



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112771389 A

(43) 申请公布日 2021.05.07

(21) 申请号 201980063272.7

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
11105

(22) 申请日 2019.09.06

代理人 张建锋

(30) 优先权数据

102018216482.7 2018.09.26 DE

(51) Int.Cl.

G01R 15/24 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.03.25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2019/073808 2019.09.06

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/064301 DE 2020.04.02

(71) 申请人 西门子能源全球有限公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 S.舒伯思

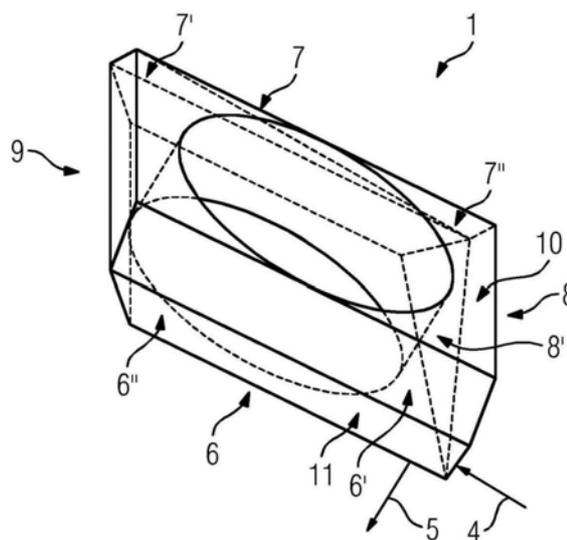
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

单体的玻璃环和用于光学电流测量的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于电流测量的玻璃环(1),其具有玻璃体,玻璃体可以围绕电导体(2)布置并且具有光进入面(4)和光逸出面(5)。玻璃环(1)构造用于,可以使通过光进入面(4)进入玻璃体内的光在玻璃体中通过在玻璃体的外表面上的反射、完全环绕导体(2),其中,光在光逸出面(5)上从玻璃体逸出。玻璃环(1)由单体的玻璃体构成。根据本发明的用于光学电流测量的方法包括,在电导体(2)中的电流(3)产生围绕导体(2)的电磁场,通过电磁场、在光束围绕导体(2)环绕时改变围绕导体(2)布置的玻璃环(1)中的光束的偏振,其中玻璃环尤其以一个平面垂直于导体的纵轴线。



1. 一种用于电流测量的玻璃环(1),所述玻璃环具有玻璃体,所述玻璃体能够围绕电导体(2)布置并且具有光进入面(4)和光逸出面(5),其中,所述玻璃环(1)构造用于,能够使通过光进入面(4)进入玻璃体内的光在玻璃体中通过在玻璃体的外侧面上的反射、完全环绕导体(2),其中,光在光逸出面(5)上从玻璃体逸出,其特征在于,所述玻璃环(1)由单体的玻璃体构成。

2. 根据权利要求1所述的玻璃环(1),其特征在于,所述玻璃环(1)包括两个对置的侧面(10、11)、尤其第五侧面(10)和第六侧面(11)、尤其两个相互平行布置的平坦的侧面(10、11),所述侧面分别具有刚好四个角部,和/或所述玻璃环(1)具有贯通的、圆柱形的开口,所述开口尤其穿过两个侧面(10、11)。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃环(1),其特征在于,所述玻璃环(1)构造为,使得在光围绕导体(2)环绕时、在没有电流的情况下基本上完全保持光的偏振。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃环(1),其特征在于,所述光进入面(4)是玻璃环(1)的第三侧面(8),所述第三侧面包括两个相邻的相互倾斜一定角度的子面,其中,一个子面(8')尤其具有三角形状。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃环(1),其特征在于,第二侧面(7)尤其与玻璃环(1)的第三侧面(8)相邻地布置,所述第二侧面与第六侧面(11)相邻地包括尤其梯形的、平坦的第一子面,和/或与第五侧面(10)相邻地包括梯形的子面,所述子面由两个相互倾斜的尤其三角形的面(7'、7'')、即第二侧面(7)的第二子面(7')和第三子面(7'')组成。

