



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103733299 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201280039396. X

(22) 申请日 2012. 05. 28

(30) 优先权数据

2011-194563 2011. 09. 07 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 02. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/063632 2012. 05. 28

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/035389 JA 2013. 03. 14

(73) 专利权人 株式会社日立高新技术

地址 日本东京都

(72) 发明人 森下英郎 大岛卓 波田野道夫

伊东祐博

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 齐秀凤

(51) Int. Cl.

H01J 37/244(2006. 01)

H01J 37/28(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2009/0256076 A1, 2009. 10. 15,

EP 0561584 A1, 1993. 09. 22,

JP 2010-182596 A, 2010. 08. 19,

审查员 邢玉良

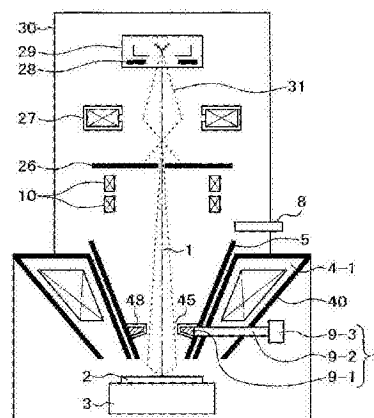
权利要求书2页 说明书15页 附图12页

(54) 发明名称

扫描电子显微镜

(57) 摘要

本发明提供一种扫描电子显微镜,为了提供即便是低探针电流也能辨别检测反射电子和二次电子的低加速的扫描电子显微镜而具备:电子枪(29)、光阑(26)、样品台(3)、用于将电子束(31)会聚于样品(2)上的电子光学系统(4-1)、偏转部件(10)、二次电子检测器(8)、反射电子检测器(9)、和处于电子枪(29)与样品(2)之间的位置处的筒状电子输送部件(5),反射电子检测器(9)设置在电子输送部件(5)的内部、且与二次电子检测器(8)以及偏转部件(10)相比更靠电子枪(29)的远方侧,反射电子检测器(9)的感受面(9-1)在电气上被布线成与电子输送部件(5)相同电位。



1. 一种扫描电子显微镜,其特征在于,具备:
电子源,其产生成为探针的电子束;
光阑,其对所述电子束的直径进行限制;
样品台,其用于搭载所述电子束所照射的样品;
物镜,其用于将所述电子束会聚于所述样品表面;
偏转部件,其用于使所述电子束在照射所述电子束的样品上进行扫描;
二次电子检测器,其检测来自所述样品的二次电子;
反射电子检测器,其检测来自所述样品的反射电子或者由反射电子所引起的转换电子;和
筒状的电子输送部件,其在处于所述电子源与搭载于所述样品台的样品之间的位置,
所述反射电子检测器的感受面设置在所述电子输送部件的内部,且与所述二次电子检测器以及所述偏转部件相比更靠所述电子源的远方侧,
所述反射电子检测器的所述感受面在电气上被布线成与所述电子输送部件相同电位。
2. 根据权利要求1所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
所述物镜包括电场透镜和磁场透镜,
所述磁场透镜为半浸没透镜型。
3. 根据权利要求1所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
所述物镜包括电场透镜和磁场透镜,
所述磁场透镜为非浸没透镜型。
4. 根据权利要求1所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
所述反射电子检测器为半导体检测器、雪崩二极管、或者将闪烁体材料用作构成要素的检测器。
5. 根据权利要求4所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
使用所述闪烁体材料的检测器为由闪烁体、光导向件、光电倍增管构成的Everhart-Thornley型检测器。
6. 根据权利要求5所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
所述光导向件为光纤。
7. 根据权利要求5所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
所述光导向件以及所述闪烁体具备闪烁纤维。
8. 根据权利要求3所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
在所述样品与所述电子输送部件的间隙具备用于将反射电子转换为转换电子的电极。
9. 根据权利要求1所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
所述反射电子检测器具有用于使所述二次电子通过的开口部。
10. 根据权利要求5所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
所述闪烁体在其表面设有导电体的膜。
11. 根据权利要求3所述的扫描电子显微镜,其特征在于,
按照相对于光轴而成为线对称的配置的方式设置两个所述反射电子检测器,
两个所述反射电子检测器被配置成:使所述磁场透镜的主面形成为比两个所述反射电子检测器的样品侧下端更靠近所述电子源侧。

12. 一种扫描电子显微镜, 其特征在于, 具备:

电子源;

样品台;

加速管;

电子光学系统, 其包括物镜, 在将从所述电子源放出的电子进行加速之后再减速而作为电子束向载置于所述样品台的样品进行照射;

二次电子检测器, 其用于检测通过所述电子束的照射而产生的来自所述样品的二次电子; 和

反射电子检测器, 其用于检测反射电子或者由反射电子所引起的转换电子,

所述反射电子检测器在其中央部具有开口部, 且其感受面设置在所述加速管的内部,

所述反射电子检测器的所述感受面在电气上被布线成与所述加速管相同电位。

13. 根据权利要求12所述的扫描电子显微镜, 其特征在于,

所述二次电子检测器检测通过所述反射电子检测器的所述开口部之后的二次电子。

14. 根据权利要求12所述的扫描电子显微镜, 其特征在于,

所述反射电子检测器的感受面经由设于所述感受面的导体而与所述加速管电连接。

扫描电子显微镜

技术领域

[0001] 本发明涉及低加速的扫描电子显微镜。

背景技术

[0002] 公知一种扫描电子显微镜,对被会聚于样品上的电子束探针进行二维扫描,检测在照射位置所产生的信号电子,并将与该信号电子的量相关的信号和一次电子束的扫描同步地进行绘制,从而获得扫描区域的二维图像。

[0003] 信号电子根据其能量而大致划分为二次电子和反射电子。反射电子是指,入射电子在样品内反复弹性散射和非弹性散射的结果而再次从样品表面放出的电子。因而,反射电子在与入射电子相同程度的能量下具有产生量的峰值。另一方面,二次电子是指,在反射电子引起了非弹性散射之际所产生的低能量电子之中从样品表面放出的反射电子。因而,二次电子在几eV程度的能量下具有产生量的峰值。一般而言,将具有不足50eV的能量的信号电子称作二次电子,来与反射电子区分。

[0004] 由于反射电子的产生量依赖于样品的平均原子序号,因此在反射电子的检测图像中,组成的差异成为对比度而被观察到。此外,在同一组成的样品中,样品表面的晶体方位在一部分上不同的情况、或者包含结晶缺陷等的情况下所观察到的沟道效应对比度也由于反射电子。这些对比度需要将反射电子与二次电子分离开进行检测。

[0005] 另一方面,近年来,将与一次电子束的照射相伴的样品损坏或带电的避免、或者样品极表面的观察作为目的,加速电压约为3kV以下的低加速观察增加了重要性。在以低加速使用的扫描电子显微镜中,为了抑制在低加速区域内显现出的像差,使用在样品紧前面使一次电子束减速的观察方式,但是在使用了减速法的情况下,由于在样品周边部所形成的电场的影响,二次电子被加速成与反射电子相同程度的能量,因此难以将二次电子与反射电子分离开进行检测。但是,通过在信号电子的轨道上设置能量势垒、维恩过滤器等,从而辨别检测二次电子或者反射电子成为可能。在扫描电子显微镜中,作为在加速电压为3kV以下的低加速区域内对信号电子进行辨别检测的公知手段,报告了以下所列举的专利文献1~3。

[0006] 在先专利文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开2003-331770号公报

[0009] 专利文献2:日本特开2006-278329号公报

[0010] 专利文献3:日本特开2000-030654号公报

发明内容

[0011] (发明所要解决的课题)

[0012] 在扫描电子显微镜中,到目前为止已进行过用于对图像中包含的信息进行分离来获取的技术开发。公知在二次电子和反射电子中包含不同的信息。当检测到二次电子时,可

获得对凹凸、电位的信息进行了强调后的图像,当检测到反射电子时,可获得对组成、晶体方位的信息进行了强调后的图像。因此,如果存在能通过某些方法分别检测二次电子和反射电子的机构,则能够在同一观察视野中获取包括不同信息的观察图像。然而,为了以低加速电压进行高分辨率观察,需要应用减速电场,但是在减速电场下二次电子会被加速到与反射电子相同程度的能量,因此不易分离检测两者。因此,关于具有减速光学系统的扫描电子显微镜中的二次电子或者反射电子的分离检测手段,查阅了在先技术。

[0013] 在专利文献1中公开了如下手段,即,在以具有单极透镜型物镜的扫描电子显微镜来进行减速观察之际,仅对在样品的法线方向上被放出的二次电子进行辨别并加以检测。在该方式中,由于通过在样品以及物镜的样品侧磁路上典型地施加-0.5kV程度的减速电压而产生的减速电场和单极磁场的透镜作用,使得二次电子和反射电子在电子光学系统的光轴上选取相近的轨道。此时,与二次电子相比,相对地难以受到透镜作用的反射电子则选取自光轴远离的离轴较大的轨道。为此,通过设置在中心具有电子通过孔的板以遮蔽大部分的反射电子,并将未被遮蔽而通过了孔的二次电子由维恩过滤器进行偏转,从而能够不混入反射电子地对二次电子进行辨别检测。

[0014] 在专利文献2和专利文献3中公开了分别对二次电子和反射电子同时进行检测的手段。如以下所示那样定义从样品放出的电子的仰角。相对于样品表面而将法线方向设为90度,将水平方向设为0度,以后为了方便起见将角度段划分为高角、中角、低角。将仰角90度附近设为高角,将仰角0度附近设为低角,将高角与低角的中间段的45度附近设为中角。

[0015] 在该方式中,检测由减速电场透镜的透镜作用而被会聚的二次电子、和在高角方向上被放出的反射电子。在物镜为非浸没透镜型的情况下,由于磁场的透镜主面配置为从样品远离,样品附近的磁场强度小,因此能量大的反射电子几乎不会受到因磁场所引起的会聚作用。因而,仅在自光轴远离的离轴较小的高角方向上产生的反射电子,在扫描电子显微镜的框筒内前进。另一方面,在二次电子由减速电场透镜的作用被会聚之后,选取自光轴远离的离轴较大的轨道。因而,如果设置在中心部具有高角方向上被放出的反射电子能通过的比较大的孔的检测器,则能仅检测二次电子。另外,在专利文献2的方式中,在通过了二次电子的检测器之后的反射电子的轨道上设置电位势垒,并在较之二次电子的检测器而更靠电子源侧配置检测器,从而能仅对反射电子进行辨别并加以检测。此外,在专利文献3的方式中,在通过了二次电子的检测器之后的反射电子的轨道上设置转换板,并由设置在轴外的检测器来检测反射电子发生碰撞时所产生的转换电子,由此能够仅对因反射电子所引起的信号电子进行辨别检测。

