率的基础上的串行检测。

[0055] 在一实施方式中,检测器107具有:构成检测面107a的闪烁器、由图像传感器(例如CCD)构成的光检测器、和将由闪烁器从电子变换的光引导到光检测器的FOP(光纤光学板)等的光导。在该构成中,能够实现 $10\mu\text{m}$ 左右的位置分辨率。通过改变光检测器的信号输出位置来实现检测器107的检测位置的移动。

[0056] 如果改变四极场的强度,则四极场会偏离本来的消像散条件。因此,为了消除因四极场的强度的变化而产生的一次电子束的像散像差,设置像散校正器111。像散校正器111与动作控制部150连接,由动作控制部150控制像散校正器111消除一次电子束的像散像差的校正动作。更具体地说,动作控制部150使像散校正器111的校正强度与四极场的强度的变化同步,以使像散校正器111消除因四极场的强度的变化而产生的一次电子束的像散像差。像散校正器111配置在电子枪101和维恩过滤器108之间。如果是这样的配置,则像散校正器111仅作用于一次电子束,不会影响背散射电子,所以能够进行对于一次电子束的像散像差的校正。

[0057] 一般地,在电子分光系统中,将检测器仅配置在一处,通过扫描分光器的偏转强度来得到能谱的方式较多。即使在现在的情况下,也能够通过一边满足维恩条件一边扫描维恩过滤器的均匀场分量 E_1 、 B_1 ,用设置在某一处的检测器对光谱进行获取。并且,通过与该均匀场分量 E_1 、 B_1 的扫描同步地使四极场变化,能够在所有的能量下实现高能量分辨率。但是,

不希望在测定能谱的时间带使均匀场分量 E_1 、 B_1 变化。这是因为,一般情况下,由于维恩过滤器存在磁饱和、磁通泄漏的现象,所以在基于预先计算出的数值的电压值、励磁值的控制下,难以严密地保持对一次电子束的平衡条件。由于该效果,如果使均匀场分量 E_1 、 B_1 变化,则会引起能量分析对象的试样上的视野在扫描中移动的现象。在本实施方式中,在四极场的强度的扫描中,维恩过滤器108的均匀场分量 E_1 、 B_1 是固定的。在测定能谱的期间,四极场的强度发生变化,但四极场没有使一次电子束偏转的效果。因此,不需要进行特别的控制,就能够严密地固定扫描四极场的强度时的视野。

[0058] 接着,对其他实施方式进行说明。在图6中,关于由维恩过滤器108分散的背散射电子的每个能量的聚焦位置,严格地说,可以沿着某曲面排列,近似地说,该曲面可以作为平面来处理。该现象相当于通常的轴对称透镜的像面弯曲像差。因此,如果设置与该曲面或平面一致的检测器107的检测面107a,则不用扫描四极场的强度,在所有的能量值下,背散射电子都能够同时聚焦在检测器107的检测面107a上。结果,可以获得最佳的能量分辨率。因此,如图7所示,在一实施方式中,检测器107具有检测面107a,该检测面107a在预定的能量区域(例如,从 E_0 到 $0.4E_0$ 的范围)中与每个能量的聚焦位置实质上一致。该检测面107a由曲面或平面构成。检测面107a沿着背散射电子的焦平面、即包含由维恩过滤器108分散的背散射电子的多个聚焦位置的面配置。背散射电子的焦平面可以根据维恩过滤器108的动作的模拟来确定。

[0059] 在图7所示的实施方式中,由于维恩过滤器108的四极场偏离消像散条件,所以需要通过像散校正器111消除一次电子束的像散像差。在本实施方式中,由于四极场的强度被固定,所以在能谱的测定中不需要使像散校正器111的校正强度变化。

[0060] 检测器107的检测面107a相对于光轴倾斜。在以平面构成检测面107a的情况下,从光轴测定的角度,根据维恩过滤器108和分流器115的形状、进入维恩过滤器108的背散射电子的开口角、分析的能量区域而变化。作为典型的值,检测面107a距光轴的角度为 $10^\circ \pm 5^\circ$ 左右。如果确定了诸如维恩过滤器108的形状等上述参数,则唯一地确定该角度。

