

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880003487.1

[51] Int. Cl.

G01B 11/25 (2006.01)

A61B 5/107 (2006.01)

G02B 23/24 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 12 月 9 日

[11] 公开号 CN 101600935A

[22] 申请日 2008.1.28

[21] 申请号 200880003487.1

[30] 优先权

[32] 2007.2.2 [33] DE [31] 102007005388.8

[86] 国际申请 PCT/EP2008/050929 2008.1.28

[87] 国际公布 WO2008/092820 德 2008.8.7

[85] 进入国家阶段日期 2009.7.30

[71] 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 马丁·孔斯 安东·希克

米夏埃尔·斯托克曼

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

代理人 李 慧

权利要求书 4 页 说明书 17 页 附图 6 页

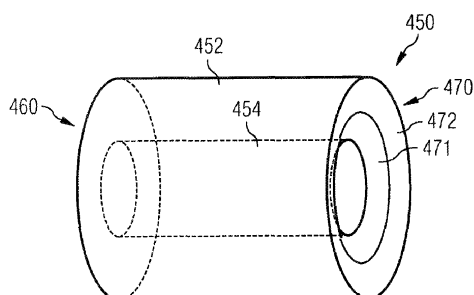
[54] 发明名称

折射产生同心发散的结构化光束和具有折射偏转元件的光学测量装置

[57] 摘要

本发明涉及一种光学偏转元件(450)，用于折射产生以所述偏转元件(450)的光轴(417)为基准同心发散的空间结构化光束(422)。所述光学偏转元件(450)具有一个基体(452)，所述基体至少部分用光学透明材料制成，且具有光输入端(460)和光输出端(470)。所述光输入端(460)设计成可将初级光束(411)耦合到所述基体(452)中。所述光输出端(470)以所述偏转元件(450)的光轴(417)为基准具有圆柱对称轮廓，所述圆柱对称轮廓在所述基体(452)中形成了一个空隙。所述初级光束(411)的发散通过在多个以不同角度朝所述光轴(417)倾斜的旋转对称界面(471，472)上发生折射而实现。本申请还涉及一种用于对物体中形成的空腔进行三维测量的光学测量装置(100)，所述测量装置(100)

具有上述光学偏转元件(150，450)。此外，本申请还涉及一种使用所述光学偏转元件(150)产生同心发散的空间结构化光束(422)的方法。



1. 一种光学偏转元件，其用于折射产生一个以所述偏转元件（450）的光轴（417）为基准同心发散的空间结构化光束（422），所述光学偏转元件（450）具有一基体（452），所述基体

至少部分用光学透明材料制成，以及

具有一个光输入端（460）和一个光输出端（470），

其中，所述光输入端（460）设计成可将一个初级光束（411）耦合到所述基体（452），

所述光输出端（470）以所述偏转元件（450）的光轴（417）为基准具有圆柱对称轮廓，所述圆柱对称轮廓在所述基体（452）中限定了一个空隙。

2. 根据权利要求1所述的光学偏转元件，其中，

所述轮廓具有一个第一环形区段（471），所述第一环形区段基本呈一个指向所述基体内部的圆锥的至少一部分第一侧面的形状，其中，所述第一侧面的母线与所述光轴（417）之间成第一角度。

3. 根据权利要求2所述的光学偏转元件，其中，

所述轮廓具有一个第二环形区段（472），所述第二环形区段在径向上布置于所述第一环形区段（471）的外侧，且基本呈一个截锥的第二侧面的形状，其中，所述第二侧面的母线与所述光轴（417）之间成第二角度，所述第二角度不同于所述第一角度。

4. 根据权利要求3所述的光学偏转元件，其中，

所述轮廓具有至少一个第三环形区段，所述第三环形区段在径向上布置于所述第二环形区段的外侧，且基本呈一个截锥的第三侧面的形状，其中，所述第三侧面的母线与所述光轴之间成第三角度，所述第三角度不同于所述第二角度。

5. 根据权利要求3至4中任一项权利要求所述的光学偏转元件，其中，所述第一角度与直角的角差大于所述第二角度与直角的角差。

6. 根据权利要求3至4中任一项权利要求所述的光学偏转元件, 其中, 所述第一角度与直角的角差小于所述第二角度与直角的角差。
7. 根据权利要求2至6中任一项权利要求所述的光学偏转元件, 其中, 所述第一环形区段(471)呈一个指向所述基体内部的圆锥的至少一部分第一侧面的形状, 所述第二环形区段(472)呈一个截锥的第二侧面的形状, 和/或所述第三环形区段呈一个截锥的第三侧面的形状。
8. 根据权利要求2至6中任一项权利要求所述的光学偏转元件, 其中, 所述第一环形区段(671)、所述第二环形区段(672)和/或所述第三环形区段具有曲面。
9. 根据权利要求1至8中任一项权利要求所述的光学偏转元件, 其中, 所述基体(452)呈一个柱体的外部形状, 特定而言呈一个圆柱体的外部形状。
10. 根据权利要求1至9中任一项权利要求所述的光学偏转元件, 其中, 所述光输入端(460)具有一个凸面(465)。
11. 根据权利要求1至9中任一项权利要求所述的光学偏转元件, 其中, 所述光输入端(760)具有一个弧形的第一环形区段(761)和至少一个弧形的第二环形区段(762)。
12. 根据权利要求1至11中任一项权利要求所述的光学偏转元件, 其中, 所述基体(452)具有一个以所述光轴(417)为基准同轴延伸的通孔(454)。
13. 根据权利要求12所述的光学偏转元件, 其中, 所述通孔为一个中心钻孔(454), 所述中心钻孔呈一个以所述光轴(417)为基准同心布置的圆柱体形状。
14. 一种光学测量装置, 用于对物体中形成的空腔(125)进行三维测量, 特定而言用于对人体耳道(125)或动物耳道进行三维测量, 所述光学测量

装置(100)具有

一个光源(110),用于发射沿一条照射光光路(116)传播的照射光(111);

一个根据权利要求1至13中任一项所述的光学偏转元件(150,450),其用于将所发射的照射光(111)空间结构化,借此在所述内壁上产生至少一条围绕所述偏转元件(150,450)的光轴(117,417)延伸的照射线(128),所述照射线的形状与所述空腔(125)的尺寸和形状相关,以及

一台摄像机(145),通过一条成像光光路(136)在一个三角测量角度(θ)下对所述至少一条照射线(128)进行检测。

15.根据权利要求14所述的光学测量装置,其还具有一个分析单元(146),所述分析单元布置在所述摄像机(145)的下游,且用于通过对所述摄像机(145)所检测到的至少一条照射线(149)进行图像处理来自动测定至少一部分空腔(125)的尺寸和形状。

16.根据权利要求14至15中任一项权利要求所述的光学测量装置,其还具有一个投影光学系统(112),所述投影光学系统布置在所述照射光光路中。

17.根据权利要求14至16中任一项权利要求所述的光学测量装置,其还具有一个与所述偏转元件(150)的光轴(117)成斜角布置的分光器(113),所述分光器使所述照射光光路(116)发生偏转,使得物方部分照射光光路(116)平行于所述光轴(117)延伸,或者使所述成像光光路发生偏转,使得像方部分成像光光路与所述光轴成一角度延伸。

18.根据权利要求14至17中任一项权利要求所述的光学测量装置,其中,至少一部分使所述照射光(111)平行于所述光轴(117)传播的照射光光路(116)围绕所述在光轴(117)中部延伸的成像光光路(136)布置。

19.根据权利要求14至18中任一项权利要求所述的光学测量装置,其还具有一个光导装置(135),所述光导装置布置在所述成像光光路(136)中,用于将所述照射线(128)的二维图像(148)传输至所述摄像机(145)。

20.一种用于产生一种同心发散的空间结构化光束(422)的方法,所述

方法包括：

将一个初级光束（411）发射到根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的一个光学偏转元件（450），使得所述初级光束（411）从所述光输入端（460）进入所述光学偏转元件（450）的基体（452），然后作为一个次级光束（422）从所述基体（452）的光输出端（470）射出，