[0016] 然而,在先前示出的在先专利文献所公开的技术中,虽然专利文献1的方式能应用于二次电子的辨别检测,但是在原理上却无法应用于能量比其更高的反射电子的辨别检测。此外,虽然专利文献2和专利文献3的方式均能将在高角方向上被放出的反射电子与二次电子分离开进行检测,但是却无法应用于在比其更低的低角侧的角度方向上被放出的反射电子的辨别检测。因而,只能检测所产生的信号电子的很少一部分,尤其在低探针电流且低加速的扫描显微镜中,由于信号电子的产生量本身就少,因此二次电子和反射电子的辨别检测变得困难。

[0017] 本发明的目的在于提供一种即便是低探针电流也能辨别检测反射电子和二次电子的低加速的扫描电子显微镜。

[0018] (用于解决课题的手段)

[0019] 作为用于达成上述目的的一实施方式,提供一种扫描电子显微镜,其特征在于具备:电子源,其产生成为探针的电子束;光阑,其对所述电子束的直径进行限制;样品台,其用于搭载所述电子束所照射的样品;物镜,其用于将所述电子束会聚于所述样品表面;偏转部件,其用于使所述电子束在照射所述电子束的样品上进行扫描;二次电子检测器,其检测来自所述样品的二次电子;反射电子检测器,其检测来自所述样品的反射电子或者由反射电子所引起的转换电子;和筒状的电子输送部件,其在处于所述电子源与搭载于所述样品台的样品之间的位置,所述反射电子检测器的感受面设置在所述电子输送部件的内部,且与所述二次电子检测器以及所述偏转部件相比更靠所述电子源的远方侧,所述反射电子检测器的所述感受面在电气上被布线成与所述电子输送部件相同电位。

[0020] 此外,提供一种扫描电子显微镜,其特征在于具备:电子源;样品台;加速管;电子光学系统,其包括物镜,在将从所述电子源放出的电子进行加速之后再减速而作为电子束向载置于所述样品台的样品进行照射;二次电子检测器,其用于检测通过所述电子束的照射而产生的来自所述样品的二次电子;和反射电子检测器,其用于检测反射电子或者由反射电子所引起的转换电子,所述反射电子检测器在其中央部具有开口部,且其感受面设置在所述加速管的内部,所述反射电子检测器的所述感受面在电气上被布线成与所述加速管相同电位。

[0021] (发明效果)

[0022] 根据本发明,可提供一种能够辨别检测反射电子和二次电子的扫描电子显微镜。

附图说明

[0023] 图1(a)是第1实施例所涉及的扫描电子显微镜的简要剖视图。

[0024] 图1(b)是第1实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。

[0025] 图2是表示在第1实施例所涉及的扫描电子显微镜中使用的闪烁体形状的立体图。

[0026] 图3是表示在第1实施例所涉及的扫描电子显微镜中使用的闪烁体形状的其他例的立体图。

[0027] 图4是表示在第1实施例所涉及的扫描电子显微镜中使用的闪烁体形状的其他例的立体图。

[0028] 图5(a)是第2实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。

[0029] 图5(b)是用于说明第2实施例所涉及的扫描电子显微镜中的反射电子的运动的要部剖视图。

[0030] 图5(c)是用于说明第2实施例所涉及的扫描电子显微镜中的二次电子的运动的要部剖视图。

[0031] 图6是第3实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。

[0032] 图7是用于说明第3实施例所涉及的扫描电子显微镜中的反射电子以及转换电子的运动的要部剖视图。

[0033] 图8是用于说明第3实施例所涉及的扫描电子显微镜中的二次电子的运动的要部剖视图。

[0034] 图9是第3实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部立体图。

- [0035] 图10是第3实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部剖视图。
- [0036] 图11是第3实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部剖视图。
- [0037] 图12是第3实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部剖视图。
- [0038] 图13是第3实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部立体图。
- [0039] 图14是表示在第3实施例所涉及的扫描电子显微镜中使用的闪烁体形状的其他例的立体图。
- [0040] 图15是第3实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。
- [0041] 图16是第4实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部剖视图。
- [0042] 图17是第4实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部立体图。
- [0043] 图18是第4实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部剖视图。
- [0044] 图19是第4实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。
- [0045] 图20是第5实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。
- [0046] 图21是第6实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。
- [0047] 图22是表示一般的放出电子的能量分布图的图。

具体实施方式

[0048] 为了在低加速区域中的观察下获得高分辨率,利用包括具备减速电场透镜的物镜的扫描电子显微镜,该减速电场透镜用于降低在低加速下显现出的像差。这样的电子光学系统构成为:通过在向配置于样品周边部的电极施加电压之际所产生的电场而使得一次电子束在样品紧前面被减速。一般而言,当减小物镜与样品之间的距离WD(Working Distance:工作距离)时电子光学系统的像差系数变小,因此为了进行高分辨率的观察,需要将样品靠近物镜来进行观察。但是,在这样的较短的WD下,信号电子向设置于扫描电子显微镜的框筒外的检测器飞来的飞来频度变小,检测效率有所下降。因而,为了兼顾短WD下的高分辨率观察和较高的检测效率,优选对通过了物镜之后的电子进行检测的方式(TTL:Through The Lens)。

[0049] 以后为了方便起见,将典型地在几eV的能量下具有产生量的峰值的不足50eV的信号电子称作二次电子,将在50eV以上且一次电子束的照射能量以下且在照射能量附近具有峰值的信号电子称作反射电子。此外,将反射电子碰撞到电子光学系统的构成物之际所产生的、主要具有与二次电子相同程度的能量的电子称作转换电子,使之与由样品产生的二次电子区分开。

[0050] 如下那样定义产生时的信号电子的仰角。即,相对于样品表面,将法线方向设为90度,将水平方向设为0度。以后为了方便起见,将角度段划分为高角、中角、低角。将仰角90度附近称作高角,将仰角0度附近称作低角,将高角与低角的中间段的45度附近称作中角。

[0051] 在向样品照射一次电子束而产生信号电子之际,其角度分布大致遵循余弦定律,尤其是在样品比较平坦的情况下按照余弦定律在仰角45度附近具有产生量的峰值。因而,在对全方位角的电子进行检测的情况下,若比较在仰角方向上相同的角度范围中包含的电子数,则在检测收获量的方面,对在中角度段被放出的电子进行检测的情形较之对在仰角0度附近被放出的电子进行检测的情形更占优势。因此,通过检测产生量多的角度区域的反射电子,从而可期待即便照射电子束的电流量小也可获得具有充分对比度的反射电子像。

[0052] 此外,扫描电子显微镜的物镜设为利用了减速电场和磁场双方的透镜构成。在样品中产生了信号电子时比较在相同仰角的角度方向上被放出的二次电子和反射电子的情况下,能量高的反射电子较之能量低的二次电子从相同的透镜场所受到的会聚作用相对小,所以在比较接近样品的位置,二次电子选取比反射电子更接近光轴的轨道。因而,通过在只有采取远离光轴的轨道的反射电子所通过的轨道上设置检测器,从而能够实现反射电子的辨别检测。

[0053] 而且,根据本发明,通过将反射电子检测器的感受面设置在电子输送部件(加速管)的内部并设为相同电位,从而对产生量多的中角度段中包含的信号电子进行检测成为可能,能够提供一种即便是低探针电流也能辨别检测反射电子和二次电子的低加速的扫描电子显微镜。

[0054] 以下,根据实施例来说明详细内容。

[0055] 实施例1

[0056] 使用图1(a)、图1(b)、图2~图4来说明本发明的第1实施例。图1(a)是本实施例的扫描电子显微镜的整体概念构成图。图1(a)所示的扫描电子显微镜大致由下述部件等构成:电子光学框筒30,其具备用于向样品2照射一次电子束31的机构;样品台3,其对样品2进行保持;样品台移动机构(未图示),其用于放置样品2并使之移动来决定观察区域;以及SEM像的显示装置(未图示)、控制SEM整体的控制器(未图示)、真空排气设备(未图示)等。

[0057] 电子光学框筒30基本上由电子枪(电子源)29、加速电极28、1个以上的聚光透镜27、光阑26、作为物镜的电子透镜(在此图示出半浸没透镜型磁场透镜4-1)、被设为电子输送部件的加速管5、1级以上的偏转器10、二次电子检测器8、反射电子检测器9等构成,图1(b)是抽出扫描电子显微镜的系统之中从样品台3到偏转器10而得到的构成的图。作为电子枪29,能够使用CFE(Cold Field Emission)、SE(Schottky Emission)、热电子(Thermionic Emission)等各种电子枪。如图1(a)所示,偏转器10以及二次电子检测器8被设置在比反射电子检测器9更靠电子枪29侧。符号1表示光轴,符号40表示磁场透镜的磁路,符号9-1、9-2、9-3分别表示反射电子检测器9的闪烁体(感受面)、光导向件、光电倍增管(PMT),符号45表示探针电子束的通过孔,符号48表示设于闪烁体9-1表面的导电体。另外,同一符号表示同一构成要素。

[0058] 在图1(b)中示出从偏转器10到样品台3的部分的概念构成图。在本实施例中,扫描电子显微镜的物镜是有意地使磁场浸没样品2的半浸没透镜型的磁场透镜4-1。由于在浸没磁场中设置样品2,因此可进行高分辨率的观察。如图1(b)所示,加速管5具有沿着物镜4-1的上磁路的锥形部分的形状,作为筒状的电极被设置为:在物镜4-1的上磁路上部的间隙所确保的空间区域,在样品2附近具有开口端。若考虑到电子光学系统的对称性,则与加速管5的开口端优选轴对称的形状。如图1(b)所示,在本实施例中物镜4-1和样品2均设为接地电位,通过电源6-1向加速管5施加1kV以上的正电压,以便形成在低加速下可实现充分的像差降低的减速电场。此时,在物镜4-1与加速管5的间隙设有未图示的绝缘体,以实现电绝缘。在本实施例中,如图1(b)所示,虽然对在从物镜4-1附近到二次电子检测器8附近的区域中部分地设有加速管5的情况进行说明,但是即便是使加速管5的设置范围延长到电子枪29附近的情况,信号电子的检测方法基本上也是相同的。

[0059] 从电子枪29放出的一次电子束31由加速电极28进行加速,由聚光透镜27进行会

聚,通过光阑26而到达样品2。当一次电子束31被照射到样品2时,信号电子被放出。在图22中示出信号电子的能量分布图。如图22所示,将典型地在几eV的能量下具有产生量的峰值的不足50eV的信号电子称作二次电子32-1,将在50eV以上且一次电子束的照射能量以下且在照射能量附近具有峰值的信号电子称作反射电子32-2。

[0060] 在物镜为半浸没透镜型的磁场透镜4-1的情况下,样品2附近的泄漏磁场大,磁场透镜的磁场浸没到样品2。因而,在短WD下的观察时一次电子束31的加速电压为3kV以下的情况下,即便针对在与一次电子束31相反的方向上前进的反射电子32-2,也因物镜4-1的透镜作用而被会聚。因而,在典型地1mm程度的较短的WD下,信号电子32(二次电子32-1、反射电子32-2)的大部分通过物镜4-1而前进到扫描电子显微镜的框筒内。