6. 根据权利要求5所述的玻璃环(1),其特征在于,所述第二侧面(7)的第三子面(7'')相对于第二侧面(7)的第二子面(7')倾斜几度、尤其2度的角度。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃环(1),其特征在于,玻璃环尤其与第二侧面(7)相邻地包括第四侧面(9),所述第四侧面由两个彼此相邻布置的相互倾斜的子面构成,其中,每个子面尤其梯形地构造。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃环(1),其特征在于,玻璃环尤其与第三侧面(8)相邻地包括第一侧面(6),所述第一侧面由两个彼此相邻布置的相互倾斜的子面(6'、6'')构成,其中,每个子面尤其梯形地构造。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃环(1),其特征在于,所述玻璃体包括具有大于或小于零的维尔德常数的玻璃,和/或由具有大于或小于零的维尔德常数的玻璃构成。

10. 一种用于尤其利用根据前述权利要求中任一项所述的玻璃环(1)来进行光学电流测量方法,其特征在于,在电导体(2)中的电流(3)产生围绕导体(2)的电磁场,通过所述电磁场、在光束围绕导体(2)环绕时改变围绕导体(2)布置的玻璃环(1)中的光束的偏振,其中玻璃环尤其以一个平面垂直于导体纵轴线。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,在围绕导体(2)环绕时的光束通过单体的玻璃体,其中,通过在玻璃体的外侧面上、尤其在第二侧面(7)的相对于第二侧面(7)的第二子面(7')倾斜的、尤其倾斜2度的角度的第三子面(7'')上,和/或在玻璃环(1)的第三侧面(8)的倾斜几度的尤其在三角形状中的子面(8')上的反射进行光束的方向改变。

12. 根据权利要求10或11所述的方法,其特征在于,所述光通过光进入面(4)进入玻璃体中,并且在光逸出面(5)上从玻璃体逸出,和/或所述光尤其通过玻璃环(1)的第三侧面(8)进入玻璃体中,尤其通过两个相邻的、相互倾斜一定角度的子面,和/或在玻璃环(1)的

第六侧面(11)上尤其以相对于进入的光基本上90度的角度从玻璃体逸出。

## 单体的玻璃环和用于光学电流测量的方法

[0001] 本发明涉及一种用于电流测量的玻璃环和一种用于光学电流测量的方法,玻璃环具有玻璃体,玻璃体可以围绕电导体布置,并且具有光进入面和光逸出面。玻璃环构造用于,可以使通过光进入面进入玻璃体内的光在玻璃体中通过在玻璃体的外侧面上的反射、而完全环绕导体,其中,光在光逸出面上从玻璃体逸出。

[0002] 例如通过在电阻上的电压降对电流进行电阻式测量。交流电流产生围绕被电流流过的导体的电磁场,电磁场可以感应式地例如通过测量变换器和/或在光学上借助法拉第效应被测量。有利地可通过感应和/或法拉第效应来测量尤其在几百安培的范围内的高的电流,因为这些方法没有提高被电流流过的导体或主导体内的电阻。为了利用法拉第效应进行电流测量,围绕被电流流过的导体引导偏振的光。为此使用保持偏振的光波导体或例如玻璃环。在此使用具有不等于零的维尔德常数的玻璃。

[0003] 被电流流过的导体的磁场在玻璃中导致入射的光的偏振平面的附加的转动,该附加的转动可以利用不同的方法被测量,并且直接与导体中的电流按比例。与光波导体相比,所使用的玻璃环表现出明显更小的温度和振动效应,然而在没有玻璃粘合的情况下迄今为止不能够制造。这样的玻璃环例如由US 4,564,754已知。所使用的玻璃环包括四个角部并且基本上具有矩形的形状。光束在矩形的玻璃环的四个角部的每个上通过两个相互倾斜90度的面被反射,以便不改变偏振平面。由此部分确定玻璃环几何形状。第二边界条件是在这种玻璃环的制造中的打磨和抛光过程的可能性。在此,分别仅可以抛光没有凸肩的整个面。

[0004] 边界条件导致的是,这样可制造的玻璃环不能够允许光围绕导体环绕360度,或者光既不能耦入,也不能耦出。能够实现光的耦入和耦出并且能够实现光围绕导体环绕360度的这样的玻璃环的制造需要从多个部件组装保持偏振的玻璃环。这些部件被组装和粘结。由此可以避免抛光过程的限制。为了不通过玻璃环的玻璃体中的粘结部位引起机械应力,这导致应力双重计算和偏振效应,玻璃粘合剂系统在该情况下需要非常长的凝固时间。所使用的粘合剂仅可以使用在特定的应用温度范围内。如果超过该温度范围,那么机械参数会发生改变。粘合剂可以降解并且示出颜色变化,这在光学测量系统中导致测量值漂移和不可接受的测量偏差。

