



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103765329 B

(45)授权公告日 2017.01.18

(21)申请号 201280038100.2

(22)申请日 2012.06.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103765329 A

(43)申请公布日 2014.04.30

(30)优先权数据

102011076945.5 2011.06.06 DE

102011051213.6 2011.09.22 DE

102011084379.5 2011.10.12 DE

102012101299.7 2012.02.17 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.01.29

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/060684 2012.06.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/168293 DE 2012.12.13

(73)专利权人 视瑞尔技术公司

地址 卢森堡大公国, 蒙斯拜奇

(72)发明人 杰拉尔德·菲特雷尔

(74)专利代理机构 北京连和连知识产权代理有限公司 11278

代理人 杨帆

(51)Int.Cl.

G03H 1/04(2006.01)

G03H 1/02(2006.01)

G02B 5/18(2006.01)

G02B 5/32(2006.01)

G03H 1/26(2006.01)

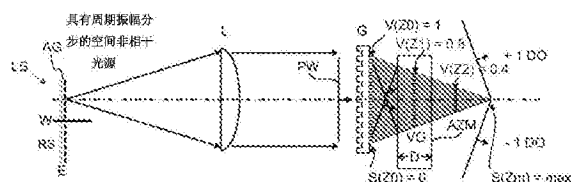
审查员 高利业

(54)发明名称

用于薄体光栅堆栈的层状生成的方法和装置以及用于全息显示器的光束组合器

(57)摘要

本发明涉及一种用于通过照射实现的记录介质(AZM)中的至少一个体光栅(VG)的层状生成的方法和装置,所述记录介质包含至少一个对照射光的可预设的波长(λ)敏感的光敏层。每个体光栅(VG)都在记录介质(AZM)中通过能够生成干涉的至少两个相干光的波前(WF1、WF2)生成,所述波前(WF1、WF2)在记录介质(AZM)中的可预设深度(z)、以可预设角度(2θ)且使用可预设的干涉对比度(V_z)被叠加。记录介质(AZM)中的体光栅(VG)的深度(z)和折射率调制和/或透明度调制的厚度由光传播的方向(z)上的干涉波前(WF1、WF2)的空间和/时间相干度(Γ)的特定深度的控制来控制。本发明还涉及一种用于全息显示器的光束组合器以及一种具有改进的效率的太阳能板。



1. 一种用于通过照射实现的记录介质(AZM)中的至少一个体光栅(VG)的层状生成的方法,其特征在于,所述记录介质包含至少一个对照射光的可预设的波长(λ)敏感的光敏层,所述方法包含以下步骤:

-通过能够生成干涉的至少两个相干光的波前在记录介质(AZM)中生成每个体光栅(VG),其中,将所述波前在记录介质(AZM)中以可预设深度(z)、可预设角度(2θ)且使用可预设的干涉对比度($V(z)$)叠加,

-由光传播的方向(z)上的干涉波前的空间和/或时间相干度的特定深度的控制来控制记录介质(AZM)中的体光栅(VG)的深度(z)和折射率调制和/或透明度调制的厚度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在设置在记录介质(AZM)前面且被具有准直的波场(PW)的光源(LS)照明的主光栅(G)的下游,在由准直的波场(PW)在主光栅(G)的衍射产生且进一步在下游传播的波场之间的光传播的方向(z)上存在相对横向偏移 $s(z)$,所述相对横向偏移 $s(z)$ 引起干涉波场的干涉对比度 $V(z)$ 的可预设的与深度有关的分布,这是由于照明波场(PW)的预设复值的空间和/或时间相干函数。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,干涉波场由同一准直的波场(PW)在主光栅(G)的衍射的不同的衍射级产生。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,在记录介质(AZM)的可预设的深度范围中生成的干涉对比度($V(z)$)的可预设的分布是照明主光栅(G)的光源(LS)的平面(E)中的振幅光栅(AG)和/或相位光栅(PG)的设计的函数。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在记录介质(AZM)的可预设的深度(z)上呈现的干涉对比度($V(z)$)在记录介质(AZM)中生成符合切趾函数的可预设的折射率调制和/或透明度调制形式的体光栅(VG),所述切趾函数允许体光栅(VG)的角度选择性($\eta(\Theta)$)和/或波长选择性($\eta(\lambda)$)以可预设的方式被控制,并且体光栅(VG)的角度选择性($\eta(\Theta)$)和/或波长选择性($\eta(\lambda)$)的任何副峰值都以可预设的方式被抑制。

6. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,照明主光栅(G)的光源(LS)的平面(E)具有复值的光学透明度函数,其表示振幅和/或相位光栅、振幅和/或相位分布、由切趾函数叠加的振幅和/或相位光栅或者由切趾函数叠加的振幅和/或相位分布。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,可以在可预设的深度(z)生成的体光栅(VG)的角度选择性($\eta(\Theta)$)和/或波长选择性($\eta(\lambda)$)的形状通过折射率调制($n_1(z)$)的可预设的分布而在光传播的方向上可调节,所述分布是具有平方sinc、平方cosine、平方高斯或平方近似矩形函数的切趾函数。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在可预设的深度(z)可生成的体光栅(VG)的角度选择性($\eta(\Theta)$)可以通过体光栅的厚度被控制和/或记录介质(AZM)具有可预设的厚度(D),其允许至少两个体光栅(VG)被记录在记录介质(AZM)中,其中体光栅(VG)一个接着一个地设置或者在光传播的方向上以交叉的形式布置。

9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在可预设的深度(z)可生成的多个体光栅(VG)分别为特定可预设的光波长(λ)而设计,并且通过衍射只影响该波长的光。

10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,记录介质(AZM)中的照射光的强度调制的深度切趾和/或深度分离被动态地控制。

11. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,记录介质(AZM)中的体光栅(VG)的折射率

调制($n_1(z)$)的分布由照明主光栅(G)的光源(LS)的平面(E)中的复振幅的可预设的调节来确定。

12. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,主光栅(G)以表面分布光栅的形式提供,其照明的表面是体光栅(VG)的记录介质(AZM)的一部分表面或者其对应于该表面。

13. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,记录介质(AZM)中的折射率调制($n_1(z)$)的不对称分布由于相位和/或振幅分布的不对称性被引入照明主光栅(G)的光源(LS)的平面(E)中而生成。

14. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,记录介质(AZM)具有引发剂,并且照射光的恒定光部分——用于激活记录介质(AZM)的引发剂。

15. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,光学或电力上可访问的材料用作记录介质(AZM),以用于可切换的体光栅(VG)的生成。

16. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,各种重建几何形状,特别是平面波到平面波或平面波到球面波,可以用可预设的固定或可切换的形式通过在可生成的体光栅(VG)的衍射来实现。

17. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在体光栅(VG)在记录介质(AZM)中记录期间,反射可以通过照射光的空间和/或时间相干性特性的可预设的选择而被抑制。

18. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,周期连续或周期性改变的相位光栅(PG)设置在照明主光栅(G)的光源(LS)的平面(E)中。

19. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,至少两个相移体光栅(VG1、VG2)在记录介质(AZM)中生成,以便在预设方向上偏转预设的角度和/或波长范围和/或生成了体光栅(VG),以使它们在记录介质(AZM)中的深度(z)交错,它们分别服务不同的波长,以便补偿光脉冲中的过渡时间差。

20. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,具有预设形状和厚度的体光栅(VG)在记录介质(AZM)中的深度(z)的记录通过记录介质中的引发剂从表面向内的化学或光学消耗来获得,其中具有预设形状和厚度的体光栅(VG)在记录介质(AZM)中的深度(z)的记录可以通过记录介质(AZM)中的引发剂的局部光学消耗来特别获得。

21. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,对于折射率调制($n_1(z)$)的预设的分布来说,当设计干涉对比度($V(z)$)时,必须考虑记录介质的传递函数。

22. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,使用照射光的时间相干性的程度的节拍函数(beat function)生成记录介质(AZM)中的折射率调制($n_1(z)$)的深度分离和/或深度切趾,其中时间相干性的程度的节拍函数可以在照射光中使用光源(LS)的至少两个单独的光谱范围而特别地生成。

23. 根据权利要求22所述的方法,其特征在于,时间相干性的程度的节拍函数的包络由光源(LS)的光谱分布的部分的形状来确定。

24. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,可预设的干涉对比度($V(z)$)在记录介质(AZM)中通过入射波前与其反射波前的叠加生成,所述反射波前从紧邻记录介质(AZM)的出射表面设置的特定方向的反射型介质被反射,其中反射型介质可以是至少一个可切换的反射型液晶光栅。

25. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,对于通过复制实现的体光栅(VG)的生成,

至少一个可控制的偏振相关液晶光栅被用作主光栅(G)。

26. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,至少一个金属干涉滤光片、透射或反射介电层堆栈、固定或可变的法布里-珀罗干涉滤光片、透射或反射型体光栅或修改的分光仪被用作照射光的光谱滤光片。

27. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,记录介质(AZM)中的干涉对比度($V(z)$)的预设节拍部分用于生成尺寸限制在纵向方向上的具有对称切趾分布的预设的距离的体光栅(VG)。

28. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,由在记录介质(AZM)中的可生成的干涉对比度($V(z)$)的横向范围上的干涉波前的传播的方向之间的角度(θ)引起的光程差(OPD)的影响是环状的,这是由于干涉出现在入射波与反射波之间,所述反射波从与记录介质(AZM)的出射表面直接接触设置的反射表面被反射。

29. 根据权利要求1-28中任一项所述的方法,其特征在于,执行所述方法,以便储存数据或安全特征,其中在体光栅(VG)形式的记录介质(AZM)中记录数据或安全特征期间,除了角度和/或波长分解复用之外,实现深度(z)分解复用,或者其中角度选择性($\eta(\theta)$)和/或波长选择性($\eta(\lambda)$)的分布是可预设的,以便角度和/或波长选择性的副峰值被抑制。

30. 一种光束组合器,其特征在于,包含具有至少两个体光栅(VG1、VG2)的记录介质(AZM),所述体光栅具有可预设的厚度并用于由光调制器(SLM)的像素点(RGB1、RGB2)射出的光的叠加,其中体光栅(VG1、VG2)在记录介质(AZM)中使用根据权利要求1-28中任一项所述的方法生成。

31. 根据权利要求30所述的光束组合器,其特征在于,体光栅(VG1、VG2)具有宽度和/或分布是可预设的角度选择性($\eta(\theta)$)。

32. 根据权利要求30所述的光束组合器,其特征在于,包含在光传播的方向上一个接着一个设置的两个体光栅堆栈(VG1、VG2),其中每个体光栅堆栈都具有三个偏振-和波长-选择性体光栅(VG1、VG2、VG3;VG4、VG5、VG6),其具有用于三原色(RGB)的可预设的厚度,其中两个体光栅堆栈(VG1、VG2)被具有另一可预设的厚度的分隔层(S)隔开。

33. 根据权利要求30所述的光束组合器,其特征在于,如果在光传播的方向上在光束组合器(BC)后面提供了孔径光阑和/或保持了 $<0.1^\circ$ 的重建几何形状的角度公差以用于三原色(RGB)以及体光栅堆栈(VG1、VG2)的所有体光栅(VG1、VG2、VG3;VG4、VG5、VG6),则包括分隔层(S)的体光栅堆栈(VG1、VG2)的总厚度不超过预设值。

34. 一种通过照射用于记录介质(AZM)中的至少一个体光栅(VG)的层状生成,特别是用于实施根据权利要求1-28中任一项所述的方法的装置,其特征在于,其具有光源(LS)且具有分光镜装置,所述记录介质(AZM)包含至少一个对照射光的可预设的波长(λ)敏感的光敏层,

-其中分光镜装置被设计和设置,以使由光源(LS)射出的照射光分成至少两个能够生成干涉的相干光的波前(WF1、WF2),

-其中每个体光栅(VG)在记录介质(AZM)中都可以通过至少两个能够生成干涉的相干光的波前(WF1、WF2)生成,

-其中能够生成干涉的至少两个相干光的波前(WF1、WF2)可以在记录介质(AZM)中以可预设的角度(2θ)、在可预设的深度(z)且使用预设的干涉对比度($V(z)$)被叠加,并且

-其中记录介质(AZM)中的体光栅(VG)的折射率调制和/或透明度调制的深度(z)和厚度可以通过光传播的方向(z)上的干涉波前的空间和/或时间相干度的特定深度的控制而被控制。

35.根据权利要求34所述的装置,其特征在于,分光镜装置包含衍射光栅,其可以设计成表面分布光栅的形式。

36.一种具有记录介质(AZM)的全息图部件,其特征在于,包含至少两个体光栅(VG1、VG2),其中全息图部件用根据权利要求1-28中任一项所述的方法生成。

用于薄体光栅堆栈的层状生成的方法和装置以及用于全息显示器的光束组合器

技术领域

[0001] 本发明涉及用于薄体光栅堆栈的层状生成的方法和装置。本发明还涉及用于全息显示的光束组合器。

背景技术

[0002] 衍射光学元件(DOE)在全息直观显示器的制造中扮演了特殊的角色。这些典型地以具有可预设厚度的透明薄膜形式提供的元件影响光束,其通过衍射效应而不是通过折射来投射来自图像生成装置——例如大面积光调制器(SLM)——的光束。这样,置于以光传播的方向观察时光程中的SLM的下游且优选地包括光折射元件——例如透镜、棱镜等——的光束影响元件的总厚度与投影显示相比可以保持非常低。

[0003] 然而,影响由生成观察者的三维图像感觉必要的SLM的像素点射出的光的影响只能由多个薄膜型DOE来实现,例如,其置于大面积的层堆栈形式的SLM的下游。由于技术原因这种布置中还需要,多个堆栈层在一个连续介质中生成,而不是例如通过粘合随后连接单个薄膜。这是因为在随后连接的层堆栈中,存在不同层中的单个平面元件的位置例如通过收缩而导致相对于彼此会改变的风险。

[0004] 用于影响由SLM的像素点以特定波长的方式射出、经过衍射效应的光的方向的结构可以是表面光栅或体光栅。体光栅被典型地理解为记录在相对于照射的光的波长较厚的介质中的三维光栅结构。体光栅具有多个光栅可以在连续介质中的层中生成的优势,而表面光栅可以仅置于记录介质或记录材料中的一个或每个表面上。

[0005] 如从光刻可知,三维结构可以在透明且光敏的记录介质——例如光阻材料——中通过记录材料所敏感的照射的光的特定深度的聚焦而生成。例如,这种方法在文献US 2010/099051A1中做出说明。这样,例如衍射光栅的功能上不同的结构可以逐步在记录介质的不同的层中生成。然而,在这里照明的强度必须被控制,以便其仅在特定层中超过记录介质的感光度阈值。

[0006] 由于DOE优选地为衍射光栅,然而,在单个步骤中通过以不同的角度投射记录介质的两束光波的干涉来记录光栅是有意义的。这种方法在文献DE 197 04 740B4中做出说明,例如,在全息显示屏的制造的情况中,其中多个体光栅可以在单个记录介质的不同层中生成,其中所述体光栅可以分配给不同波长的光,或者其中用于不同波长的多个体光栅在一个层中交错。挑战是确保能够在照射的光的两束光波之间生成干涉,其在这里通过入射光束的反射实现。