[0061] 如图1(b)所示,若通过电源6-1向设置在物镜4-1的上磁路上部的筒状的加速管5施加正电压,则在该加速管5内的区域中信号电子被加速。例如在通过电源6-1向加速管5施加6kV的正电压,且向样品2照射的照射能量变为1keV的条件下,所产生的信号电子32(二次电子32-1、反射电子32-2)的能量在样品2附近变为1keV以下。此时,在样品2附近,二次电子32-1的能量变为0~50eV,反射电子32-2的能量变为50~1000eV,在加速管5内的区域,二次电子32-1的能量被加速为6000~6050eV,反射电子32-2的能量被加速为6050~7000eV。但是,如本实施例那样仅在物镜4-1附近部分地设置了加速管5的情况下,当信号电子到达加速管5外侧的区域时被减速,与在样品2附近的能量变得相同。一般而言,在检测器中,由于越是高能电子则获得越多的检测信号,因此越是在被加速的状态下进行检测则检测灵敏度越大。因而,为了在被加速的状态下对信号电子进行检测,需要在加速管5内设置检测器的感受面。

[0062] 图1(b)所示的反射电子检测器9是具有与Everhart-Thornley型检测器(以下称作ET检测器)同样的检测原理的检测器。其一般被用作扫描电子显微镜的信号电子检测器。反射电子检测器9的结构中具备:将信号电子转换成光的闪烁体9-1;和将光再次转换成电子并将该电子进行放大的光电倍增管9-3(以下称作PMT),闪烁体9-1和PMT9-3利用光导向件9-2相连接。通过该构成,当信号电子入射到闪烁体9-1时,所产生的光通过光导向件9-2而到达PMT9-3,由PMT9-3将光转换成电信号来进行检测。典型地,在信号电子入射到闪烁体9-1之际如果具有5keV以上的较高的能量,则会引起充分的发光,从而能够检测出该信号电子。另一方面,在入射到闪烁体9-1之际的能量不足5keV的情况下,由于不会引起充分的发光,则难以检测出。因此,若在成为感受面的闪烁体9-1的表面部分通过蒸镀等手段均匀地覆盖A1等的导电体48,并向该导电体48部分施加5kV以上的正电压,则即便信号电子的能量不足5keV,也会被加速至到达检测器的感受面而充分地引起发光,因此可以检测出。此外,关于设于闪烁体9-1的感受面上的导电体48膜的膜厚,如果面内分布为 $\pm 10\%$ 以内,则能够视作均匀的膜厚。

[0063] 图1(b)所示的反射电子检测器9,将设于感受面的导电体48部分与加速管5电连接,并设为与通过电源6-1施加给加速管5的正电压相同的电位,从而能够以与ET检测器相同的原理来检测到达反射电子检测器9的信号电子。即,当由加速管5加速至5keV以上的信号电子入射到闪烁体9-1时,在闪烁体9-1引起发光。如果该光通过光导向件9-2而到达PMT9-3,则其输出信号成为信号电子的检测信号。闪烁体9-1和光导向件9-2利用连接部46相接合(闪烁体的形状将使用图2、图3、图4在后面叙述)。此外,在由闪烁体9-1所产生的光

以临界角以下的入射角达到边界部的情况下,光前进到闪烁体9-1的外部。为了降低这样的光量的损耗,通过在闪烁体9-1表面设置导电体48的膜而使光在闪烁体9-1内部反射是有效的。因而,通过由导电体48覆盖除与光导向件9-2的连接部46之外的闪烁体9-1表面,从而能期待信号电子的检测效率的改善。此外,在上述说明中,虽然将导电体与加速管连接,但是也能够将导电体48与电源6-1直接连接,而设为与加速管相同的电位。

[0064] 此外,闪烁体9-1存在各种种类,发光量、衰减时间等基本特性因组成、被混合的掺杂物的种类等而不同。由于在本实施例中使用的闪烁体9-1需要成形为后述的形状,因此期望是固体闪烁体。虽然闪烁体存在各种种类,但是典型地使用YAG:Ce(在钇铝石榴红中掺杂铈)等。如图1(a)所示,闪烁体9-1的剖面形状具备电子的通过孔45,期望样品侧端面具有相对于光轴1而成为轴对称的配置那样的锥形。这是因为,通过设置锥形,从而在闪烁体9-1内部所产生的光易于在光导向件9-2的方向上前进,提高由光导向件9-2所引起的在闪烁体9-1内部产生的光的聚集效率,能够改善信号电子的检测效率。另外,闪烁体9-1与光导向件9-2之间期望使用光学胶合剂等的连接部件,以使连接部46处的折射率不会急剧变化。

[0065] 在与闪烁体9-1连接的光导向件9-2和PMT9-3为一对的情况下,期望如图2或者图3所示那样挖空成圆锥状的、具有在样品侧大而在电子束侧小的开口的闪烁体形状。通过设为这样的形状,从而关于光轴1期待:不仅在接近闪烁体9-1和光导向件9-2的连接部46的区域中产生的光,在远离闪烁体9-1和光导向件9-2的连接部46的区域中产生的光也被光导向件聚集。

[0066] 在使用两对的光导向件9-2以及PMT9-3的情况下,如图4所示那样构成为关于光轴1而成为线对称的配置地分割闪烁体9-1,并在各个闪烁体上连接光导向件和PMT,从而能够改善检测效率。

[0067] 另外,光导向件9-2如图1(b)所示那样贯通磁场物镜的磁路40地设置。在磁路40上设置孔,在由于仅在一个方向上各向异性地设置光导向件9-2而显著有损磁场的透镜作用的对称性的情况下,期望例如在包括图1(b)的光导向件的方向在内的4个方向上将相同形状的孔4次对称地设于物镜的磁路40,以便相对于光轴1而成为对称的配置。

[0068] 使用图1(b)来说明反射电子的辨别检测方法的原理。在将一次电子束31照射到已固定于样品台3的样品2之际,从该照射位置放出的信号电子包括二次电子32-1、反射电子32-2。另外,箭头的朝向是具有各能量的信号电子的移动方向的一例,但并不限于此,也可在多个方向上放出。信号电子的能量分布如图22所示那样,在样品2附近,二次电子32-1不足50eV,反射电子32-2成为50eV以上且照射能量以下。在照射一次电子束31之际由样品2所产生的信号电子32(二次电子32-1、反射电子32-2),从样品2表面朝电子枪29的方向前进。在磁场的物镜为半浸没透镜的情况下,由于泄漏磁场浸没在样品2附近,因此在典型地约1mm程度的短WD下的观察中,若比较在相同的角度方向上从样品2放出的二次电子32-1和反射电子32-2,则在定性上能量大的反射电子32-2较之二次电子32-1更难以被透镜场会聚,二次电子32-1较之反射电子32-2选取接近光轴1的轨道。由于一方的反射电子32-2较之二次电子32-1而能量高,因此相对地较之二次电子32-1而选取远离光轴1的轨道。因而,如果将设于闪烁体9-1的电子通过孔45的口径设定成使具有50eV以下的能量的二次电子32-1的大部分通过该通过孔45,则能够辨别检测如图1(b)所示那样通过物镜4-1并在扫描电子显微镜的框筒内前进的反射电子32-2之中、由加速管5加速后的在中角方向附近上被放出的

反射电子32-2。作为上述构成,通过将产生收获量多的仰角45度附近的角速度中包含的反射电子与二次电子分离开进行检测,从而能够提供一种如下的扫描电子显微镜,即,即便是照射电子束的电流小的情况也能获得具有充分的对比度的反射电子、或者因该反射电子所引起的信号电子的辨别检测图像。

[0069] 这些反射电子检测器9设置在较之为使一次电子束31在样品2上进行扫描所设的偏转器10而更靠样品2侧。由于未通过偏转场的区域而检测反射电子32-2,因此能够避免轨道被偏转为原因的检测图像的对比度异常的图像斑点的影响。

[0070] 此外,如图1(b)所示,二次电子检测器8设置在较之反射电子检测器9而更靠电子枪29侧。在前进到较之反射电子检测器9而更靠电子源侧的信号电子中,除了二次电子32-1之外,还包含由反射电子检测器9未检测出的在低角以及一部分中角方向上被放出的反射电子32-2,但是若比较产生量,则由于二次电子32-1压倒性地多(总量为1/10程度),因此当检测到这些信号电子时,期待该图像成为主要反映了二次电子的信息的图像。

[0071] 另外,在本实施例中说明了将样品2设为接地电位的情况,但是为使低加速区域中的像差进一步降低,即便是应用了以上述的状态向样品台3施加负电压的减速法的情况,也能以同样的原理来检测反射电子32-2。当施加减速电压时,由于形成于物镜4-1的磁路与样品2之间的减速电场而使得信号电子被加速。因而,在施加减速电压的情况下,即便是向加速管5施加的电压仅小出与减速电压相同的电压的情形,加速管5内的检测器中的检测灵敏度也不会改变。不过,通过施加减速电压来改变向加速管5施加的电压,由此信号电子的轨道发生变化,因而所检测的反射电子32-2的角速度区域发生变化。

[0072] 根据本实施例所涉及的扫描电子显微镜,将照射能量设为1keV、将探针电流设为10pA~100pA来观察生物体样品,从而能对二次电子和反射电子进行辨别检测,可获得良好的结果。

[0073] 以上,根据本实施例,通过使用产生量多的中角速度中包含的信号电子,从而能够提供一种即便是低探针电流也能辨别检测反射电子和二次电子的低加速的扫描电子显微镜。

[0074] 实施例2

[0075] 使用图5(a)~图5(c)来说明第2实施例。另外,在实施例1中描述但是在本实施例中未描述的事项,只要没有特殊事项则也能应用于本实施例。图5(a)是本实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。

[0076] 该图是抽出了由电子枪29、加速电极28、聚光透镜27、光阑26、作为物镜的电子透镜、电子的加速管5、偏转器10、二次电子的检测器8、反射电子的检测器9、放置样品2的样品台3、使样品台3移动来决定观察区域的样品台移动机构、SEM像的显示装置、控制SEM整体的控制器、真空排气设备等构成的扫描电子显微镜的系统之中、从样品台3到二次电子检测器8的构成的图。作为电子枪29,能够使用CFE、SE、热电子等各种电子枪。如图5(a)所示,偏转器10和二次电子检测器8设置在较之反射电子检测器9更靠电子枪29侧。

[0077] 在本实施例中,扫描电子显微镜的物镜由磁场透镜和电场透镜构成,其中磁场透镜设为使磁场不浸没样品的非浸没透镜(out lens)型4-2。与实施例1所示的半浸没透镜型不同,由于磁场透镜的透镜主面远离样品,因此样品2附近的轴上磁场强度小于半浸没透镜型的物镜的情形。因而,磁性体样品的观察也成为可能。如图5(a)所示,被设为电子输送部

件的加速管5,在物镜4-2的上磁路与光轴1的间隙所确保的空间区域,沿着物镜4-2的上磁路被设为筒状的电极。通过电源6-1向加速管5施加1kV以上的正电压,在成为接地电位的样品2之间的空间,样品2侧的加速管5开口端部被配置成直到样品2附近的范围,以在3kV以下的低加速区域形成充分有助于透镜像差的降低这样的减速电场7(参照图5(b)或者图5(c))的透镜场。