[0005] 由多个单体的玻璃体组装成的被粘接的玻璃环的使用领域因此是受限的。仅能够有条件地实现用于电流测量,因为粘合剂的降解和/或变色和/或机械应力不允许长时间稳定的测量系统。利用被粘接的玻璃环进行的测量导致尤其在校准后的测量误差,测量误差随时间增大。此外,粘合剂尤其在温度在允许的温度范围以外时导致机械问题。粘接的玻璃环的制造是耗费的、耗时的和成本高的。

[0006] 本发明所要解决的技术问题在于,提供一种用于电流测量的玻璃环和一种用于光学电流测量的方法,其解决前述的问题。所述技术问题尤其是说明一种长时间稳定的、可简单地并且廉价地制造的玻璃环,该玻璃环在光学电流测量时没有产生或产生很小的测量误差,并且尤其在宽的温度范围内,并且在长的时间段内是机械稳定的。

[0007] 根据本发明,所说明的技术问题通过具有根据权利要求1的特征的用于电流测量的玻璃环和/或通过根据权利要求10的用于尤其利用前述的玻璃环来进行光学电流测量的

方法。根据本发明的用于电流测量的玻璃环和/或用于尤其利用前述的玻璃环来进行光学电流测量的方法的有利的设计方案在从属权利要求中被说明。在此,独立权利要求的主题可以相互组合,并且可以与从属权利要求的特征组合,并且从属权利要求的特征可以相互组合。

[0008] 根据本发明的用于电流测量的玻璃环包括玻璃体,玻璃体可以围绕电导体布置,并且具有光进入面和光逸出面(或者说射出面)。玻璃环构造用于,可以将通过光进入面进入玻璃体中的光在玻璃体内通过在玻璃体的外侧面的反射完全环绕导体,其中,光在光逸出面上从玻璃体逸出。根据本发明,玻璃环由整块式的或者说单体的(monolithisch)玻璃体构造。

[0009] 由于玻璃环由单体的玻璃体构成而不存在粘接,光通过粘合剂的光学改变被排除。粘合剂老化对玻璃环中的光的影响被排除,并且不产生温度对玻璃环的稳定性的影响,例如由于在给定的温度范围以外的温度中的机械稳定性的关键的变化。根据本发明单体的玻璃环的光学特性是长时间稳定的,并且这种玻璃环对于光是保持偏振的,并且能够实现光的耦入和耦出和光围绕电导体的360度环绕,这样的玻璃环是简单的、机械稳定的,并且可以在没有大的耗费的情况下尤其通过对侧面的抛光被制造。

[0010] 玻璃环可以包括两个对置的侧面、尤其第五和第六侧面。尤其可以包括两个相互平行布置的平坦的对置的侧面,其分别具有刚好四个角部。玻璃环可以具有贯通的、圆柱形的开口,开口尤其引导穿过两个侧面。电导体可以引导通过开口,尤其布置成其纵轴线垂直于两个相互平行布置的、平坦的、对置的侧面。这能够实现通过导体的电磁场来对电导体中的电流进行电流测量,电磁场伸入玻璃环中。根据电磁场并且因此根据导体中的电流强度尤其按比例地改变玻璃环中的光的偏振。

[0011] 玻璃环可以构造为,使得在光围绕导体环绕时,基本上完全保持光的偏振。由此,导体中的电流的测量是可能的,因为没有通过玻璃环本身,而是仅通过导体的电磁场进行光的偏振改变。光围绕导体环绕能够实现光与被电流流过的导体的电磁场的充分的相互作用,从而通过被电流流过的导体的电磁场可以进行光的可测量的偏振改变。由此借助玻璃环能够测量导体中的电流强度。

[0012] 光进入面可以是玻璃环的第三侧面,第三侧面包括两个相邻的相互倾斜一定角度的子面,其中,一个子面尤其具有三角形。尤其在三角形中的倾斜布置的或倾斜一定角度的子面能够实现,有足够的表面(或者说面积)可用于光进入和/或逸出,并且由此能够实现光耦入玻璃环或从玻璃环耦出。