其中，所述次级光束（422）具有至少一个圆锥曲面形光结构（422a，422b）。

折射产生同心发散的结构化光束和具有折射偏转元件的光学测量装置

技术领域

本发明涉及一种光学偏转元件，借助所述偏转元件可使均匀的初级光束呈圆锥曲面形发散。本发明还涉及一种用于对物体中形成的空腔进行三维测量的光学测量装置，所述光学测量装置包含上述光学偏转元件。此外，本发明还涉及一种使用所述光学偏转元件产生同心发散的空间结构化光束的方法。

背景技术

通过光学三角测量可对某个空腔至少近似呈管状的内表面的表面结构进行三维检测。在检测过程中，将空间结构化照射图案投射在待检测空腔的内表面，并借助摄像机系统对景象进行数字检测。内壁的表面形状使被投射到内壁上的照射图案发生畸变，通过对这种畸变进行测量，可计算出一个描述空腔形状的数字模型，且这种测量可通过已知的图像处理法自动进行。其中，对捕获到的投影线相对于最初以一个光轴为基准同心的已知对称圆形的偏差和/或畸变进行检测。

这种通过光学三角测量而实现的空腔测量可有利地应用在对人体耳道的测量或绘制上。考虑到耳道的构造，为此须提供一种最大直径不得超过 4 mm 的光学测量装置。该边界条件适用于这种光学测量装置的整个物方光学系统，进行空腔测量时，需要将这个光学系统送入耳道内。其中，物方光学系统包括至少一个摄像机系统和用于产生结构化照射图案的光学元件。摄像机系统和光学元件以光学测量装置的共用光轴为基准同心布置。

现有技术使用衍射光学元件产生结构化照射图案。尤其是（二元）相位

光栅，又称为所谓的达曼（Dammann）光栅，由于具有特别有利的结构，其可将初级光束的入射强度选择性地分布在特定的衍射级上，同时使这种分布达到基本均匀的程度。

周常河、贾佳、刘立人所著的《圆环形达曼光栅》，《光学快报》，28卷，第22期，2003年，第2174-2176页中公开了一种所谓的圆环形达曼光栅，用于产生由同心圆环构成的结构化照射图案。然而，其缺点在于，很难达到与圆环形位相光栅的光轴有关的较大偏角。虽然通过使用150 nm范围内的极小位相光栅结构原则上可以实现较大偏角，但如此小的位相光栅结构就制造工艺而言极难实现。因为制造如此精细的光栅需要采用的蚀刻工艺所要求的结构化精细度远高于目前最佳分辨率为400 nm的常用蚀刻工艺。

发明内容

本发明的目的是提供一种光学偏转元件，这种光学偏转元件可使初级光束大角度发散，且易于制造。

这个目的通过各独立权利要求的主题达成。本发明的有利实施方式由各从属权利要求给出。

独立权利要求1说明一种光学偏转元件，其用于折射产生以偏转元件的光轴为基准同心发散的空间结构化光束。光学偏转元件具有一个基体，所述基体至少部分用光学透明材料制成，且具有一个光输入端和一个光输出端。光输入端设计成可将初级光束耦合到基体。光输出端以偏转元件光轴为基准具有圆柱对称轮廓，所述圆柱对称轮廓在基体中形成了一个空隙。

本发明的光学偏转元件基于以下知识：如果在光输出端设置一个圆柱对称的凹（即向内弯曲的）轮廓，就可通过相应光学界面上的折射以简单方式实现较大角度的光束发散。根据斯涅尔折射定律，轮廓的相应径向区域与光轴之间的夹角决定了这种空间发散的程度。

上述光学偏转元件的制造难度明显小于已知的衍射光学元件。除传统的机械制造方法外，也可采用特别适用于低成本批量生产的压制法。

根据本发明如权利要求 2 所述的实施例,所述轮廓具有一个第一环形区段,所述第一环形区段基本呈一个指向基体内部的圆锥的至少一部分第一侧面的形状。其中,所述第一侧面的母线与光轴之间成第一角度。

只要所述轮廓基本呈完整圆锥曲面的形状,就可自动满足上文所述的圆柱对称轮廓这一条件。在所述轮廓呈不完整圆锥曲面形状的情况下,如果所述轮廓呈截锥侧面形状,也可满足上文所述的圆柱对称轮廓这一条件。

“母线”这个概念在此指的是圆锥(为一个旋转体)曲面上朝圆锥旋转轴方向延伸的线。其中,旋转轴与偏转元件和/或基体的光轴重合。也就是说,母线是圆锥或截锥的真实或虚拟锥顶与相应基圆的边界点之间的连接线。

上述的母线与光轴之间的第一角度正好是指向基体内部的圆锥的顶角的一半。通过选择圆锥顶角,可以用简单方式确定偏转角度,进而确定从光出射面射出的光锥的发散程度。

根据本发明如权利要求 3 所述的另一实施例,所述轮廓具有一个第二环形区段,所述第二环形区段在径向上布置于所述第一环形区段的外侧,且基本呈截锥的第二侧面的形状。其中,所述第二侧面的母线与光轴之间成第二角度,所述第二角度不同于所述第一角度。

在此情况下,上述环形区段构成不同的棱面,这些棱面同心布置,基本呈圆锥形。其中,每个棱面均可根据圆锥顶角和基体材料的折射率使初级光束以一定的张角实现圆柱对称发散。在此情况下,从光出射面射出的光束具有两个不同张角的圆锥曲面形光结构。如果相关空腔是平行于光轴且以光轴为基准同心定向的圆柱形空腔,借此就可在这个圆柱形空腔的内壁上产生圆环形投影线。

根据本发明如权利要求 4 所述的实施例,所述轮廓具有至少一个第三环形区段,所述第三环形区段在径向上布置于所述第二环形区段的外侧,且基本呈截锥的第三侧面的形状。其中,所述第三侧面的母线与光轴之间成第三角度,所述第三角度不同于所述第二角度。

所述第三角度优选还不同于所述第一角度，在此情况下，所有从光出射面射出的光结构具有彼此不同的张角。

需要指出的是，也可将所述圆柱对称轮廓划分成三个以上的环形区段。通过这种方式，原则上可以用任意一种精细度将从光输入端耦合的初级光束空间结构化，从而达到以简单方式产生多个圆锥曲面形光结构的目的。

在测量人体耳道时，通过使用多个圆锥曲面形光结构可使整个照射图案的结构与待测耳道的之间达到特别良好的匹配。其中，特别适当的做法是在以光轴为基准的不同角度下将多个同心圆环投射到耳道内壁上。为能在光学测量装置中达到足够大的三角测量角度，即很多应用领域所要求的可在全部空间方向上确保 $50\text{ }\mu\text{m}$ 空间分辨率的三角测量角度，需要采用以光轴为基准介于 10° 和 30° 之间范围内的照射角。借助所述光学偏转元件可以毫无问题地达到这种照射角。三角测量角度通常由照射光光路和摄像机所检测到的测量光的光路之间的角距定义。

根据本发明如权利要求 5 所述的另一实施例，所述第一角度与直角的角差大于所述第二角度与直角的角差。也就是说，在以一个垂直于光轴定向的截面平面为基准的情况下，外侧圆锥形棱面的倾斜度小于内侧圆锥形棱面。

这种为不同圆锥形棱面设置分级倾角的设计方案的优点在于，借此可以用特别简单的方式制造所述光学偏转元件。在此过程中，通过两级加工即可实现圆柱对称空隙，即：(a)将顶角较小的第一圆锥形空隙分配给第一环形区段；(b)将顶角较大的第二圆锥形空隙分配给第二环形区段。加工步骤(a)和(b)采用何种顺序在此并不重要。

需要指出的是，在存在三个以上环形区段的情况下，也可以用相应方式为各环形区段实现这种从外向内（即朝光轴方向）的角差递增。

根据本发明如权利要求 6 所述的另一实施例，所述第一角度与直角的角差小于所述第二角度与直角的角差。也就是说，在以一个垂直于光轴的截面平面为基准的情况下，外侧圆锥形棱面的倾斜度大于内侧圆锥形棱面。

