



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104024874 B

(45)授权公告日 2017.03.29

(21)申请号 201280057715.X

(22)申请日 2012.11.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104024874 A

(43)申请公布日 2014.09.03

(30)优先权数据

2011-258147 2011.11.25 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.05.23

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/007467 2012.11.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/076975 JA 2013.05.30

(73)专利权人 东芝三菱电机产业系统株式会社

地址 日本东京

专利权人 国立大学法人 东京大学

(72)发明人 坪井雄一 山田慎一郎 吉满哲夫

日高邦彦 熊田亚纪子 池田久利

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 宋俊寅

(51)Int.Cl.

G01R 31/34(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2011-22007 A,2011.02.03,

JP 特开7-181211 A,1995.07.21,

JP 特开平5-196672 A,1993.08.06,

WO 93/12435 A1,1993.06.24,

JP 特开2004-525361 A,2004.08.19,

JP 特开2004-525361 A,2004.08.19,

JP 特开平5-307057 A,1993.11.19,

CN 2289357 Y,1998.08.26,

CN 1036463 A,1989.10.18,

CN 1042427 A,1990.05.23,

CN 1479177 A,2004.03.03,

CN 101582003 A,2009.11.18,

Kunihiko Hidaka et al..Electric Field and Voltage Measurement by Using Electro-Optic Sensor.《HIGH VOLTAGE ENGINEERING, 1999.ELEVENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON (C ONF. PUBL. NO. 467)》.1999,第2卷第1-14页.

审查员 黄金霞

权利要求书4页 说明书9页 附图7页

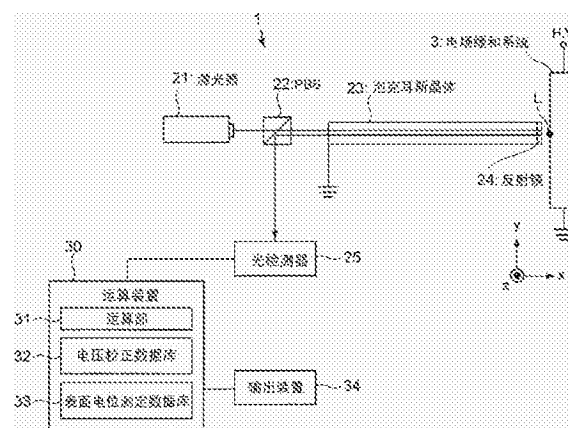
(54)发明名称

表面电位分布测量装置和表面电位分布测量方法

(57)摘要

旋转电机的电场缓和系统(3)的表面电位分布测量装置(1)中,通过使用激光器(21)与电场缓和系统(3)的表面(测试部位(L))之间的泡克耳斯晶体(23),从而被泡克耳斯晶体(23)与测试部位(L)之间的反射镜(24)反射的激光的光强度与泡克耳斯晶体(23)的第1端面与第2端面之间的电位差即输出电压相对应。另外,通过使用具有跟踪逆变器脉冲电压的高频分量的频带的光检测器(25),从而即使在产生逆变器脉冲电压的情况下,也可利用光检测器(25)来检测出上述光

强度。因此,表面电位分布测量装置(1)能够根据上述光强度(输出电压)来测量出设想产生逆变器脉冲电压时的电场缓和系统(3)的表面电位。



1. 一种表面电位分布测量装置，

对在旋转电机的定子线圈的端部即定子线圈端部施加的电场缓和系统的表面电位进行测量，其包括：

激光器，该激光器射出激光；

泡克耳斯晶体，该泡克耳斯晶体沿着所述激光的传播方向在长边方向上延伸，从所述激光器射出的所述激光入射至该泡克耳斯晶体的第1端面；

反射镜，该反射镜的表面设置于所述泡克耳斯晶体的第2端面，并使从所述泡克耳斯晶体的第1端面入射来的所述激光朝着与入射方向相反的方向反射；

光检测器，该光检测器具有跟踪逆变器脉冲电压的高频分量的频带，向该光检测器入射由所述反射镜反射的所述激光，该光检测器检测与输出电压相对应的检测光强度以作为所述激光的光强度，该输出电压是所述泡克耳斯晶体的第1端面与第2端面之间的电位差；

电压校正数据库，在测试前所进行的电压校正处理中，对所述反射镜的背面施加各不相同的输入电压时，该电压校正数据库存放有输入电压-输出电压特性，该输入电压-输出电压特性表示各不相同的所述输入电压与对所述反射镜的背面施加所述输入电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压之间的关系；以及

运算部，在测试时所进行的表面电位测定处理中，对所述反射镜的背面配置有所述电场缓和系统的表面的一部分以作为测试部位的情况下，该运算部将向所述定子线圈施加电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压作为测试时输出电压，根据存放在所述电压校正数据库中的所述输入电压-输出电压特性，确定与所述测试时输出电压相对应的输入电压以作为所述电场缓和系统的表面电位，

在将所述定子线圈端部的两端部中的、与所述旋转电机的定子铁芯相接的端部作为第一位置，将其另一个端部作为第二位置的情况下，所述测试部位表示从所述第一位置在所述长边方向上延伸的距离，

在所述表面电位测定处理中，对于所述反射镜的背面，在从所述第一位置到所述第二位置为止各不相同的位置上设置有所述测试部位时，所述运算部生成测试部位-表面电位特性，该测试部位-表面电位特性表示各不相同的所述测试部位、与对所述反射镜的背面设置有所述测试部位时所确定的所述电场缓和系统的所述表面电位之间的关系。

2. 如权利要求1所述的表面电位分布测量装置，其特征在于，

还包括表面电位测定数据库，

在所述表面电位测定处理中，对于所述反射镜的背面，在从所述第一位置到所述第二位置为止各不相同的位置上设置有所述测试部位时，所述运算部将各不相同的所述测试位置和此时的所述电场缓和系统的所述表面电位存放在所述表面电位测定数据库中，生成所述测试部位-表面电位特性。

3. 如权利要求1所述的表面电位分布测量装置，其特征在于，

在所述表面电位测定处理中，所述运算部将所述测试部位-表面电位特性输出到输出装置。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的表面电位分布测量装置，其特征在于，

在所述表面电位测定处理中，所述运算部根据所述测试部位-表面电位特性，计算出各不相同的所述测试部位中的、第一测试部位与第二测试部位这两点之间的电场。

5. 如权利要求1至3中任一项所述的表面电位分布测量装置,其特征在于,
所述检测光强度由所述输出电压的余弦函数来表示,
所述运算部使用所述余弦函数,根据所述检测光强度来导出所述泡克耳斯晶体的所述输出电压。

6. 如权利要求1至3中的任一项所述的表面电位分布测量装置,其特征在于,
所述泡克耳斯晶体的第1端面接地。

7. 如权利要求1至3中的任一项所述的表面电位分布测量装置,其特征在于,
所述泡克耳斯晶体是BGO晶体。

8. 一种表面电位分布测量装置,
对在旋转电机的定子线圈的端部即定子线圈端部施加的电场缓和系统的表面电位进行测量,其包括:

激光器,该激光器射出激光;

泡克耳斯晶体,该泡克耳斯晶体沿着所述激光的传播方向在长边方向上延伸,从所述激光器射出的所述激光入射至该泡克耳斯晶体的第1端面;

反射镜,该反射镜的表面设置于所述泡克耳斯晶体的第2端面,并使从所述泡克耳斯晶体的第1端面入射来的所述激光朝着与入射方向相反的方向反射;

光检测器,该光检测器具有跟踪逆变器脉冲电压的高频分量的频带,向该光检测器入射由所述反射镜反射的所述激光,该光检测器检测与输出电压相对应的检测光强度以作为所述激光的光强度,该输出电压是所述泡克耳斯晶体的第1端面与第2端面之间的电位差;

电压校正数据库,在测试前所进行的电压校正处理中,对所述反射镜的背面施加各不相同的输入电压时,该电压校正数据库存放有输入电压-输出电压特性,该输入电压-输出电压特性表示各不相同的所述输入电压与对所述反射镜的背面施加所述输入电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压之间的关系;以及

运算部,在测试时所进行的表面电位测定处理中,对所述反射镜的背面配置有所述电场缓和系统的表面的一部分以作为测试部位的情况下,该运算部将向所述定子线圈施加电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压作为测试时输出电压,根据存放在所述电压校正数据库中的所述输入电压-输出电压特性,确定与所述测试时输出电压相对应的输入电压以作为所述电场缓和系统的表面电位,

在对于相邻的所述电场缓和系统即第一电场缓和系统和第二电场缓和系统进行所述表面电位测定处理时,所述运算部对于相同的所述测试部位,计算出所述第一电场缓和系统的所述表面电位与所述第二电场缓和系统的所述表面电位之间的电位差即表面电位差。

9. 如权利要求8所述的表面电位分布测量装置,其特征在于,
所述检测光强度由所述输出电压的余弦函数来表示,
所述运算部使用所述余弦函数,根据所述检测光强度来导出所述泡克耳斯晶体的所述输出电压。

