(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119487356 A
(43)申请公布日 2025.02.18

(21)申请号 202380051462.3

(22)申请日 2023.06.28

(30)优先权数据
102022117536.7 2022.07.13 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.12.31

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2023/067657 2023.06.28

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/012878 DE 2024.01.18

(71)申请人 普雷茨特光电有限公司
地址 德国新伊森堡

(72)发明人 L·维泽 C·迪茨 F·罗林霍夫

(74)专利代理机构 北京市汉坤律师事务所 11602
专利代理师 王其文 张涛

(51)Int.Cl.
G01B 11/24(2006.01)

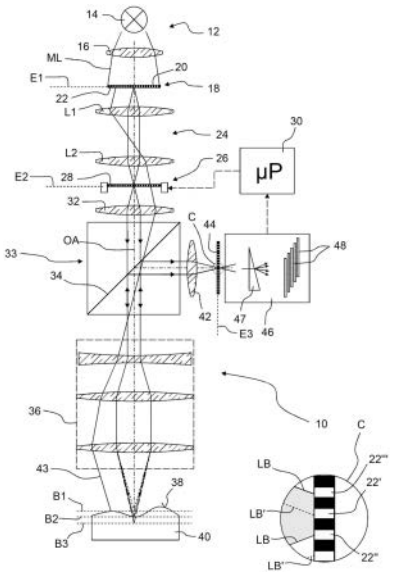
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

光谱共焦测距装置

(57)摘要

本发明涉及一种用于对与物体(40)的反射表面(38)的多个点的距离进行光谱共焦测量的装置。所述装置具有:光源(12),所述光源产生多色测量光(ML);光型生成装置(18),所述光型生成装置由所述测量光生成光型。未经过色差校正的物镜(36)在像平面(B1,B2,B3)内生成所述光型的图像,所述像平面的轴向位置基于纵向色差与波长相关。所述装置还具有静态空间滤波器(44)、立方体分束器(33)和光谱仪(46),所述光谱仪对被所述表面(38)反射的测量光进行光谱分析。根据本发明,所述装置还包括能逐像素地切换的空间滤波器(26;26';26"),所述空间滤波器具有多个像素(28),且要么形成所述光型生成装置(18),要么布置在与所述静态空间滤波器(44)光学共轭的平面(E2)内。每个像素(28)均可转换为所述像素(28)阻断测量光(ML)的第一切换状态,以及可转换为所述像素(28)不阻断测量光(ML)的第二切换状态。



CN 119487356 A

1.一种用于对与物体(40)的至少部分反射入射测量光(ML)的表面(38)上的多个点的距离进行光谱共焦测量的装置,所述装置具有:

a)光源(12),其被配置成产生多色测量光(ML),

b)光型生成装置(18),其被配置成,由所述测量光生成光型,所述光型在第一平面(E1)内沿一个维度或沿两个维度延伸,

c)未经过色差校正的物镜(36),其被配置成,在像平面(B1,B2,B3)内生成所述光型的图像,所述像平面的轴向位置基于纵向色差与波长相关,

d)静态空间滤波器(44),其布置在第二平面(E3)内,且具有对应于所述光型的滤波功能,其中,所述第二平面(E2)与所述第一平面(E1)光学共轭,

e)立方体分束器(33),其布置在所述光型生成装置(18)与所述物镜(36)之间的光程中,并且将被所述表面(38)反射并且穿过所述物镜(36)的测量光(ML)导引至所述静态空间滤波器(44),

f)具有多个输入通道的光谱仪(46),所述输入通道分别被配置成,对穿过所述静态空间滤波器(44)的对应于相应所述输入通道的点的经反射的测量光进行光谱分析,以及

g)分析装置(30),其被配置成,由所述光谱仪(46)所测得的波长计算出从所述表面(38)上的点到所述装置(10;10')的距离,

其特征在于

能逐像素地数字切换的空间滤波器(26;26';26"),所述空间滤波器具有多个像素(28),且所述空间滤波器要么形成所述光型生成装置(18),要么布置在与所述第一平面(E1)和所述第二平面(E3)光学共轭的第三平面(E2)内,其中,每个像素(28)均能转换为所述像素(28)阻断测量光(ML)的第一切换状态,以及可转换为所述像素(28)不阻断测量光(ML)的第二切换状态。

2.根据权利要求1所述的装置,其特征在于,在测量的情况下,所述能逐像素地数字切换的空间滤波器(26;26';26")在第一切换配置与第二切换配置之间转换,其中在所述第一切换配置中,两个相邻的像素(28)不处于相同的切换状态,且其中所述第二切换配置与所述第一切换配置互补。

3.根据权利要求1或2中任一项所述的装置,其特征在于,所述能逐像素地数字切换的空间滤波器(26")形成所述光型生成装置(18),并且所述测量光(ML)在所述光源(14)与所述能逐像素地数字切换的空间滤波器(26")之间作为自由束传播。

4.根据权利要求1或2所述的装置,其特征在于,所述能逐像素地数字切换的空间滤波器(26;26')独立于所述光型生成装置(18)且布置在所述第三平面(E2)内。

5.根据权利要求4所述的装置,其特征在于,所述能逐像素地数字切换的空间滤波器(26;26')布置在所述光型生成装置(18)与所述立方体分束器(33)之间的光程中。

6.根据权利要求4或5中任一项所述的装置,其特征在于,所述装置(10;10')具有将所述第一平面(E1)成像至所述第三平面(E2)上的成像光学系统(24)。

7.根据权利要求4至6中任一项所述的装置,其特征在于,所述光型包括多个二维分布的光点(22;22"),或者至少一个连续的或由光点组成的光线(20;22')。

8.根据权利要求4至7中任一项所述的装置,其特征在于,所述光型生成装置(18)包括光纤(56)的端部的布局。

9.根据权利要求4至7中任一项所述的装置,其特征在于,所述光型生成装置(18)包括具有至少一个开口(22;22',22")的遮光板(20;20';20")。

10.根据权利要求4至7中任一项所述的装置,其特征在于,所述光型生成装置(18)包括微会聚透镜(70)的平面布局。

11.根据上述权利要求中任一项所述的装置,其特征在于,在所述光型生成装置(18)与所述立方体分束器(33)之间的光程中布置有准直仪(32),所述准直仪将进入所述立方体分束器(33)的测量光(ML)准直化。

12.根据上述权利要求中任一项所述的装置,其特征在于,所述能逐像素地数字切换的空间滤波器(26')为微镜阵列。

13.根据上述权利要求中任一项所述的装置,其特征在于,所述多色光源(12)包含发光体(52)。

14.根据上述权利要求中任一项所述的装置,其特征在于,所述光谱仪(46)与能逐像素地数字切换的空间滤波器(26;26';26")同步,使得对应于所述第二切换状态的像素(28)的输入通道被停用。

15.根据上述权利要求中任一项所述的装置,其特征在于,

所述能逐像素地数字切换的空间滤波器(26;26';26")布置在所述光源(14)与所述立方体分束器(33)之间的光程中,

另一能逐像素地数字切换的空间滤波器(74)布置在所述立方体分束器(33)与所述光谱仪(46)之间的光程中的第四平面(E4)内,所述第四平面与所述第一平面(E1)和所述第二平面(E2)光学共轭,以及

所述另一能逐像素地数字切换的空间滤波器(74)的每个像素能转换为所述像素阻断测量光(ML)的第一切换状态,并且能转换为所述像素不阻断测量光(ML)的第二切换状态。

光谱共焦测距装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于在工件和其他物体表面的优选沿一条线布置的多个点处进行光谱共焦测距的装置。

背景技术

[0002] 在需要以高精度非接触式地测量与工件或其他物体的距离的情况下,光谱共焦测距装置多年来一直被用于工业测量技术。在透明物体中,这种装置也能测量壁厚或其他厚度,因为通常可以针对每个光学界面测定一个距离,且厚度由所测得的距离之差得出。