[0061] 上述实施方式是以具有本发明所属的技术领域中的通常知识的人能够实施本发明为目的而记载的。上述实施方式的各种变形例,只要是本领域技术人员就当然能够做到,本发明的技术思想也能够适用于其他实施方式。因此,本发明不限于所记载的实施方式,而是解释为按照由权利要求书所定义的技术思想的最宽的范围。

[0062] 产业上的可利用性

[0063] 本发明可以用于分析从试样产生的背散射电子的能量的装置及方法。

[0064] 符号说明

[0065] 101 电子枪

[0066] 102 聚光透镜系统

[0067] 103 一次电子束

[0068] 104 背散射电子束

[0069] 105 物镜

[0070] 106 试样

[0071] 107 检测器

[0072] 108 维恩过滤器

- [0073] 109 极
- [0074] 109a 线圈
- [0075] 109b 锥面
- [0076] 110 背散射电子光阑
- [0077] 112 偏转器
- [0078] 115 分流器
- [0079] 116 狹缝
- [0080] 117 通孔
- [0081] 121 成像装置
- [0082] 150 动作控制部。

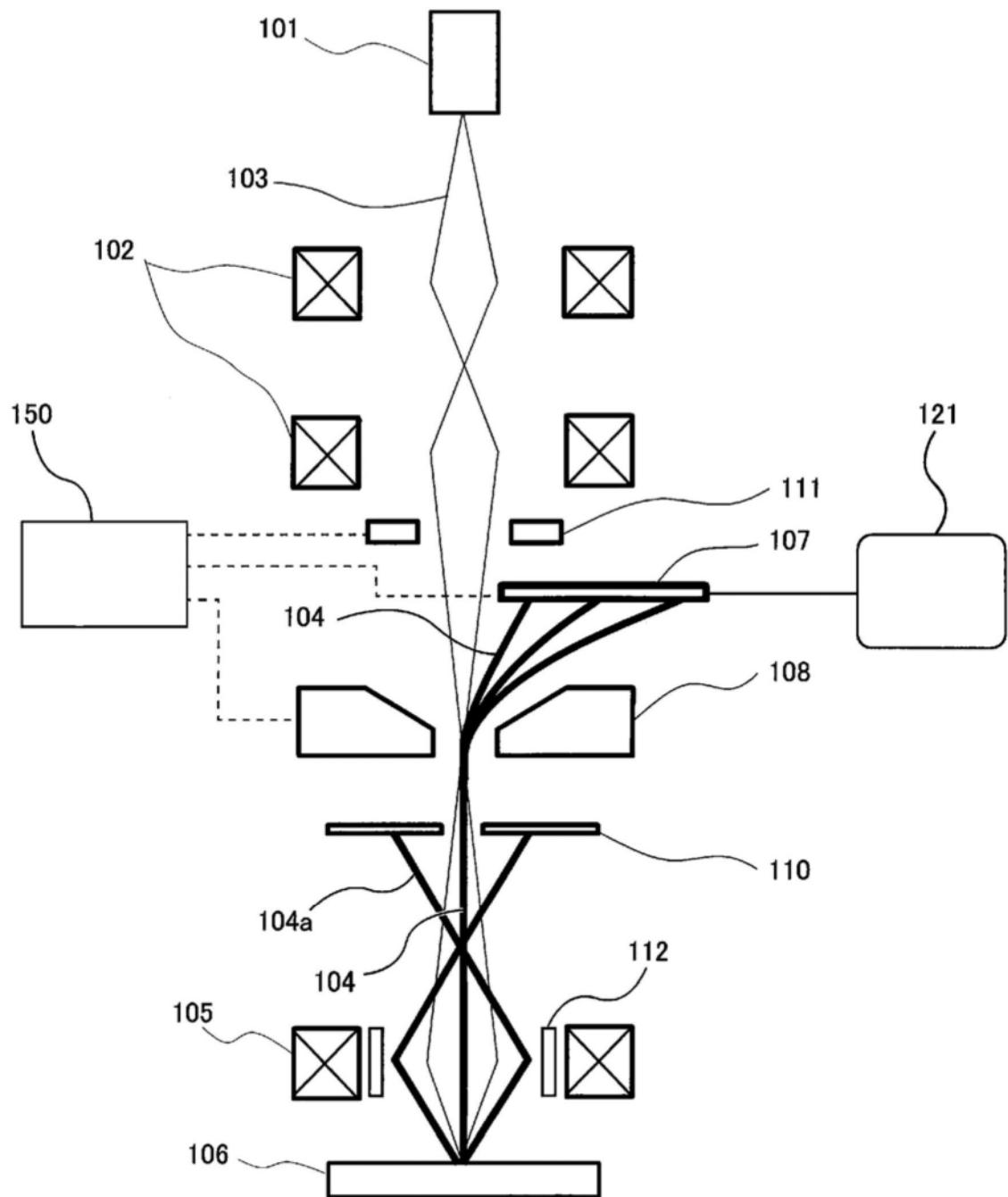