10. 如权利要求9所述的表面电位分布测量装置,其特征在于,
还包括偏振光分束器,该偏振光分束器仅使直线偏振光通过,
所述激光器朝向与所述电场缓和系统的长边方向垂直的所述入射方向,射出作为所述直线偏振光的所述激光,

所述偏振光分束器使从所述激光器射出的所述激光朝向所述入射方向通过，

所述泡克耳斯晶体配置成其长边方向与所述入射方向平行，且与所述激光器和所述偏振光分束器一起在所述入射方向上排列配置，来自所述偏振光分束器的所述激光入射至第1端面，

所述偏振光分束器使被所述反射镜反射的所述激光朝着所述长边方向通过，

所述光检测器相对于所述偏振光分束器在所述长边方向上配置，向所述光检测器入射来自所述偏振光分束器的所述激光。

11. 如权利要求8至10中的任一项所述的表面电位分布测量装置，其特征在于，所述泡克耳斯晶体的第1端面接地。

12. 如权利要求8至10中的任一项所述的表面电位分布测量装置，其特征在于，所述泡克耳斯晶体是BGO晶体。

13. 一种表面电位分布测量方法，

对在旋转电机的定子线圈的端部即定子线圈端部施加的电场缓和系统的表面电位进行测量，包括如下步骤：

激光器使激光从泡克耳斯晶体的第1端面朝向第2端面射出的步骤，该泡克耳斯晶体沿着所述激光的传播方向在长边方向上延伸；

利用其表面设置于所述泡克耳斯晶体的第2端面的反射镜，使从所述泡克耳斯晶体的第1端面入射来的所述激光朝着与入射方向相反的方向反射的步骤；

使用具有跟踪逆变器脉冲电压的高频分量的频带的光检测器，并向该光检测器入射由所述反射镜反射的所述激光，利用该光检测器来检测与输出电压相对应的检测光强度以作为所述激光的光强度的步骤，该输出电压是所述泡克耳斯晶体的第1端面与第2端面之间的电位差；

在测试前所进行的电压校正处理中，对所述反射镜的背面施加各不相同的输入电压时，运算装置将输入电压-输出电压特性存放在电压校正数据库中的步骤，该输入电压-输出电压特性表示各不相同的所述输入电压与对所述反射镜的背面施加所述输入电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压之间的关系；以及

在测试时所进行的表面电位测定处理中，对所述反射镜的背面配置有所述电场缓和系统的表面的一部分以作为测试部位的情况下，运算装置将向所述定子线圈施加电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压作为测试时输出电压，根据存放在所述电压校正数据库中的所述输入电压-输出电压特性，确定与所述测试时输出电压相对应的输入电压以作为所述电场缓和系统的表面电位的步骤，

在将所述定子线圈端部的两端部中的、与所述旋转电机的定子铁芯相接的端部作为第一位置，将其另一个端部作为第二位置的情况下，所述测试部位表示从所述第一位置在所述长边方向上延伸的距离，

在所述表面电位测定处理中，对于所述反射镜的背面，在从所述第一位置到所述第二位置为止各不相同的位置上设置有所述测试部位时，所述运算部生成测试部位-表面电位特性，该测试部位-表面电位特性表示各不相同的所述测试部位、与对所述反射镜的背面设置有所述测试部位时所确定的所述电场缓和系统的所述表面电位之间的关系。

14. 一种表面电位分布测量方法，

对在旋转电机的定子线圈的端部即定子线圈端部施加的电场缓和系统的表面电位进行测量,包括如下步骤:

激光器使激光从泡克耳斯晶体的第1端面朝向第2端面射出的步骤,该泡克耳斯晶体沿着所述激光的传播方向在长边方向上延伸;

利用其表面设置于所述泡克耳斯晶体的第2端面的反射镜,使从所述泡克耳斯晶体的第1端面入射来的所述激光朝着与入射方向相反的方向反射的步骤;

使用具有跟踪逆变器脉冲电压的高频分量的频带的光检测器,并向该光检测器入射由所述反射镜反射的所述激光,利用该光检测器来检测与输出电压相对应的检测光强度以作为所述激光的光强度的步骤,该输出电压是所述泡克耳斯晶体的第1端面与第2端面之间的电位差;

在测试前所进行的电压校正处理中,对所述反射镜的背面施加各不相同的输入电压时,运算装置将输入电压-输出电压特性存放在电压校正数据库中的步骤,该输入电压-输出电压特性表示各不相同的所述输入电压与对所述反射镜的背面施加所述输入电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压之间的关系;以及

在测试时所进行的表面电位测定处理中,对所述反射镜的背面配置有所述电场缓和系统的表面的一部分以作为测试部位的情况下,运算装置将向所述定子线圈施加电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压作为测试时输出电压,根据存放在所述电压校正数据库中的所述输入电压-输出电压特性,确定与所述测试时输出电压相对应的输入电压以作为所述电场缓和系统的表面电位的步骤,

在对于相邻的所述电场缓和系统即第一电场缓和系统和第二电场缓和系统进行所述表面电位测定处理时,所述运算部对于相同的所述测试部位,计算出所述第一电场缓和系统的所述表面电位与所述第二电场缓和系统的所述表面电位之间的电位差即表面电位差。

表面电位分布测量装置和表面电位分布测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及旋转电机的电场缓和系统的表面电位分布测量装置、和表面电位分布测量方法。

背景技术

[0002] 利用逆变器驱动旋转电机的逆变器驱动旋转电机系统已开发普及。该逆变器驱动系统中,逆变器利用开关动作从直流电压转换成脉冲电压,并将该脉冲电压经由电缆提供给旋转电机。利用该脉冲电压的电力来驱动旋转电机。

[0003] 以往,在高电压旋转电机中,特别是为了防止在定子线圈的铁芯端部附近发生的局部放电、发热,在定子铁芯端部附近的线圈表面施加电场缓和系统的示例较多,该电场缓和系统将从定子铁芯槽内导出的低电阻层和与该低电阻层部分重叠形成的电场缓和层相组合而成。

[0004] 另一方面,在逆变器驱动系统中,由于逆变器与电缆与旋转电机的阻抗不匹配,会产生反射波。由于该反射波会与脉冲电压重叠,因而可能会在电缆与旋转电机之间的部分、特别是电缆与旋转电机的连接部产生高电压噪声、即所谓的逆变器浪涌。

[0005] 在包含这些逆变器浪涌的脉冲电压(以下,称为逆变器脉冲电压)重复产生的情况下,上述的铁芯端部的定子线圈(以下,称为定子线圈端部)中,以商用频率进行运行时产生的局部放电、发热变得更大,在电场缓和系统上,也会发生对可靠性产生影响的局部放电、发热,最终可能会显著地减小定子线圈的可靠性。

[0006] 该局部放电、发热的发生取决于电场缓和系统的表面电位(参照非专利文献1)。因此,强烈地希望存在对设想产生逆变器脉冲电压时的电场缓和系统的表面电位进行准确的测量的技术。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本专利特开2011-22007号公报

[0010] 非专利文献

[0011] 非专利文献1:熊田亚纪子、千叶政邦、日高邦彦“使用泡克耳斯(Pockels)效应的负极性沿面放电进行时的电位分布直接测定”电气学会论文杂志AVol.118-ANo.6pp.723~728(1998-6)

发明内容

[0012] 发明所要解决的技术问题

[0013] 在测量表面电位时,通常使用表面电位计(参照专利文献1)。专利文献1所记载的技术中,使探针与电场缓和系统相接触或相接近,从而使用由表面电位计测量出的表面电位来计算出非线性电阻。

[0014] 然而,逆变器脉冲电压具有kHz数量级以上的高频分量。在这种情况下,表面电位

计无法跟踪上述高频分量,无法测量出设想产生逆变器脉冲电压时的电场缓和系统的表面电位。

[0015] 另外,探针通常使用金属材料。因此,在使探针与电场缓和系统相接触或相接近的方法中,可能会在电场缓和系统与探针之间产生静电。另外,可能会在发生逆变器浪涌时等在电场缓和系统与探针之间发生电晕放电。由此,在测定点使用金属材料的情况下,由于对于测定对象的干扰,而无法测量出设想产生逆变器脉冲电压时的电场缓和系统的表面电位。