[0003] 传统的光谱共焦测距装置包含光源,此光源产生多色测量光并且对准具有极小板口的孔板。板口由成像光学系统成像至待测量表面。成像光学系统的至少一部分具有明显的纵向色差。因此,不同颜色的板口图像依次布置在成像光学系统的光轴上。只有板口图像刚好处于待测量表面上的测量光的光谱分量被这个表面反射回来,使得该分量可以进入同一板口或与其光学共轭的板口。这个光谱分量的波长借助于光谱仪进行检测。其中,每个波长均对应于与成像光学系统的某个距离。

[0004] 虽然其他光谱分量同样会被物体表面部分反射,但无法被成像光学系统聚焦至同一板口或与其光学共轭的板口中,因而对由光谱仪进行光谱分析的测量光的部分没有重大影响。

[0005] 由US2018/0038680 A1已知一种光谱共焦测量装置,可利用此测量装置在多个点同时测量距离或厚度。此外,常规的孔板在此用线性或平面布局的光纤端部的线性或平面布局替代。如果在多个位置同时测量距离或厚度,就会大幅缩短测量时间。在这种情况下,即使表面较大,仍可以在短时间内创建完整的表面轮廓。

[0006] 这种多点测量装置的横向分辨率,也就是物体表面上的测量点的密度,受到如下限制:从物体反射的入射一个光学共轭光纤的端部的测量光不得同时入射相邻的光纤。如果出现这种光学串扰,各个测量点就无法再对应于单一的距离值。导致光学串扰主要原因是,即使成像光学系统经过最佳校正,出于物理原因,光纤端部的图像也无法完全清晰,而是基于衍射现象而具有平面状延伸的衍射盘的形状,此衍射盘具有多个可清楚识别的次极大值。

[0007] 因此,在已知的光谱共焦测距装置中,光纤端部的距离相对较大,因而无法实现高密度的测量点。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种用于对与物体表面的多个点的距离进行光谱共焦测量的装置,所述装置具有高横向分辨率。

[0009] 本发明用以达成上述目的的解决方案为一种用于对与物体表面的多个点的距离进行光谱共焦测量的装置,所述装置具有光源,所述光源被配置成产生多色测量光。光型生成装置被配置成,由测量光生成光型,该光型在第一平面内沿一个维度或沿两个维度延伸。

未经过色差校正的物镜被配置成,在像平面内生成光型的图像,这些像平面的轴向位置基于纵向色差与波长相关。静态空间滤波器布置在第二平面内,且具有对应于光型(但不一定相同)的滤波功能,其中第二平面与第一平面光学共轭。优选非偏振的立方体分束器布置在光型生成装置与物镜之间的光程中,并且将被表面反射并且穿过物镜的测量光导引至空间滤波器。光谱仪具有多个输入通道,这些输入通道被配置成,对穿过静态空间滤波器的对应于相应输入通道的点的经反射的测量光进行光谱分析。分析装置被配置成,由光谱仪所测得的波长计算出从表面上的点到测量装置的距离。根据本发明,所述装置还具有能逐像素地切换的空间滤波器,该空间滤波器具有多个像素,且要么形成光型生成装置,要么布置在与第一平面和第二平面光学共轭的第三平面内,其中每个像素均可转换为像素阻断测量光的第一切换状态,以及可转换为像素不阻断测量光的第二切换状态。

[0010] 能逐像素地切换的空间滤波器能够在测量期间的某个时间点将测量光的会导致光学串扰的部分遮住或者将其偏转,使其无法到达光谱仪。在另一时间点对测量光的另一部分进行抑制。这样就能通过将多个连续的测量组合在一起来实现极高的横向分辨率。

[0011] 在最简单的情形下,如此地控制该能逐像素地数字切换的空间滤波器,使其在测量时在第一切换配置与第二切换配置之间转换,其中在第一切换配置中,两个相邻的像素不处于相同的切换状态,且其中第二切换配置与第一切换配置互补。由此,只需要两次个别测量。

[0012] 为实现更高的横向分辨率,可能需要活动像素之间有更大的距离,使得在每个切换配置中,两个活动像素之间至少有n=2、3、...个像素处于非活动切换位置。在这种情况下,必须依次相应地有n+1个不同的切换配置,直至所有像素均处于活动切换位置。

[0013] 不同切换配置的控制不仅取决于所需的横向分辨率,还取决于待测量的物体表面的特性。在信噪比良好的表面中,视情况可以容许更多的串扰,使得在某个时间点,空间滤波器的一半甚至全部像素均可以处于活动的第二切换状态。串扰的干扰性越大,在给定时间点处于活动的第二切换状态的像素之间的距离就应该越大。

[0014] 能逐像素地数字切换的空间滤波器所处的第三平面与光型生成单元所处的第一平面之间的光学共轭确保,能逐像素地数字切换的空间滤波器的像素能够单一对应于各个测量点。将可以通过光学成像相互转换的平面称为光学共轭。因此,在两个光学共轭的平面之间通常设有具有一或多个透镜或镜面的物镜,该物镜实现光学成像。但作为物镜的替代,在特殊情况下也可以通过其他光学系统来实现光学共轭。一个示例为光纤的相对的端部,这两个端部可以被视为光学共轭,因为这两个端部处的点状光分布相同。因此,也可以用光导纤维束来生成光学图像,例如已知的内窥镜便是如此。两个紧接彼此的平面在广义上也可以被视为光学共轭。

[0015] 如果能逐像素地数字切换的空间滤波器独立于光型生成装置且布置在第三平面内,那么该空间滤波器可以处于光型生成装置与立方体分束器之间的光程中。这种布局的有利之处在于,光型的图像比通过物镜再次成像之后的更加清晰。

[0016] 在这种情况下,所述装置优选具有将第一平面成像至第三平面上的成像光学系统。这种成像光学系统的有利之处主要在于,光型生成装置包括光纤端部的布局,或者包括具有至少一个开口的遮光板。测量光通常以强发散的方式从光纤或开口出射。如果将能逐像素地数字切换的空间滤波器直接布置在光纤端部或遮光板开口的前方,就会产生广义上

的光学共轭。但许多特别适合的能逐像素地数字切换的空间滤波器(如微镜阵列)无法以仍可称为光学共轭的程度靠近光型生成装置布置。成像光学系统一方面允许利用大数值孔径,另一方面允许使用微镜阵列和其他可切换空间滤波器,这些滤波器因光束折叠或所需的安装空间而仅能布置在距光型生成装置较远之处。

[0017] 光型可以包括多个二维分布的光点,或者至少一个连续的或由光点组成的光线。通过可切换空间滤波器的像素将连续的光线分成各个测量点。

[0018] 在一个实施例中,光型生成装置包括微会聚透镜的平面布局。会聚透镜将测量光聚焦至可切换空间滤波器的对应像素上,并且由此形成广义上的光学共轭。

[0019] 在另一实施例中,能逐像素地数字切换的空间滤波器形成光型生成装置。这种结构特别简单,且允许使用形式为微镜阵列的空间滤波器而无需额外的成像光学系统。

[0020] 在这种情况下,空间滤波器应用角度分布与未经过色差校正的物镜的数值孔径相匹配的光进行照明。这在测量光在光源与能逐像素地数字切换的空间滤波器之间作为自由束传播的情况下特别有效。

[0021] 为避免光损失,用作光型生成装置的空间滤波器应如此地用光源照明,使得尽可能多的光入射空间滤波器。视光源的具体种类,一个简单的集光系统足以用来将从光源的出光面发出的光集束,使其以低损耗的方式入射空间滤波器。如果空间滤波器所生成的光型包括由多个光点组成的光线,那么该集光系统可以构建为柱面透镜或者以其他方式构建为变形透镜。