借助这个实施例所说明的分级倾角的优点在于，与在基体的光输出端上从内侧环形区段的侧面上射出的光束相比，在基体的光输出端上从外侧环形区段的侧面上射出的光束被光轴折射的程度更大。在此情况下，从光输出端射出的光结构的光路就不会发生交叉，这使得各条光路的分布特别清晰。

根据本发明如权利要求 7 所述的另一实施例，所述第一环形区段呈一个指向基体内部的圆锥的至少一部分第一侧面的形状，所述第二环形区段呈截锥的第二侧面的形状，和/或所述第三环形区段呈截锥的第三侧面的形状。这种尽可能精确的圆锥形或截锥形空隙的优点在于，借此可用有效而又特别简单的方式在基体中实现这种空隙。根据空隙尺寸和/或光学透明材料的机械加工性，可用不同方法（例如车削、压制或热压）来制造所述光学偏转元件。

根据本发明如权利要求 8 所述的另一实施例，所述第一环形区段、所述第二环形区段和/或所述第三环形区段具有弯曲表面。其中，各表面可独自具有凹面或凸面。

各环形区段上的这种弯曲结构的优点在于，可对从轻微弯曲程度不同的圆锥形棱面射出的光束进行个别聚焦。其中，棱面的凸出光学界面可对相应的光结构进行轻微聚焦。如果不使用凹界面的情况下也能将光结构聚焦在圆环形线上，棱面的轻微凹入的光学界面就会引起相应光结构的焦点后移，即移动到比上述圆环形线更远离光学偏转元件的光输出端的位置上。

根据本发明如权利要求 9 所述的另一实施例，所述基体呈一个柱体（尤其是圆柱体）的外部形状。这样就可用所谓的棒透镜来制造光学偏转元件。

所述光学偏转元件的基体优选至少部分由折射率较大的材料构成。这一点特别适用于 405 nm 左右的波长。其优点在于可使普通半导体激光二极管的相干光得到特大程度的发散。此外，这种在光谱中波长较短的光在人体皮肤内的透入深度远小于波长较长的光。

根据本发明如权利要求 10 所述的另一实施例，所述光输入端具有凸面。“凸面”在此指的是，所述光输入端同样具有一个以基体为基准向外拱起的

轮廓。如果是普通的球面状轮廓，则意味着相应球面的曲率中心以光输入端为基准位于基体的侧面。

这种凸面的优点在于，从光输入端射入基体的初级光束由于被折射而会发生与凸面拱起程度相关的聚焦。其中，光输入端的这种曲面结构可与具体应用相匹配。在将光结构投射到至少近似呈圆柱形的空腔的内壁上时，可对聚焦程度进行调节，使得光结构在待测空腔的内壁上呈现清晰且尽可能精细的照射线。

根据本发明如权利要求 11 所述的另一实施例，所述光输入端具有弧形的第一环形区段和至少一个弧形的第二环形区段。其中，各表面可独自具有凹面或凸面。

与光输出端上各环形区段如上文所述的个别曲面结构一样，光输入端上各环形区段的这种个别拱起结构也具有其优点，即可对从不同圆锥形棱面射出的光束进行个别聚焦。其中，棱面的凸出光学界面可对相应的光结构进行轻微聚焦。如果在不使用凸界面的情况下也能将光结构聚焦在圆环形线上，棱面的轻微凹入的光学界面就会引起相应光结构的焦点后移，即移动到比上述圆环形线更远离光学偏转元件的光输出端的位置上。

光输入端上各环形区段的这种个别曲面结构可通过传统加工方法（例如车削、压制或热压）而制成，其实现方式比光输出端上各环形区段的个别曲面结构简单得多。其原因在于，光输入端具有远比光输出端简单的拓扑结构或表面结构，因而相应的拱形结构也更易于制成。

根据本发明如权利要求 12 所述的另一实施例，所述基体具有一个以光轴为基准同轴延伸的通孔。

借此可使观测光学系统（确切而言为摄像机）从所述光学偏转元件中穿过。这一点在下述情况下特别有利，即所述光学偏转元件应用于结构紧凑的光学测量仪，而这个光学测量仪通过对被投射在空腔内壁上的照射线进行空间测量来测量这个空腔的尺寸和/或形状。

根据本发明如权利要求 13 所述的另一实施例，所述通孔为一中心钻孔，所述中心钻孔呈一个以光轴为基准同心布置的圆柱体形状。

所述中心钻孔的优点在于，借此可以特别简单的方式低成本制造所述光学偏转元件。

权利要求 14 描述了一种光学测量装置，用于对物体中形成的空腔进行三维测量，特定而言用于对人体耳道或动物耳道进行三维测量。所述光学测量装置具有：(a)一个光源，用于发射沿照射光光路传播的照射光；(b)一个上述类型的光学偏转元件，用于将所发射的照射光空间结构化，借此在内壁上产生至少一条围绕偏转元件光轴延伸的照射线，所述照射线的形状与空腔的尺寸和形状相关；(c)一台摄像机，通过成像光光路在一个三角测量角度下对所述至少一条照射线进行检测。

本发明的光学测量装置基于以下认识：通过在待测空腔的内壁上投射圆柱对称结构化照射图案，就可简单地通过改进的三角测量法来对所述空腔进行三维（3D）测量。其中，用摄像机检测所述至少一条照射线的形状，摄像机优选以光轴为对称轴为一个或多个环形投影线摄制二维（2D）图像。根据捕获到的投影线相对于以光轴为基准同心的对称圆形的偏差或畸变，可对空腔内壁进行三维测量。

与仅照射一个测量点并检测该测量点高度的三维测距传感器相比，所述光学测量装置的优点在于几乎可同时（自动）对布置在光轴周围的多个测量点进行测量。通过这种方式，整体上可大幅提高扫描速度。

优选产生多个照射结构，其中，每个所产生的照射结构均呈圆锥曲面形状。通过这种方式可大幅增加借助单独一个摄像机图像所能同时检测的测量点的数量。

如果待测空腔是一个绕所述光学测量装置的光轴对称延伸的圆柱形空腔，就会产生以光轴为基准同心布置的环形照射线。如果待测空腔是一个绕圆柱轴延伸的圆柱形空腔，且所述圆柱轴相对于所述光学测量装置的光轴存

在一定的平行度偏差,就会产生以光轴为基准呈椭圆形的变形照射线。其中,所述内壁的相邻照射线比第二壁区更远离光轴,而第一壁区内的间距大于其在第二壁区内的间距。其原因在于,在各照射结构呈圆锥形发散的情况下,相邻照射线之间的距离随其与光轴之间的距离的增大而增大。因此,无论是摄像机所检测到的照射线的三维形状与理想圆形之间的偏差,还是相邻照射线之间的间距,均能提供关于空腔三维轮廓的信息。

此处需要明确指出的是,照射结构或可能发生变形的照射线即已包含有关待测空腔的尺寸和形状的三维信息。但出于对测量速度和空间分辨率的考虑,将光源所发射的照射光结构化多个呈圆锥形发散的照射结构,仍然是有利的。

“在一个三角测量角度下对照射线进行检测”指的是,成像光的光路与照射光的光路(即与圆锥形照射结构的张角)之间的夹角不等于 0° 。

这个角度就称为三角测量角度。这个三角测量角度越大,三维定位的精度就越高。

所述光学测量装置的优点在于,在所述测量装置内部进行三维测量时,无需使用可动部件,特别是无需使用可动的光学元件。也就是说,所述光学测量装置不仅造价较低,在实际使用条件下的可靠性也极高。

需要指出的是,对较大空腔进行测量时,整个测量装置优选可沿光轴移动。在这种运动过程中所摄制的局部图像可借助适当的图像处理法重新加以整合。这种整合通常又被称为“拼接”。

根据本发明如权利要求15所述的实施例,光学测量装置还具有一个分析单元,所述分析单元布置在摄像机的下游,用于通过对摄像机所检测到的至少一条照射线进行图像处理来自动测定至少一部分空腔的尺寸和形状。