[0016] 本发明所要解决的技术问题在于对设想产生逆变器脉冲电压时的电场缓和系统的表面电位进行测量。

[0017] 解决技术问题所采用的技术方案

[0018] 本发明的表面电位分布测量装置是对在旋转电机的定子线圈的端部即定子线圈端部施加的电场缓和系统的表面电位进行测量的表面电位分布测量装置,包括:激光器,该激光器射出激光;泡克耳斯晶体,从所述激光器射出的所述激光入射至该泡克耳斯晶体的第1端面;反射镜,该反射镜的表面设置于所述泡克耳斯晶体的第2端面,并使从所述泡克耳斯晶体的第1端面入射来的所述激光朝着与入射方向相反的方向反射;光检测器,该光检测器具有跟踪逆变器脉冲电压的高频分量的频带,向该光检测器入射由所述反射镜反射的所述激光,该光检测器检测与输出电压相对应的检测光强度以作为所述激光的光强度,该输出电压是所述泡克耳斯晶体的第1端面与第2端面之间的电位差;电压校正数据库,在测试前所进行的电压校正处理中,对所述反射镜的背面施加各不相同的输入电压时,该电压校正数据库存放有输入电压-输出电压特性,该输入电压-输出电压特性表示各不相同的所述输入电压与对所述反射镜的背面施加所述输入电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压之间的关系;以及运算部,在测试时所进行的表面电位测定处理中,对所述反射镜的背面配置有所述电场缓和系统的表面的一部分以作为测试部位的情况下,该运算部将向所述定子线圈施加电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压作为测试时输出电压,根据存放在所述电压校正数据库中的所述输入电压-输出电压特性,确定与所述测试时输出电压相对应的输入电压以作为所述电场缓和系统的表面电位。

[0019] 本发明的表面电位分布测量方法是对在旋转电机的定子线圈的端部即定子线圈端部施加的电场缓和系统的表面电位进行测量的表面电位分布测量方法,包括如下步骤:利用激光器使激光从泡克耳斯晶体的第1端面朝向第2端面射出的步骤;利用其表面设置于所述泡克耳斯晶体的第2端面的反射镜,使从所述泡克耳斯晶体的第1端面入射来的所述激光朝着与入射方向相反的方向反射的步骤;使用具有跟踪逆变器脉冲电压的高频分量的频带的光检测器,并向该光检测器入射由所述反射镜反射的所述激光,利用该光检测器来检测与输出电压相对应的检测光强度以作为所述激光的光强度的步骤,该输出电压是所述泡克耳斯晶体的第1端面与第2端面之间的电位差;在测试前所进行的电压校正处理中,对所述反射镜的背面施加各不相同的输入电压时,将输入电压-输出电压特性存放在电压校正数据库中的步骤,该输入电压-输出电压特性表示各不相同的所述输入电压与对所述反射镜的背面施加所述输入电压时的所述泡克耳斯晶体的所述输出电压之间的关系;以及在测试时所进行的表面电位测定处理中,对所述反射镜的背面配置有所述电场缓和系统的表面的一部分以作为测试部位的情况下,将向所述定子线圈施加电压时的所述泡克耳斯晶体的

所述输出电压作为测试时输出电压,根据存放在所述电压校正数据库中的所述输入电压-输出电压特性,确定与所述测试时输出电压相对应的输入电压以作为所述电场缓和系统的表面电位的步骤。

[0020] 发明效果

[0021] 根据本发明,能够测量出设想产生逆变器脉冲电压时的电场缓和系统的表面电位。

附图说明

[0022] 图1是表示第一实施方式所涉及的表面电位分布测量装置的结构框图。

[0023] 图2是简单地表示的旋转电机的定子、电场缓和系统、和表面电位分布测量装置的泡克耳斯晶体的立体图。

[0024] 图3是表示电压校正处理中的输入电压-输出电压特性的图。

[0025] 图4是与旋转电机的定子和电场缓和系统的简要剖面相对应地示出表面电位测定处理中的测试部位-表面电位特性的图。

[0026] 图5是表示电压校正处理的一个示例的流程图。

[0027] 图6是表示电压校正处理的一个示例的流程图。

[0028] 图7是表示第二实施方式所涉及的表面电位分布测量装置的结构框图。

[0029] 图8是表示电位差计算处理的一个示例的流程图。

具体实施方式

[0030] 下面,参照附图来说明本发明所涉及的表面电位分布测量装置的实施方式。

[0031] [第一实施方式]

[0032] 图1是表示第一实施方式所涉及的表面电位分布测量装置1的结构框图。图2是简单地表示的旋转电机的定子、电场缓和系统3、和表面电位分布测量装置1的泡克耳斯晶体23的立体图。

[0033] 表面电位分布测量装置1适用于后述的电场缓和系统,该电场缓和系统3施加于逆变器驱动的旋转电机。

[0034] 使用图2来说明该旋转电机。这里,在图中省略与后述的电场缓和系统3不直接相关的构成要素。

[0035] 旋转电机包括定子和转子。转子配置于定子的内部,进行旋转。

[0036] 转子包括转轴、转子铁芯和转子线圈。转子铁芯与转轴一起旋转。转子线圈卷绕于转子铁芯。

[0037] 定子包括定子铁芯11、定子线圈、和主绝缘层13。

[0038] 定子铁芯11以预定间隔配置在转子的径向外侧。沿着定子铁芯11的内周缘以预定间隔形成有槽。

[0039] 在该槽内,容纳有作为线圈导体12的半匝线圈。在定子铁芯的外部,半匝线圈彼此相连。即,半匝线圈彼此电连接,来制成定子线圈。通过对于U相、V相、W相制造该定子线圈,从而来制造U相、V相、W相的三相绕组线圈。

[0040] 在定子线圈的外周,设置有利于对定子线圈进行绝缘覆盖的主绝缘层13。具体而

言,在定子线圈的外周,卷绕以云母环氧树脂为主要成分的对地绝缘带以作为主绝缘层13(参照图4)。

[0041] 由于设置有主绝缘层13的定子线圈的端部(以下,称为定子线圈端部16)不是直接帮助发电的部分,因此定子线圈端部16中的半匝线圈彼此的相连部采用三维弯曲(弯曲)的形状、即,采用所谓的渐开线形状。由此,能够使旋转电机紧凑。

[0042] 对定子线圈端部16施加用于防止发生后述的电晕放电的电场缓和系统3。接着,使用图2来说明电场缓和系统3。

[0043] 电场缓和系统3包括低电阻层14和电场缓和层15。

[0044] 在定子线圈端部16的主绝缘层13与面向定子铁芯11的槽壁面的部分之间,可能会发生电晕放电即局部放电。为了防止发生该局部放电,在主绝缘层13的外周设置有低电阻层14。具体而言,在主绝缘层13的外周,从主绝缘层13与定子铁芯11的内周相对的部分直到主绝缘层13露出于定子铁芯11外部的部分为止,卷绕有低电阻导电带以作为低电阻层14(参照图4)。设置于定子铁芯11外部的低电阻层14的宽度(以下,称为低电阻层14的端部17)为几十毫米左右。

[0045] 低电阻层14与定子铁芯11均接地。因此,在向线圈导体12施加电压(交流电压)的情况下,线圈导体12成为驱动电极,低电阻层14成为接地电极。在这种情况下,线圈导体12与定子线圈11内的低电阻层14之间产生的等电位线大致平行。另一方面,线圈导体12与定子线圈端部16中的低电阻层14之间产生的等电位线在主绝缘层13的厚度方向上分布。定子线圈端部16中,等电位线取决于主绝缘层13与线圈导体12之间的相对介电常数的差异、线圈导体12的表面的电阻率而较密地分布。因此,在定子线圈端部16的表面,电位梯度较大,电场集中在定子线圈端部16的沿面方向。特别是,在低电阻层14的端部17,电位梯度显著变大,容易发生电晕放电即局部放电或沿面放电。因而,为了防止发生局部放电或沿面放电,在低电阻层14的端部17和定子线圈端部16的主绝缘层13的外周设置电场缓和层15。具体而言,在定子线圈端部16的主绝缘层13的外周,卷绕用于使电位梯度平缓的高电阻导电带以作为电场缓和层15,并使其覆盖低电阻层14的端部17(参照图4)。

[0046] 接着,使用图1来说明表面电位分布测量装置1。表面电位分布测量装置1对施加于定子线圈端部16的电场缓和系统3的表面电位进行测量。

[0047] 表面电位分布测量装置1包括:半导体激光发生器(以下,称为激光器)21、偏振光分束器(以下,称为PBS)22、泡克耳斯晶体23、电介质反射镜(以下,称为反射镜)24、光检测器25、和运算装置30。

[0048] 激光器21朝向与电场缓和系统3的长边方向(y方向)垂直的入射方向(x方向)射出激光。该激光的波长为532.0nm,最大输出为10mW,口径为0.34mm。这里,虽然将激光的波长设为532.0nm,但只要能在泡克耳斯晶体23内、光学部件内传播而不会发生较大衰减即可。

[0049] 激光为直线偏振光,该直线偏振光的偏振面与垂直于入射方向x和长边方向y的方向(z方向)平行。

[0050] PBS22仅使上述直线偏振光通过。PBS22使从激光器21射出的激光朝向入射方向x通过。

[0051] 泡克耳斯晶体23配置成其长边方向与入射方向x平行,与激光器21和PBS22一起在入射方向x上排列配置。泡克耳斯晶体23的第1端面接地。或者,泡克耳斯晶体23的第1端面