[0022] 在一个实施例中,在光型生成装置与立方体分束器之间的光程中布置有准直仪,该准直仪将进入立方体分束器的测量光准直化。在这种情况下,基于共焦成像,从物体反射的测量光同样准直地穿过立方体分束器。准直穿过的有利之处在于,由此,立方体分束器不会产生球差。

[0023] 能逐像素地数字切换的空间滤波器优选为微镜阵列。替代地,也可以指如US 8,054,527B2中所描述的透射式MEMS组件。也可以考虑将LCD板用作能逐像素地数字切换的空间滤波器,但由于偏振特性而具有缺点。

[0024] 出于相同的原因,立方体分束器有利地为非偏振的。在这种情况下,立方体分束器的分度率与偏振态无关,因而也与物体表面的特性无关。

[0025] 在一个实施例中,多色光源包含如由EP 3 764 056 A1(对应于US10,731,965B1)已知的发光体。这种光源优选具有长条形的出光面。如果用光纤来导光,那么其端部可以形成矩形或圆形布局,并且接收从发光体的相邻的方形或圆形出光面发射的光。

[0026] 在基于发光体的光源中,借助于泵浦源(通常是指激光器或LED)来激发被称为发光体的发光物质,该发光物质通过物理过程(特别是磷光、荧光或闪烁)来发出光。这种光源的优点在于,其能够照亮整个共焦孔径,并且具有高效率、高光输出。

[0027] 为减少因散射光等引起的光学串扰,在与第一、第二和第三平面光学共轭的位置处可以布置有其他空间滤波器。

[0028] 光谱仪可以与能逐像素地数字切换的空间滤波器同步,使得对应于第二切换状态的像素的输入通道在逻辑上或物理上被停用。这样就防止因串扰而进入相邻输入通道的测量光在分析时被考虑在内。在最简单的情形下,相关输入通道的停用如此地实施,使得该处测得的这些强度不被读取。

[0029] 如果能逐像素地数字切换的空间滤波器布置在光源与立方体分束器之间的光程中,那么另一能逐像素地数字切换的空间滤波器就可以布置在立方体分束器与光谱仪之间的光程中的第四平面内,该第四平面与第一平面和第二平面光学共轭。该另一能逐像素地数字切换的空间滤波器的每个像素可转换为像素阻断测量光的第一切换状态,以及可转换为像素不阻断测量光的第二切换状态。

[0030] 这个措施的背景是,光型的图像会随着每一次光学成像而损失清晰度。例如,如果两个相邻的衍射盘在物体表面上仅以可忽略不计的程度重叠,那么在光谱仪的高度上通过物镜再次成像后,该重叠可能已经很明显。该另一能逐像素地数字切换的空间滤波器在此可以提供补救措施,具体方式是,该空间滤波器再次切断相关光束,使得即使在重新成像后,光谱仪处也不会发生串扰。

附图说明

[0031] 下面结合图式对本发明的实施例进行详细说明。其中:

[0032] 图1为本发明的根据第一实施例的测距装置的示意性经向剖面;

[0033] 图2为在图1所示装置中用作光型生成装置的孔板的俯视图;

[0034] 图3a和图3b为图1所示装置中所包含的透射式MEMS空间滤波器的不同切换配置的放大的示意性剖面;

[0035] 图4为可在图1所示装置中用作光型生成装置的孔板的另一实施例的俯视图;

[0036] 图5为可在图1所示装置中用作光型生成装置的孔板的又一实施例的俯视图;

[0037] 图6为本发明的根据第二实施例的测距装置的示意性经向剖面;

[0038] 图7a和图7b为图6所示装置中所包含的反射式MEMS空间滤波器的不同切换配置的放大的示意性剖面;

[0039] 图8为光型生成装置由线性布局的微透镜形成的实施例示意图;

[0040] 图9a和图9b为可行的切换配置的其他方案的根据图3a和图3b的示意图;

[0041] 图10为具有两个透射式MEMS空间滤波器的另一技术变体的局部;以及

[0042] 图11为本发明的根据第三实施例的测距装置的示意性经向剖面,其中能逐像素地数字切换的空间滤波器形成光型生成装置。

具体实施方式

[0043] 1.测量装置的结构

[0044] 图1示出整体用10表示的本发明的根据第一实施例的测距装置的示意性经向剖面。

[0045] 装置10具有光源12,该光源产生多色测量光ML。其中,测量光ML优选具有连续光谱。但原则上只要波长峰值足够接近,同样可以考虑使用梳状光谱或其他离散光谱。在所示实施例中,光源12包括超辐射发光二极管14和沿光传播方向布置在其后方的会聚透镜16。

[0046] 光源12所产生的测量光ML入射光型生成装置18,该光型生成装置由入射的测量光ML生成光型。在所示实施例中,光型生成装置18包括孔板20,图2示出该孔板的俯视图。孔板20具有沿一条线布置的多个板口22。当用测量光ML照射时,板口22为点光源,测量光ML从这些点光源发散出来。

[0047] 孔板22布置在第一平面E1内,该平面与成像光学系统24的物平面重合。在所示实施例中,成像光学系统24构建为4f光学系统。这种4f光学系统的特点是,两个物镜或透镜L1、L2如此地布置,使得透镜L1的后焦平面与透镜L2的前焦平面重合。这导致在两侧形成远心光路,其结果是板口22处的角度分布被传输至成像光学系统24的像平面E2中且不发生倾斜。如果正如所示实施例中那样,透镜L1、L2的焦距相等,则成像比例β=-1。

[0048] 成像光学系统24的像平面E2内布置有透射式MEMS空间滤波器26,其中MEMS为微机电系统的缩写。这种滤波器26包括大量规则布置的元素或像素28,这些元素或像素可以单独机械移动,以选择性地开放或阻断光程。这种MEMS滤光器的合适的示例是已知的,且例如在US2006/0012781 A1中描述过。作为替代方案,也可以使用LCD板,但其有偏振作用,这对于一些测量任务而言可能是不利的。

[0049] 图3a和图3b示出透射式MEMS空间滤波器26的放大的示意性剖面。在所示实施例中,透射式MEMS空间滤波器26的像素28沿一条线布置,使得每个像素28刚好对应于光型生成装置18的一个板口22。这种对应关系因成像光学系统24所引起的板口22在像素28上的成像而产生。

[0050] 各像素28的可独立切换性在图3a中用浅色和深色背景表示。深色背景的像素28处于第一切换状态,在该状态下,像素28阻断测量光ML。浅色背景的像素28处于第二切换状态,在该状态下,像素28对测量光ML透明。像素28的切换状态由控制和分析装置30预设。由图3a与图3b的对比清楚地看出的不同切换状态间的转换通常在几微秒内实施。

[0051] 针对图3a最左边示出的处于第二切换状态的像素28,用其他射束表明,当穿过透射式MEMS空间滤波器26时,测量光ML的角度分布保持不变。因此,透射式MEMS空间滤波器26仅在地点空间进行滤波,而不在角度空间进行滤波。因此,测量光ML在像素28的输出端以成像系统24的数值孔径NA出射。

[0052] 因此,透射式MEMS空间滤波器26的像素28同样为点光源,但不同于光型生成装置18的板口22,这些点光源可以单独接通和断开。

[0053] 图3a和图3b示出两个不同的切换配置,在这个实施例中,可以在这两个切换配置间转换。在图3a所示第一切换配置中,两个相邻的像素28均不处于相同的切换状态。切换状态由此在像素之间交替。图3b所示第二切换配置与图3a的第一切换配置互补。因此,该处的两个相邻的像素28同样不处于相同的切换状态,该切换状态同样在像素之间交替。但切换模式错开一个像素,这样就能在图3a和图3b所示两个切换配置之间转换,具体方式是将每个像素28转换成另一切换状态。在下文的第2节中对与透射式MEMS空间滤波器26和切换配置转换相关的优点进行说明。

[0054] 在透射式MEMS空间滤波器26后方的光程中布置有准直透镜32,该准直透镜的前焦平面与平面E2重合。因此,从像素28出射的射线束在穿过准直透镜32后被准直化。