[0007] 以某个角度投射到光敏记录介质的平行光束与在记录介质的出射面通过全内反射生成的光束的相干叠加被利用,以生成体光栅结构,如文献US 7,792,003B2中所述。记录介质在这里靠近枢转棱镜的出射面设置,其中光束干涉的角度通过棱镜的旋转可预设。这确保了取决于衍射光的波长实现的体光栅的衍射效率的连续可变的控制。此外,生成的体光栅的结构可以在记录期间通过旋转棱镜而被影响,以使衍射效率具有相同高的值以用于

多个波长,以便其类似于矩形函数。其他体光栅分布可以通过分布的表面上的入射光波的反射来生成,例如,在该情况下其可以将入射平行光束转变为会聚或发散光束。然而,一个问题是:在大面积记录介质中生成体光栅,因为记录介质的表面面积由棱镜的出射面确定。

[0008] 当记录体光栅时,十分重要的问题是这些光栅的特定深度的切趾(apodisation),其是Z方向(Z dimension)(即例如垂直于记录介质的表面,或者更一般的沿着用于重现的波场的传播方向)的折射率分布图的纵向调制或形状,除了X和/或Y方向,即例如平行于记录介质的表面之外。例如,当衍射光波特别地抑制衍射级的副峰值(side peaks)时,该方法允许体光栅被记录,并且更一般地,其显示出可控制的角度和波长选择性。这种方法在光学快报(Optics Express)第12卷,第26期,第6642页由J.M.Tsui等人撰写的出版物“切趾体光栅的耦合波分析”中作出说明,其中在由光敏玻璃制成的记录介质中,可用于随后的相干照明的折射率调制通过具有减小的从两个外表面中的任一个的穿透深度的非相干光的初步照射而被特定深度地降低,以使Z方向的折射率调制的包络在相干照明期间以非常粗略的估算显示出例如高斯分布。

[0009] 这样记录的体光栅接着被例如由短波紫外线辐射生成的该吸收分布叠加为Z方向上的切趾函数。然而,该吸收方法不允许多个薄体光栅层在较厚的记录介质中被给予分别的纵向切趾分布。说明了现有技术的该方法只允许切趾函数生成,其已经由与 $I_0 x e^{-\alpha x}$ 成正比的单或双面吸收分布生成,其中 α 为用于例如为短波紫外线辐射的非相干初步照射的波长的吸收系数。因此,呈指数降低的函数只可用作折射率调制的切趾函数。因此,可生成切趾分布的范围限于少数的函数,其从记录介质的外表面向内连续降低。而且,不同的波长必须设有不同的吸收系数,以能够通过初步照射不仅仅生成简单的切趾分布。

发明内容

[0010] 因此,本发明的目的是提供一种用于在大面积记录介质的可预设的深度生成体光栅的方法和装置,从而在单个记录介质中生成具有多个角度和/或波长选择性的多个光栅的光栅堆栈,或者在记录介质的可预设的深度叠加具有不同的角度和/或波长选择性的多个体光栅。而且,需要提供通过可生成的光栅结构的不同的切趾分布来特定地影响特定角度和/或波长的衍射效率的可能性。

[0011] 该目的根据本发明的技术方案来解决。本发明进一步优选的实施例和进一步的改进在以下所公开的内容中限定。

[0012] 一种根据本发明的用于通过照射实现的记录介质中的至少一个体光栅的层状生成的方法。记录介质具有至少一个对包括照射光波长的可预设的波长范围敏感的光敏层。每个体光栅都在记录介质中通过能够生成至少部分相干光的干涉——一般是波场——的至少两个波前生成,这是因为所述波场在记录介质中的可预设深度、以可预设角度且使用可预设的干涉对比度(V_z)发生干涉。记录介质中的体光栅的深度和折射率调制和/或透明度调制的厚度在光传播的方向上通过干涉波前的空间和/时间相干度(Γ)的特定深度的控制而被影响。

[0013] 由于至少两个能够生成干涉的相干光的波前在记录介质中的可预设的深度、以可预设的角度且具有可预设的干涉对比度发生干涉,因此——如果适用的话在时间平均值上——对记录介质的照射来说足够的感光强度在可预设的干涉对比度中实现,根据本发明

可以在记录介质的可预设的深度记录一个或多个体光栅。这里获得了干涉波前的空间和/时间相干度的特定深度的控制,例如,通过控制照射光的特性。

[0014] 如果记录介质显示出波动的表面分布或厚度,根据本发明的方法可以特别优选地被应用。例如,这种波动可以在记录介质的生成过程中引起,例如,如果记录介质是光聚合物或重铬酸盐明胶(DCG)的话。当体光栅被掩埋在记录介质的深度中时,表面不均匀性既不这样影响光栅,也不影响记录体光栅的过程,如果光栅从记录介质的光滑面,即例如连接至具有平滑表面的基底的面被记录的话。记录介质的另一面上的表面分布则可以在重建期间,即在使用体光栅期间通过浸渍被变平,例如通过具有合适的折射率的油膜或粘合材料,其形成了用光滑表面连接随后的层的材料。可选地,粗糙表面分布可以由具有光滑表面的相邻层被稍微压缩,以使其变为近表面折射率分布(near-surface refractive index profile),然而,其并不影响记录过程,这是由于体光栅另一侧的被掩埋的照射,其是平滑的并显示出均匀的折射率。在表面分布通过压力被变平的情况下,通过浸渍实现的分层和嵌入在使用体光栅之前是优选的。

[0015] 例如,透射型体光栅可以记录在记录介质中,这是因为来自一侧,即无瑕疵、光滑侧的两个波场在该介质中交叉,但是仅仅在可预设的体积中,即在预设深度范围 Δz 中叠加,以生成相长干涉。例如,该深度范围还可以通过相应地修改干涉波场的空间和/或时间相干性来选择,以使无干涉图案被记录在记录介质的那些有瑕疵的区域中,即例如显示出折射率分布的调制或表面分布的调制。也就是说,近表面缺陷的影响可以在全息光学元件的记录期间被消除。使用一旦它们敏感则不能通过浸渍被嵌入的记录介质是特别优选的。例如,记录介质的化学成分与浸液或粘合剂发生反应是可能的,以致记录介质变得无效。在照射之后且可能接着记录介质的进一步处理,浸液或粘合剂的使用通常没有问题,即例如,因为可能出现的光学粘合剂与记录介质的化学敏化作用系统的化学反应只在记录之后发生。

[0016] 可能的实施例包括通过离心机或喷涂应用于基底且在面对基底的一侧上仅具有光滑表面的光聚合物、光刻胶和其他记录介质。这种记录介质可以用公开的方法从基底侧照射,而记录介质的变形的表面侧仅用非相干的恒定光部分照明,所述非相干的恒定光部分还可以实质上小于介质的反应阈值。尽管不是非这样不可。例如,如果使用光刻胶,则恒定光部分与基质的反应阈值的比可以取决于使用了正性还是负性光刻胶来选择。因此,例如,可以在光刻胶中并在光刻胶展开过程中垂直于基底表面来记录切趾光栅,以从有缺陷的表面侧(例如,其在离心机涂敷过程期间是有瑕疵的)侵蚀,以使切趾光栅保持在基底上。各种可能的切趾函数可以通过选择不在照射剂量上二元地反应的光刻胶来实现。