[0078] 在物镜4-2与加速管5的间隙设有未图示的绝缘体,以实现电绝缘。另外,本实施例如图5(a)所示,对在物镜4-2附近部分地设有加速管5的情况下的信号电子32(二次电子32-1、反射电子32-2)的检测方法进行说明,但是即便是使加速管5的设置范围延长到电子枪29附近的情况,信号电子的检测方法也是同样的。另外,反射电子检测器9的构成与实施例1同样地使用ET检测器。闪烁体9-1的形状、光导向件9-2、PMT9-3的构成、配置与实施例1相同。

[0079] 关于反射电子的辨别检测方法的原理,使用图5(b)以及图5(c)来进行说明。形成于加速管5与样品2之间的减速电场7,由于图5(b)以及图5(c)所示的等电位面而具有特征。

[0080] 从已固定于样品台3的样品2所放出的信号电子包括二次电子32-1、反射电子32-2。另外,箭头的朝向是具有各能量的信号电子的移动方向的一例,但并不限于此,也可在多个方向上被放出。由样品2所产生的信号电子如图22所示,二次电子32-1不足50eV,反射电子32-2变为50eV以上且照射能量以下。

[0081] 例如,通过电源6-1向加速管5施加8kV的正电压,调整磁场透镜4-2的透镜强度来进行向样品2的聚焦调整。由此,特别是在加速电压3kV以下的低加速区域中,可期待像差系数的降低。与实施例1不同,在使用非浸没透镜型的磁场透镜4-2的情况下,样品2附近的泄漏磁场小,在3kV以下的低加速区域中使用,较之磁场透镜4-2而因减速电场7所引起的电场透镜的会聚作用成为主体。因而,由于减速电场7的会聚作用,从样品2所产生的在与一次电子束31相反的方向上前进的具有50eV以下的能量的二次电子32-1受到充分的会聚作用,但不具有使具有1keV以上的较高能量的反射电子32-2会聚那样的会聚。因此,如图5(b)所示,在低角方向上产生的反射电子32-2的大部分不在扫描电子显微镜的加速管5内前进,在加速管5内前进的反射电子32-2被限定为在高角~中角方向上产生的反射电子32-2。另一方面,为了对二次电子32-1充分发挥基于减速电场7的透镜作用,在典型地5mm以内的短WD中,如图5(c)所示,所产生的所有角度段的二次电子32-1的大部分被会聚而于加速管5内前进。

[0082] 以上,于加速管5内前进的信号电子成为所有角度段中包含的二次电子32-1、和在高角~中角方向上产生的反射电子32-2。由于反射电子32-2的能量高于二次电子32-1的能量,因此若比较在相同的角度方向上被放出的信号电子的轨道,则相对地较之二次电子32-1而选取远离光轴1的轨道。在样品的高角方向上被放出的信号电子中,轨道的差异小,但是越是在低角方向上被放出的信号电子,轨道的差异表现得越大。因而,与实施例1同样地,按照关于由反射电子检测器9所检测的信号电子,使得在扫描电子显微镜的加速管5内前进的在低角方向上被放出的二次电子32-1较之反射电子充分少的方式,将设于闪烁体9-1的电子通过孔45的口径设定成使大半(尽可能为全部)的二次电子32-1通过设于反射电子检测器9的通过孔45,则能够辨别检测通过物镜4-2并在扫描电子显微镜的加速管5内前进的反射电子32-2之中在中角方向上被放出的反射电子。

[0083] 根据本实施例所涉及的扫描电子显微镜,将照射能量设为1keV、将探针电流设为

10pA~100pA来观察磁性体样品的结果,能够对二次电子和反射电子进行辨别检测,可获得良好的结果。

[0084] 以上,根据本实施例,通过使用产生量多的中角度段中包含的信号电子,从而能够提供一种即便是低探针电流也能辨别检测反射电子和二次电子的低加速的扫描电子显微镜。此外,通过作为物镜而使用非浸没透镜型磁场透镜,从而磁性体的观察成为可能。

[0085] 实施例3

[0086] 使用图6~图15来说明第3实施例。另外,在实施例1或者2中描述但是在本实施例中未描述的事项,只要没有特殊事项则也能应用于本实施例。图6是本实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。

[0087] 该图是抽出了由电子枪29、加速电极28、聚光透镜27、光阑26、作为物镜的电子透镜、电子的加速管5、偏转器10、二次电子的检测器8、反射电子的检测器9、放置样品2的样品台3、使样品台3移动来决定观察区域的样品台移动机构、SEM像的显示装置、控制SEM整体的控制器、真空排气设备等构成的扫描电子显微镜的系统之中、从样品台3到二次电子检测器8的构成的图。作为电子枪29,能够使用CFE、SE、热电子等各种电子枪。如图6所示,偏转器10和二次电子检测器8的设置位置被设置在较之反射电子检测器9更靠电子枪29侧。

[0088] 与实施例2同样地,在物镜4-2与加速管5的间隙设有未图示的绝缘体,以实现电绝缘。另外,本实施例如图6所示,对在具备电场透镜和非浸没透镜型磁场透镜的物镜4-2附近部分地设有加速管5的情况下的信号电子32(二次电子32-1、反射电子32-2)的检测方法进行说明,但是即便是使加速管5的设置范围延长到电子枪29附近的情况,检测方法也是同样的。另外,检测器的构成与实施例2同样地使用ET检测器。

[0089] 在本实施例中,在物镜4-2与样品2之间设置转换电极43,用作当反射电子32-2与该转换电极43发生碰撞之际产生作为二次电子的转换电子32-3的转换板。

[0090] 转换电极43被设置成使物镜4-2与样品2之间的减速电场7(参照图7或者图8)在样品2附近光轴1上缓慢地变化。在本实施例中,转换电极43以及样品2均设为接地电位。在实施例2中,由于在被接地的样品与加速管之间电场急剧地变化,因此难以进行样品的倾斜观察。此外,在样品表面存在局部的凹凸的情况下,减速电场7的均匀性紊乱,电子光学系统的光轴1的调整较为困难。对此,在本实施例中,通过与样品2相同电位的转换电极43的设置,可抑制局部的减速电场7的紊乱,因此也可进行样品2的倾斜观察。

[0091] 在以实施例2的方法来检测反射电子32-2的情况下,不在扫描电子显微镜的加速管5内前进的在中角~低角方向上被放出的具有1keV以上的能量的反射电子32-2,在扫描电子显微镜的加速管5内无法检测出。因此,为了将从样品2放出的反射电子32-2之中在中角~低角方向上被放出的具有1keV以上的能量的反射电子32-2与二次电子32-1分离开进行检测,通过转换电极43仅将反射电子32-2转换成转换电子32-3,并在扫描电子显微镜的框筒30内检测该转换电子。关于上述内容,以下叙述详细内容。

[0092] 当信号电子与转换电极43发生碰撞时产生转换电子32-3。关于该转换电子32-3,公知与转换电极43发生碰撞时的信号电子的能量在约1keV附近具有产生量的峰值。此外,由于转换电子32-3的产生量因转换电极43的材质而不同,因此作为产生量多的材料,优选使用导电体、典型地为金(Au、原子序号79)。此外,虽然在绝缘体材料之中存在较之导电体而转换电子的产生量多的材料,但是由于信号电子发生碰撞,因此转换电极带电,由于产生

量发生变化在检测原理上不优选,因此期望对于转换电极而使用导电体。此外,转换电极43中的转换电子32-3成为从信号电子发生碰撞的部位的表面至数10nm程度的区域。因而,转换电极43也可使成为基础的元件以Al等的导电体来成形,通过蒸镀其表面等方式来形成另一转换效率良好的导电体的膜。此外,优选此时的转换效率良好的导电体的膜厚为50nm以上。

[0093] 另外,在信号电子以比1keV附近小的能量而与转换电极43发生碰撞的情况下,在转换电极43的内部所损耗的能量小,转换电子32-3的产生量少。因而,在50eV以下的信号电子与转换电极43发生碰撞的情况下,几乎不产生转换电子32-3。因此,在样品2和转换电极43均设定为相同电位的情况下,信号电子向转换电极43入射的入射能量与由样品2所产生的能量相等,即便不足50eV的二次电子32-1与转换电极43发生碰撞,也几乎不产生转换电子32-3。

[0094] 关于反射电子的辨别检测方法的原理,使用图7和图8来进行说明。从已固定于样品台3的样品2放出的信号电子包括二次电子32-1、反射电子32-2。另外,箭头的朝向是具有各能量的信号电子的移动方向的一例,但并不限于此,也可在多个方向上放出。由样品2所产生的信号电子如图22所示,二次电子32-1不足50eV,反射电子32-2变为50eV以上且照射能量以下。由样品2所产生的信号电子的一部分,从样品2表面朝电子枪29的方向前进。

[0095] 若在照射能量为3kV以下之时具有50eV以上且3.0keV以下的能量的反射电子32-2与转换电极43发生碰撞,则可期待由各反射电子32-2产生一个以上的转换电子32-3。通过在扫描电子显微镜的加速管5内对该转换电子32-3进行辨别检测,从而能够获得因反射电子32-2所引起的信号。关于上述内容,以下叙述详细内容。

[0096] 形成于加速管5与转换电极43之间的减速电场7,由于图7所示的等电位面而具有特征。当形成这样的减速电场7时,在图7的转换电极43的表面所产生的转换电子32-3遵循因电场所引起的透镜作用,朝向加速管5的样品2侧开口部受到会聚作用之后,通过开口部,然后接受发散作用。因而,转换电子32-3的典型轨道成为图7所示那样。此外,关于由转换电极43所产生的转换电子32-3,虽然产生时的能量典型地为50eV以下,但是由于转换电极43与加速管5之间的电位差,也会被加速至到达加速管5的内壁。因此,例如若假设通过电源6-1向加速管5施加6kV的正电压,并由转换电极43产生了3eV的转换电子32-3,则当其到达加速管5的内壁时,被加速至6003eV。因而,通过由设置在加速管5的内部反射电子检测器9来检测该转换电子32-3,从而能够以较高的倍增率来检测因反射电子32-2所引起的信号。

[0097] 另一方面,由样品2所产生的二次电子32-1,其大半从设于转换电极43的一次电子束31的通过孔45而在扫描电子显微镜的加速管5内前进,在图8所示的轨道上,朝向与一次电子束31相反的方向于加速管5内前进。在此,决定转换电极43的内径,以使至少50eV以下的二次电子32-1的大部分通过电子通过孔45。另外,即便二次电子32-1与转换电极43发生碰撞,基于上述理由,二次电子32-1与转换电极43发生碰撞时的能量也较小而不足50eV,因此几乎不产生转换电子32-3。

[0098] 因此,在扫描电子显微镜的加速管5内二次电子32-1不通过的区域,通过在因反射电子32-2所引起的转换电子32-3到达的加速管5的内壁上设置反射电子检测器9,从而能够对因反射电子32-2所引起的信号进行辨别并加以检测。反射电子检测器9的形状、配置的细节内容将在后面叙述。