图1

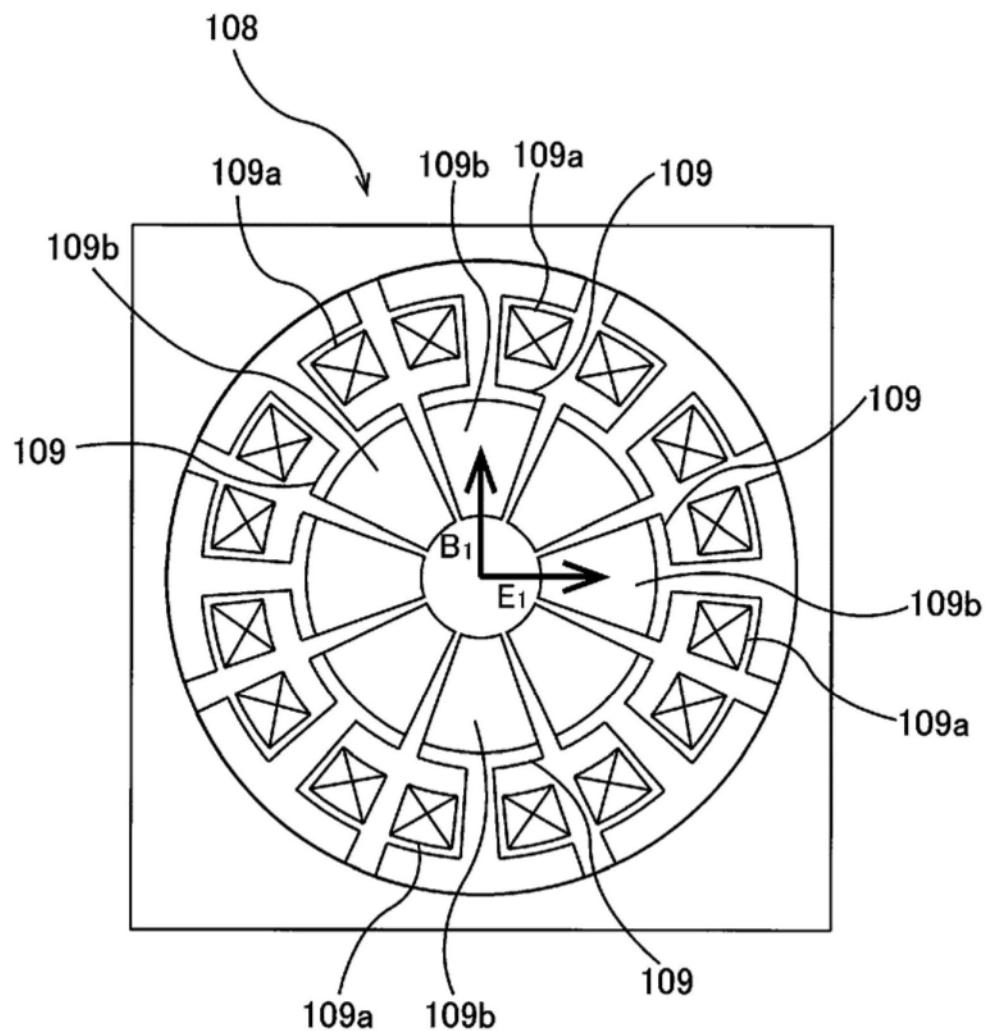


图2

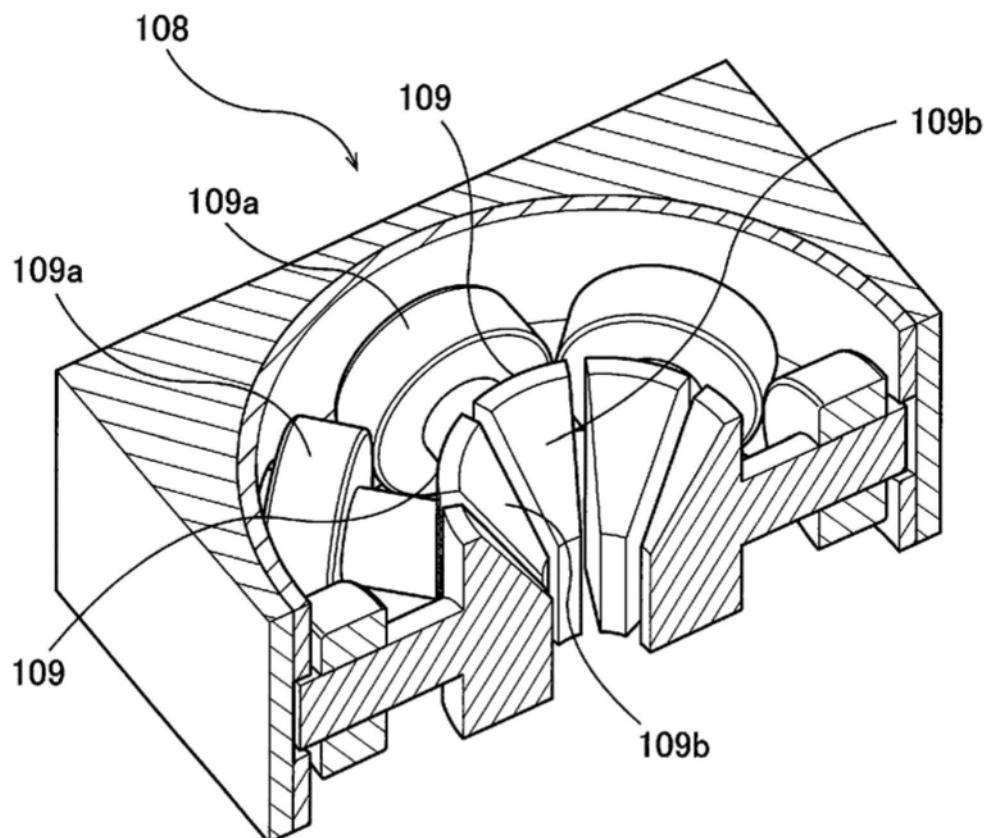


图3

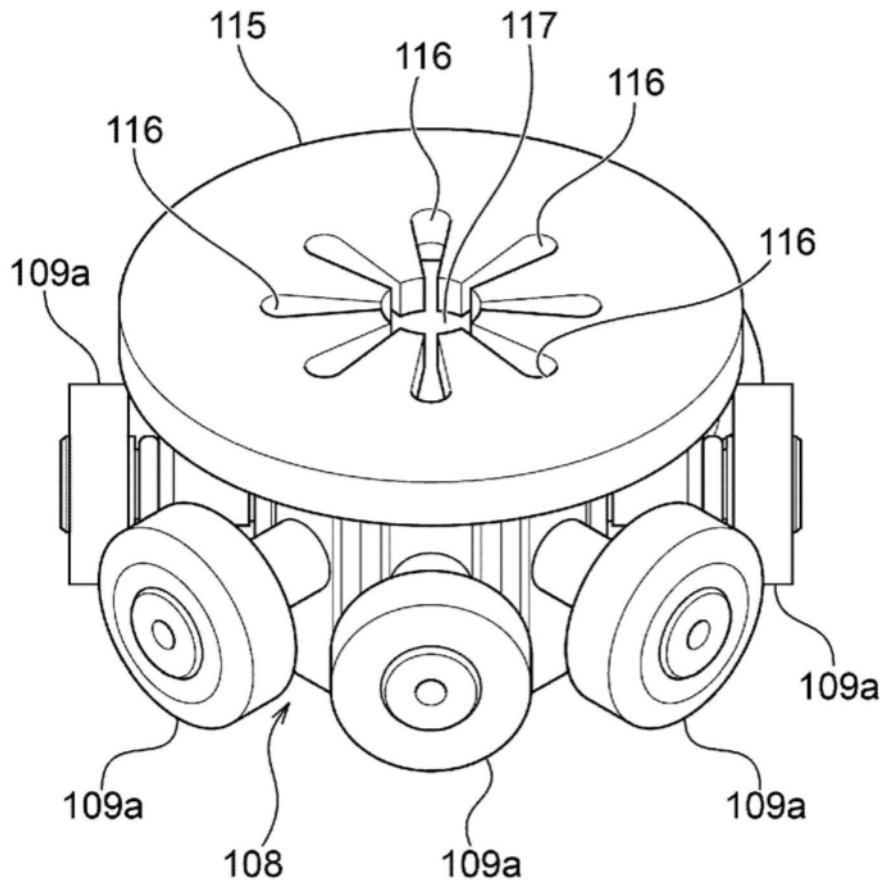