[0017] 与代表现有技术的方法相比,根据本发明的实施例,体光栅可以通过是在主光栅衍射的一个波场的衍射级的两个波场的干涉生成。一旦它们穿过主光栅,衍射的波场就与是到主光栅的距离的函数的干涉对比度发生干涉。该干涉对比度由照明主光栅的照射光的波场的相干特性来确定。由照射光的空间和/或时间相干函数表示的这些特性由光源的特性来确定。它们取决于光源的光谱分布,并取决于光源的形状,即其是点光源还是具有振幅和/或相位光栅形式的复合透明性函数的非相干的表面光源。与现有技术相比,记录介质的横向范围以及体光栅的横向范围因此实质上由主光栅的横向范围来确定,并由涉及其照明的光学布置来确定。

[0018] 在被具有实质上准直的(collimated)波场的光源照明的主光栅的下游,进一步在下游传播的不在主光栅衍射的那些波场与在主光栅衍射的那些波场之间的光传播的方向上存在相对横向偏移 $s(z)$ (切变),所述切变引起干涉波场的干涉对比度 $V(z)$ 的可预设的与深度有关的(depth-dependent)分布,这是由于照明波场的预设复值的空间和/时间相干函数(Γ)。

[0019] 在主光栅衍射且发生干涉的波前的绝对值的平方表示在光敏记录介质的区域中引起透明性和/或折射率的发光强度,其以光传播的方向设置在主光栅的下游,其中发光强度超过敏感度阈值,从而生成影响光的振幅和/或相位的体光栅。

[0020] 然而,记录介质必须具有这种该光栅在物理过程中可以是永久固定的性质。

[0021] 由于该原因,典型使用的记录介质例如是光聚合物,其包括触发光聚合作用过程的光敏引发剂。

[0022] 然而,可以优选使用非固定、动态且迅速变化的切趾光栅或干涉图案的应用。例如,任何类型的波场,例如包括超声波场,可以如上文所述被叠加,以便可以生成切趾的超声干涉图案,即超声光栅,其可以在光学上或借助于具有可预设的角度和/或波长选择性的超声波被重建,并且其可以以较快的节奏变化。

[0023] 确保了能够生成两个叠加的波前的干涉,这是由于它们表现出由光源射出且在主光栅被衍射的一个准直的波场的不同的衍射级,以光传播的方向观察,所述主光栅设置在记录介质的上游,所述波场具有可预设的空间和/或时间相干性。从而可以生成具有相对简单设计的光程的限定的照射光。

[0024] 除了具有一般复值函数的掩膜之外,统计散射元件,例如旋转散射板设置在光源的平面中,所述元件将光源的平面中的空间分布的相位值去相关。

[0025] 记录介质的某一深度的干涉对比度($V(z)$)取决于两个干涉波前的横向偏移 $s(z)$ (切变),其是波场的传播的方向上的坐标的函数。在记录介质的可预设的深度区域中生成的干涉对比度($V(z)$)的可预设的分布是位于光源的平面中的振幅和/或相位光栅的形状的函数。关于这点,横向偏移 $s(z)$ (切变)特别地被理解,以使包括零衍射级的非衍射部分的在主光栅被衍射的波场以不同的角度传播,以便它们随着距离 z 增大而相对于彼此渐增地横向偏移。不同的衍射级显示出不同的相互切变。

[0026] 由于在记录介质的可预设的深度上呈现的干涉对比度($V(z)$),体光栅可以在记录介质中以符合切趾函数 $n_1(z)$ 的可预设的折射率调制和/或透明度调制形式生成,所述切趾函数允许体光栅的角度和/或波长选择性以可预设的方式被控制,并且体光栅的角度和/或波长选择性的任何副峰值都以可预设的方式被抑制。切趾函数 $n_1(z)$ 符合折射率调制的包络。例如,具有 $1/0.5\mu\text{m}^{-1}$ 的高空间频率的干涉图案使用一个或多个实质上较低的空间频率,例如 $1/5\mu\text{m}^{-1}$ 而被调制。

[0027] 这意味着光栅的形状可以通过选择照射光的特性来修改,以使它们具有关于它们的方向和/或波长选择性的预设衍射特性。

[0028] 在通过两个相互相干的平面波对均匀记录介质照射而生成的透射型体光栅中,折射率调制的包络是矩形函数,其中忽略记录介质中的任何吸收。在体光栅的典型照射的情况下,衍射效率的角度和/或波长选择性具有平方sinc函数的形状。

[0029] 对照体光栅的典型照射修改的相干性优选地生成,这是因为要被准直且照明主光

栅的光源的平面具有复值的光学透明度函数,其表示振幅和/或相位光栅、振幅和/或相位分布、由切趾函数叠加的振幅和/或相位光栅或者由切趾函数叠加的振幅和/或相位分布。

[0030] 如果角度选择性($\eta(\Theta)$)和/或波长选择性($\eta(\lambda)$)被给予预设的分布,则设置在光源的平面中的光栅的狭缝的振幅和/或相位函数必须被选择,以具有实现了所述分布的这种形状,即例如它们本身具有相同的形状。

[0031] 例如,如果折射率调制 $n_1(z)$ 的包络是矩形函数,则角度选择性($\eta(\Theta)$)和/或波长选择性($\eta(\lambda)$)具有符合平方sinc函数的分布。该函数是矩形函数的傅里叶变换(Fourier transform)的绝对值的平方。

[0032] 尽管空间相干性以及因此产生的干涉图案的包络由设置在光源的平面中的光栅的狭缝的傅里叶变换限定,并且尽管角度或波长选择性与折射率调制 $n_1(z)$ 的包络的傅里叶变换成正比,并且因此与光源本身的平面中的单独狭缝的——一般是复合的——透射函数成正比,一般地,仅通过傅里叶变换还不可能精确计算分配。

[0033] 例如,考虑当前较高的数值孔径NA、记录介质中的吸收、用于将照射剂量转化成折射率移动的传递函数(transfer function),以用于当前的记录介质和当前的记录几何形状来执行校正是可能的,即得到光源的平面中的一般复值的传递函数的分别的解释是可能的。例如,因此选择特定的传递函数以用于光源的单个狭缝,以便优化将要被记录的体光栅的角度和/或波长选择性是可能的。

[0034] 在透射和/或反射型体光栅中,折射率调制的包络还可以具有凯塞-贝塞尔窗(Kaiser-Bessel window)的汉明窗(Hamming window)的高斯分布的形状。这导致了角度和/或波长选择性的副峰值的显著减幅。

[0035] 例如,如果不同的重建几何形状的角度和/或波长选择性彼此接近,则这是更好的。因此,防止了重像出现在由角度和/或波长选择性的副峰值引起的表现出的物空间中。

[0036] 在透射和/或反射型体光栅中,折射率调制的包络可以通过选择用于照射的波场的相干性而被相应特定地成形。

[0037] 因此,下面的关系应用在设置在光源的平面中的复振幅和/或相位光栅与主光栅下游的干涉对比度 $V(z)$ 之间:

[0038] -干涉对比度 $V(z)$ 的深度 z 由光栅周期确定;

[0039] -函数 $V(z)$ 的宽度由光栅周期的数目确定;

[0040] -并且函数 $V(z)$ 的形状由设置在光源的平面中的振幅和/或相位光栅的单独的光栅周期的形状确定。

[0041] 因此,可以得到,可以在可预设的深度生成的体光栅的角度和/或波长选择性的形状可以通过折射率调制($n_1(z)$)的可预设的分布设置在光传播的方向上,所述分布是具有平方sinc、平方cosine、平方高斯或平方近似矩形函数(approximated rectangular function)的切趾函数。