所述分析单元借此以简单方式实现对摄像机所检测到的2D图像的自动图像分析,在此情况下,所述光学测量装置可直接输出被测空腔的三维数据,以供进一步数据处理用。

根据本发明如权利要求 16 所述的另一实施例, 所述光学测量装置还具有一个投影光学系统, 所述投影光学系统布置在照射光光路中。其优点在于, 必要时结合光输出端基本呈圆锥形的棱面的适当曲面结构, 可对照射光进行聚焦, 使照射线尽可能清晰地投射在待测空腔的内壁上, 从而使摄像机可以检测到清晰的结构。

在此情况下, 这一光学系统的焦距的最佳选择取决于射在光学系统上的照射光束的发散程度、照射光在光学系统和光学偏转元件之间的光程长度和光学偏转元件与内壁之间的光程长度。因此, 这一光学系统的焦距不仅与所述光学测量装置的设计有关, 还与待测空腔的预期尺寸有关。

需要指出的是, 上文结合所述光学偏转元件的实施例说明的基体光输入端的凸面在定性层面上也具有与上述投影光学系统相同的作用。光输出端上基本呈圆锥形的棱面的拱形结构也同样如此。

根据本发明如权利要求 17 所述的另一实施例, 所述光学测量装置还具有与所述偏转元件的光轴成斜角布置的分光器。这个分光器令照射光光路发生偏转, 使得(a)物方部分照射光光路平行于光轴延伸, 或者(b)像方部分成像光光路与光轴成一角度延伸。

“斜角”在此指的是, 分光器与光轴成不等于 0° 和 90° 的角度布置。分光器优选朝光轴倾斜 45° , 以便使照射光光路或成像光光路弯曲 90° 。

根据本发明如权利要求 18 所述的另一实施例, 至少一部分使照射光平行于光轴传播的照射光光路围绕在光轴中部延伸的成像光光路布置。

其中, 照射光光路的一部分截面可以光轴为基准呈环对称(即围绕光轴或成像光光路同心)布置。也就是说, 以光轴为基准同心传播的照射光束射在同样围绕光轴对称设计的光学偏转元件上。举例而言, 上述具有中心钻孔的折射光学偏转元件适合用作此处提到的光学偏转元件。

需要指出的是, 照射光光路和成像光光路也可部分同轴延伸。因为对于基于三角测量原理的三维测量而言, 只需照射光光路和成像光光路在物方端

(即靠近待测照射线的一端)彼此空间分离,以产生三角测量角度,即已满足相应要求。举例而言,照射光光路和成像光光路在物方端的分离可通过适当的分光器或其物方端将光路分成两个空间分离的分末端的光波导实现。

根据本发明如权利要求 19 所述的另一实施例,所述光学测量装置还具有光导装置,所述光导装置布置在成像光光路中,用于将照射线的二维图像传输至摄像机。

可将内窥镜中所用的机械刚度较大的棒透镜阵列用作上述光导装置。也可将基于梯度光学系统(折射率随半径发生变化)的内窥镜系统用作上述光导装置。借此可在光导装置内部使光束发生弯曲,从而使摄像机可以较宽的角度范围对成像光束进行检测。

此外还可将霍普金斯(Hopkins)光学系统用作所述光导装置,霍普金斯光学系统同样是机械刚度较大的光学装置。举例而言,霍普金斯光学系统可以是一种其内部插有空气透镜的玻璃管,借此可在内窥镜检查过程中进行特别仔细的观测。这一优点也可使所述光学测量装置以特别高的精度和可靠性进行三维测量。

也可将所谓的图像光导体(Bildlichtleiter)用作上述光导装置,这种图像光导体包括多个单独的光波导或玻璃纤维。图像光导体的优点在于它的柔性,借此可采用至少部分柔性的结构实现所述光学测量装置。当待测空腔为一个无法送入刚性测量装置的弯曲空腔时,借此也能实现精确的空腔测量。

权利要求 20 说明一种产生同心发散的空间结构化光束的方法。所述方法具有下列步骤:将初级光束发射到上述光学偏转元件上,使得初级光束从光输入端进入光学偏转元件的基体,然后作为次级光束从基体的光输出端射出。其中,次级光束具有至少一个圆锥曲面形光结构。

所述方法基于以下认知:与使用已知的衍射光学偏转元件相比,使用上述折射光学偏转元件可以简单方式实现次级光束的大角度发散。“大角度发散”指的是相应的圆锥曲面具有较大的张角。

只要基体的光输出端具有多个环形区段，并且这些环形区段具有多个倾斜度彼此不同的基本呈圆锥形的棱面，发散光锥的相应锥顶就会重合在一个位于光轴上的真实源点上。“真实源点”在此指的是，照射结构至少近似地从一个位于光轴上的源点发出。

只要所述基体如上文中的优选实施例所述具有一个通孔或中心钻孔，次级光束就会从至少一个绕光轴同心布置的圆环形区段射出。在此情况下，也可将相应的锥顶理解为呈圆锥曲面形发散的次级光束的真实源点。

附图说明

下面借助对目前的优选实施方式的示范性描述对本发明的其他优点和特征进行说明。本申请的各附图仅为示意图，而非比例图，其中：

图 1a 为采用本发明实施例的光学测量装置的截面图；

图 1b 为一个摄像机图像，其包括被投射在待测空腔内壁上的照射线的四个图像；

图 1c 为图 1a 所示的光学测量装置物方端的正视图；

图 2 为图 1a 所示的光学测量装置的物方端上的照射光光路和成像光光路，这些光路确定三角测量角度；

图 3 为折射产生单独一个圆锥曲面形光结构的模拟图；

图 4a 为光学偏转元件的透视图，所述光学偏转元件具有两个圆锥形棱面；

图 4b 为图 4a 所示的光学偏转元件的结构图；

图 4c 为借助图 4a 所示的光学偏转元件折射产生两个圆锥曲面形光结构的模拟图；

图 5 为借助具有三个圆锥形棱面的光学偏转元件折射产生三个圆锥曲面形光结构的模拟图；

图 6 为一个光学偏转元件，所述光学偏转元件的环形区段在光输出端处各具有一个凸面；

图 7 为一个光学偏转元件，所述光学偏转元件的光输入端具有两个弯曲的环形区段，所述环形区段各具有一个凸面。

此处需要指出的是，在各附图中，相同或相应要素的参考符号的区别仅在于第一个数字。

具体实施方式

图 1a 显示的是采用一种本发明实施例的光学测量装置 100 的截面图。光学测量装置 100 以光轴 117 为基准呈圆柱对称。

光学测量装置 100 具有一个光源 110，所述光源在此处所示的实施例中为一个激光二极管 110。当然也可使用其他类型的光源，例如发光二极管。激光二极管 110 所发射的单色照射光 111 射在投影光学系统 112 上，而投影光学系统 112 将照射光束 111 发散。发散的照射光束 111 射在一个与光轴 117 成 45° 角定向的分光器 113 上，此时视分光器 113 的反射能力而定，至少有一部分照射光 111 被耦合到一个绕光轴 117 对称布置的空心圆柱体 115 内。为避免照射光 111 被耦合到空心圆柱体 115 的中心区域，分光器 113 和激光二极管 110 之间布置有一个光学遮蔽元件 114。

因分光器 113 而发生偏转的照射光在空心圆柱体 115 的导引下穿过照射光光路 116。照射光光路 116 以光轴 117 为基准呈圆柱对称。在光学测量装置 100 的物方端，照射光射在一个光学偏转元件 150 上，而光学偏转元件 150 同样呈圆柱对称，且绕光轴 117 呈圆柱对称布置。在此处所示的实施例中，光学偏转元件 150 为一个光学折射元件，下文中将借助图 3、图 4a 和图 4b 对其进行详细说明。

光学偏转元件 150 以某一方式将照射光进行空间结构化，以便产生多个圆心于光轴 117 的照射结构 122，这些照射结构均呈圆锥曲面 122 的形状，并投射于一个待测空腔 125 的内壁上。清楚起见，图 1a 仅对一个照射结构 122 进行了图示。