[0099] 接着,对转换电极43的形状进行叙述。作为转换电极43的接地电极的作用为:使在样品2附近的光轴1上的减速电场7的变化缓慢从而可倾斜地观察样品2、为了可观察在表面具有凹凸的样品2而设置的。另一方面,作为转换电极43的转换板的作用为:在反射电子32-2发生碰撞时使转换电子32-3效率良好地产生,并使其于扫描电子显微镜的加速管5内前进地放出。为使满足这样的功能,需要设定转换电极43的形状、开口率。

[0100] 在图9~图12中示出转换电极43的形状的简略图。

[0101] 图9是以支柱50对配置成同心圆状的环状转换板44进行固定的形状。由于最接近于光轴1的电极成为一次电子束31以及二次电子32-1的通过孔45,因此优选轴对称的形状。由各转换板44之间的距离所确定的转换电极43的开口率,是考虑反射电子32-2的转换效率而决定的。作为转换电极43的形状的示例,考虑图9的转换电极43的剖面成为图10~图12所示那样的形状的示例。图10是将与光轴1平行的方向的厚度相同的3片环状转换板44排列成同心圆状的图。图11是将图10的3片环状转换板44设置成越接近于光轴1的转换板44越设在接近样品2的位置的图。通过将转换电极43设为图10那样的形状,从而即便是倾斜地观察样品2的情况,由于转换电极43的前端也从物镜4-2的前端伸长到样品侧,因此能够维持较短的WD。此外,在图10、图11那样的形状的情况下,当设定为某WD、尤其是较长的WD时,一部分的反射电子32-2可能与转换板不发生碰撞,而在扫描电子显微镜的加速管5内直接前进。为了避免该情形,期望图12那样的剖面形状,即便是变更了WD的情况,也能设为反射电子32-2与转换板44发生碰撞,从而容易产生转换电子32-3这样的构成。

[0102] 图13成为在转换电极43上设有多个一次电子束31的通过孔45和反射电子32-2的转换孔44的形状。通过将该情况下的转换电极43的剖面形状也设为图10~图12那样,从而能够期待与上述同样的效果。另外,转换电极43的形状并不限定为图9~图12的形状,认为具有相同功能的类似形状也与其相同。此外,在5keV以上的较高的高加速电压下,通过将图9~图13所示的转换电极重叠多片来使用,从而在第一片转换电极损耗了能量的反射电子32-2易于在第二片以后的转换电极放出转换电子32-3,因此能期待与上述同样的反射电子32-2的转换效果。

[0103] 接着,对作为反射电子检测器9的构成要素的闪烁体9-1的形状进行叙述。与实施例1、实施例2同样地,需要在二次电子未通过而只有因反射电子所引起的转换电子通过的轨道上的区域中设置闪烁体。因而,闪烁体9-1与实施例1以及实施例2同样地也可以是图2、图3所示的形状。

[0104] 在由加速管5内的反射电子检测器9对转换电子32-3进行检测的情况下,转换电子32-3在加速管5内的到达位置依赖于减速电场7的分布状况、转换电子32-3的产生位置、产生时的能量、被放出的角度而有所不同。因而,在设为图2、图3那样的闪烁体9-1的形状的情况下,需要将设于闪烁体9-1的一次电子束31的通过孔45的口径设定成:大部分的二次电子32-1通过,仅检测出大部分的转换电子32-3。当磁场的透镜强度、WD等的观察条件改变时,由于该二次电子32-1的轨道改变,因此需要将一次电子束31的通过孔45的口径设定得较大。另一方面,当增大通过孔45的口径时,转换电子32-3的检测效率降低,因此不优选。为了避免该情形,期望图14以及图15所示的闪烁体9-1形状。该形状成为在光轴1的方向上将多个图3的闪烁体形状连在一起的构造。较之图2、图3的闪烁体形状的情况,既能将一次电子束31以及二次电子32-1的通过孔45的开口径确保得较宽,又能在宽范围检测向加速管5的

样品侧开口端部附近的内壁飞来的转换电子。由此,能够获得较高的转换电子32-3的检测效率,因此能够获取具有充分对比度的反射电子32-2图像。

[0105] 根据本实施例所涉及的扫描电子显微镜,将照射能量设为3keV、将探针电流设为10pA~100pA来观察生物体样品的结果,能够对二次电子和反射电子进行辨别检测,可获得良好的结果。

[0106] 以上,根据本实施例,通过使用产生量多的中角度段中包含的信号电子,从而能提供一种即便是低探针电流也能辨别检测反射电子和二次电子的低加速的扫描电子显微镜。此外,通过使用转换电极,从而能够以较高的倍增率来检测因反射电子所引起的信号。

[0107] 实施例4

[0108] 使用图16~图19来说明第4实施例。另外,在实施例1至3的任一者中描述但是在本实施例中未描述的事项,只要没有特殊事项则也能应用于本实施例。图16是本实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部剖视图。

[0109] 该图是抽出了由电子枪29、加速电极28、聚光透镜27、光阑26、作为物镜的电子透镜、电子的加速管5、偏转器10、二次电子检测器8、反射电子检测器9、放置样品2的样品台3、使样品台3移动来决定观察区域的样品台移动机构、SEM像的显示装置、控制SEM整体的控制器、真空排气设备等构成的扫描电子显微镜的系统之中、反射电子检测器9的构成的图。

[0110] 在利用了实施例3所描述的ET检测器的原理的反射电子检测器9中,对与实施例3不同的构成的情况进行说明。在本实施例中,作为光导向件9-2而使用直径为几mm的光纤51(参照图18)。在图17中示出加速管5内的光纤51的配置。沿着加速管5内壁配置成螺旋状。如图18所示,在该光纤51的表面比较均匀地固定粉末状的闪烁体9-1,在其表面设置A1等的导电体48膜,该导电体48的部分被电连接成与加速管5相同的电位。另外,由于需要将PMT9-3和加速管5电绝缘,因此导电带设于表面的部位90如图17以及图18所示那样限于收纳在加速管5的内部的部分。

[0111] 在加速管5内前进的信号电子32,当与闪烁体9-1发生碰撞时发光,当该光49进入到光纤51内时,其一部分反复全反射而到达PMT9-3。由此,可以与实施例3同样的原理进行检测。通过设为这样的检测器的构成,从而无需设置使光导向件贯通磁场物镜的磁路40的孔,通过使用光纤51,从而能够提高光导向件9-2的设置自由度。

[0112] 此外,为了获得同样的效果,也可由闪烁纤维52来代用上述的光纤51以及闪烁体9-1的部分。闪烁纤维52其自身兼做具备闪烁体和光导向件的作用,且成为图19所示那样的剖面形状。如图19所示,若在表面设置A1等的导电体48膜,且该导电体48的部分被电连接成与加速管5相同的电位,则可以与上述相同的检测原理进行检测。由于光纤本身成为荧光体,因此较之在光纤的表面用粉末状的闪烁体覆盖的情况,能期待在整体上获得均匀的检测灵敏度。

[0113] 另外,本实施例可用作实施例1、实施例2的反射电子检测器9。

[0114] 根据本实施例所涉及的扫描电子显微镜,将照射能量设为3keV、将探针电流设为10pA~100pA来观察生物体样品的结果,能够对二次电子和反射电子进行辨别检测,可获得良好的结果。

[0115] 以上,根据本实施例,通过使用产生量多的中角度段中包含的信号电子,从而能够提供一种即便是低探针电流也能辨别检测反射电子和二次电子的低加速的扫描电子显微

镜。此外,通过使用光纤,从而能够提高光导向件的设置自由度。

[0116] 实施例5

[0117] 使用图20来说明第5实施例。另外,在实施例1至4的任一者中描述但是在本实施例中未描述的事项,只要没有特殊事项则也能应用于本实施例。图20是本实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。

[0118] 该图是抽出了由电子枪29、加速电极28、聚光透镜27、光阑26、作为物镜的电子透镜、电子的加速管5、偏转器10、二次电子检测器8、反射电子检测器9、放置样品2的样品台3、使样品台3移动来决定观察区域的样品台移动机构、SEM像的显示装置、控制SEM整体的控制器、真空排气设备等构成的扫描电子显微镜的系统之中、从样品台3到二次电子检测器8的构成的图。

[0119] 在实施例3中,虽然说明了设置于加速管5内的反射电子检测器9为由闪烁体9-1、光导向件9-2、PMT9-3构成的ET型的检测器的情况,但是作为其他的反射电子检测器9,也可使用MCP(微通道板)等的板型的检测器、由pn结或者pin结所形成的半导体检测器、具备雪崩放大机构的雪崩二极管检测器等。此外,期望检测器形状如图20所示那样在检测器的中央存在电子的通过孔那样的形状。

[0120] 检测器9的阳极与加速管5电连接,且设为与通过电源6-1施加给加速管5的正电压相同的电位。在这样的构成中,为了将流入检测器9的阳极内的电子转换成信号,而需要转换放大器。由施加了几kV的高压后的阳极所检测到的电流信号,在浮动状态下被转换成电压信号,所获得的电压信号通过隔离放大器而降低至接地电位后输出电压信号。使用了本实施例中上述所示的任何检测器的情况,这样的放大器的连接都能成为同样的电路构成。

[0121] 通过使用这些检测器,无需光导向件以及PMT,由于与实施例4同样地无需设置贯通磁场物镜的磁路40的孔,因此能够提高检测器的设置自由度。

[0122] 另外,为了不使用上述的放大器而以接地电位来使用检测器,也可将加速管5设为接地电位,在通过电源6-2向物镜4-2、转换电极43、样品2、样品台3施加了1kV以上的负电位的减速状态下形成同样的减速电场。

[0123] 另外,本实施例也可用作实施例1、实施例2的反射电子检测器9。

[0124] 根据本实施例所涉及的扫描电子显微镜,将照射能量设为3keV、将探针电流设为10pA~100pA来观察生物体样品的结果,能够对二次电子和反射电子进行辨别检测,可获得良好的结果。

[0125] 以上,根据本实施例,通过使用产生量多的中角度段中包含的信号电子,从而能够提供一种即便是低探针电流也能辨别检测反射电子和二次电子的低加速的扫描电子显微镜。此外,作为反射电子检测器,通过使用板型的检测器、半导体检测器、或者雪崩二极管检测器,从而能够提高检测器的设置自由度。

[0126] 实施例6

[0127] 使用图21来说明第6实施例。另外,在实施例1至5的任一者中描述但是在本实施例中未描述的事项,只要没有特殊事项则也能应用于本实施例。图21是本实施例所涉及的扫描电子显微镜的要部简要剖视图。

[0128] 该图是抽出了由电子枪29、加速电极28、聚光透镜27、光阑26、作为物镜的电子透镜、电子的加速管5、偏转器10、二次电子检测器8、两个反射电子检测器9-A以及9-B、放置样