[0042] 该分布正好符合设置在光源的平面中的光栅的振幅和/或相位分布。

[0043] 如果记录介质具有线性传递函数,则折射率调制 $n_1(z)$ 的分布符合体光栅将要被记录的区域中的干涉对比度 $V(z)$ 的分布。如果记录介质的传递函数是非线性的,则干涉对比度 $V(z)$ 必须被相应修改,以便得到例如符合sinc函数的绝对值或绝对值的平方的折射率调制 $n_1(z)$ 。

[0044] 可能优选的实施例为：例如，切趾函数 $n_1(z)$ 与函数 $\sin(a(z-z_0))/(a(z-z_0))^{(n/m)}$ 成正比，其中调制取决于sinc函数的绝对值、绝对值的平方或幂 n/m （ n, m 为整数），或者取决于 $\sin(a(z-z_0))/(a(z-z_0))$ ，并且相位位置取决于 $\sin(a(z-z_0))/(a(z-z_0))$ 的符号而被选择。

[0045] 这意味着在sinc函数的零点折射率的调制为零，并且介电层的相位被选为移动 π ——或半个周期——对照sinc函数的正值的范围而在sinc函数的负值的范围中。例如，该优选的实施例可以应用于透射型体光栅、反射型体光栅，并应用于介电层堆栈。

[0046] 用作切趾函数 $n_1(z)$ 的记录介质中的干涉对比度 $V(z)$ 的包络与例如光源LS的平面中的单色场分布的复值掩膜 $a(x, y) * e^{i(x, y)}$ 的精确的相关性例如取决于实际使用的光学系统，并且因此还取决于光学照明系统的数值孔径NA。例如，在高数值孔径NA的情况下，函数 $a(x, y) * e^{i(x, y)}$ 和 $n_1(z)$ 不再通过傅里叶变换FT而对应。一般地， $n_1(z)$ 由记录介质的平面中的非相位去相关的光源LS的衍射图案引起。在光谱宽带光源LS的情况下，这以单独光谱线的叠加的形式而类似地应用。

[0047] 在照射体光栅期间，切趾函数可以被选择，以使其补偿沿着记录介质中的深度 z 的有效吸收的影响，并且因此补偿当前依赖于 z 的光束比的移动，并且因此补偿由吸收引起的当前与 z 有关的干涉对比度的移动。

[0048] 然而，在可预设的深度可生成的体光栅的角度选择性还可以通过改变将要生成的特定体光栅的厚度而被控制。

[0049] 这是体光栅的一般特性，并且其意味着在该光栅衍射的“可用”光的衍射部分的角度范围在光传播的方向上随着体光栅的越厚而变得越小。

[0050] 记录介质必须具有可预设的厚度，以便能够例如在记录介质中通过照射来记录两个体光栅，在光传播的方向上观察，即沿着 Z 坐标观察，所述体光栅一个接着一个或交叉地设置。这意味着区别于它们的特性的体光栅还可以以交叉的形式被记录，以例如生成服务两个不同的光波场的两个体光栅。关于这点，光传播的方向被限定为不是单个波前的传播的方向就是光（照射光或有用光）的干涉波前的传播的合成方向。

[0051] 在可预设的深度可生成的体光栅可以为可预设的光波长而设计，并且因此优选地通过衍射只影响该波长的光。

[0052] 因此，在体光栅的几何形状与光栅通过衍射做出反应的光波长之间存在直接关系。其他波长被抑制或被体光栅影响。

[0053] 记录介质中的照射光的强度调制的深度切趾和/或深度分离可以根据本发明的方法而被动态地控制。

[0054] 这种可能性是由于直接取决于设置在光源的平面中的光栅的形状以及以它的振幅和/或相位特性而在记录过程中被修改的特性。这还可以周期性地完成，例如借助于移动设置在光程中的相位板。

[0055] 记录介质中的体光栅的折射率调制的分布可以由光源的平面中的复振幅的可预设的静态或动态调节来确定。

[0056] 在优选的实施例中，主光栅以表面分布光栅的形式提供，其照明的表面是体光栅的记录介质的一部分表面或者其与后者一致。

[0057] 在另一优选的实施例中，主光栅被设计为体光栅的形式。例如，与投射光栅的光的

波长相比,如果光栅周期相对较大,这还具有仅零级或更高的衍射级将在主光栅的下游光程中生成的优势。

[0058] 根据本发明的方法的一个特征是,其允许体光栅在大面积的记录介质中生成。一方面,这是由于用能够生成干涉的光照明所必需的主光栅可以制成实质上相同尺寸的表面分布光栅的形式。然而,还可以通过在两个方向上连接更小的主光栅(拼接)来生成大面积的体光栅。例如,这样可以实现大面积的相干滤光片,以用于例如具有20"或更大的图像对角线的全息直观显示器。

[0059] 光栅的同相(in-phase)连接,即光栅的连续扩展,表现出发明方法的扩展。例如,这可以借助于在拼接光栅(tiled grating)中不显示出任何相移的衍射图案来完成,如果光栅是同相拼接的话。在异相(out of phase)连接的光栅部分中的相移变得可见,例如作为衍射图案中明显的暗线。例如,两个照明的光栅部分之间的重叠区域统一被照明一半。

[0060] 记录介质中的干涉对比度或折射率调制的不对称分布可以由于相位和/或振幅分布的不对称性被引入光源的平面中而生成。

[0061] 这种可能性是由于光源的平面中的相位和/或振幅分布与记录介质中的光传播的方向上的折射率调制的分布的直接对应导致的。可以提供记录介质中的干涉对比度或折射率调制的可预设的不对称分布,以便抑制例如特定应用所必需的有用光的较高的衍射级。

[0062] 例如,因此可以在光源的平面中使用锯齿状的表面分布相位光栅,以生成不对称性。

[0063] 可选地,使用在表面分布光栅的衍射的例如0th和1st衍射级的干涉,还可以使用0th和2nd衍射级或其他衍射级的干涉,以在记录介质中生成体光栅。

[0064] 这是通过主光栅的特殊设计获得的,因为特定衍射级的衍射效率被最大化,而其他衍射级的衍射效率被最小化。

[0065] 记录介质还可以具有引发剂,其中照射光的恒定光部分可以用于记录介质的引发剂的激活或灭活。

[0066] 这种介质的示例是光热敏折射率(PTR)玻璃,其中通过任一表面被UV辐射初步照射,可以在记录体光栅之前在光传播的方向上生成高斯折射率分布。

[0067] 然而,记录介质还可以是在光学或电力上可控制的材料,以能够生成可切换的体光栅。

[0068] 例如,合适的介质包括LC层。这提供了通过改变应用的电压来控制体光栅的衍射效率的可能性。

[0069] 各种重建几何形状(平面波/平面波、平面波/球面波等等)可以以可预设的固定或可切换的形式通过在可生成的体光栅的衍射来实现。

[0070] 因此,可以生成将平面波转化成会聚球面波的体光栅,并且因此其显示出场透镜的效果。例如,这种场透镜可以用于自动立体或全息显示器中。如果一个或多个另外的体光栅可以使用根据本发明的方法在记录介质中被记录或生成,以便获得进一步的光学功能,则被照射的记录介质可以实现多种光学功能,并作为单个部件被集成在这种显示器中。

[0071] 在体光栅在记录介质中记录期间,反射可以通过照射光的空间和/或时间相干性特性的可预设的选择而被抑制。这事实上并不阻碍记录期间的反射,但是由于该测量,反射的部分可以不再与非反射的部分建设性地发生干涉,以便从而不超过用于记录介质的照射