通过电源装置成为0 [V]。来自PBS22的激光入射至泡克耳斯晶体23的第1端面,且朝向与泡克耳斯晶体23的第1端面不相交的第2端面。

[0052] 反射镜24的表面设置于泡克耳斯晶体23的第2端面。对反射镜24的背面,从测定对象物施加电压。即,对泡克耳斯晶体23的第2端面施加电压。该测定对象物是电场缓和系统3。

[0053] 对反射镜24的背面,设置电场缓和系统3的表面的一部分以作为测试部位。具体而言,反射镜24的背面与测试部位隔开预定距离而设置。该预定距离在本实施方式中设为1mm,但可考虑空间分辨率而改变。反射镜24使从泡克耳斯晶体23的第1端面入射的激光朝着与入射方向x相反的方向反射。

[0054] 泡克耳斯晶体23是属于“晶体学点群3m”的有压电性的各向同性晶体,产生泡克耳斯效应。泡克耳斯效应是指对电介质的各向同性晶体施加电场(电压)时示出双折射性的现象,折射率(光强度)与此时的电压成比例地发生变化。作为泡克耳斯晶体23,举例示出BG0($\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$)晶体等。

[0055] 泡克耳斯晶体能够根据结晶方位以及与入射光的传播方向所成的方向,使外部电场的与光传播方向平行或垂直的分量具有灵敏度。前者被称为纵向调制,后者被称为横向调制。属于“晶体学点群3m”的泡克耳斯晶体是可进行纵向调制配置的晶体,在采用纵向调制配置的情况下,光强度与外部电场的平行于光路的分量的积分值、即电压成比例地发生变化。

[0056] 被反射镜24反射的激光的光强度与输出电压 V_{Pout} 相对应,该输出电压 V_{Pout} 是泡克耳斯晶体23的第1端面与第2端面之间(以下,也称为两面间)的电位差。

[0057] PBS22使被反射镜24反射的激光朝着长边方向y(本实施方式中为与长边方向y相反的方向)通过。

[0058] 光检测器25具有跟踪逆变器脉冲电压的高频分量的频带。该光检测器25相对于PBS22配置在长边方向y(本实施方式中为与长边方向y相反的方向)。向光检测器25入射来自PBS22的激光。光检测器25检测出检测光强度 P_{out} 以作为该激光的光强度。

[0059] 检测光强度 P_{out} 与输出电压 V_{Pout} 相对应,该输出电压 V_{Pout} 是泡克耳斯晶体23的第1端面与第2端面之间的电位差。该检测光强度 P_{out} 如下式那样来表示以作为输出电压 V_{Pout} 的余弦函数。

[0060]
$$P_{\text{out}} = (P_{\text{in}}/2) \times \{1 - \cos(\pi(V_{\text{Pout}}/V_{\pi}) - \theta_0)\}$$

[0061] 上述余弦函数中, P_{in} 是泡克耳斯晶体23的入射光强度, V_{π} 是半波长电压, θ_0 是由波片提供的相位差(任意)。本实施方式中,根据检测光强度 P_{out} ,由上述余弦函数的逆函数求出泡克耳斯晶体23的输出电压 V_{Pout} 。泡克耳斯晶体23使用100mm长的较长的晶体,因此因使泡克耳斯晶体23接近而引起的电介质表面的电场分布的紊乱较小。因此,泡克耳斯晶体23的输出电压 V_{Pout} 与作为测定对象的电场缓和系统3的表面电位成比例。

[0062] 运算装置30是与光检测器25和输出装置34相连接的计算机,包括CPU(中央处理单元)和存储装置。存储装置中存放有计算机程序,CPU从存储装置中读取计算机程序,并执行该计算机程序。作为输出装置34举例示出显示装置、印刷装置。运算装置30包括运算部31、电压校正数据库32、和表面电位测定数据库33,以作为CPU的功能模块。

[0063] 接着,对第一实施方式所涉及的表面电位分布测量装置1的动作进行说明。

[0064] 表面电位分布测量装置1在测试前进行后述的电压校正处理,在之后的测试时进行后述的表面电位测定处理。运算部31通过电压校正处理来构建电压校正数据库32,通过表面电位测定处理来参照电压校正数据库32。例如通过测试人员的输入操作来对运算部31设定电压校正处理或表面电位测定处理。

[0065] 图5是表示电压校正处理的一个示例的流程图。

[0066] 首先,对运算部31设定电压校正处理(步骤S11;电压校正设定处理)。

[0067] 接着,对设置于表面电位分布测量装置1的泡克耳斯晶体23的端部的反射镜24的背面,施加例如50Hz的交流电压以作为输入电压 V_{in} [kV] (步骤S12;输入电压施加处理)。

[0068] 此时,从激光器21射出的激光经由PBS22和泡克耳斯晶体23被反射镜24反射,被反射镜24反射的激光经由泡克耳斯晶体23和PBS22入射至光检测器25。光检测器25检测来自PBS22的激光的光强度以作为检测光强度 P_{out} (步骤S13;光强度检测处理)。

[0069] 电压校正处理中,运算部31进行如下处理。

[0070] 首先,运算部31使用上述余弦函数,根据检测光强度 P_{out} 计算出泡克耳斯23的输出电压 V_{Pout} [V]。即,根据检测光强度 P_{out} ,导出与检测光强度 P_{out} 相对应的输出电压 V_{Pout} [V] (步骤S14;输出电压计算处理)。

[0071] 运算部31将上述输出电压 V_{Pout} [V]与例如通过测试人员的输入操作而输入的上述输入电压 V_{in} [kV]一起存放在电压校正数据库32中(步骤S15;输出电压存放处理)。

[0072] 之后,在不结束电压校正处理的情况下(步骤S16—否),在改变输入电压 V_{in} [kV]的同时,重复上述步骤S11~S15。

[0073] 由此,在电压校正数据库32中,存放表示各不相同的输入电压 V_{in} [kV]、与此时的泡克耳斯晶体23的输出电压 V_{Pout} [V]之间的关系的输入电压-输出电压特性。即,生成如图3所示的输入电压-输出电压特性,来构建电压校正数据库32。

[0074] 图3是表示电压校正处理中的输入电压-输出电压特性的图。运算部31参照电压校正数据库32,根据各不相同的输入电压 V_{in} [kV]与泡克耳斯晶体23的输出电压 V_{Pout} [V]之间的关系进行拟合,求出电压校正的关系式,从而能够得到如图3所示的输入电压-输出电压特性。

[0075] 在结束电压校正处理的情况下(步骤S16—是),运算部31将存放在电压校正数据库32中的输入电压-输出电压特性输出到输出装置34。在输出装置34是显示装置的情况下,在显示装置上显示输入电压-输出电压特性,在输出装置34是印刷装置的情况下,通过印刷装置来打印输入电压-输出电压特性(步骤S17;输入电压-输出电压特性的输出处理)。

[0076] 图6是表示表面电位测定处理的一个示例的流程图。

[0077] 首先,对运算部31设定表面电位测定处理(步骤S32;表面电位测定设定处理)。

[0078] 接着,对设置于表面电位分布测量装置1的泡克耳斯晶体23的端部的反射镜24的背面,设置电场缓和系统3的表面的一部分以作为测试部位。在将定子线圈端部16的两端部中的、与定子铁芯11相接的一个端部作为第一位置 P ($P=0$) [mm],将其另一个端部作为第二位置 Q [mm]的情况下,测试部位 L [mm]表示从第一位置 P 在长边方向 y 上延伸的距离(步骤S22;测试部位配置处理)。

[0079] 接着,对旋转电机的定子线圈,施加例如频率为50Hz、峰值为10kV的交流电压以作为测试电压(步骤S23;测试电压施加处理)。

[0080] 此时,从激光器21射出的激光经由PBS22和泡克耳斯晶体23被反射镜24反射,被反射镜24反射的激光经由泡克耳斯晶体23和PBS22入射至光检测器25。光检测器25检测出来自PBS22的激光的光强度以作为检测光强度 P_{out} (步骤S24;光强度检测处理)。

[0081] 表面电位测定处理中,运算部31进行如下处理。

[0082] 首先,运算部31使用上述余弦函数,根据检测光强度 P_{out} 计算出泡克耳斯23的输出电压 V_{Pout} [V]。即,根据检测光强度 P_{out} ,导出与检测光强度 P_{out} 相对应的输出电压 V_{Pout} [V]。这里,将输出电压 V_{pout} [V]作为测试时输出电压 V_{out} [V] (步骤S25;输出电压计算处理)。

[0083] 运算部31根据存放在电压校正数据库32中的输入电压-输出电压特性,确定与测试时输出电压 V_{out} [V]相对应的输入电压 V_{in} [kV]以作为电场缓和系统3的表面电位 V_{suf} [kV] (步骤S26;表面电位确定处理)。

[0084] 运算部31将上述表面电位 V_{suf} [kV]与例如通过测试人员的输入操作而输入的上述测试部位 L [mm]一起存放在表面电位测定数据库33中 (步骤S27;表面电位存放处理)。