品2的样品台3、使样品台3移动来决定观察区域的样品台移动机构、SEM像的显示装置、用于对反射电子检测器9-A和9-B的输出信号进行加法或者减法运算的信号运算处理系统、控制SEM整体的控制器、真空排气设备等构成的扫描电子显微镜的系统之中、从样品台3到二次电子检测器8的构成的图。将两个反射电子检测器9-A和9-B设置成在加速管5内关于光轴1而成为线对称的配置,闪烁体9-1期望图4所示那样的形状。如在实施例4中说明过的那样,物镜是重叠减速电场7和磁场的透镜的结构,且设为:在比设于加速管5内的反射电子检测器9的样品2侧下端更靠近电子枪29侧具有磁场透镜的主面的构成。

[0129] 在本实施例中,在因反射电子32-2所引起的转换电子32-3到达反射电子检测器9-A和9-B的期间,在不受非浸没透镜型的磁场透镜4-2的透镜作用的影响、或者受到的透镜作用的影响小的条件下进行检测,来避免与磁场透镜的通过相伴的以光轴1为轴的转换电子32-3的旋转,在保存了产生反射电子32-2之际的方位角的角度方向的状态下,可检测转换电子32-3。因而,通过由未图示的信号运算处理系统来处理两个反射电子检测器9-A、9-B的检测信号,能够强调因反射电子32-2所引起的检测信息。即,若将反射电子检测器9-A的输出设为 S_A ,将反射电子检测器9-B的输出设为 S_B ,则通过 S_A+S_B 的运算信号能够强调组成信息,通过 S_A-S_B 的运算信号能够强调凹凸信息。在本实施例中,由于在加速管5内对因反射电子32-2所引起的转换电子32-3进行加速来加以检测,因此既能确保反射电子检测器9的倍增率也能进行信号运算。因而,可以同时获取将具有充分对比度的组成信息、凹凸信息强调之后的图像。

[0130] 根据本实施例所涉及的扫描电子显微镜,将照射能量设为3keV、将探针电流设为10pA~100pA来观察生物体样品的结果,能够对二次电子和反射电子进行辨别检测,可获得凹凸信息或者组成信息被强调的良好的结果。

[0131] 以上,根据本实施例,通过使用产生量多的中角度段中包含的信号电子,从而能够提供一种即便是低探针电流也能辨别检测反射电子和二次电子的低加速的扫描电子显微镜。此外,通过设为如下的构成,即:按照相对于光轴而成为线对称的配置的方式设置两个反射电子检测器,且在比反射电子检测器的样品侧下端更靠近电子枪侧具有磁场透镜的主面,从而能够强调因反射电子所引起的检测信息。

[0132] 符号说明

[0133] 1...光轴、2...样品、3...样品台、4-1...半浸没透镜型的磁场透镜、4-2...非浸没透镜型的磁场透镜、5...加速管、6-1...向加速管施加的电压施加用电源、6-2...向样品施加的电压施加用电源、7...减速电场、8...二次电子检测器、9...反射电子检测器、9-1...反射电子检测器的闪烁体(感受面)、9-2...反射电子检测器的光导向件、9-3...反射电子检测器的光电倍增管(PMT)、9-A...反射电子检测器A、9-B...反射电子检测器B、10...偏转器、26...光阑、27...聚光透镜、28...加速电极、29...电子枪、30...电子光学框筒、31...一次电子束、32...信号电子、32-1...二次电子、32-2...反射电子、32-3...因反射电子所引起的转换电子、40...磁场透镜的磁路、43...转换电极、44...转换板、45...一次电子束的通过孔、46...光导向件接合部、48...导电体、49...光、50...转换电极的支柱、51...光纤、52...闪烁纤维、90...纤维上在表面设有导电体的区域。

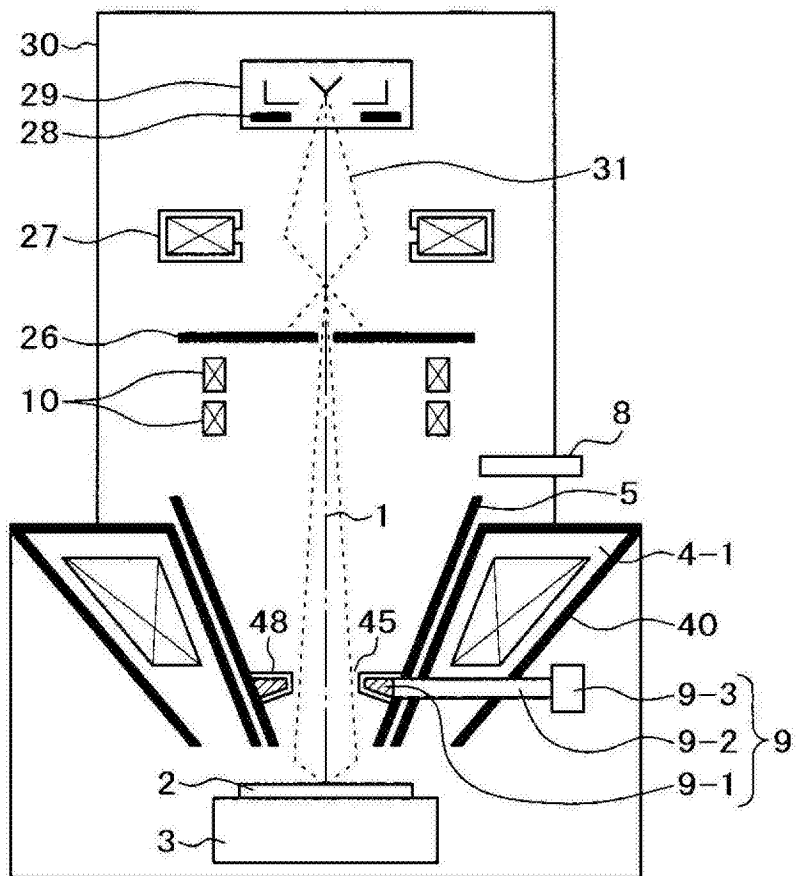


图1(a)

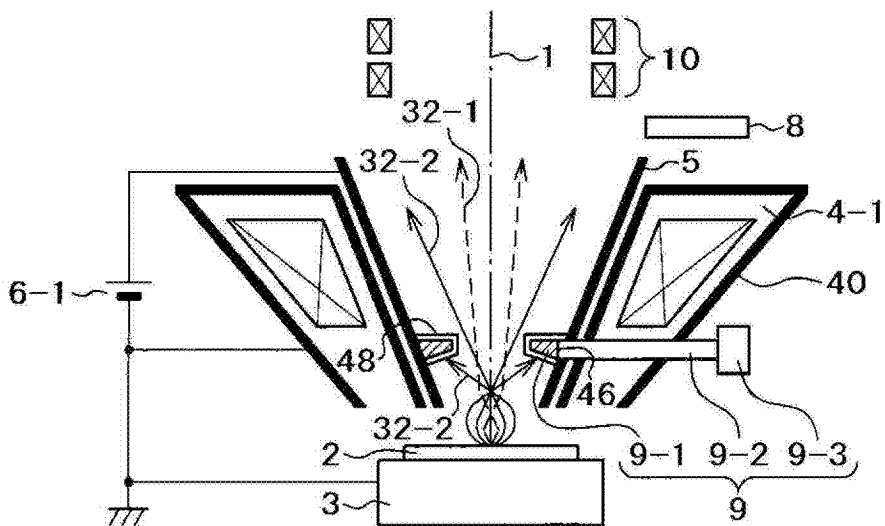


图1(b)