[0055] 准直化的射线束入射非偏振立方体分束器33,该立方体分光镜具有相对光轴倾斜45°布置的分光面34。出射的光的预设分量,例如50%,在分光面处反射并且在测量中损失。其余的测量光ML基于准直化的光路在不偏转的情况下穿过立方体分束器,并且入射未经过色差校正的物镜36,该物镜具有无限远的物面。物镜36与成像光学系统24和准直透镜32一起基于其纵向色差将布置在平面E1内的板口22在像平面B1至B3内成像,这些像平面的轴向位置与波长相关。这在图2中用不同的虚线表示。其中,每个波长均对应于刚好一个像平面。

如果(正如在本实施例中那样)光源12所产生的光谱为连续的,就会由此产生一系列连续的像平面。

[0056] 如果板口22的图像处于一个像平面内,在该像平面的高度上设有物体40的至少部分反射表面38,那么出射的光束会在该处反射回自身,并且以相同的路径通过物镜36回到立方体分束器33的分光面34。对于此处所示情况,例如,在板口22的图像处于像平面B2的波长中,处于装置10的光轴OA上的板口22满足上述前提条件。对于穿过另一板口22的光束43,在相关板口22的图像处于像平面B1的另一波长中,此处在最下方的物体40满足上述前提条件。当然,不仅是单一波长的光会在表面38上反射。但仅有一种波长的测量光束被自身反射,因为只有这个波长的焦点刚好处于表面38上。

[0057] 被反射的测量光ML的预定分量在分光面34处反射90°,并且由会聚透镜42聚焦至静态空间滤波器44上,该空间滤波器布置在第三平面E3内且具有对应于光型的滤波功能。静态空间滤波器44在一些位置允许测量光ML透过(或者在采用反射式空间滤波器的情况下允许反射),而在其余位置将测量光ML阻断。在最简单的情形下,静态空间滤波器44是指用于光型生成装置18的板口的同一孔板,视情况按处于其间的光学系统的图像比例缩小或放大。亦即,处于光型生成装置18与静态空间滤波器44之间的光程中的整个光学系统,也就是成像光学系统24、准直透镜32、物镜36和聚焦透镜42,使得光型生成装置18在静态空间滤波器44上成像。因此,平面E1、E2和E3光学共轭。在透射式MEMS空间滤波器26的高度上以及物体40的表面38上的像平面B1至B3内产生中间图像。

[0058] 静态空间滤波器44确保只能对以特定的波长在表面38处被自身反射的测量光束进行进一步分析。不满足这个条件的测量光ML根据光谱共焦测量原理被静态空间滤波器44遮住。

[0059] 在静态空间滤波器44后方的光程中布置有具有多个输入通道的光谱仪46,其对穿过静态空间滤波器44的对应于相应输入通道的点的经反射的测量光ML进行光谱分析。光谱仪46通常包含色散光学元件,如光栅或棱镜47,且针对每个输入通道包含行状布局48的感光室,这在图1中示意性地示出。由于这种光谱仪46是已知的,因此无需对此作进一步说明。

[0060] 2.功能

[0061] 正如对于光谱共焦测量装置而言已知的那样,当测量时,控制和分析装置30由光谱仪46所测得的波长计算出从表面38上的点到测量装置10的距离。这些点为点光源、即板口22的图像。其中,每个点光源对应于一个自己的输入通道,使得测距原则上能够对所有点光源同时实施。

[0062] 但当同时对所有点光源进行测距时,如果点光源彼此距离很近,就可能导致光学串扰。其原因在于,即使在最佳地光学成像的情况下,点光源的图像仍会因衍射而模糊,因而可能重叠。这一点在静态空间滤波器44的放大局部C中示意性地示出。在局部C中可看出,平面E3中的灰色背景光束LB并非聚焦至单独一个板口22'上,而是部分地跨越两个相邻的板口22”、22”'。进入错误板口22”、22”'的测量光ML会被光谱仪46的相应输入通道检测到并且使得测距失真。例如,不仅用虚线表示的光束LB'落入板口22”',而且光束LB的也会部分地落入板口。

[0063] 可以通过增大点光源(在此即板口22)间的距离来防止光学串扰。但这项措施以装置10的横向分辨率为代价。

[0064] 因此,根据本发明,控制和分析装置30如此地控制透射式MEMS空间滤波器26,使得测量分为两次部分测量。在第一部分测量中,透射式MEMS空间滤波器26的像素28处于图3a和图3b所示的两个切换配置。在第二部分测量中,像素28处于另一切换配置。对于图1中的局部C中用虚线表示的相邻光束LB'而言,这表示该光束的传播被透射式MEMS空间滤波器26阻断,且无法进入光谱仪46中不对应于这个光束LB'的输入通道;这一点也相应地适用于局部C中未示出的在另一侧与光束LB相邻的其他光束。

[0065] 同时,光谱仪46与能逐像素地数字切换的空间滤波器26同步,使得对应于相邻板口22"的两个输入通道被停用。因此,不对落在这两个输入通道的感光室上的光束LB的分量进行分析。

[0066] 因此,通过将测量分为两次个别测量,在这两次个别测量之间,在图3a和图3b所示切换配置间进行转换,来最有效地防止光学串扰。这样就能在测量时长大体上加倍的情况下实现高横向分辨率。其中,控制和分析装置30可以如此地编程,使得这个模式仅应用于以下情况下的测量:需要高横向分辨率,且物体具有特别容易出现光学串扰的表面。如果对横向分辨率的要求较低,就以图3a和图3b所示切换配置中的一个实施一次测量。

[0067] 3.其他实施例

[0068] 图4示出根据图2的视图的具有狭缝状板口22'狭缝板20',其可以作为图2所示孔板20的替代用作光型生成装置18。可能导致光学串扰的测量光ML的传播在此同样被透射式MEMS空间滤波器26阻断。

[0069] 图5示出根据图2和图3的视图的2D孔板20",其同样可以作为图2所示孔板20的替代用作光型生成装置18。在2D孔板20"中,板口22"被分为规则的二维网格。

[0070] 在这种情况下,透射式MEMS空间滤波器26必须具有相应二维布局的像素28,使得每个板口22"均对应于一个可切换像素。静态空间滤波器44和光谱仪46同样相应地扩展为二维的,这一点在现有技术中是已知的。

[0071] 图6示出测量装置的第二实施例,其整体用10'表示。这个实施例与图1所示装置10的区别主要在于以下几点:

[0072] 一方面,不将超辐射发光二极管、而是将发光体52用作光源12,该发光体在所示实施例中具有长条形的出光面且被泵浦源54照亮,该泵浦源例如可以指激光器。在所示实施例中,由发光体52的出光面出射的多色测量光先被准直化,再借助于柱面透镜55输入耦合至线性布局的平行光纤56的端部中。可以利用发光体52实现特别高的光强。在一个技术变体中,发光体52具有圆形或方形的出光面。在这种情况下,光纤56的端部不形成线性布局,而是形成圆形或方形布局;在这个技术变体中无需柱面透镜55。

[0073] 导入光纤56的测量光ML在光纤56的相对的端部处出射。这些端部沿一条垂直于纸面延伸的线布置,且同时代表了光型生成装置18。成像光学系统24通过平面致偏镜58将光纤端部成像至可切换空间滤波器26'上,该空间滤波器在所示实施例中构建为一维的数字微镜阵列(DMD,digital micromirror device)。其中,微镜阵列垂直于图6的纸面延伸。

[0074] 在这个实施例中,静态空间滤波器44同样由线性布局的光纤60的端部形成,其中该线在此同样垂直于纸面延伸。光纤60将测量光导引至光谱仪46。

[0075] 光纤56、60中可以集成有光纤插头62、62'、64、64'。这样就能将装置10'的用虚线勾边的部分安装在分开的壳体中,这些部分形成移动式测量头66和固定式控制设备68。