[0085] 之后,在不结束表面电位测定处理的情况下 (步骤S28—否),在改变测试部位 L [mm]的同时,重复上述步骤S21~S27。例如,对于反射镜24的背面,在从第一位置P到第二位置Q为止在各不相同的位置上设置测试部位 L 时,运算部31将各不相同的测试部位 L [mm]、和此时所确定的电场缓和系统3的表面电位 V_{suf} [kV]存放在表面电位测定数据库33中。

[0086] 由此,表面电位测定数据库33中,存放表示各不相同的测试部位 L [mm]、与此时所确定的电场缓和系统3的表面电位 V_{suf} [kV]之间的关系的测试部位-表面电位特性。即,运算部31使用表面电位测定数据库33,生成如图4所示的测试部位-表面电位特性。

[0087] 图4是与旋转电机的定子和电场缓和系统3的简要剖面相对应地示出表面电位测定处理中的测试部位-表面电位特性的图。如图4所示,由从第一位置P到第二位置Q为止在长边方向 y 上测量表面电位 V_{suf} [kV]后的结果可知,表面电位 V_{suf} [kV]的斜率从低电阻层14与电场缓和层15的边界区域朝向长边方向 y 变得急剧,在该边界区域产生较高的电场。

[0088] 在结束表面电位测定处理的情况下 (步骤S28—是),运算部31将存放在表面电位测定数据库33中的测试部位-表面电位特性输出到输出装置34。在输出装置34是显示装置的情况下,在显示装置上显示测试部位-表面电位特性,在输出装置34是印刷装置的情况下,通过印刷装置来打印测试部位-表面电位特性 (步骤S29;测试部位-表面电位特性输出处理)。

[0089] 而且,在步骤S29中,运算部31也可根据存放在表面电位测定数据库33中的测试部位-表面电位特性,计算出各不相同的测试部位 L [mm]中的、第一测试部位 $L1$ [mm]与第二测试部位 $L2$ [mm]这两点之间的电场 E [kV/m],将表示电场 E [kV/m]的值输出到输出装置34。这里,在将与第一测试部位 $L1$ [mm]相对应的表面电位 V_{suf} [kV]作为第一表面电位 V_{suf1} [kV],将与第二测试部位 $L2$ [mm]相对应的表面电位 V_{suf} [kV]作为第二表面电位 V_{suf2} [kV]的情况下,运算部31根据 $E = (V_{suf2} - V_{suf1}) / (L2 - L1)$,计算出电场 E [kV/m]。这里,第一测试部位 $L1$ [mm]和第二测试部位 $L2$ [mm]也可任意选择,第二测试部位 $L2$ [mm]也可选作为第一测试部位 $L1$ [mm]的下一个测试部位。

[0090] 如上所述,第一实施方式的表面电位分布测量装置1中,使用激光器21与电场缓和系统3的表面 (测试部位 L) 之间的泡克耳斯晶体23。即,通过泡克耳斯晶体23来使用泡克耳

斯效应。由此,在利用激光器21使激光朝向测试部位L射出的情况下,被泡克耳斯晶体23与测试部位L之间的反射镜24反射的激光的光强度与输出电压 V_{Pout} 相对应,该输出电压 V_{Pout} 是泡克耳斯晶体23的第1端面与第2端面之间的电位差。因此,表面电位分布测量装置1能够根据该激光的光强度(输出电压 V_{Pout})测量出电场缓和系统3的表面电位 V_{suf} 。

[0091] 另外,第一实施方式的表面电位分布测量装置1中,使用具有跟踪上述逆变器脉冲电压的高频分量的频带的光检测器25。由此,即使在产生逆变器脉冲电压的情况下,也可利用光检测器25来检测出被泡克耳斯晶体23与测试部位L之间的反射镜24反射的激光的光强度。因此,表面电位分布测量装置1能够根据该激光的光强度(输出电压 V_{Pout})测量出设想产生逆变器脉冲电压时的电场缓和系统3的表面电位 V_{suf} 。

[0092] 另外,第一实施方式的表面电位分布测量装置1中,在测试前所进行的电压校正处理中,对反射镜24的背面施加各不相同的输入电压 V_{in} 时,表示各不相同的输入电压 V_{in} 与此时的泡克耳斯晶体23的输出电压 V_{Pout} (由光检测器25检测出的检测光强度 P_{out})之间的关系输入电压-输出电压特性存放在电压校正数据库32中。因此,在测试时所进行的表面电位测定处理中,对反射镜24的背面配置有电场缓和系统3的表面的一部分以作为测试部位L的情况下,将向定子线圈施加电压时的泡克耳斯晶体23的输出电压 V_{Pout} (由光检测器25检测出的检测光强度 P_{out})作为测试时输出电压 V_{out} ,根据存放在电压校正数据库32中的输入电压-输出电压特性,能够确定与测试时输出电压 V_{out} 相对应的输入电压 V_{in} 以作为电场缓和系统3的表面电位 V_{suf} 。

[0093] 另外,第一实施方式的表面电位分布测量装置1中,由于测定点(测试部位)不使用金属材料,因此能够将对于测定对象的干扰抑制得最小。

[0094] 由此,根据第一实施方式的表面电位分布测量装置1,能够测量出设想产生逆变器脉冲电压时的电场缓和系统的表面电位。

[0095] [第二实施方式]

[0096] 关于第二实施方式,仅说明对于第一实施方式的改变点。未特别记载的部分与第一实施方式相同。

[0097] 对第二实施方式所涉及的表面电位分布测量装置1的动作进行说明。

[0098] 表面电位分布测量装置1在测试前进行上述的电压校正处理,在之后的测试时进行上述的表面电位测定处理和后述的电位差计算处理。例如通过测试人员的输入操作来对运算部31设定电压校正处理、或者表面电位测定处理和电位差计算处理。

[0099] 图7是表示第二实施方式所涉及的表面电位分布测量装置1的结构框图。

[0100] 表面电位测定数据库33分配给各不相同的电场缓和系统3。即,表面电位测定数据库33与电场缓和系统3的数量相对应地设置于运算装置30。

[0101] 图8是表示电位差计算处理的一个示例的流程图。

[0102] 首先,对于相邻的电场缓和系统3即第一电场缓和系统3A和第二电场缓和系统3B进行上述的表面电位测定处理。此时,例如通过测试人员的输入操作来对运算部31设定电位差计算处理(步骤S31;电位差计算设定处理)。

[0103] 电位差计算处理中,运算部31进行如下处理。

[0104] 运算部31对分配给第一电场缓和系统3A和第二电场缓和系统3B的表面电位测定数据库33中是否存放有相同的测试部位L进行确认(步骤S32)。

[0105] 在存放有相同的测试部位L的情况下(步骤S32一是),运算部31对于该相同的测试部位L,计算出第一电场缓和系统3A的表面电位 V_{suf} [kV]与第二电场缓和系统3B的表面电位 V_{suf} [kV]之间的电位差即表面电位差 VAB [kV]。这里,在将第一电场缓和系统3A的表面电位 V_{suf} [kV]作为第一电场缓和系统表面电位 V_{suf31} [kV],将第二电场缓和系统3B的表面电位 V_{suf} [kV]作为第二电场缓和系统表面电位 V_{suf32} [kV]的情况下,运算部31根据 $VAB = V_{suf32} - V_{suf31}$,计算出表面电位差 VAB [kV] (步骤S33;表面电位差计算处理)。

[0106] 在上述的表面电位测定处理结束的情况下(步骤S34一是),运算部31在步骤S29中测试部位-表面电位特性和表示电场 E [kV/m]的值输出到输出装置34,并且将表示表面电位差 VAB [kV]的值输出到输出装置34(步骤S35;表面电位差输出处理)。

[0107] 由此,根据第二实施方式的表面电位分布测量装置1,能够测量出相邻的电场缓和系统3的电位差。

[0108] 以上,虽然说明了本发明的实施方式,但这些实施方式只是作为示例而呈现,而并非要对发明范围进行限定。该新的实施方式可通过其它各种方式进行实施,在不脱离发明要旨的范围内,可进行各种省略、替换、变更。该实施方式及其变形均包含在发明的范围和要旨中,并且包含在专利的权利要求所记载的发明及其等同范围内。

[0109] 标号说明

[0110] 1…表面电位分布测量装置

[0111] 3…电场缓和系统

[0112] 11…定子铁芯

[0113] 12…线圈导体

[0114] 13…主绝缘层

[0115] 14…低电阻层

[0116] 15…电场缓和层

[0117] 16…定子线圈端部

[0118] 17…低电阻层的端部

[0119] 21…激光器(半导体激光发生器)

[0120] 22…PBS

[0121] 23…泡克耳斯晶体

[0122] 24…反射镜(电介质反射镜)