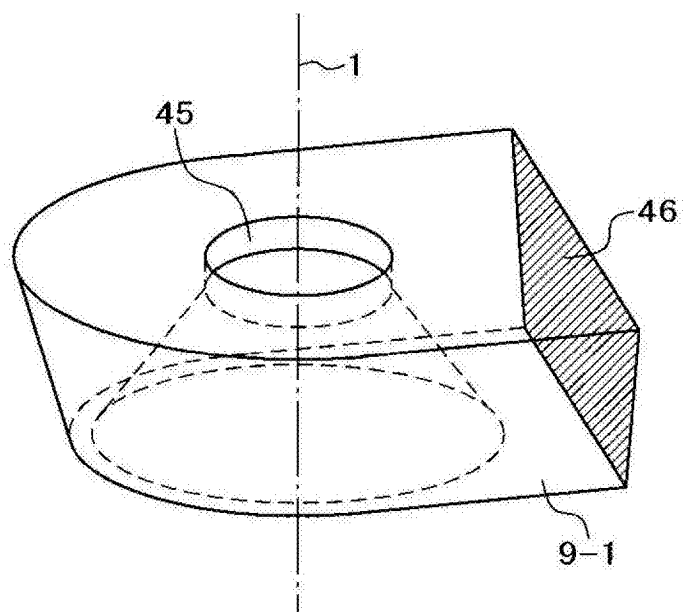


图2

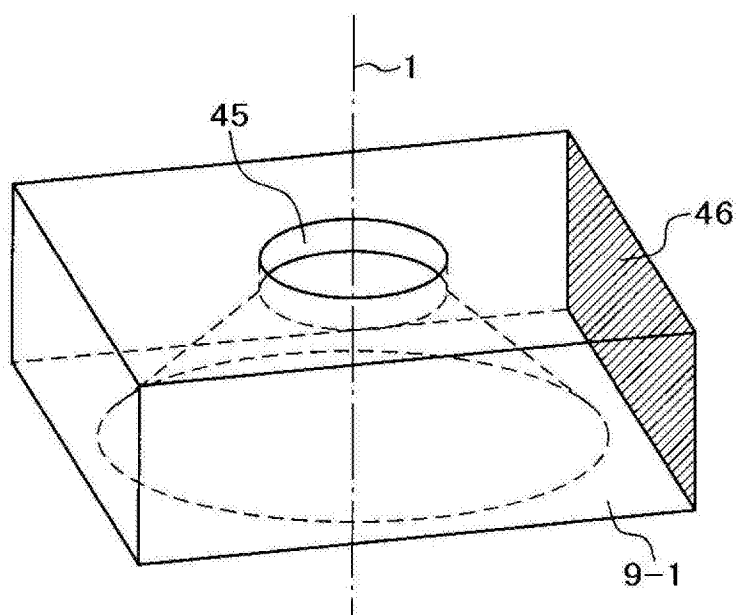


图3

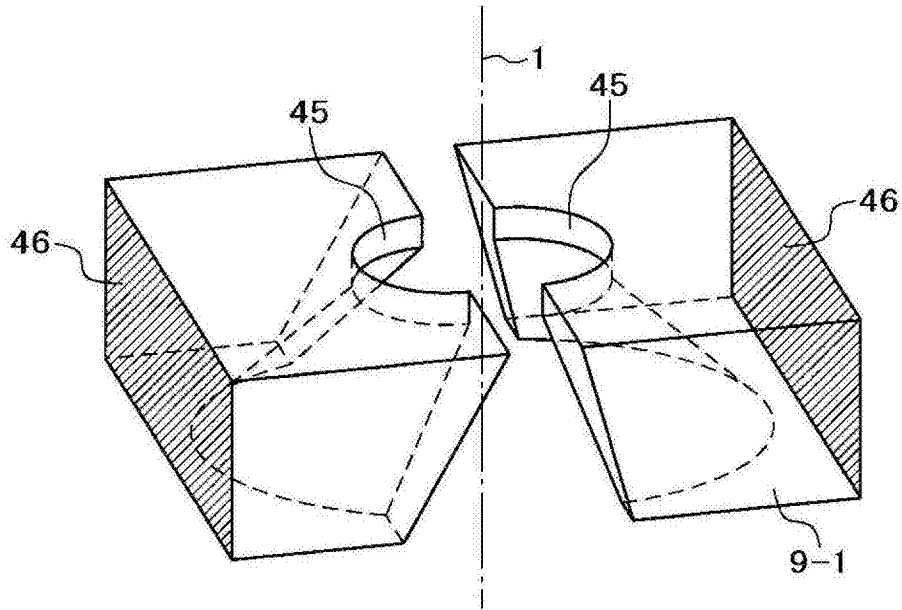


图4

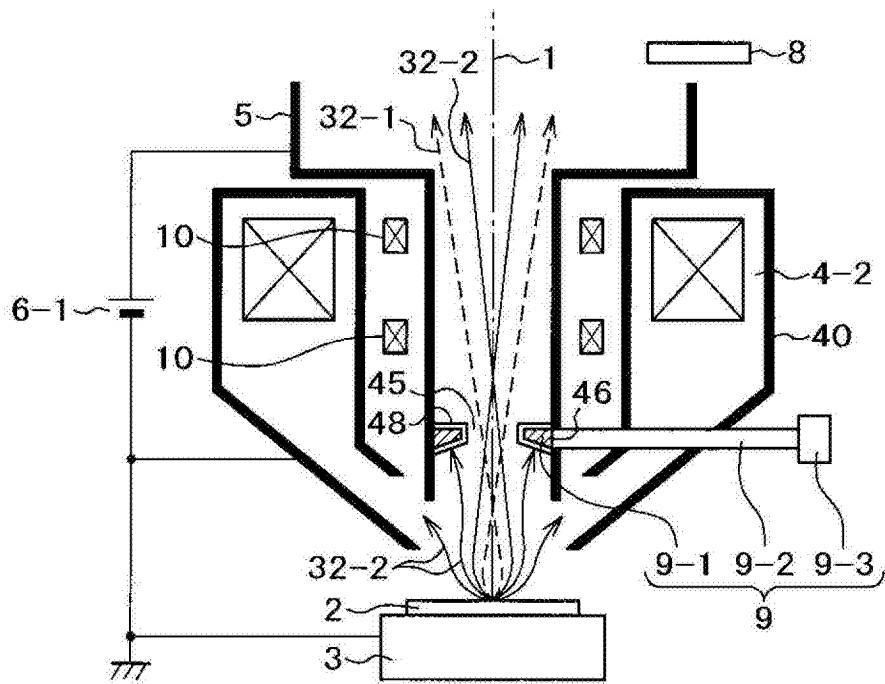


图5(a)

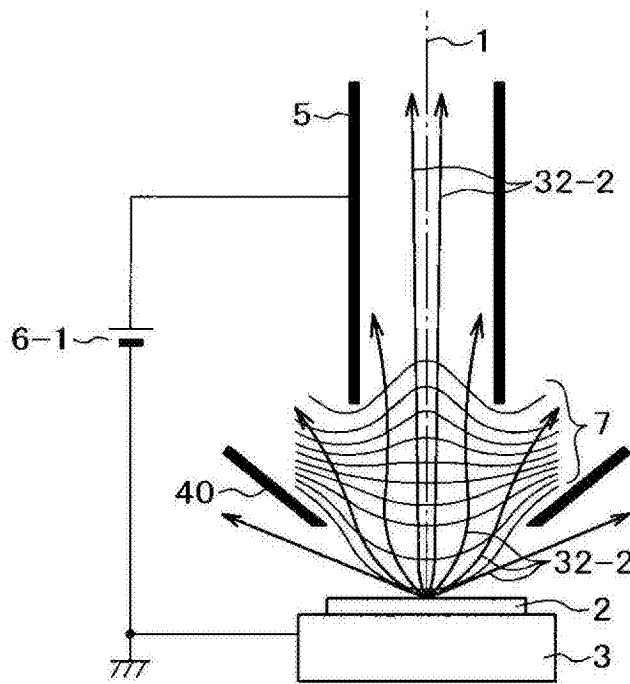


图5(b)

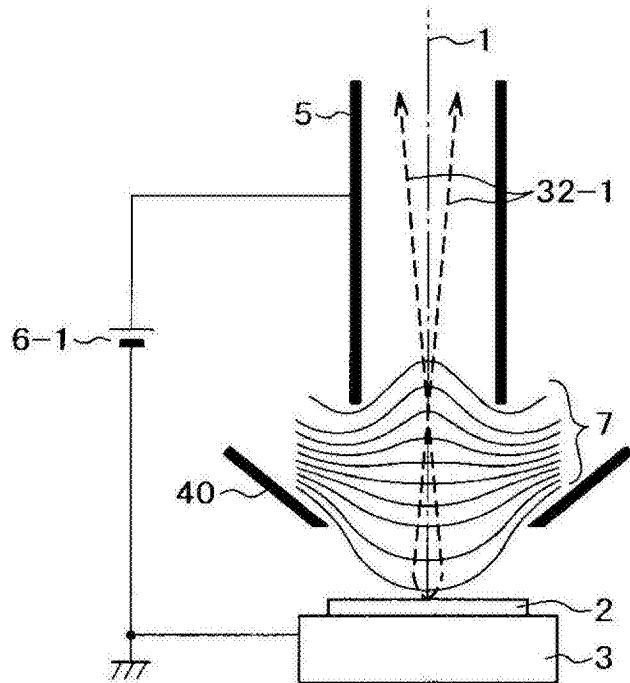


图5(c)