图4

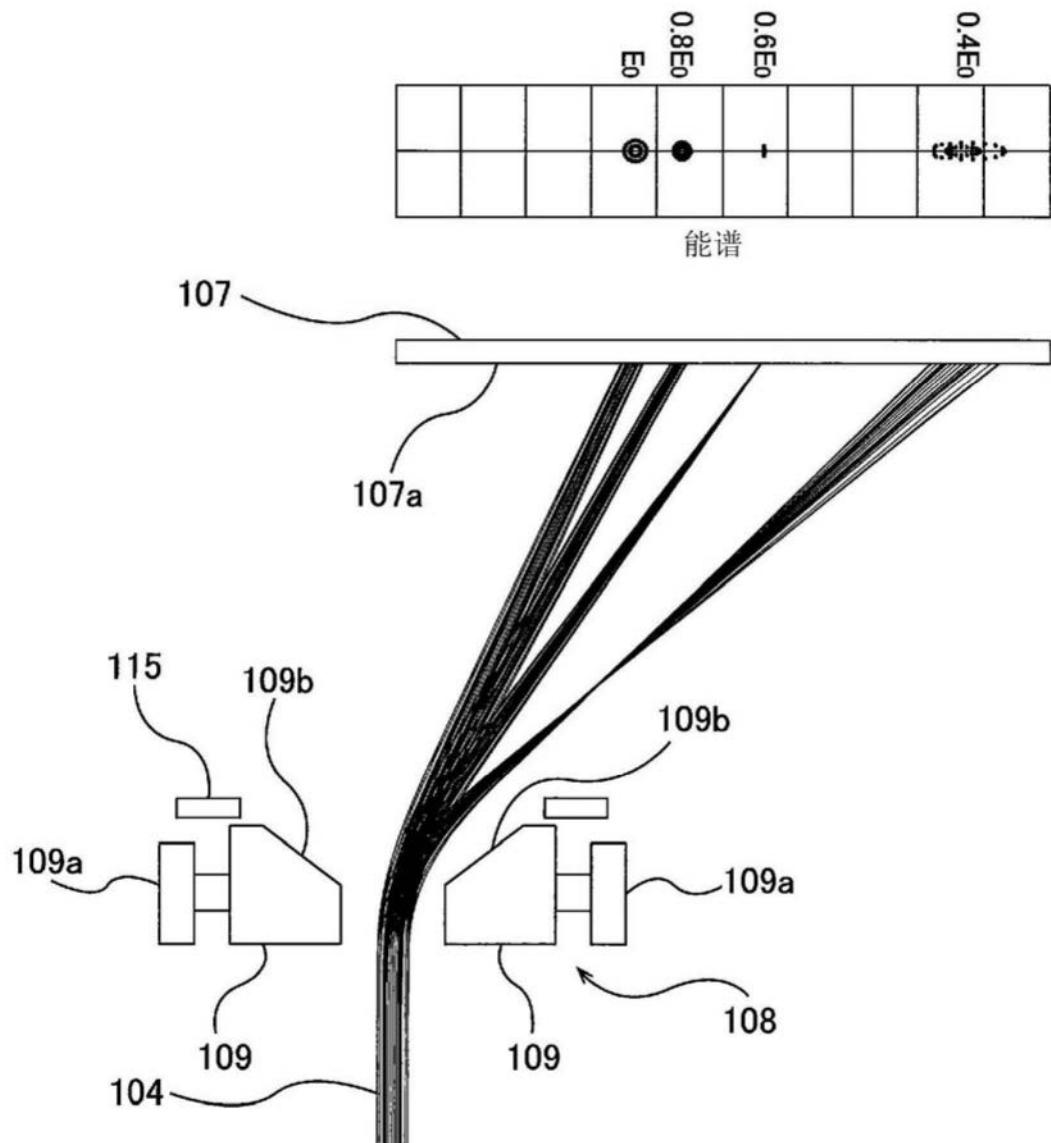


图5

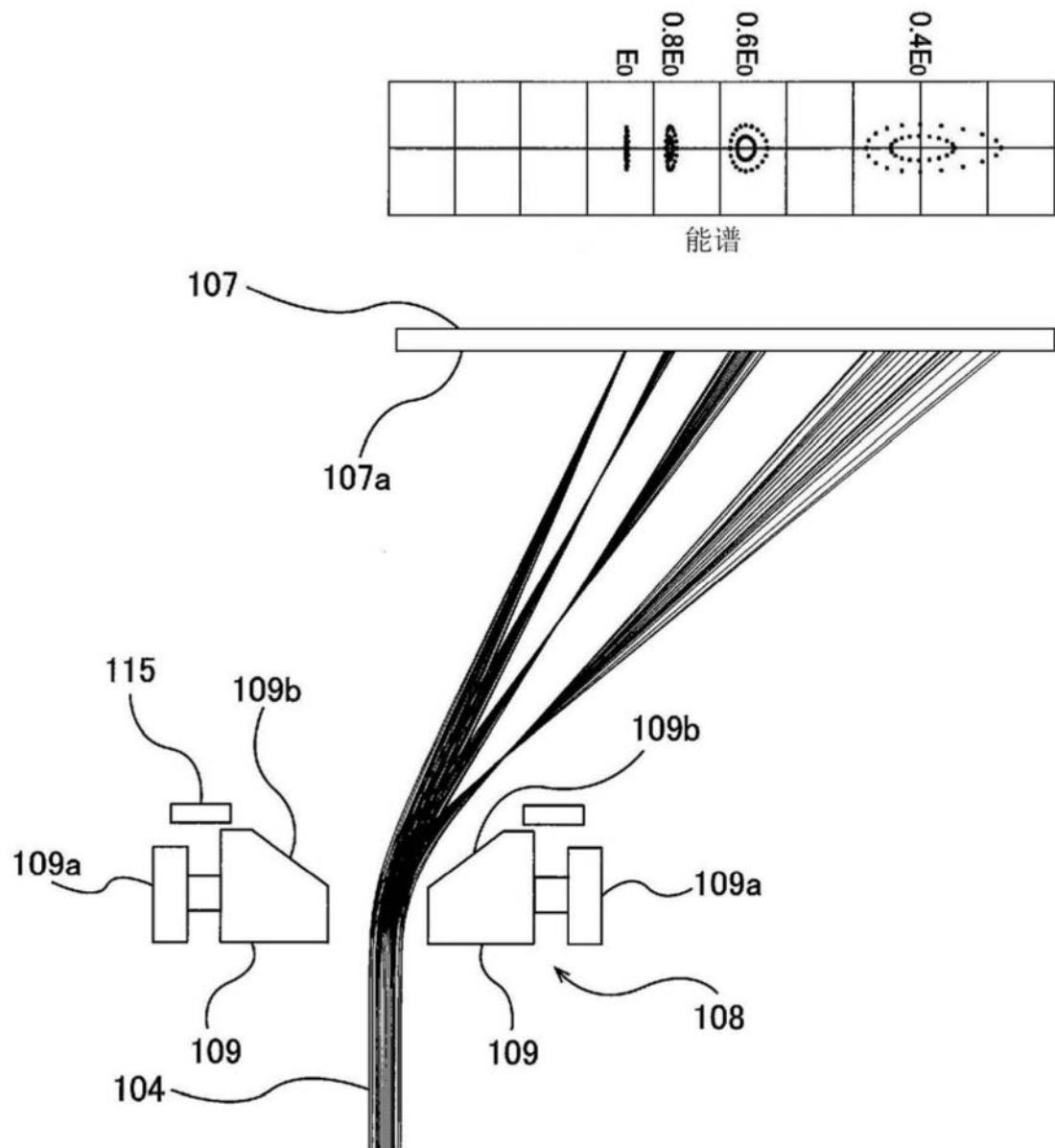


图6

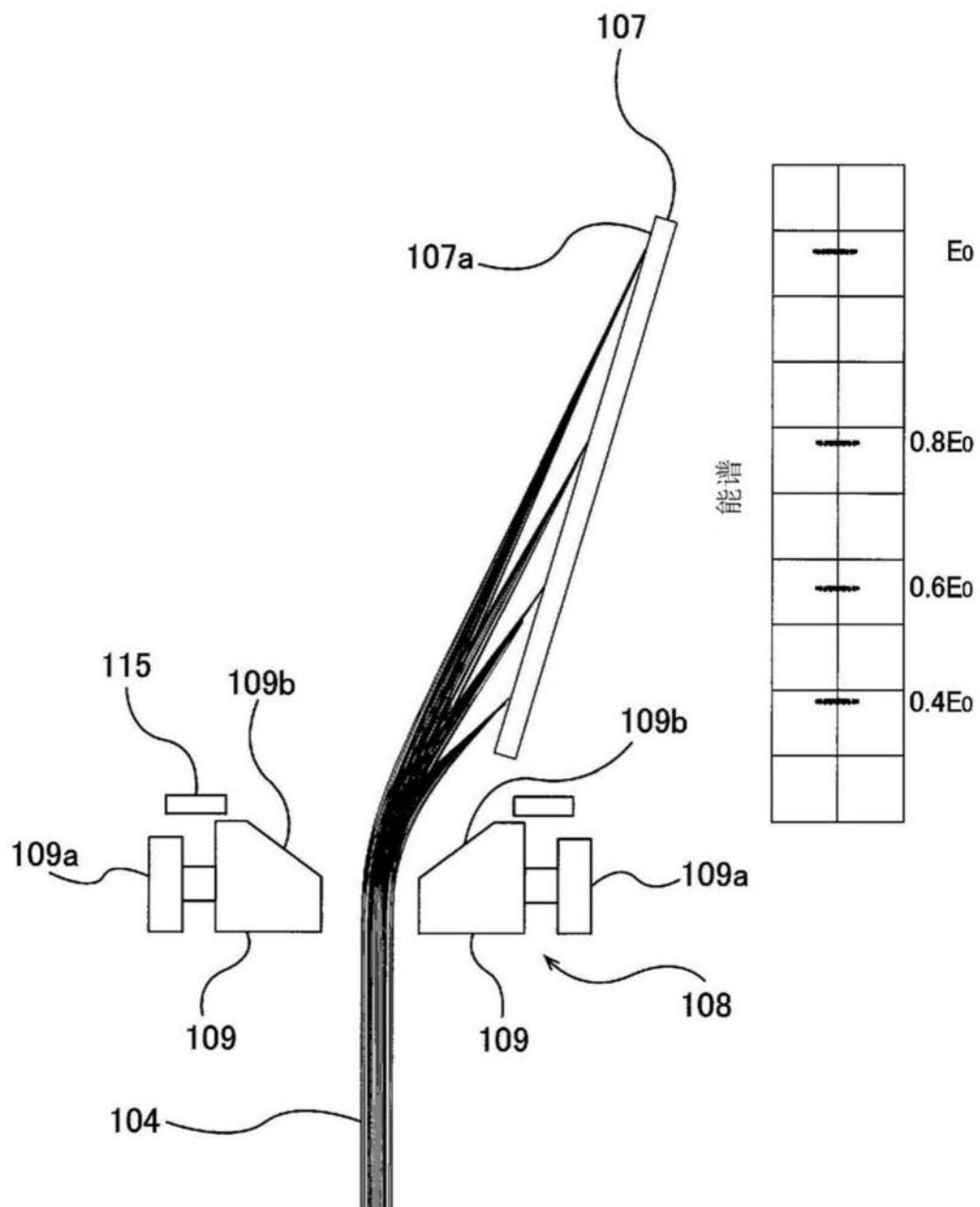


图7