的敏感度阈值。

[0072] 具有预设形状和厚度的体光栅在记录介质的特定深度上的记录还可以通过记录介质中的引发剂从表面向内的化学或光学消耗来获得。

[0073] 与本发明的方法相比,该方法不太灵活,因为例如化学消耗可以仅从记录介质的一个表面在技术上实现。因此,该方法一般只允许单个的光栅被记录,即在该示例中其正好位于记录介质的表面下方。

[0074] 形成本专利的扩展,可以例如通过用空间相干性已经被修改的光的照明来获得记录介质中的引发剂的光学消耗,例如以使照明装置的中央的层中不存在或仅存在很小的相干性,即较低的干涉对比度 $V(z)$ 。由于存在需要激活能量的光聚合物,因此例如与照射光的恒定光部分的强度相比,局部提高系数4的强度可以用于在该层中局部消耗引发剂。如果给定照射光尽可能统计学的相移,则将没有光栅结构被记录在记录介质中,但引发剂的浓度将被消耗。例如,在记录介质的中央深度范围中,引发剂浓度将保持可以用于记录体光栅的浓度。则该体光栅具有实质上低于记录介质的厚度的有效层厚度。该方法还可以用于生成例如不显示出任何较高的衍射级的预设角度和/或波长选择性。

[0075] 将体光栅的厚度限于记录介质的层厚度的一部分的另一可能性基于光谱分布 $I(\lambda)$,即基于光源的时间相干性。

[0076] 以如上文所述的通过空间相干性的绝对值 $|\mu_{12}(s)|$ 和能够生成干涉的两个波前的可预设的横向偏移的可预设的设计相同的方式,还可以生成通过时间相干性和两个干涉波前的可预设的纵向偏移实现的具有高干涉对比度 $V(z)$ 的可预设的较窄区域和Z方向上的干涉对比度 $V(z)$ 的包络的特别调节的分布。

[0077] 当然,例如基于空间相干性的绝对值 $|\mu_{12}(s)|$ 生成的这些和其他干涉图案或者定制的空间和时间相干性的组合还可以用于消耗记录介质中的引发剂,或者用于激活用于随后的照射的引发剂,即用于为其供应必要的激活能量。

[0078] 如从迈克尔逊白光干涉仪(Michelson white light interferometer)可知,仅如果两个干涉仪光束的光程的长度得到区别小于 $3\mu\text{m}$ 的平衡,即如果光程差(OPD) $\leq 3\mu\text{m}$,那么才将获得相干性,这是由于白光的较大的光谱宽度。

[0079] 如果干涉波前中的一个相对于另一个倾斜,而两个路径的路径长度精确地相等,则在白光干涉仪中可以看到,干涉对比度显示出峰值并且干涉对比度围绕OPD=0的交叉线向侧面降低,其越陡峭,倾斜度越大。这是由于倾斜度影响了局部光程差中的变化。利用该影响例如确定光源的光谱密度 $S(\lambda)$,因为后者由振荡信号部分的傅里叶变换产生。

[0080] 这还意味着,在传统双光束干涉的情况下,例如其用于DOE的照射,并且例如其以体光栅的形式被记录在记录介质中,但是与此相比,其基于在光谱上足够宽的辐射,切趾可以被引入Z方向,然而,其同时还影响X-Y平面。也就是说,这意味着,例如传统双光束干涉——在两个波前相对倾斜为 60° 的情况下——其足够高的干涉对比度 $V(z)$ 应当在深度,即Z方向上例如限于 $10\mu\text{m}$,并且其具有足够大的光谱带宽,还引起了干涉图案在与倾斜轴平行和垂直的方向上例如限于 $\pm 6\mu\text{m}$ 的尺寸。该方法因此仅对于具有较小横向范围的体光栅可应用。然而,本发明的目的在于生成具有显示器,例如20"屏幕的显示器的尺寸的体光栅。

[0081] 具有足够高的生成干涉的能力的区域的横向范围可以被实质上扩大,然而,尽管用于照明的辐射具有较大的光谱宽度。

[0082] 为了扩大具有高干涉对比度的区域的横向范围,而保持具有高对比度 $V(z)$ 的区域的范围在深度,即在 Z 方向上较小,存在至少两种可能性,或者适合生成具有小时间相干性的辐射的干涉图案的任何可能性。

[0083] 更简单的可能性是借助于入射波前和反射波前的反射镜生成反射全息图,其中反射镜应当尽可能靠近记录介质的层放置。该方法在文献US 7,792,003B2中做出说明。干涉图案的合成包络以及因此产生的折射率调制 $n_1(z)$ 的切趾函数与半sinc函数(half sinc function)成正比。然而,文献US 7,792,003B2教导了必须组合每个都给出半sinc形状的折射率调制的两个反射全息图,即必须组合每个都用半sinc形状的干涉对比度记录的两个反射全息图,以得到所需的组合光栅的近似矩形的波长选择性(参见文献US 7,792,003B2、图5A-5D)。

[0084] 尽管两个干涉波的角度很大,但是使用反射镜允许给予干涉对比度相对较大的横向范围,即可以在例如直接连接至反射镜或置于反射载体薄膜上的记录介质中预设的尺寸的横向范围。这基于干涉表面上的干涉波前之间的光程差始终为零的事实。在深度,即 Z 方向上,随着入射角以及因此产生的反射角越来越大,入射与反射波前之间的光程差变得越来越大。这意味着,仅干涉对比度 $V(z)$ 的纵向分布函数的很有限的选择可以使用文献US 7,792,003B2中所述的方法生成。而且,重建几何形状限于平行于反射表面的布拉格光栅平面,因为干涉波前的入射角和反射角相同。

[0085] 然而,存在将文献US 7,792,003B2的局限性最小化成较大的范围的多种可能性。一种可能的扩展为使用光源的光谱密度 $S(\lambda)$ 的周期性。其引起了时间相干性的周期性,即周期和分布可以以可预设的方式设置的拍(beat)。这基于维纳-欣钦定理(Wiener-Khinchin theorem)定理。例如,反光镜与记录介质之间的距离因此可以以可预设的方式选择,例如以使其不是干涉对比度的半sinc函数,其在被记录的反射镜表面上呈现出光,而是拍的之后的部分,即例如完全sinc函数(full sinc function)。例如,光源的两个稍微区别的光谱范围用于生成该拍。这减少了处理步骤的数目并使组合两个体光栅同相的困难任务多余,即无模 2π 的相移,例如当记录两个半sinc函数时其是必需的。

[0086] 使用时间相干性的节拍函数(beat function),记录介质中的折射率分布 $n_1(z)$ 的深度切趾是可能的。节拍频率由使用的光源(例如两个,却具有典型地更多的光谱范围)的至少稍微分离的光谱范围的距离来确定。拍的包络由光源的光谱分布的部分的形状来确定。例如,可以使用两个稍微分离的矩形函数作为部分,还可以使用两个稍微分离的高斯函数以可预设的方式来确定,即来限定折射率分布 $n_1(z)$ 的深度切趾。

[0087] 进一步可能的扩展基于用于记录的波前的特定方向的反射,其可以例如借助于反射全息图来生成。例如,这可以是表面分布光栅或体光栅,其例如被设计为显示出仅一个衍射级的最大反射。然而,还可以使用反射型液晶光栅,其导致高度灵活的照射机构(exposure set-up)。入射角等于反射角的限制因此可以被克服。生成的体光栅的重建几何形状因此不再限于平行于反射表面的布拉格光栅平面。

[0088] 应当记住反射型体光栅的简单重建几何形状,其中入射角等于反射角,其大大限制了设计自由,当该限制是环状时,反射型体光栅的完全重建几何形状参数范围可以被打开,其变得可以将记录的体光栅的厚度减小为记录介质的厚度的一部分,以在记录介质中选择特定的 Z 平面,并且通过照射光的时间相干性特性来选择折射率分布 $n_1(z)$ 的某个深度