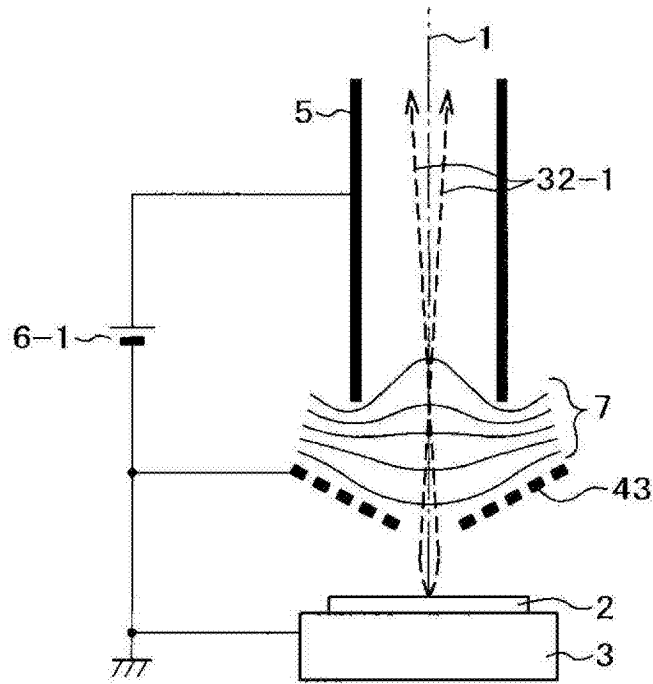


图8

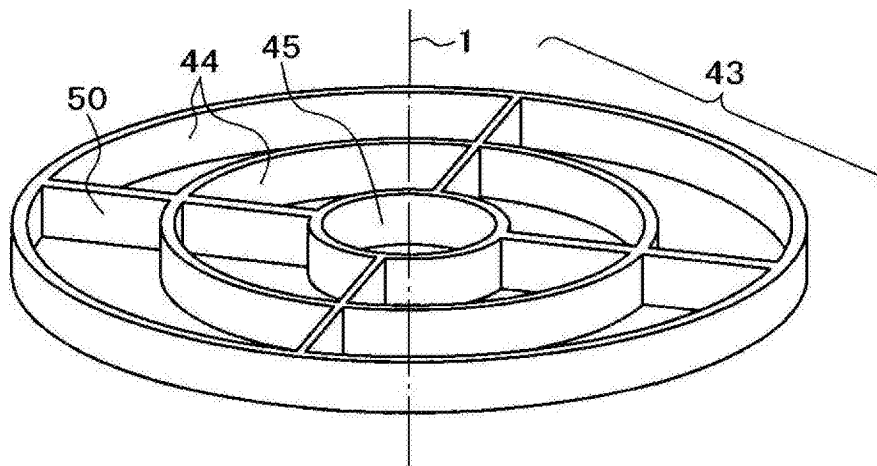


图9

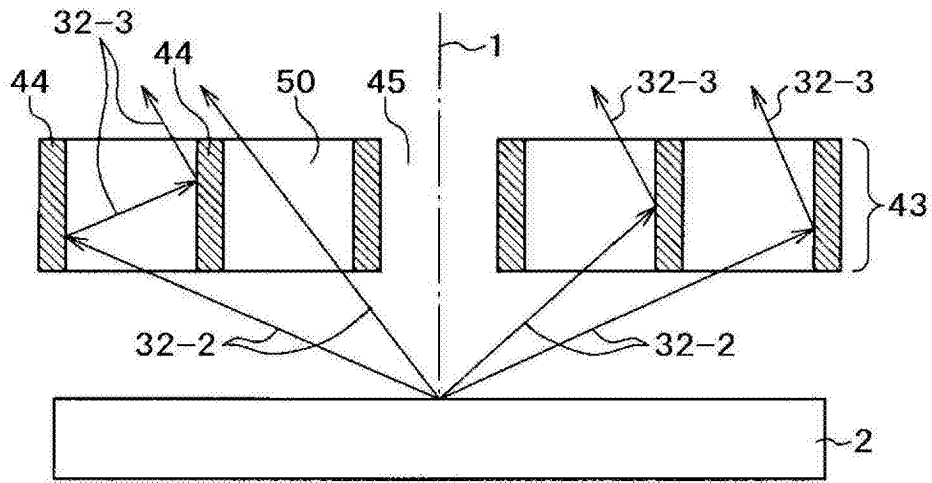


图10

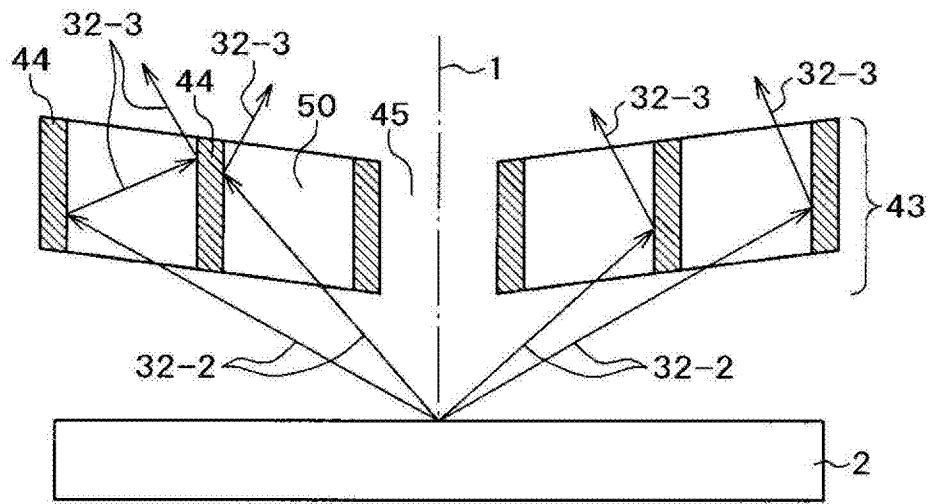


图11

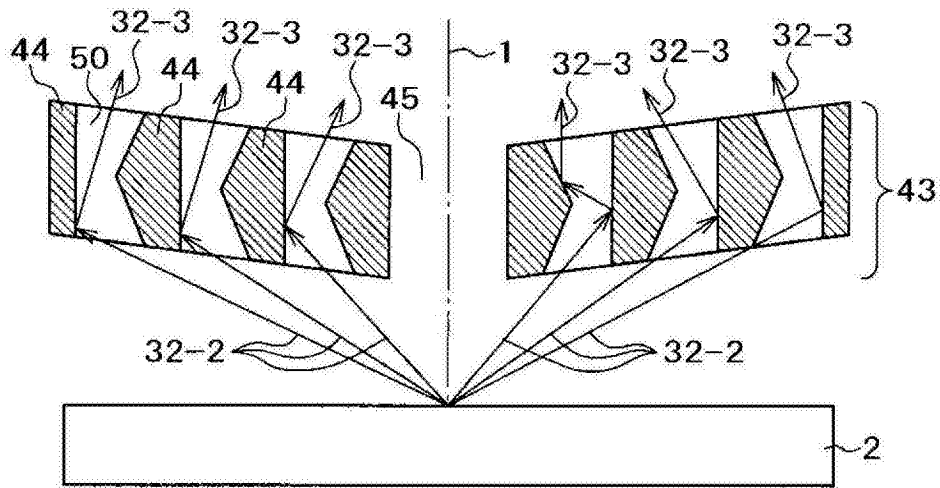


图12

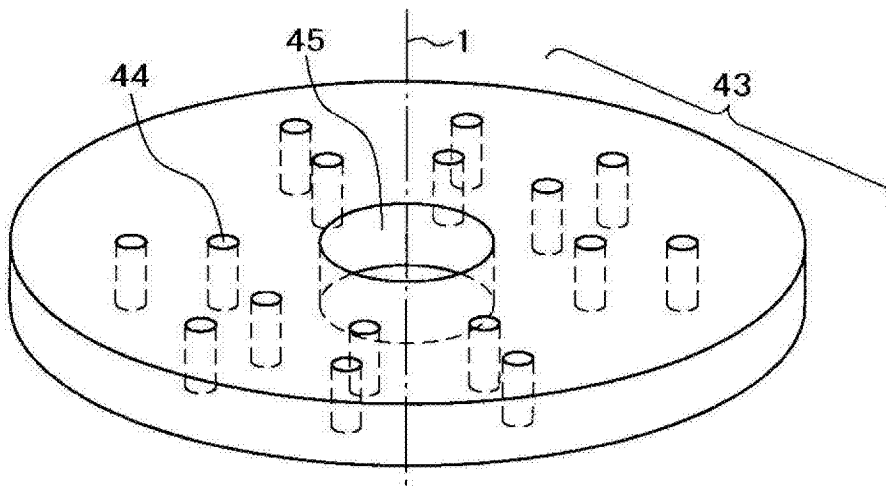


图13

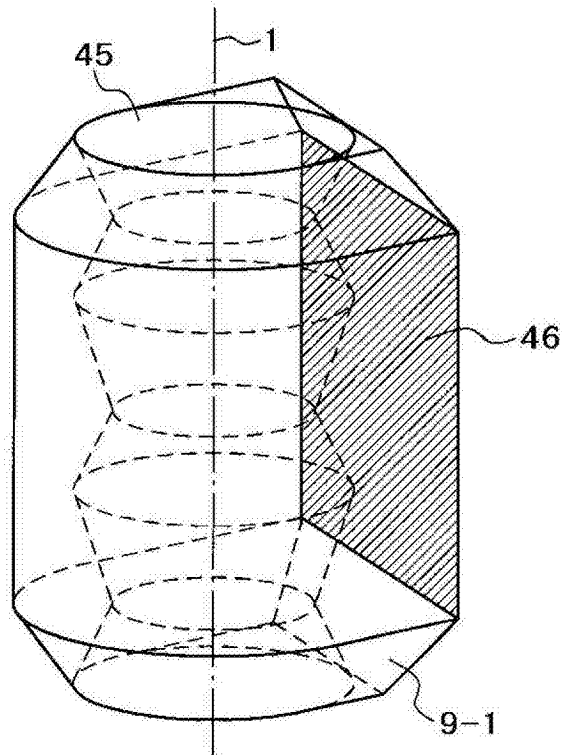


图14

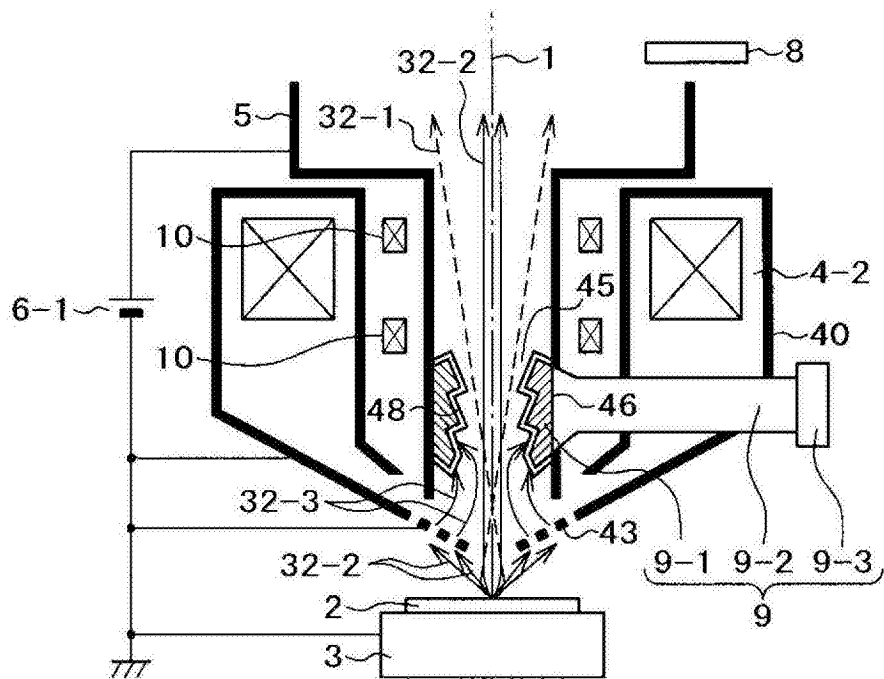


图15

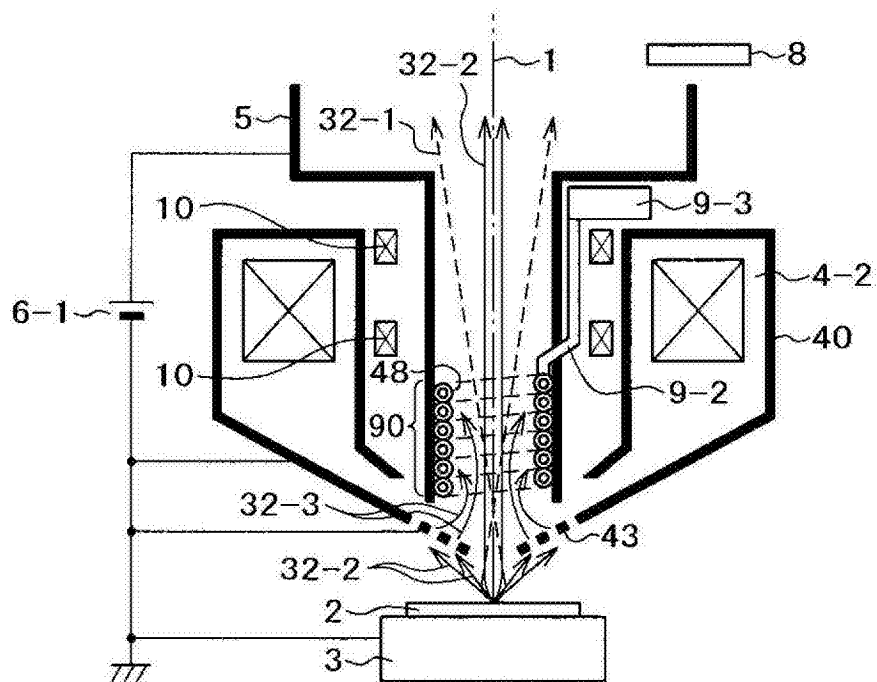


图16

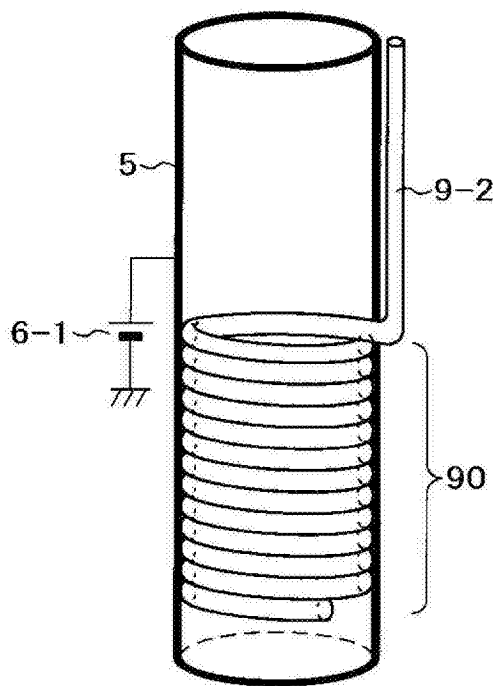


图17

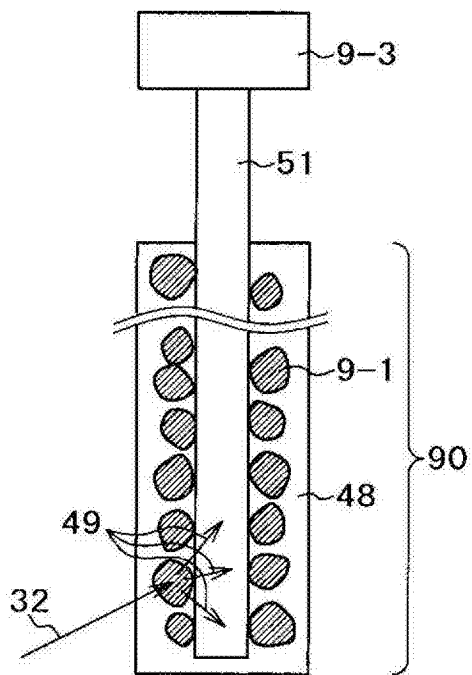


图18