[0013] 第二侧面可以尤其与玻璃环的第三侧面相邻地布置,第二侧面与第六侧面相邻地包括尤其梯形的、平坦的第一子面。第二侧面可以与第五侧面相邻地包括梯形的子面,该子面由两个相互倾斜的尤其三角形的面、即第二侧面的第二和第三子面组成。尤其三角形的面、即第二侧面的第二和第三子面的倾斜重新定位光束,使得该光束在光逸出面上离开玻璃环。由此,光从玻璃环的逸出是可能的,并且利用上述优点,在玻璃环的外部可以测量通过被电流流过的导体的电磁场导致玻璃环中的光的偏振改变。

[0014] 第二侧面的第三子面可以相对于第二侧面的第二子面倾斜几度、尤其2度的角度。仅几度、尤其2度的倾斜产生前述的优点。

[0015] 尤其与第二侧面相邻地可以包括第四侧面,第四侧面由两个彼此相邻地布置的相

互倾斜的子面构建,其中,每个子面尤其梯形地构造。通过这些子面、尤其一个子面,光束在玻璃环中的环绕中朝第五侧面的方向被反射,或被反射到第一侧面的第一子面上。由此,利用前述的优点,在没有通过玻璃环或玻璃体本身导致偏振改变的情况下能够实现闭合的环绕。

[0016] 尤其与第三侧面相邻地可以包括第一侧面,第一侧面由两个彼此相邻地布置的相互倾斜的子面构建,其中,每个子面尤其梯形地构造。通过这些子面、尤其一个子面,光束在玻璃环中的环绕中朝第二侧面的方向被反射,或被反射到第二侧面的第一子面上。由此,利用前述的优点,在没有通过玻璃环或玻璃体本身导致偏振改变的情况下能够实现闭合的环绕。

[0017] 玻璃体可以包括具有大于或小于零的维尔德常数的玻璃,和/或由具有大于或小于零的维尔德常数的玻璃构成。在此,维尔德常数描述材料特性,其说明了特定的材料或物质中的法拉第效应的强度。该值与光的波长有关,并且对于物质或材料、尤其对于玻璃来说是正的,该玻璃在平行于磁场线传播的光中左旋地作用。由于玻璃体或玻璃环由其构成的玻璃的不等于零的维尔德常数,电磁场作用于光,并且根据磁场的大小或根据被电流流过的导体中的电流改变光的偏振。因为玻璃在没有电磁场的情况下没有或基本上没有改变玻璃环中的光的偏振,所以可以通过玻璃环中的偏振的改变来测量或确定被电流流过的导体中的电流。

[0018] 根据本发明的用于尤其利用前述的玻璃环来进行光学电流测量的方法包括,在电导体中的电流产生围绕导体的电磁场,通过电磁场、尤其利用垂直于导体纵轴线的平面、在光束围绕导体环绕时改变围绕导体布置的玻璃环中的光束的偏振。

[0019] 在围绕导体环绕时的光束可以穿过单体的玻璃体,其中,通过在玻璃体的外侧面上、尤其在第二侧面的相对于第二侧面的第二子面倾斜的、尤其倾斜2度的角度的第三子面上,和/或在玻璃环的第三侧面的倾斜几度的子面(尤其在三角形状中)上的反射进行光束的方向改变。玻璃环的第三侧面的倾斜几度的子面(尤其在三角形状中)能够利用第三侧面的其他的子面实现足够的用于光进入的表面,并且结合第六侧面存在足够的用于光从玻璃环逸出的表面,以便将光耦入玻璃环中或者从玻璃环耦出。第二侧面的第三子面相对于第二侧面的第二子面倾斜,尤其倾斜2度的角度,尤其通过重新定位玻璃环中的光束能够实现光在光逸出面上逸出,光逸出面尤其包括第六侧面的与在第三侧面上的光进入(位置)相邻的部分。

[0020] 通过前述的倾斜的可以通过玻璃体或玻璃环的切割、打磨和/或抛光简单地并且有利地产生的面,可以制造用于大的电流的耐高温的光学测量装置,该光学测量装置是长时间稳定的、没有老化现象、例如通过光的光路中的组件而改变透射率和/或染色。

[0021] 光可以通过光进入面进入玻璃体中,并且在光逸出面上从玻璃体逸出。光尤其可以通过玻璃环的第三侧面进入玻璃体中,尤其通过两个相邻的、相互倾斜一定角度的子面,和/或在玻璃环的第六侧面上尤其以相对于进入的光基本上90度的角度从玻璃体逸出。