[0123] 25…光检测器

[0124] 30…运算装置

[0125] 31…运算部

[0126] 32…电压校正数据库

[0127] 33…表面电位测定数据库

[0128] 34…输出装置

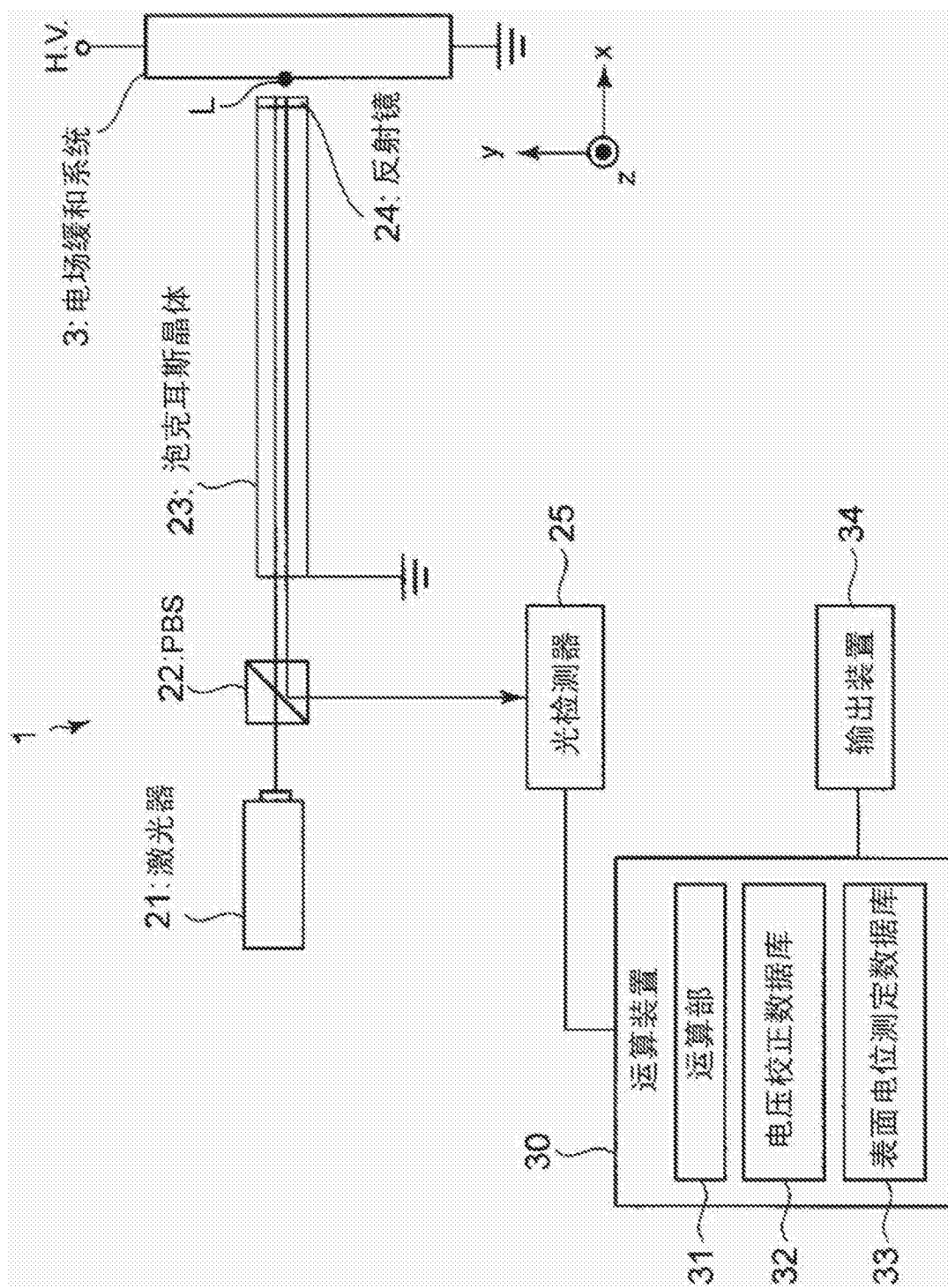


图1