需要指出的是，在使用相应分光器 113 的情况下也可将摄像机 145 和激

光二极管 110 彼此调换。举例而言, 可将选择性透射玻璃板用作分光器, 所述玻璃板布置在一个小型椭圆形区域的中央, 使得被耦合出来的不是激光束, 而是位于照射光光路 116 中央的图像。

在此处所示的实施例中, 待测空腔是一个患者的耳道 125。耳道 125 的直径 d 通常约为 4 mm。

需要指出的是, 测量装置 100 也可用于测量其他类型的空腔。举例而言, 可先对钻孔的三维形状进行精确测量, 随后再选出精确匹配的铆钉, 以便在飞机制造中实现特别可靠的铆接。

照射结构 122 在空腔 125 内壁上的投影形成封闭的照射线 128, 其形状取决于空腔 125 的尺寸和形状。其中, 照射线 128 的清晰度取决于照射结构 122 在内壁上的聚焦。因而可对投影光学系统 112 的焦距进行如下调整, 即在待测空腔具有预期的大致尺寸的情况下, 可在空腔内壁上产生清晰的照射线 128。

各条照射线 128 的尺寸和形状由摄像机 145 检测。这一点通过由照射线 128 发出的成像光 130 来实现。成像光 130 由焦距特短的成像光学系统 132 会聚而成。成像光学系统 132 因其摄影角度极大而又被称为鱼眼。

成像光学系统 132 所会聚的成像光 130 由光导装置 135 传输至光学测量装置 100 的像方端。在此处所示的实施例中, 所述光导装置为一个棒透镜阵列 135, 棒透镜阵列也应用于例如医疗技术的内窥镜检查设备中。第二成像光学系统可与棒透镜阵列 135 配成一个整体, 其实现方式是使相应棒透镜靠近空腔的相应端部界面具有极明显的曲面结构。

棒透镜阵列 135 具有多个棒透镜 135a, 其总长度 l 约为 50 mm。当然, 棒透镜阵列 135 也可具有任意一种其他长度。棒透镜阵列 135 也可以是所谓的霍普金斯透镜阵列。

棒透镜阵列 135 借此界定沿光轴 117 朝光学测量装置 100 的像方端方向延伸的成像光光路 136。成像光光路 136 和照射光光路 116 均绕光轴 117 呈

圆柱对称布置, 其中, 照射光光路 116 位于成像光光路 136 外侧。

所述光学测量装置当然也可采用成像光光路位于照射光光路外侧的结构。但任何情况下最迟都须在测量装置 100 的物方端上实现照射光 122 与成像光 130 的空间分离, 以便在一定的三角测量角度下对投影照射线 128 进行检测, 从而测定空腔 125 的三维轮廓。只有当照射 (即照射线 128 的产生) 和观测 (即照射线 128 朝摄像机 145 方向的映射) 在不同角度下进行, 才会产生三角测量角度。

由棒透镜阵列 135 导引的成像光 130 射在分光器 113 上。至少一部分成像光 130 仅以一定的平行度偏差穿过分光器。这个平行度偏差取决于分光器 113 的厚度、折射率和分光器 113 相对于光轴 117 的角位置。其余的成像光 130 被分光器反射, 作为损耗光射在光学遮蔽元件 114 或激光二极管 110 上。

从分光器中穿过的那部分成像光 130 射在成像光学系统 142 上, 并被这个成像光学系统映射到摄像机 145 上。摄像机 145 据此摄制一个摄像机图像 148, 所述摄像机图像显示的是照射线 128 的图像 149, 这些图像与空腔 125 的形状相关, 且主要在摄像机图像 148 的周缘区域内发生畸变。图 1b 显示的是这种摄像机图像 148 的一个示例, 从中总共可以看到被投射在空腔 125 内壁上的相应照射线 128 的四个图像 149。通过在一连接在摄像机 145 下游的分析单元 146 中对这种畸变进行定量分析, 可测定空腔 125 的形状和尺寸。

图 1c 显示的是光学测量装置 100 的物方端的正视图。从中可以看到被光学偏转元件 150 包围的成像光学系统 132。

图 2 以截面图形式示出了照射光 222 和成像光 230 在光学测量装置 100 的物方端上的光路, 光学测量装置在此用参考符号 200 表示。如果以光轴 217 为基准, 则针对图 2 所示的特定照射线 228 会产生一个中等的投影角或照射角 β 。

光学偏转元件 250 与光轴 217 之间存在一个中等的径向距离 r 。相应地, 如果以光轴 217 为基准, 则针对所示照射线 228 会产生一个成像角 α 。其中

应对成像光 230 由居中布置在光轴 217 上的成像光学系统 232 会聚而成这一情况加以考虑。

三角测量角度 θ 为 α 与 β 之差 ($\theta = \alpha - \beta$)。如图 2 所示, 这个三角测量角度 θ 当然也与纵距 Δl 相关。这个纵距 Δl 是偏转元件 250 与成像光学系统 232 之间在平行于光轴 217 方向上的距离。

图 3 显示的是折射产生单独一个圆锥曲面形照射结构 322 的模拟图。其中, 初级光束 311 通过光输入端 360 射入光学偏转元件 350 的基体 352 内。位于光输入端 360 另一端的光输出端 370 具有圆锥形棱面 371, 从而使得基体内产生一个圆锥形空隙。射入基体的光束在相应朝偏转元件 350 的光轴 317 倾斜的光学界面上发散成圆锥曲面形照射结构 322。借此在附图未作图示的一个待测空腔的圆柱形内表面产生照射线 328。

图 4a 和图 4b 所示的光学偏转元件 450 具有两个圆锥形棱面, 即一个设置在第一环形区段上的第一圆锥形棱面 471 和一个设置在第二环形区段上的第二圆锥形棱面 472。图 4a 显示的是光学偏转元件 450 的透视图, 图 4b 显示的是光学偏转元件 450 的结构图。

光学偏转元件 450 具有一个基本呈圆柱形的基体 452, 其内部设置有一个通孔 454。在此处所示的实施例中, 基体 452 的直径为 3 mm, 长度为 3.65 mm。设计为钻孔的通孔 454 的直径为 1.3 mm。当然也可为偏转元件 450 采用其他尺寸。

端部光输入端 460 具有一个曲率半径为 30 mm 的微凸弧面 465。这个弧面 465 借此构成从光输入端 460 射入的初级光束的轻微聚焦光学界面。这个凸出的输入端界面与整个基体 452 一样以光轴 417 为基准呈旋转对称形状。

位于光输入端 460 另一端的光输出端 470 具有由两个圆锥形棱面 471 和 472 确定的凹轮廓。如图 4b 所示, 第二圆锥形棱面 472 以光轴 417 为基准的径向厚度为 0.51 mm。此外, 第二圆锥形棱面 472 的光学界面以光轴 417 为基准的倾斜角度为 105° 。第一圆锥形棱面 471 以光轴 417 为基准的倾斜角度

为 120.06° 。当然，此处也可采用其他尺寸和/或角度。

图 4c 显示的是借助光学偏转元件 450 折射产生两个圆锥曲面形光结构的模拟图。初级光束 411 沿平行于光轴 417 的方向射在偏转元件 450 的基体 452 上。在此模拟图中，用圆形遮蔽元件 454a 模拟图 4a 和图 4b 中所示的通孔 454。遮蔽元件 454a 相对于光轴 417 同心布置。

用聚光透镜 465a 模拟光输入端 460 的凸面 465，所述聚光透镜同样是相对于光轴 417 同心布置，且直接布置在基体 452 后面。两个圆锥形棱面 471 和 472 使初级光束 411 以圆柱对称的方式分裂成次级光束 422，所述次级光束具有第一圆锥曲面形光结构 422a 和第二圆锥曲面形光结构 422b。