[0076] 图7a和图7b以根据图3a和图3b的视图示出反射式可切换空间滤波器26'的两个切换配置。每个像素28均由呈现两个稳定切换状态的微镜构成。灰色背景像素28处于第二切换状态并且如此地反射入射的测量光ML,使其落在吸收体上。白色背景像素28如此地反射入射的测量光ML,使其能够通过立方体分束器33进入物镜36。

[0077] 图8以示意图示出一个实施例,其中光型生成装置18由线性布局的微透镜70形成。光源包括准直透镜72,该准直透镜将测量光准直地对准微透镜70。这些微透镜将测量光ML聚焦至透射式MEMS空间滤波器26的对应像素28上。因此,在该实施例中,不需要成像光学系统24。由于微透镜70直接布置在透射式MEMS空间滤波器26前方,微透镜70的平面E1与平面E2在一定程度上重合,这相当于光学共轭。其中,微透镜70的数值孔径NA与物镜36的数值孔径NA匹配。

[0078] 图9a和图9b以根据图3a和图3b的示意图示出可行的切换配置的其他方案。如果静态空间滤光器44的高度上点光源的图像特别大,就可能出现以下情况:这些图像不仅延伸至紧邻的孔口22'上方,还会延伸至两个甚至三个相邻的孔口22'上方。在这种情况下,应将测量分为不仅两次、而是三次或更多次个别测量,以防止光学串扰。

[0079] 在图9a和9b中,假设总共有四次个别测量。因此,在每个切换配置中,沿一个方向的相邻四个像素28中,始终只有一个处于第二切换状态,而其余三个处于第一切换状态并且阻断入射的测量光。图9a和图9b示出需要依次设定的四个切换状态中的两个。

[0080] 图10另一技术变体的一个局部;装置10的未在图10中示出的部分对应于图1中的部分。

[0081] 在这个技术变体中,在立方体分束器33与摄谱仪46之间的光程中,另一透射式MEMS空间滤波器74布置在第四平面E4内,该平面与第一平面E1和第二平面E2光学共轭。另一成像光学系统75将平面E4内的该透射式MEMS空间滤波器74成像至平面E3内的静态空间滤波器44上。另一透射式MEMS空间滤波器74的像素同样具有以下特性:可转换为像素阻断测量光ML的第一切换状态,以及可转换为像素不阻断测量光ML的第二切换状态。在一个技术变体中,无需静态空间滤波器44;在这种情况下,在平面E3内设有摄谱仪46的输入狭缝。

[0082] 这种另一透射式MEMS空间滤波器74在以下情况下较为有利:摄谱仪中的输入通道无法单独停用,且尽管在物镜34后方的光路中的前方布置有MEMS空间滤波器26,点光源的图像在静态空间滤波器44上仍会部分地重叠。该另一透射式MEMS空间滤波器74"清理"了光分布,并且由此确保点光源的图像在静态空间滤波器44上不会重叠。其中,该另一透射式MEMS空间滤波器74的切换配置始终与前方的透射式MEMS空间滤波器26的切换配置相匹配。

[0083] 而如果摄谱仪具有可单独停用的输入通道,就可以不设置该另一透射式MEMS空间滤波器74。

[0084] 图11示出根据图1的视图的测量装置的第二实施例,其整体用10"表示。在前述实施例中,能逐像素地数字切换的空间滤波器26、26'为独立于光型生成装置18的组件,而在装置10"中,能逐像素地数字切换的空间滤波器26"形成光型生成装置18。这样就不需要单独的光型生成装置,因而不需要将光型生成装置成像至能逐像素地数字切换的空间滤波器26"上的成像光学系统。

[0085] 在所示实施例中,在装置10"中,光源14所产生的测量光ML首先由会聚透镜16准直化。另一会聚透镜16'将测量光ML集束,使其刚好完全照亮能逐像素地数字切换的空间滤波

器26”。在图11中,假设该能逐像素地数字切换的空间滤波器26”为方形,并且测量光ML对一个围成圆形的区域进行照明。在线性的,也就是仅沿一个方向延伸的能逐像素地数字切换的空间滤波器中,会聚透镜16’可以构建为柱面透镜或另一变形光学元件,该元件沿正交方向具有不同的折射力。这样就能对线性空间滤波器进行条状照明以将光损失最小化。替代地,可以使用具有长形出光面的光源,该光源被成像至能逐像素地数字切换的线性空间滤波器上,并且相应地照亮这个空间滤波器。

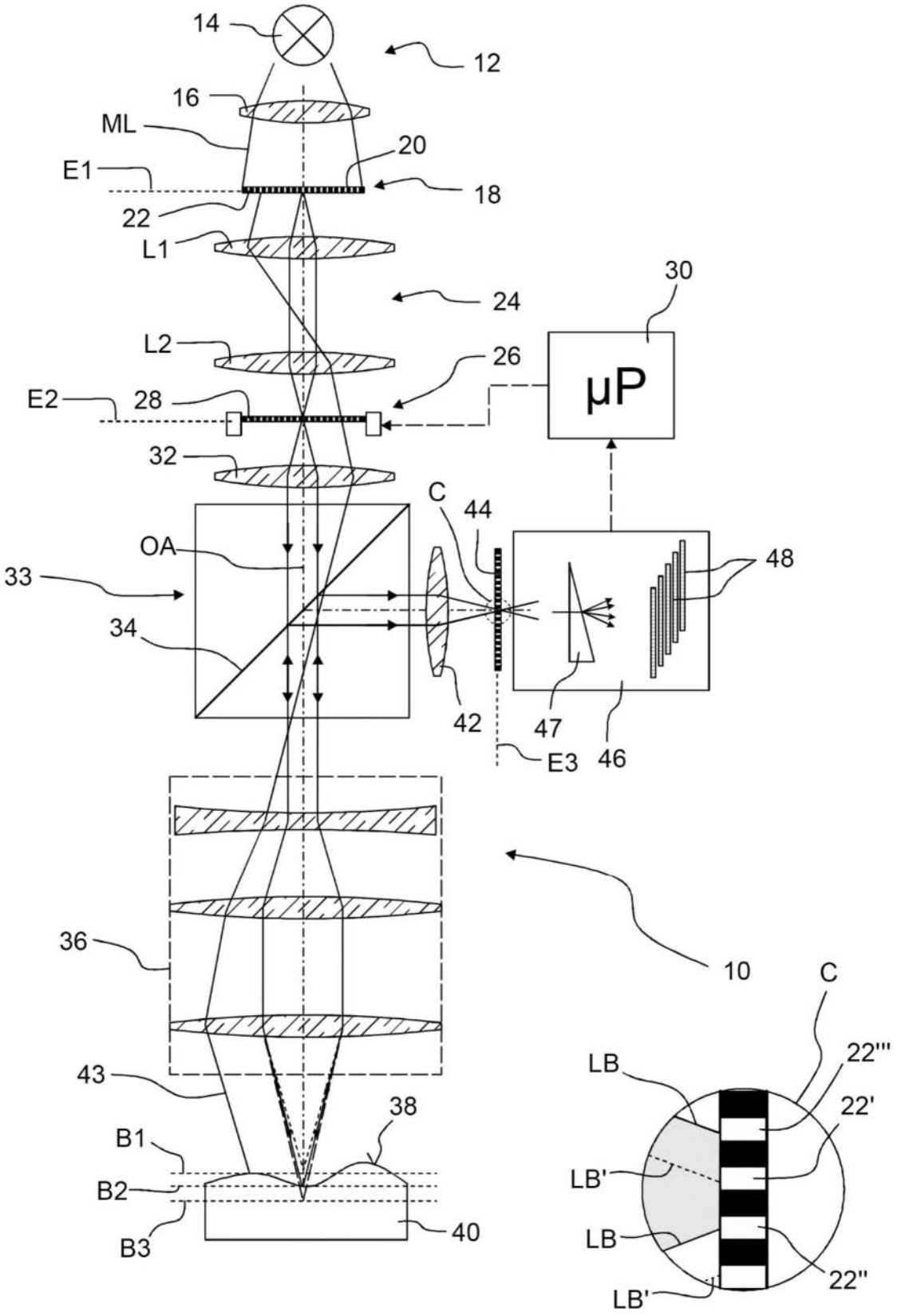

14
12
16
ML
20
E1
18
22
L1
30
24
L2
26
μP
E2
28
32
C
44
OA
48
33
34
42
47
46
E3
10
C
36
22'''
LB
22'
43
38
LB'
B1
B2
LB
B3
40
22''
LB'