[0022] 根据本发明的根据权利要求10的用于尤其利用前述的玻璃环来进行光学电流测量的方法的优点与根据本发明的根据权利要求1的用于电流测量的玻璃环的前述的优点类似,反之亦然。

[0023] 以下在图1和图2中示意性地示出并且随后详细描述本发明的实施例。

[0024] 在附图中：

[0025] 图1以斜视图示意性示出了用于借助根据本发明的玻璃环1光学测量电导体2中的电流3的装置，并且

[0026] 图2示意性示出了图1的玻璃环1的形状或几何形状。

[0027] 图1以斜视图示意性示出了一种用于借助根据本发明的玻璃环1光学测量电导体2中的电流3(尤其在最大几百安培的范围内)的装置。电导体2、例如铜导体和/或电缆示例性地柱形地构造。电流3沿图1中的箭头的方向流动。玻璃环1围绕导体2布置，玻璃环完全环绕导体2。玻璃环1利用一个平面、尤其根据图1的平行的上侧和下侧、垂直于柱形的导体2的纵轴线地布置。玻璃环1利用其基本上矩形的底面和顶面或尤其平行的上侧和下侧在中间具有贯通的圆柱形的开口，导体2引导穿过该开口。

[0028] 玻璃环2具有六个侧面、尤其根据图1的平行的上侧和下侧以及四个侧向的侧面，其中，玻璃体的侧面、即玻璃环2的玻璃材料向外限界、即尤其相对于环境空气或环境气体限界。玻璃环1的玻璃或玻璃材料例如是用于光学应用的玻璃，具有低的杂质度(或者说污染度、不纯度)和维尔德常数、尤其大于零的维尔德常数。玻璃例如是耐高温的。

[0029] 光或光束4、尤其与玻璃材料和玻璃材料的折射率以及吸收特性相协调的特定的光学波长的光例如通过侧向的侧面进入玻璃环1，光例如通过激光器或通过具有光学组件、例如透镜的光源被提供。光例如垂直于导体2的纵轴线地或平行于玻璃环1的平行的上侧和下侧地射入玻璃环1中。在此，光束的中心点或中心轴线对准光进入侧面的区域，光进入侧面与玻璃环1的角部、例如在图1中的前方的右下的角部相邻。在玻璃环1的侧面或侧面表面上的反射之后(其中，在玻璃环1中的光束完全环绕导体2一次)光束或光在光逸出侧面(在图1中的玻璃环1的下侧)上逸出(或者说射出)。

[0030] 在图1的实施例中，光在其中从玻璃环1逸出的区域位于与玻璃环1的角部相邻的下侧，与该角部相邻地，光在光进入侧面上进入。光进入侧面和光逸出侧面以相互间基本上90度的角度相邻，其中，光逸出侧面是根据图1的玻璃环的下侧，并且光进入侧面是侧向的侧面。在光围绕被电流流过的导体2环绕时，光基本上仅根据导体2中的电流3的电磁场改变其偏振。在校准之后，光的偏振改变的测量产生导体2中的电流强度(例如单位是安培)。

[0031] 图2详细示出了图1的玻璃环1和其外部的限制侧面的几何形状。在此，用实线表示从图2的视角可看到的棱边，其中，用虚线表示从图2的视角被遮盖的棱边。根据图2的玻璃环1的上侧或上方的边界面被称为第五侧面10。根据图2的玻璃环1的下侧或下方的边界面被称为第六侧面11。第五和第六侧面10、11相互平行地布置，并且是平坦的。两个侧面10和11在中间被贯通的、圆柱形的开口穿过，即具有圆形的通孔，导体2引导通过所述通孔，为了简单起见在图2中未示出导体。

[0032] 在玻璃环1的侧面，四个侧面、即第一侧面6、第二侧面7、第三侧面8和第四侧面9封闭玻璃环1，其中，两个侧面6和7以及8和9分别相互对置。第三侧面8是光进入侧面。第三侧面8具有两个子面，其中，第三侧面8的第一子面8'具有三角形的形状。三角形的一个棱边和第六侧面11具有共同的棱边，并且另一棱边和第二侧面7具有共同的棱边。通过将第三侧面8分为两个子面(例如通过打磨从一个面产生)，光可以在第三侧面8上以足够的强度耦入玻璃环1中，并且在第六侧面11上耦出。第三侧面8的两个子面通过共同的、尤其笔直的棱边相互连接，并且相互包围出钝角。