图 5 显示的是借助具有三个圆锥形棱面的光学偏转元件 550 折射产生三个圆锥曲面形光结构 422a、422b 和 422c 的模拟图。在所示模拟图中，初级光束 511 沿平行于光轴 517 的方向射在基体 552 上。用相对于光轴 517 同心布置的圆形遮蔽元件 554a 模拟通孔。

用聚光透镜 565a 模拟光学偏转元件 550 的光输入端的凸面，所述聚光透镜同样是相对于光轴 517 同心布置，且直接布置在基体 552 后面。三个圆锥形棱面使初级光束 511 以圆柱对称的方式分裂成次级光束 522，所述次级光束具有第一圆锥曲面形光结构 522a、第二圆锥曲面形光结构 522b 和第三圆锥曲面形光结构 522c。

需要指出的是，为能更清楚地显示所产生的发散光锥，图 3、图 4c 和图 5 仅对相关模拟进行了二等分图示。在相关模拟的背景下，通过使用位于相应光路上的矩形光闸即可实现这种二等分图示。

图 6 显示的是采用本发明另一实施例的光学偏转元件 650。偏转元件 650 与上述偏转元件一样具有一个带一个中心钻孔 654 的基体 652，所述中心钻孔以光轴 617 为基准呈旋转对称形状。光输入端 660 具有平直界面。光输出端 670 具有两个以光轴 617 为基准对称的环形区段，即一个第一环形区段 671 和一个第二环形区段 672。

需要指出的是, 环形区段 671 和 672 各具有一个轻微的曲面结构, 图 6 对此进行了夸大显示。由于曲率半径很大, 相应的表面轮廓仍可称为基本呈圆锥形的棱面。基本呈圆锥形的棱面 671 的曲面结构可不同于基本呈圆锥形的棱面 672 的拱形结构。借此可对从轻微弯曲程度不同的圆锥形棱面射出的光束进行个别聚焦。

图 7 显示的是采用本发明特别优选的实施例的光学偏转元件 750。偏转元件 750 同样具有一个带一个中心钻孔 754 的基体 752, 所述中心钻孔以光轴 717 为基准呈旋转对称形状。与图 6 所示的实施例不同的是, 光输入端 760 具有一个结构化表面轮廓, 其包括有两个以光轴 717 为基准对称的环形区段, 即一个第一环形区段 761 和一个第二环形区段 762。位于光输出端的环形区段 771 和 772 在两个圆锥形棱面上不具有其他曲面结构。

各环形区段 761、762、771、772 的半径按如下方式彼此匹配, 即在沿平行于光轴 717 的方向进行入射性照射时, 第一环形区段 761 被分配给第一环形区段 771, 第二环形区段 762 被分配给第二环形区段 772。在此情况下, 由于环形区段 761 和 762 具有相应的曲面结构, 也可对从不同圆锥形棱面 771 和 772 射出的光束进行个别聚焦。

需要指出的是, 也可将图 6 和图 7 所示的两个实施例结合起来, 使得光输入端和光输出端上的环形区段均具有个别的曲面结构。

还需指出的是, 此处所说明的实施方式仅是对本发明的可行实施方案一种有限选择。因此, 可以以适当方式对个别实施方式的特征进行组合, 由此产生的大量不同实施方式可以视为已向专业人士公开揭示。