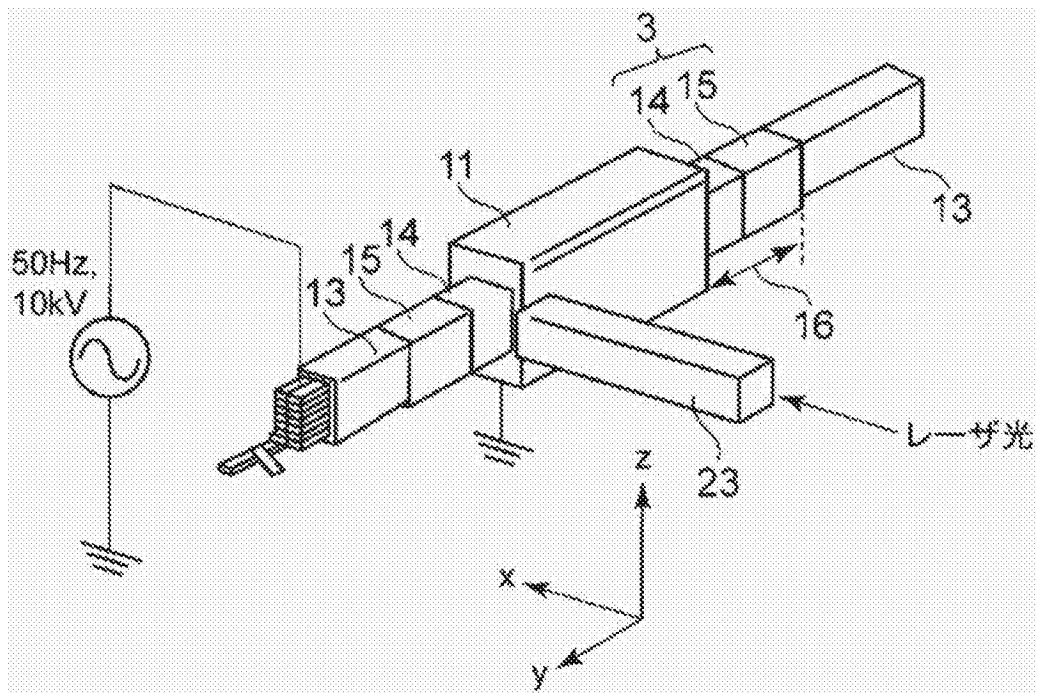


图2

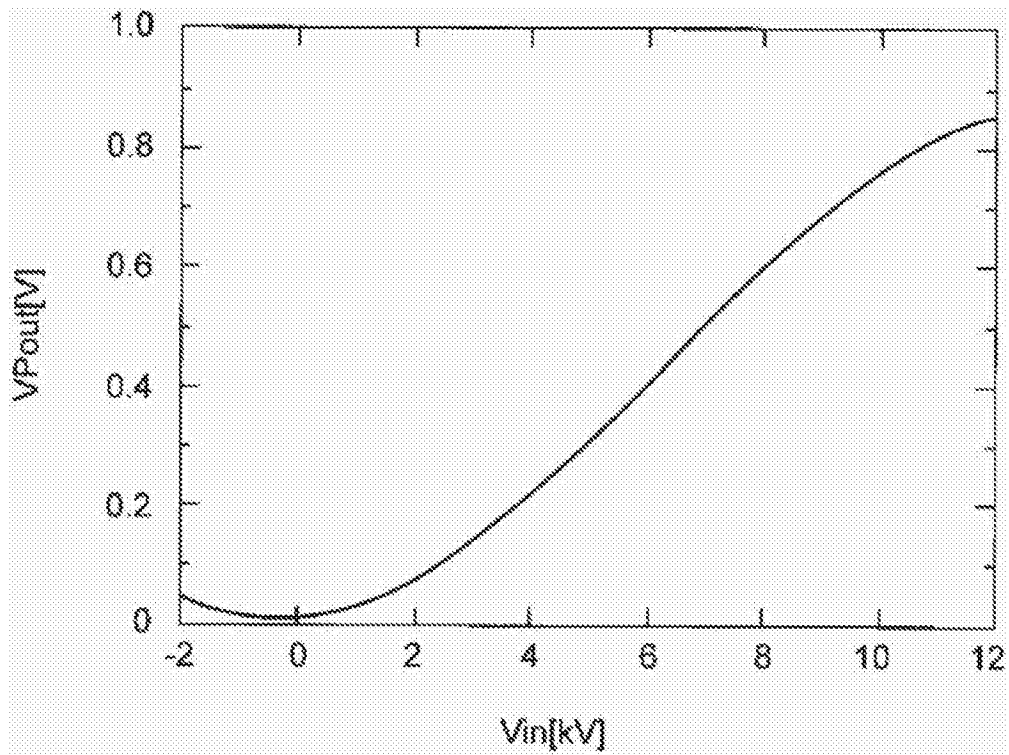


图3

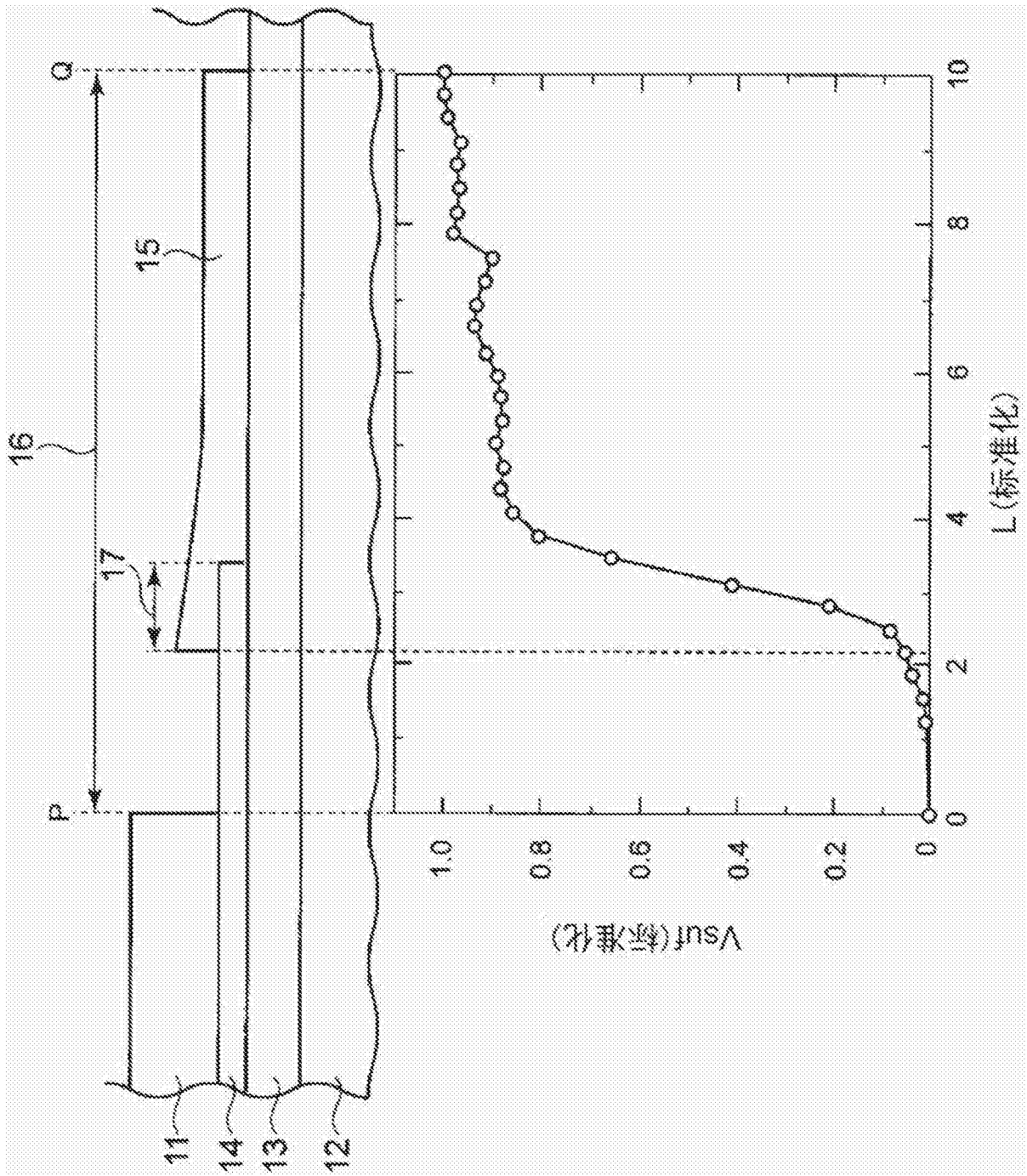


图4

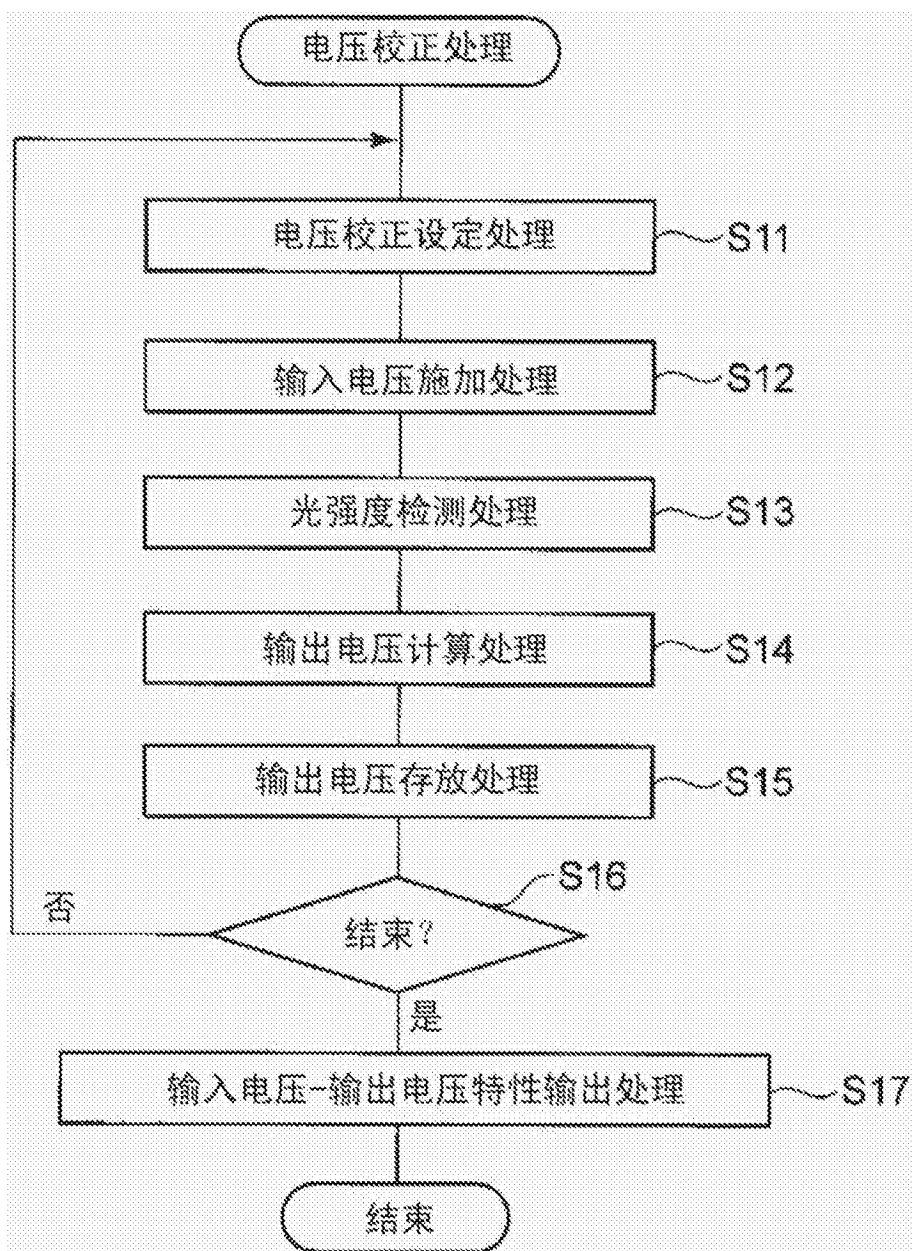