[0033] 第三侧面8与第四侧面9对置,第四侧面由两个尤其梯形的子面构建。第四侧面的两个子面通过共同的、尤其笔直的棱边相互连接,并且相互包围出钝角。子面、在图2中上方的子面和第二子面、在图2中下方的子面形成四坡顶形的形成物。上方的子面例如相对于第五侧面呈直角地布置,并且例如通过倾斜的打磨从该面产生下方的子面。

[0034] 第一侧面6与第四侧面9类似地构建,仅具有相反布置的子面。第一侧面的两个子面通过共同的、尤其笔直的棱边相互连接,并且相互包围出钝角。子面6' (在图2中上方的子面) 和第二子面6'' (在图2中下方的子面) 形成四坡顶形的造型。下方的子面6'' 例如相对于第六侧面11呈直角地布置,并且例如通过倾斜的打磨从该面产生上方的子面6' 。

[0035] 第二侧面7与第一侧面6类似地构建,仅是在图2中上方的子面再次被分为两个子面7' 和7''。图2中的下方的子面例如相对于第六侧面1呈直角地布置,并且通过倾斜的打磨从该面产生上方的子面7' 和7''。两个上方的子面7' 和7'' 分别三角形地构造,具有共同的棱边。通过子面7'', 在环绕通过玻璃环1时重新定位光束,由此,在子面6' 上反射之后,光束可以从玻璃环1尤其垂直于第六侧面11地逸出。

[0036] 光束因此在第三侧面8上、与图2中的前方的下方的角部相邻地、通过第三侧面8的两个子面进入玻璃环8中,在第四侧面9的在图2中下方的子面上被反射到第一侧面6的第一子面6', 光束从那里被反射到第二侧面7的第一子面7', 并且进一步被反射到第四侧面9的在图2中下方的子面。光束从第四侧面9的在图2中下方的子面被反射到第三侧面8的第一子面8', 并且从那里进一步被反射到第二侧面7的第二子面7'', 其中,到第一侧面6的第一子面6' 的反射和在第一侧面6的第一子面6' 上到第六侧面11的反射导致光束从玻璃环1通过第六侧面11逸出。在此,光束完全环绕导体2一次,并且通过在玻璃侧面上的反射基本上保持其偏振。在电流3在导体2内流动时,尤其仅通过玻璃环1中的导体2的电磁场来改变偏振。通过测量偏振改变的程度可以由此确定电流3的值。

[0037] 前述的实施例可以相互组合和/或可以与现有技术组合。因此,具有正的或负的维尔德常数的玻璃例如可以用于玻璃环1。玻璃环1可以由通过玻璃切割产生的长方体、经由打磨制成。备选地或附加地,尤其可以直接通过玻璃切割或通过抛光产生倾斜的和/或斜置的面。玻璃环1中的贯通的开口可以是圆柱形的,或例如根据导体2的形状在尤其导轨形的导体2中例如是长方形的、T形的或双T形的。玻璃环1的玻璃或玻璃体例如可以由康宁玻璃制成,或包括其他的光学玻璃。用于产生光、尤其用于一个波长的光的设备可以包括激光器和/或具有透镜和/或偏振滤光器的灯,所述设备为了清楚起见在附图中未被示出。用于分析光、尤其用于具有改变的偏振的波长的光的设备可以包括偏振滤光器、透镜和/或干涉仪,所述设备为了清楚起见同样在附图中未被示出。

[0038] 可以由尤其通过玻璃切割制成的长方体产生玻璃环1。例如可以通过玻璃切割和/或打磨制成倾斜的子面(其尤其以135度角相对于分别附属的长方体表面被打磨或倾斜,或被打磨或倾斜45度)、例如子面6'、7' 和第四侧面9的根据图2的下方的子面。例如可以通过打磨和/或通过抛光制成相对于子面7' 倾斜尤其2度的子面7''。同样可以通过切割和/或打磨制成子面8', 其中,所有面可以是最终抛光的。玻璃环1的另外的加工方法可以包括钻孔、铣削和/或例如激光加工。