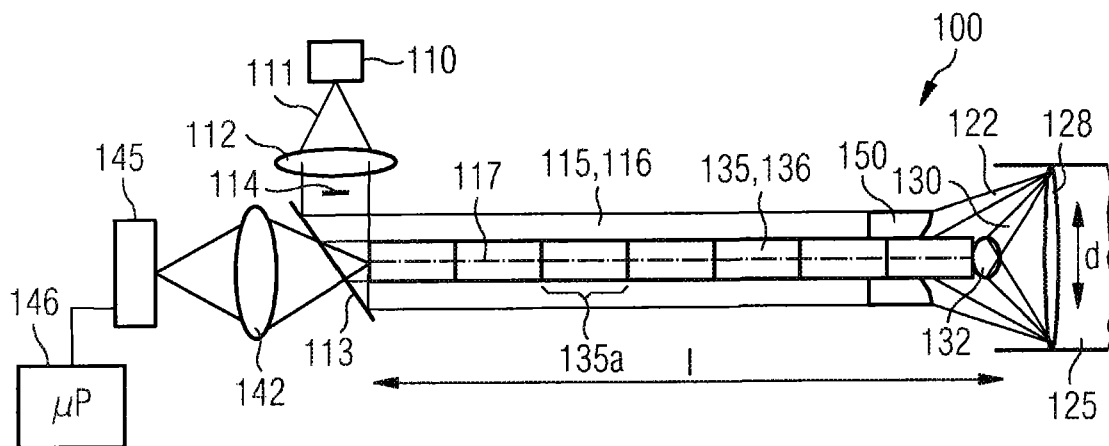


图1A

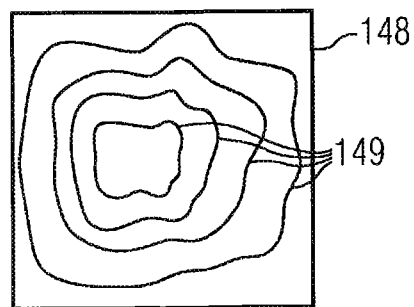


图1B

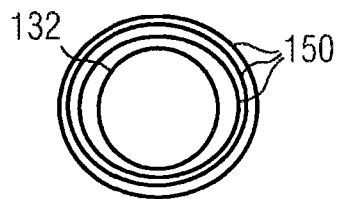


图1C

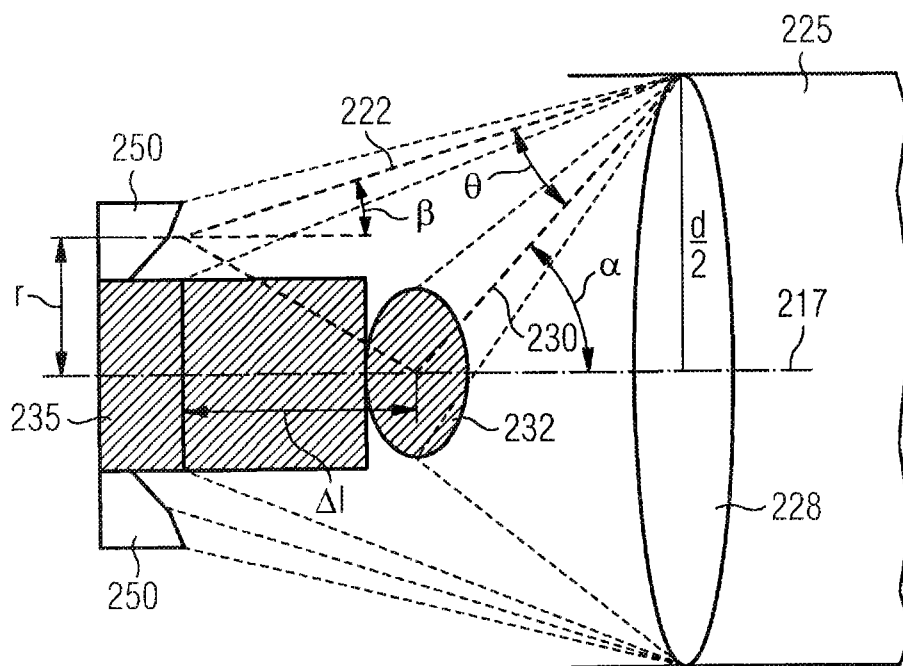


图2

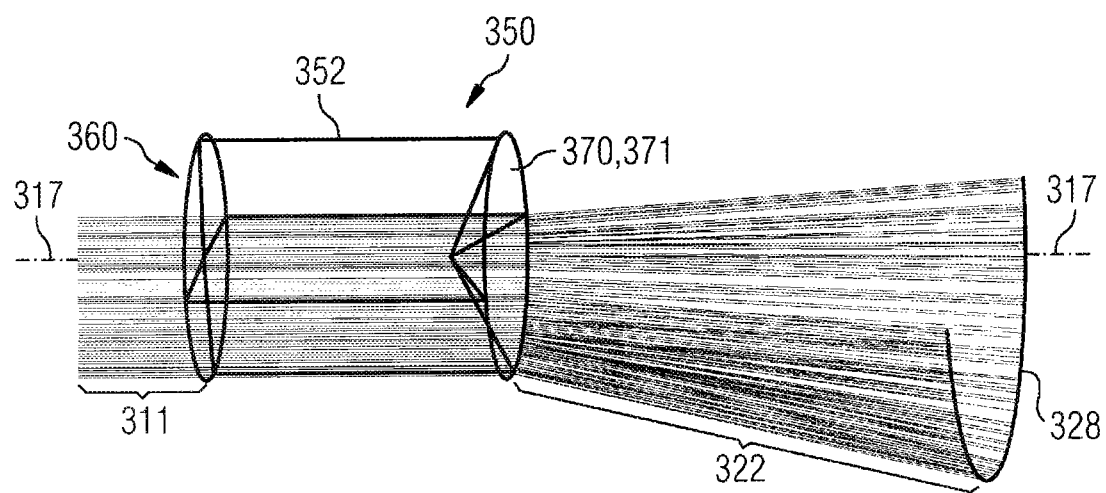


图3

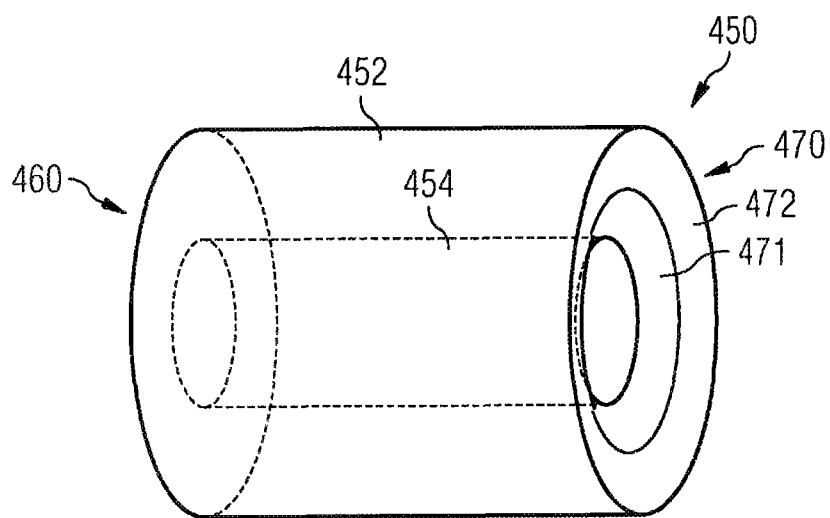