切趾分布。

[0089] 复合波场的到另一复合波场的许多变换——例如具有同轴效应的复合场透镜的实现——所述透镜包含第一透射型体光栅和第二透射型体光栅，其中第一透射型体光栅将同轴平面波变换为离轴平面波，并且第二透射型体光栅将离轴平面波变换为同轴球面波，其可以在透射型体光栅形式的平面全息3D显示器的三明治设计中很好地实施，这比将反射型体光栅适配在布置中更容易。因此，可以将体光栅的厚度减小为记录介质的厚度的一部分、在记录介质中选择特定的Z平面以及选择折射率分布 $n_1(z)$ 的深度切趾的某种分布的透射型体光栅的实现对于反射型光栅来说是优选的。

[0090] 而且，透射型体光栅可以使用主光栅容易地重现。这些例如可以是表面分布光栅，例如DOE、闪耀光栅、二元相位光栅、多级相位光栅、次1级相位光栅，例如那些具有可变占空比和固定网络宽度或固定凹槽宽度的。例如，可控制的光栅——例如偏振相关液晶光栅(PDLCG)，其是可以“选择”一组角度的多层布置，或者LCG，如文献WO 2010/149587中所述，其可以连续进行改变衍射角，其中衍射效率例如约为0.5，并且其中优选地仅为两个衍射级——例如以灵活的几何形状存在。

[0091] 例如，体光栅可以充当用于复制的主光栅。如果双束干涉图案被传递，则体光栅可以容易地设计为具有导致记录介质中足够的干涉对比度的衍射效率。例如，标准体光栅的衍射效率可以设计为处于 $\eta=0.4$ 到 $\eta=0.6$ 之间。

[0092] 取决于距离 z ，例如 0^{th} 和 1^{st} 衍射级的波前的两个参数改变用于复制的主光栅的下游，即横向偏移 $s(z)$ （切变）的绝对值和纵向偏移OPD(z)的绝对值，所述两个参数都可用于实现折射率分布 $n_1(z)$ 的想要的深度切趾。

[0093] 为了得到取决于纵向偏移OPD(z)的绝对值的干涉对比度，其适合于满足特定照射机构的要求，必须使用定制的光谱滤光片。例如，光谱滤光片可以是金属干涉滤光片(MIF)、透射或反射介电层堆栈、固定或可变的法布里-珀罗干涉滤光片、反射或透射型体光栅和修改的分光仪。

[0094] 例如，非常灵活的光谱滤光片可以如下实现：光栅分光仪用于拓宽在光谱上分离的光源的光。这可以实现，例如因为100nm、10nm或1nm的光谱范围在靶平面(target plane)中在光谱上被分离，以具有10mm的尺寸，即其被扩大。在分光仪中，该平面与一般具有记录符合光谱分布的强度分布的照片检测器的平面相同。进一步地，固定或可变的强度滤光片可以置于该平面中。例如，还包括数字微镜器件(DMD)的SLM可以用于特定地调制单独的光谱范围，即改变光谱密度 $S(\lambda)$ 。从实际脉冲形成应用，即短激光脉冲的形成还知道，使用光谱分配的相位调制SLM。一般地，光源的光谱分离的光照明复值的SLM。

[0095] 与用可变的深度切趾生成反射型体光栅所述的类似，主光栅与记录介质的层之间的距离可以被选为足够大，以避免半sinc或高斯函数，并特定地使用第二或进一步的拍部分来照射对称切趾函数。通过选择照射光的光谱部分，例如还可以在特征为对称切趾函数的两个区域之间生成特征为足够低的干涉对比度 $V(z)$ 的足够大的区域，所述干涉对比度 $V(z)$ 通常低于记录介质的激活能量，例如，给定照射时间被相应地选择。因此，还可以记录例如Z方向通常限于10 μm 的单独体光栅，例如在100 μm 厚的记录介质中不同的深度水平上一个接着一个地记录。

[0096] 尽管使用空间相干性的绝对值 $|\mu_{12}(s)|$ 来生成深度-分离和/或深度-切趾的体光

栅不太复杂,但是根据光源的光谱分布 $I(\lambda)$ 来利用时间相干性特性形成了实施方式的方式。而且,如果两种方法——空间和时间相干性——被组合,则可生成的体光栅的种类可以扩大。

[0097] 上文所述的方法的可能应用为光束组合器,其包括具有至少两个有可预设的厚度的体光栅的记录介质,并且其用作叠加由光调制器的像素点射出的光。例如,这种光束组合器是实现具有大图像对角线的全息直观显示器的主要部件。例如,这种光束组合器的功能原理和应用领域在文献W0 2010/149588A1中公开,以便可以实现那里详细实施的实施例,以将这种光束组合器应用在全息直观显示器中。在这种情况下,对文献W0 2010/149588A1做出参考引用。

[0098] 以上述方式生成的体光栅显示出其宽度以及需要时的分布的角度选择性是可预设的。当光束组合器用于直观显示器中时,尤其必须抑制较高的衍射级以及仅使某一衍射级的光传到观察者的眼睛。

[0099] 例如,光束组合器的特定实施例包含六个体光栅的层堆栈以及具有不同的可预设的厚度的中间层,其中每个体光栅都具有可预设的厚度。例如,这在文献W0 2010/149588A1中的图6至8中示出,当然,其中那里提供的体光栅Vg1、Vg2、Vg3和Vg4可以被记录在一个记录介质中。

[0100] 例如,使用这种布置,由光调制器的RGB像素点射出的光束可以被组合在一个光束中,其例如是相位调制光调制器中的复值的二相编码所必须的,同样如文献W0 2010/149588A1中所述。

[0101] 以光传播的方向观察,如果孔径光阑被设置在光束组合器的下游,则体光栅堆栈的总厚度不应当超过预设值。

[0102] 否则,因为由光栅组合器射出的光束发散,所以这将引起光的损耗,以便它们将被孔径光阑部分消除。

[0103] 这样,可以保持 $<0.1^\circ$ 的重建几何形状的角度公差,以通过适当设计体光栅并叠加切趾函数来用于所有三原色(RGB)以及光束组合器的所有六个体光栅。当在全息显示器装置中应用这种光学元件时,该角度公差特别重要。

[0104] 上文所述的方法的另一可能应用涉及具有全息图部件和将太阳光转化成电能的能量转化装置的太阳能板,其中全息图部件包含记录介质和至少两个体光栅,并且其中全息图部件被设计和设置在太阳能板上,以使太阳光可以向着能量转化装置被引导,即使投射太阳能板的太阳光来自不同的方向。

[0105] 包含多重记录介质的一个在另一个之上设置并且每个体光栅堆栈都包含一个体光栅的体光栅堆栈连同太阳能电池用于现有技术中,以修改入射太阳光的角度和/或波长光谱。具有一个在另一个之上设置的、将短和长波部分衍射成两个不同的方向,即对于太阳能电池具有不同的光谱敏感度的两个体光栅的太阳能板例如在2008年的国际光学工程学会的会议记录(Proc.SPIE),第7043卷,第704301-704301-8页,由Kostuk等人撰写的“全息太阳能集光器的分析和设计”的出版物中做出说明。

[0106] 现在,根据本发明的方法的主要优势为其允许全息图部件在均匀记录介质中被制成多重全息图(multiple hologram)的形式,即多个体光栅的堆栈形式,其中每个体光栅都具有可预设的厚度。