[0039] 附图标记清单

[0040] 1 玻璃环

- [0041] 2 电导体
- [0042] 3 电流方向
- [0043] 4 光进入面
- [0044] 5 光逸出面
- [0045] 6 第一侧面、前方的边界面
- [0046] 6' 第一侧面的第一子面,上方的前方的边界面
- [0047] 6'' 第一侧面的第二子面,下方的前方的边界面
- [0048] 7 第二侧面、后方的边界面
- [0049] 7' 第二侧面的第二子面,上方的后方的第一边界面
- [0050] 7'' 第二侧面的第三子面,上方的后方的第二边界面
- [0051] 8 第三侧面,右侧的侧向的边界面
- [0052] 8' 第三侧面的第一子面,右侧的下方的侧向的边界面
- [0053] 9 第四侧面,左侧的侧向的边界面
- [0054] 10 第五侧面,上方的边界面
- [0055] 11 第六侧面,下方的边界面

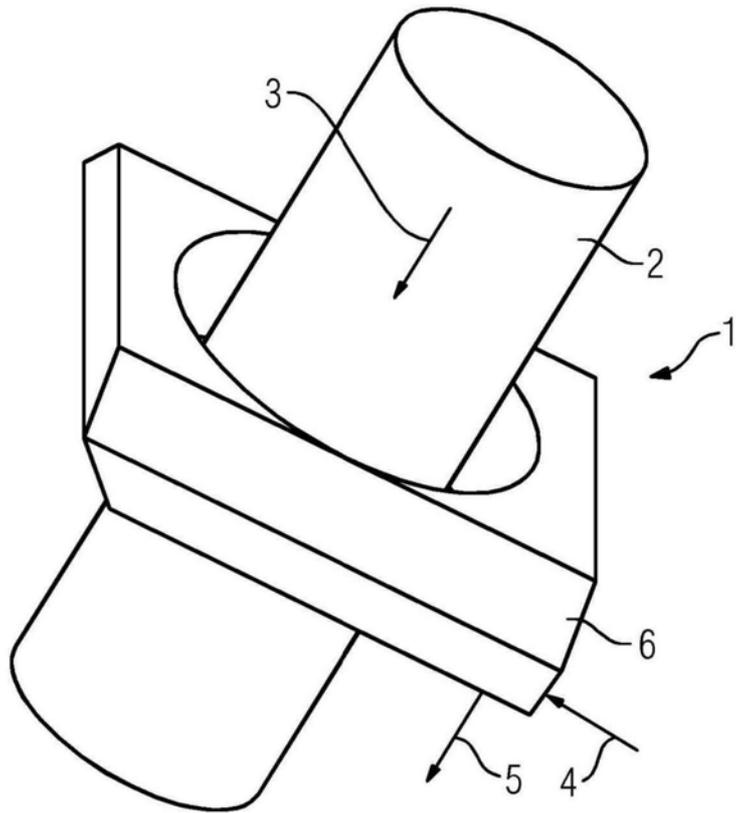


图1

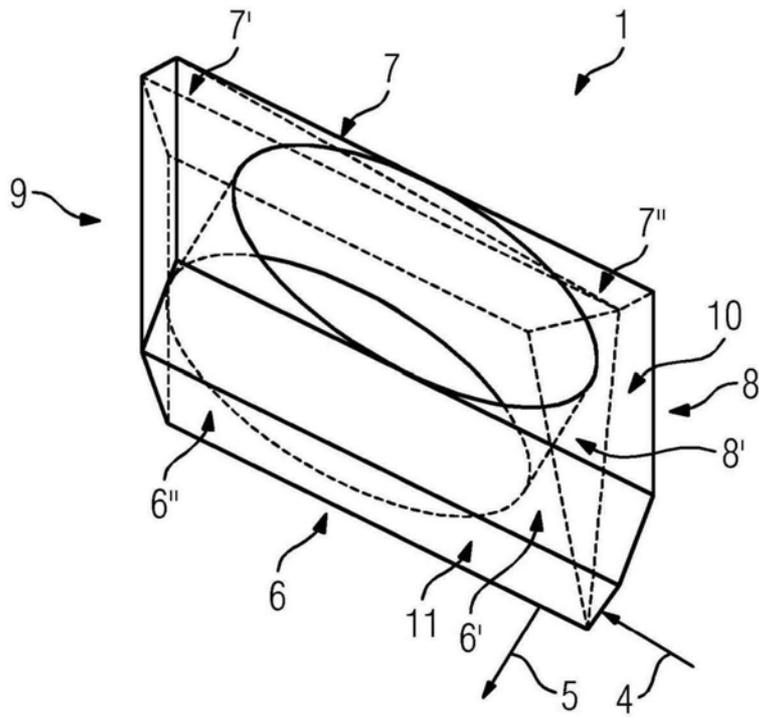


图2