图1

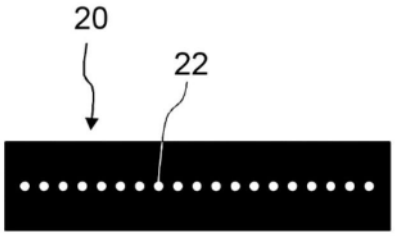


图2

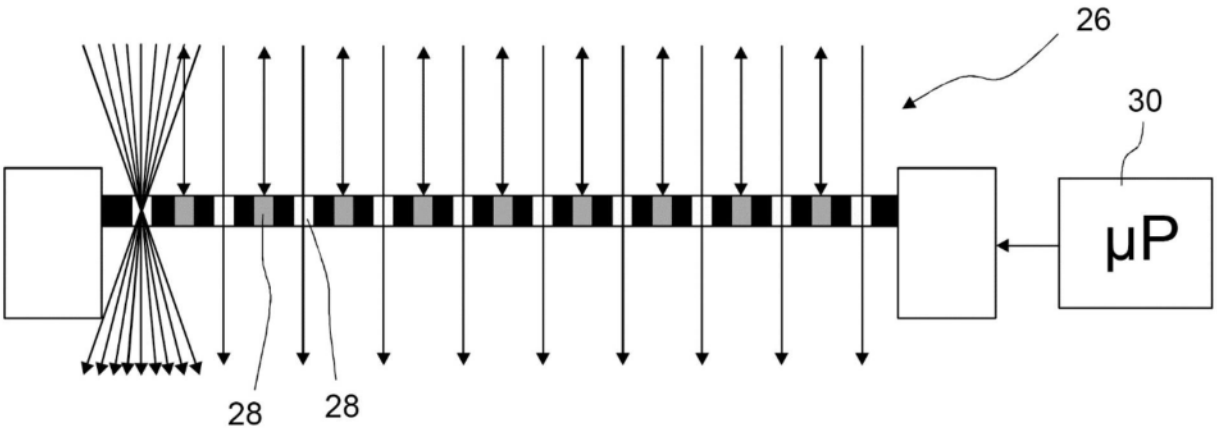


图3a

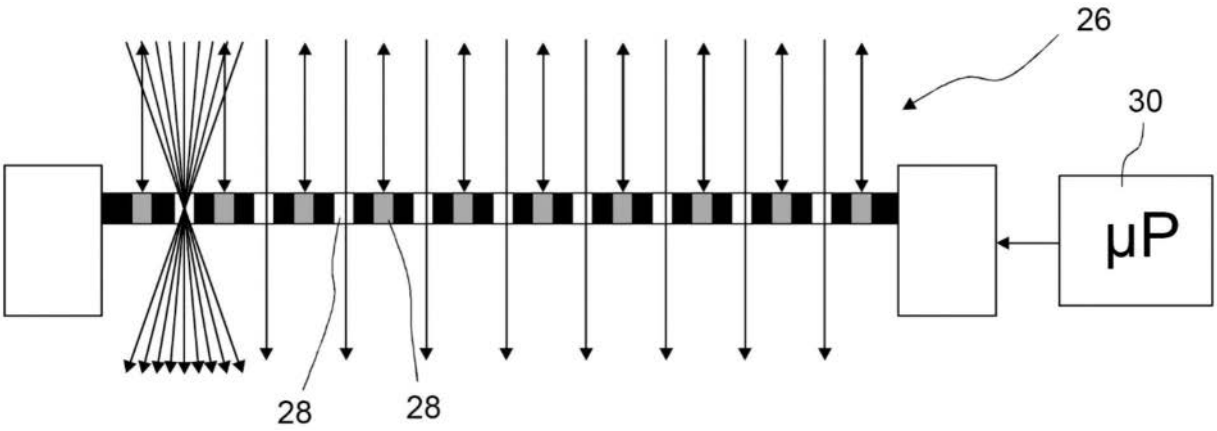


图3b

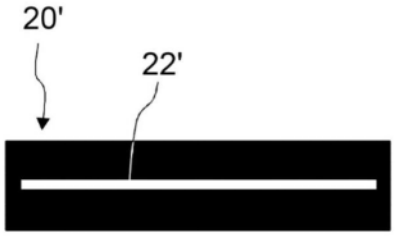


图4

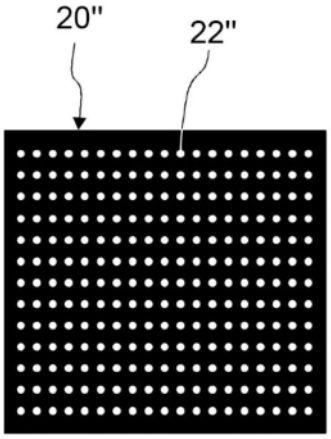