图4A

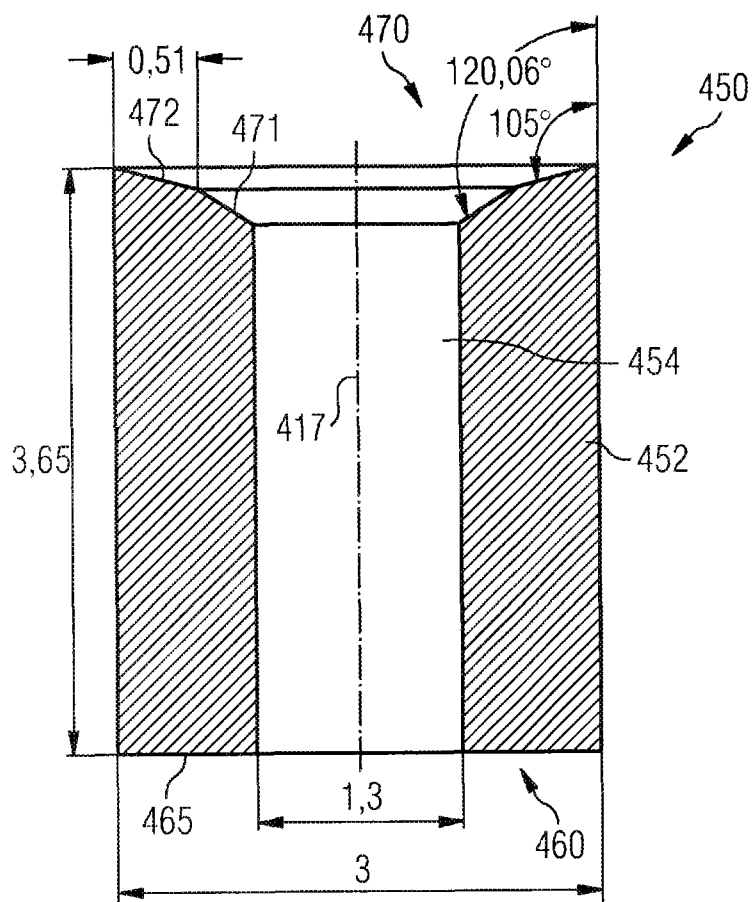


图4B

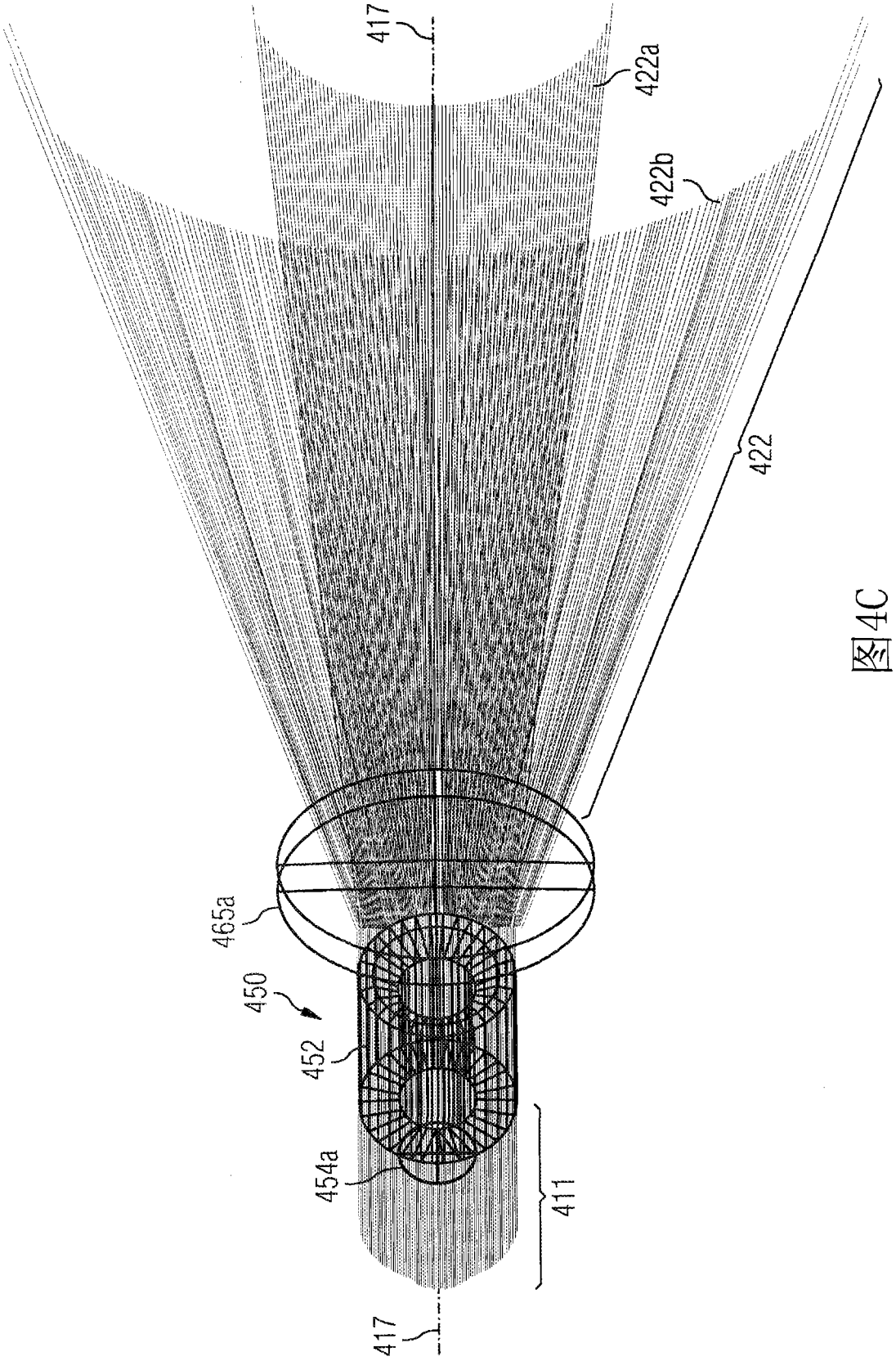


图4C

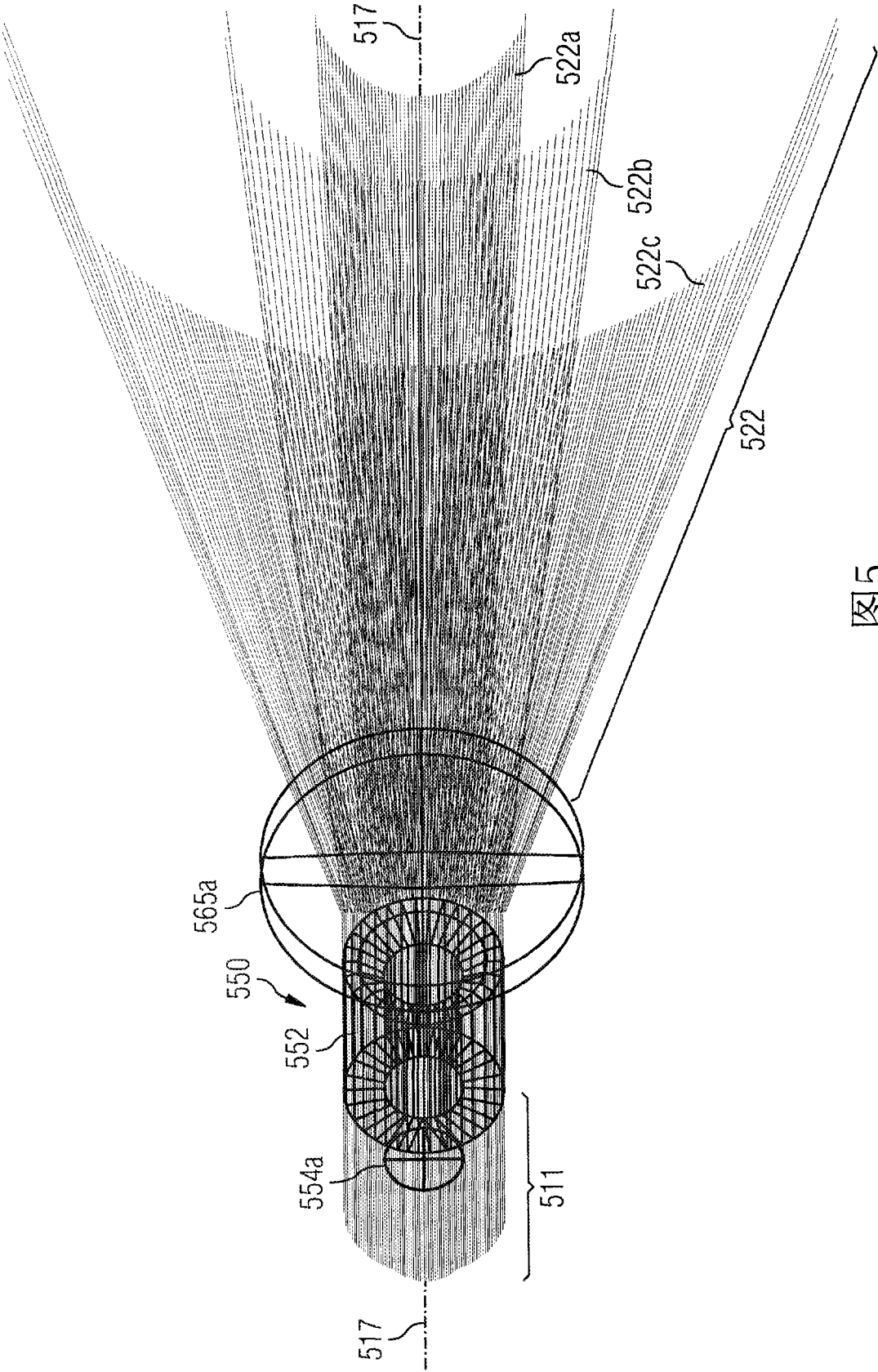


图5

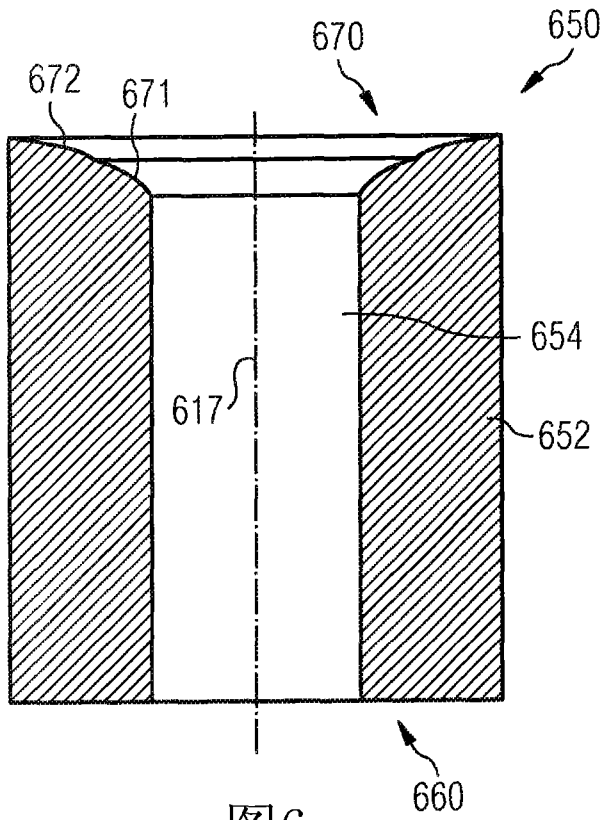


图6

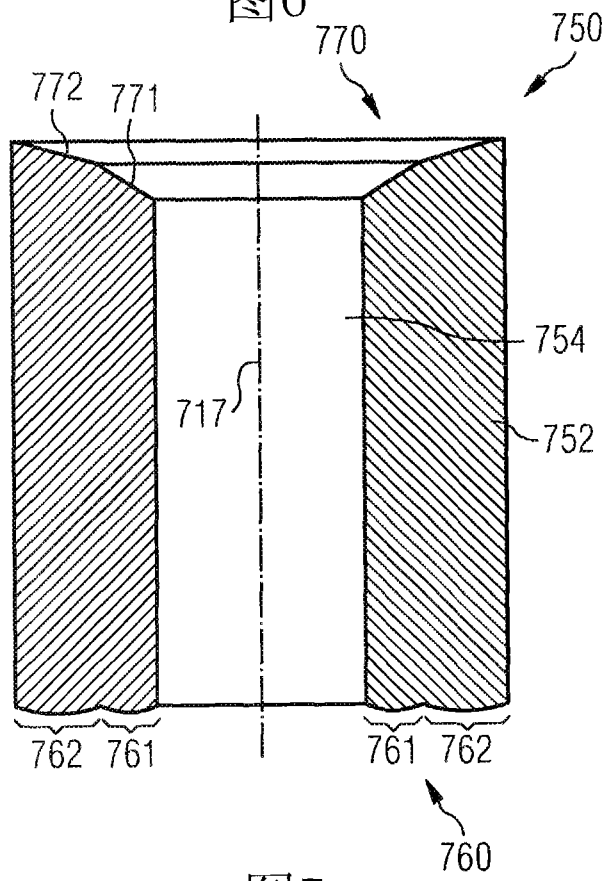


图7