图5

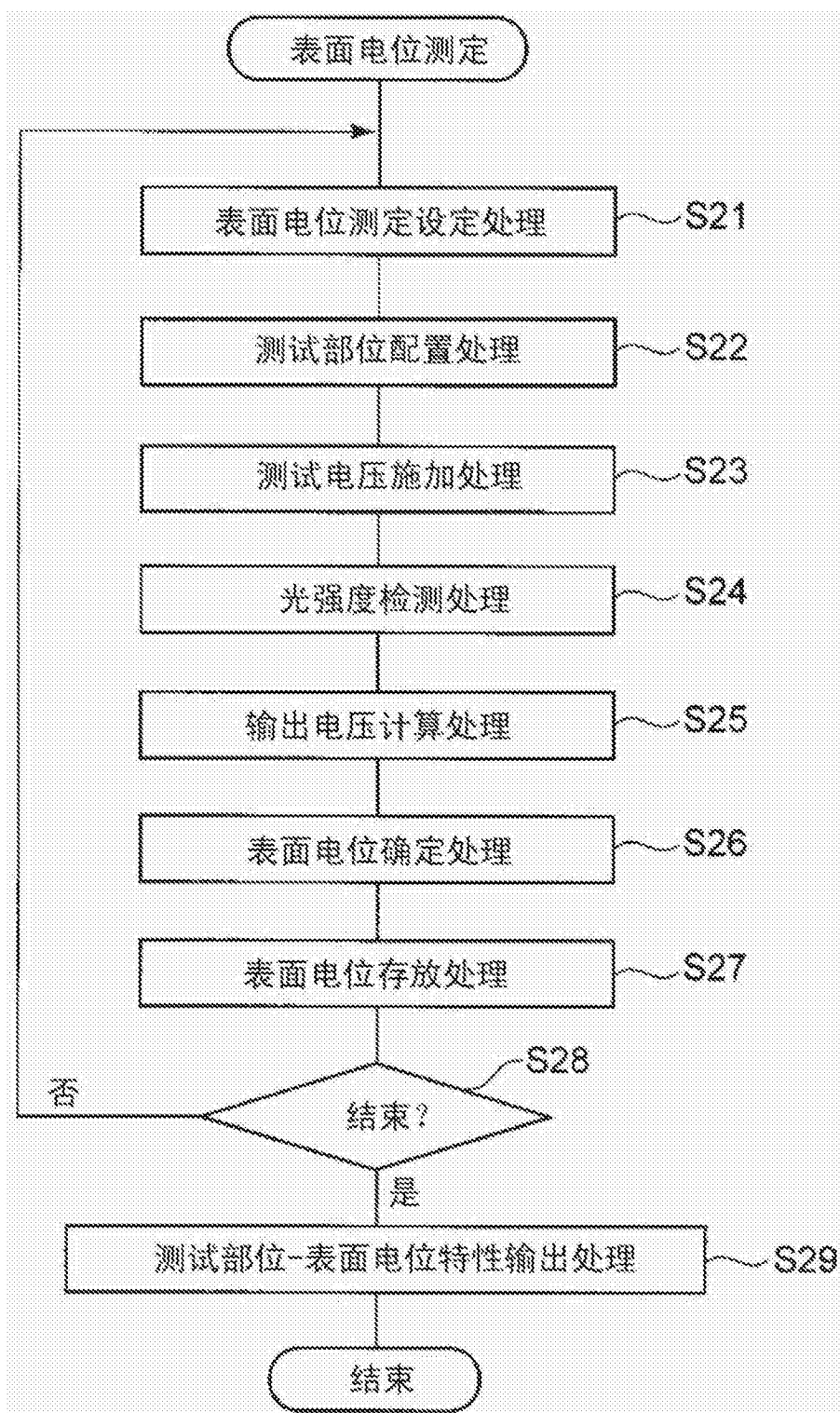


图6

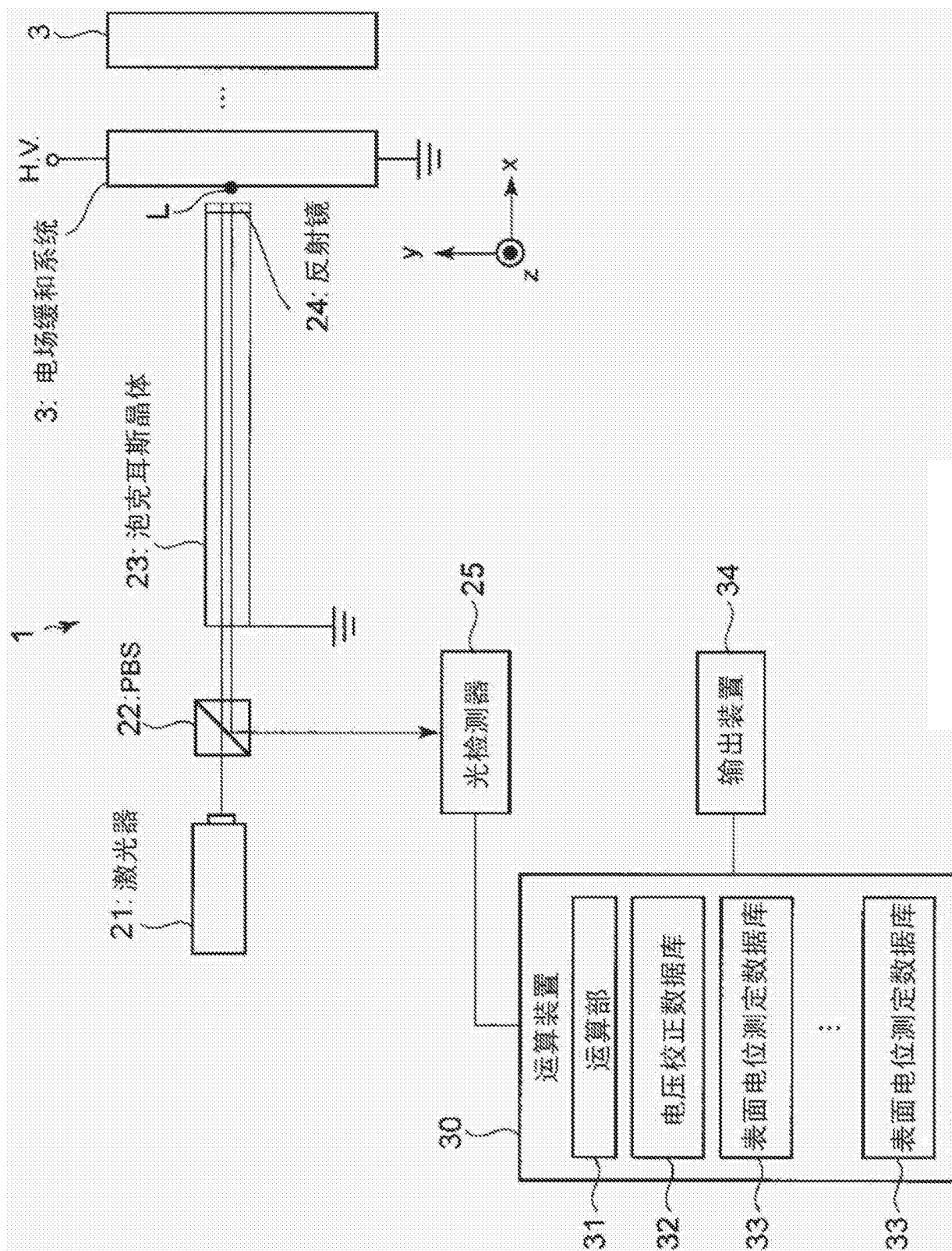


图7

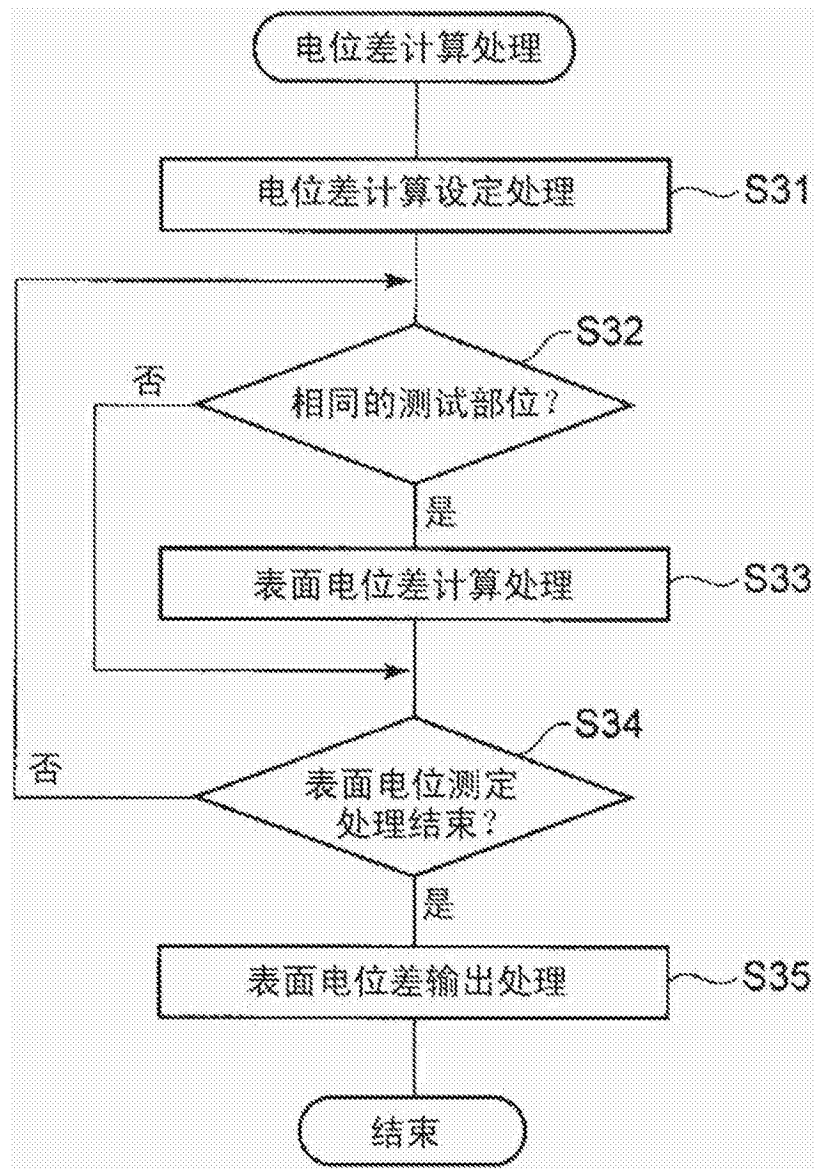


图8