图5

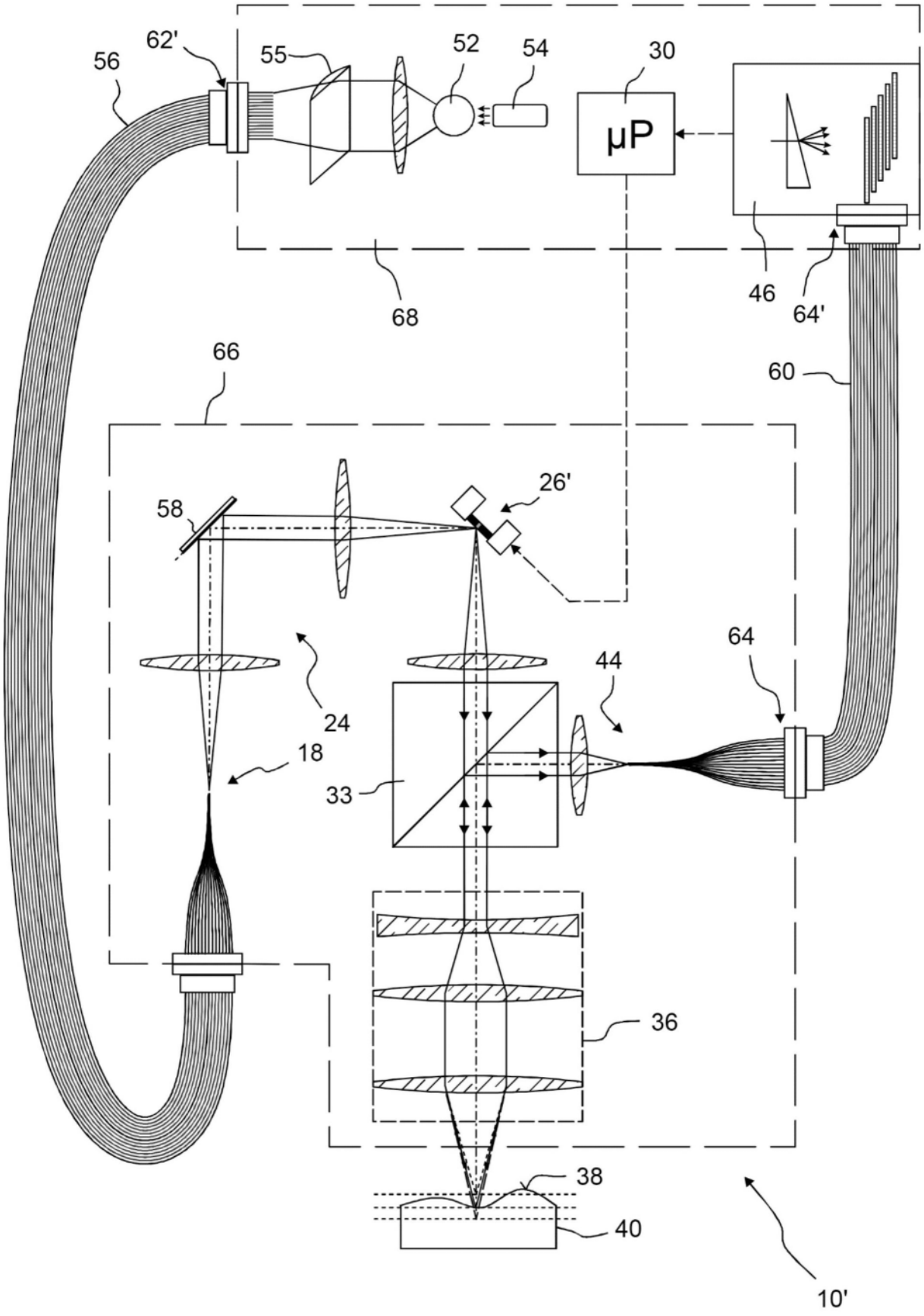


图6

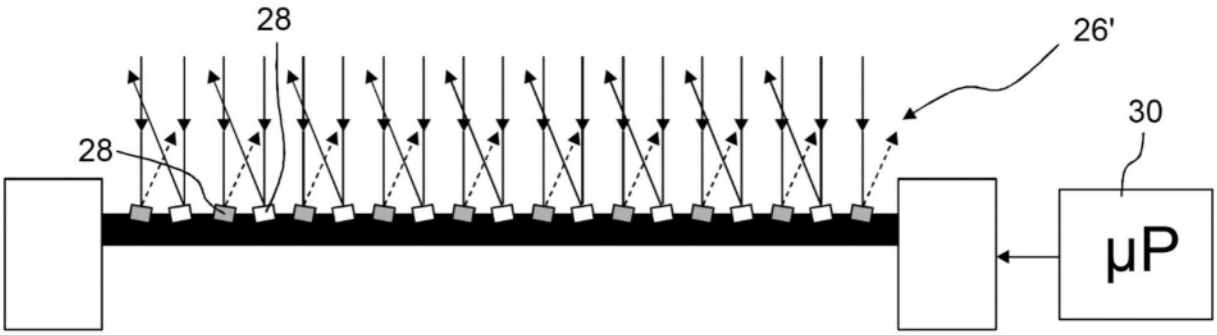


图7a

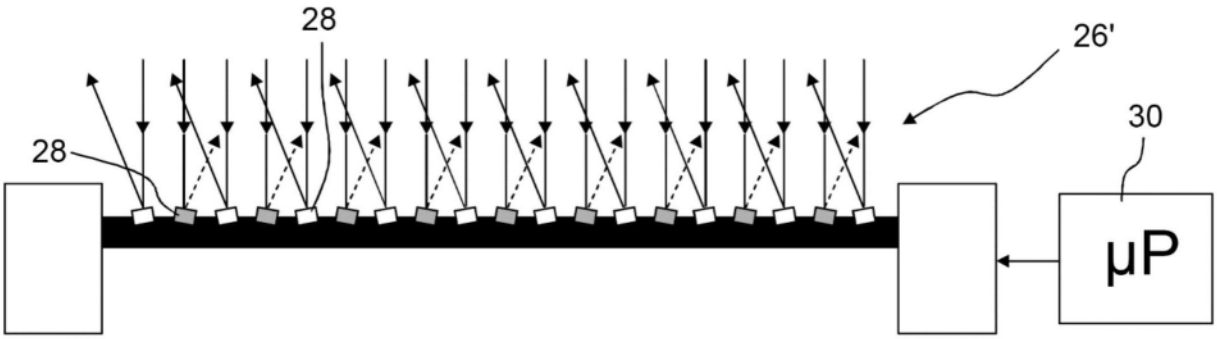


图7b

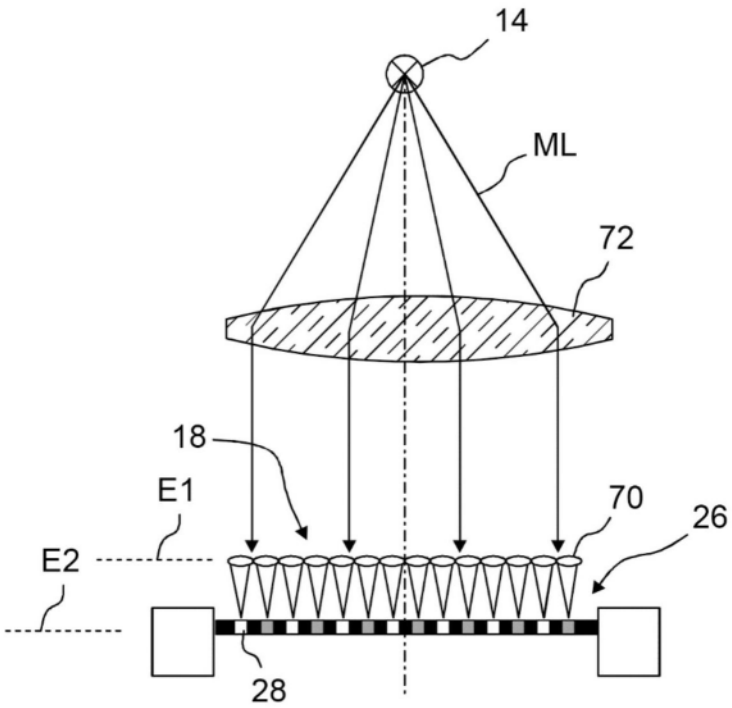


图8

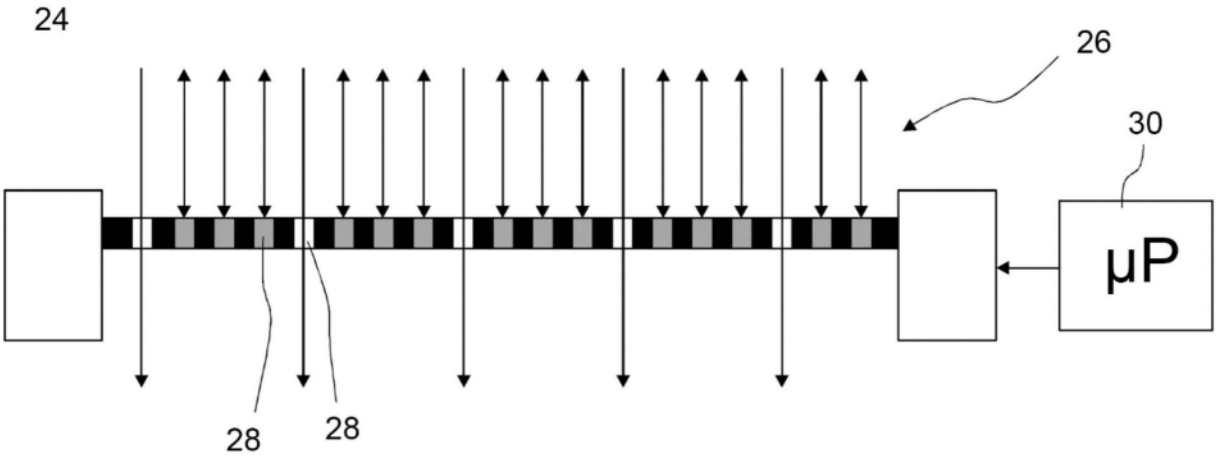


图9a

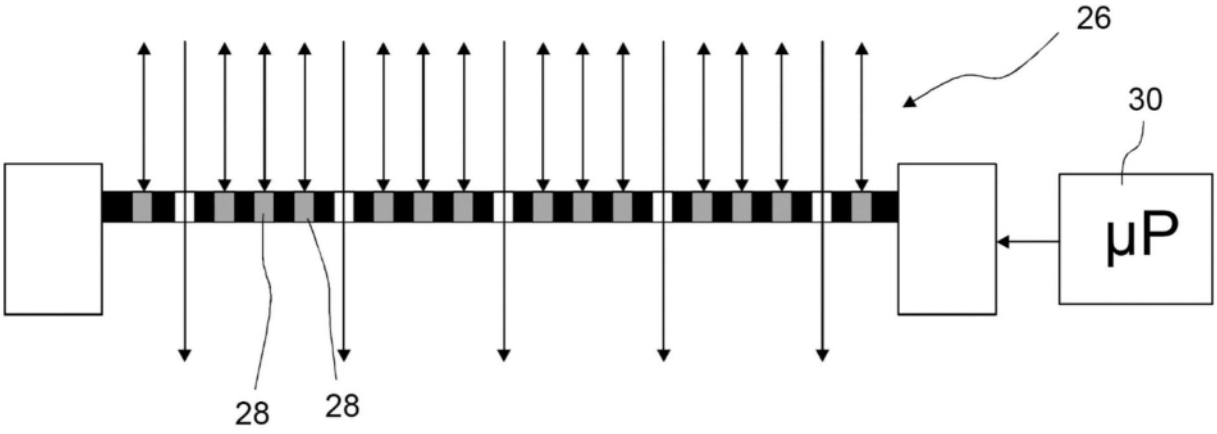


图9b

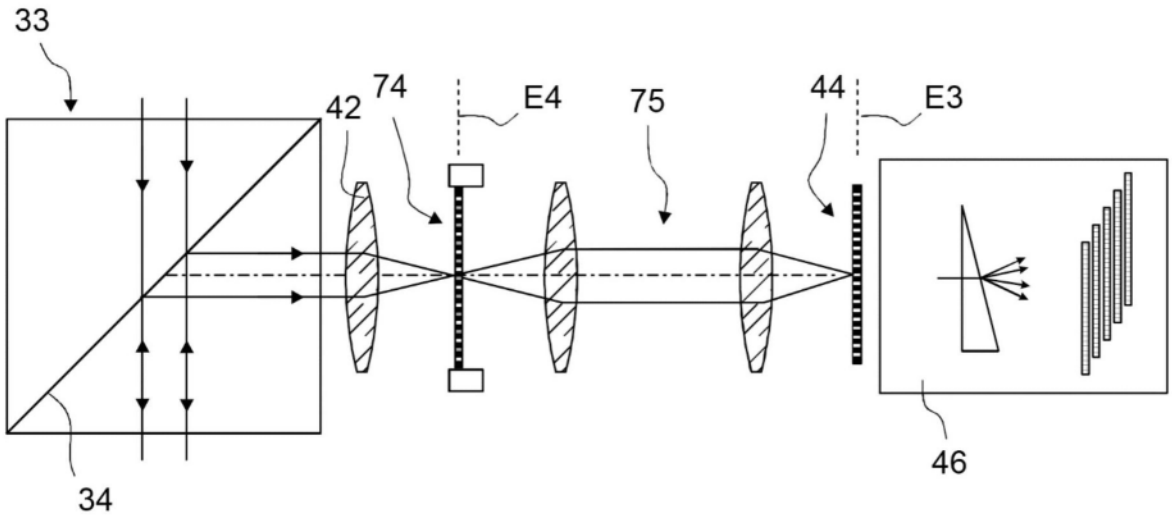


图10

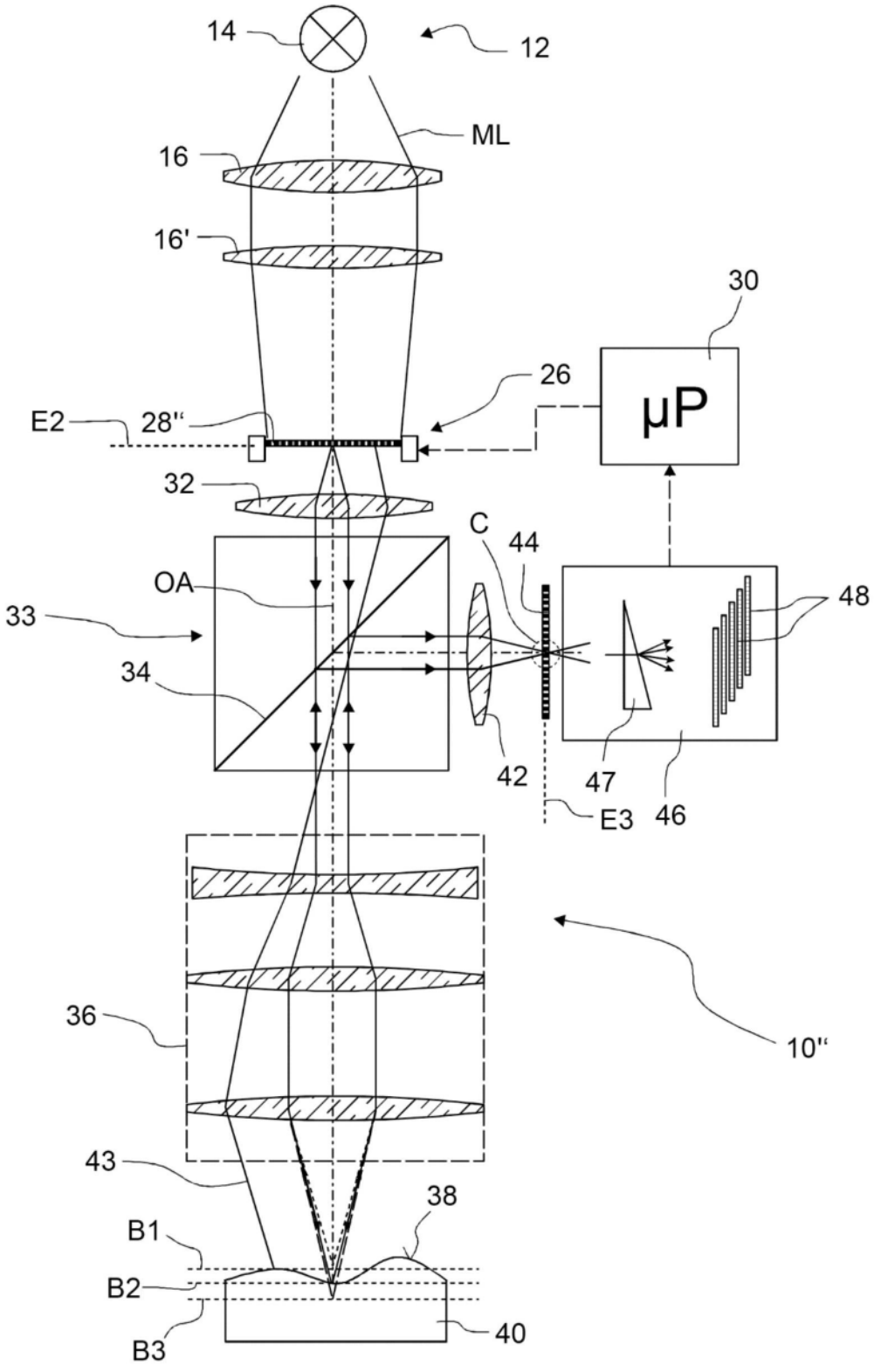

14
12
ML
16
16'
30
26
μP
E2
28''
32
C
44
OA
33
48
34
42
47
46
E3
36
10''
43
38
B1
B2
B3
40

图11