[0107] 由于需要尽可能有效地收集太阳光并将太阳光转化成电能,具有其层状结构的全息图部件可以显示出具有至少一个预设角度选择性和/或至少一个预设波长选择性。

[0108] 全息图部件被设计,以使其在预设角度范围中将投射全息图部件的光传递至透明板,其——优选地直接——在全息图部件的出射面。

[0109] 通过透明板之后,光投射能量转化装置的二维布置,在一个实施例中,例如直接或通过集光器来完成,其中能量转化装置包含至少一个太阳能电池。

[0110] 在另一实施例中,透明板可以被设计成光波导的形式,其中光通过全内反射向着波导的边缘或侧面被引导。这里用作光波导的透明板可以是共面或楔形的。

[0111] 至少一个能量转化装置或至少一个太阳能电池可以沿着用作光波导的透明板的边缘设置。然而,光还可以从用作光波导的透明板的边缘通过集光器被引导至能量转化装置或太阳能电池。

[0112] 然而,入射光的可用角度范围和/或太阳能板的光谱敏感度范围还可以通过修改能量转化装置或太阳能电池上游的光学元件的变换和/或转化特征而被进一步扩展。

[0113] 其可以是用作扩展入射光的可用角度范围的微型棱镜的至少一个上游布置和/或至少一个散射表面。

[0114] 入射光的可用角度范围也可扩展,这是因为透明板具有可以随着增加的深度而逐步改变的预设散射特性。

[0115] 相反,例如,太阳能板的光谱敏感度范围可以通过实施量子点或通过设置在能量转化装置或太阳能电池上游的光学元件的荧光或冷光掺杂而被扩展。

[0116] 全息图部件还可以被设计,以使从太阳能电池反射出的光向着太阳能电池后向反射和/或其实现了透镜的功能,以便其可以用作集光器。

[0117] 最后,全息图部件还可以被设计,以使其只将预设波长的光向着具有预设光谱敏感度的预设能量转化装置或太阳能电池引导。

[0118] 另一种可能性是在由重铬酸盐明胶(DCG)制成的记录介质中记录全息图部件,其借助于化学改变的感光剂被修改,以使仅当超过预设照射能量阈值时,其开始形成潜在光栅,所述潜在光栅在水化学处理中转变为纯相位体光栅。用于生成掩埋型体光栅的方法因此还可以应用于重铬酸盐明胶的记录介质。具有高折射率调制 n_1 的体光栅因此还可以在厚DCG薄膜中生成。在太阳能板和/或太阳能集光器中,这具有可用角度或波长范围可以被扩展的优势,因为在该情况下角度选择性和波长选择性范围都可以更宽。

[0119] 进一步地,上文所述的方法还可以用于储存数据或安全特征,其中在体光栅形式的记录介质中记录数据或安全特征期间,除了角度和/或波长分解复用之外,实现了与深度有关的复用(Z分解复用)。

[0120] 这意味着除了记录介质的一个层中的特定角度和波长的编码,数据或安全特征现在还可以在记录介质的不同层中被编码。如上文已经提及的,这优选地在记录介质的限制区域中,并且优选地在距离记录介质的表面的可预设的距离上,即在记录介质的可预设的深度上是可能的。

[0121] 如上文已经解释的,角度和/或波长选择性的分布是可预设的,以便从而特别可能在照射期间抑制角度和/或波长选择性的副峰值。

[0122] 由于该方法的这些特征,除了其提供的更大的储存容量,数据或安全特征还可以

以自动防故障(fail-safe)的方式被编码和解码。

[0123] 角度和/或波长选择性的分布可以不同地预设,以用于单独记录的数据集或安全特征,以便通过单独数据集的不同的角度和/或波长选择性来获得编码或解码。从而,记录介质中的数据储存密度可以通过相应地复用数据集的单独的角度和波长选择性而被提高。

[0124] 激光多普勒测速仪(LDA)用作上文所述的方法的应用的又一示例,其中该方法可以用于实现样本中的测量水平面的纵向移动。特别地,其是在测量的样本的深度中动态移动光栅平面的可能性,其是该应用的主要特征。

[0125] 上文所述的方法的应用的进一步的示例涉及3D光学显微镜,其中样本中的纵向分辨率可以被改进,并且光栅平面的动态移动也被证明是有用的。

[0126] 最后,该方法还可以应用在超声波扫描术中,以改进深度分辨率并限制声强的深度范围,以用于样本中叠加的超声波。

[0127] 这意味着根据本发明的方法不限于涉及光波的应用,其还可以优选地应用于包括干涉的可能性的其他波传播过程。

[0128] 关于本发明的装置方面,上述目的由本发明的技术方案来解决。根据本发明的装置因此通过照射用于记录介质中的至少一个体光栅的层状生成。根据本发明的装置包含光源和分光镜装置(beam splitter means)。记录介质具有至少一个对照射光的可预设的波长敏感的光敏层。分光镜装置被设计和设置,以使由光源射出的照射光分成至少两个能够生成干涉的相干光的波前。每个体光栅在记录介质中都可以通过至少两个能够生成干涉的相干光的波前生成。能够生成干涉的至少两个相干光的波前可以在记录介质中以可预设的角度、在可预设的深度且使用预设的干涉对比度被叠加。记录介质中的体光栅的折射率调制和/或透明度调制的深度和厚度可以在光传播的方向上通过干涉波前的空间和/或时间相干度的特定深度的控制而被控制。

[0129] 根据本发明的装置特别适合实施本发明的技术方案中所提供的方法。为了避免重复,在上述说明内容中做出参考引用,因为这对于理解关于该方法的教授的本领域技术人员是显而易见的,以设计并扩展本发明的装置。特别地,根据本发明的装置可以用于制作包括包含至少两个体光栅的记录介质的全息图部件,其中使用本发明的技术方案中所提供的方法来制作全息图部件。

[0130] 分光镜优选地包含衍射光栅,其可以设计成表面分布光栅的形式,并且其指的是上述的主光栅。

[0131] 现在,存在多种体现和继续本发明的教授的可能性。为此,对下文包括附图的本发明的优选实施例的说明内容做出参考引用。一般优选的物理形式和教授的延续将结合本发明优选的实施例的说明内容和附图来做出解释。

附图说明

[0132] 附图为示意图,其中

[0133] 图1a、b和c示出了a)点光源、b)具有周期振幅光栅的光源和c)具有周期相位光栅以及取决于与主光栅成正比的移动距离的干涉对比度的光源的使用,

[0134] 图2示出了基底上可以快速旋转的环形光栅,其中光栅周期取决于角度变化,

[0135] 图3示出了连续设置的记录介质中的主光栅形式的双光束干涉图的复制的布置,

[0136] 图4示出了包含六个体光栅和分隔层的层堆栈的光束组合器，

[0137] 图5a示出了太阳能电池的二维布置，其中每个太阳能电池都与抛物面集光器组合并且配有透明板形式的保护玻璃，

[0138] 图5b示出了与图5a中所示相同的布置，其具有设置在顶部并用作扩大可以传到太阳能电池的光束的角度范围的全息部件，

[0139] 图6a、b和c示出了关注其作为将来自全息部件的入射光引导至其边缘中的一个的光波导的功能的透明板，从而a)直接照明太阳能电池或者b)和c)通过抛物面集光器，并且

[0140] 图7a和b示出了具有a)透明板和b)抛物面集光器的太阳能板，其中每个太阳能板都用量子点或发光或荧光物质(在图中由掺杂点表示)掺杂，以便改进量子效率。

[0141] 在所有附图中给予相同或类似的部件相同的附图标记。

具体实施方式

[0142] 图1b和1c示出了用于执行记录介质AZM中的至少一个体光栅VG通过照射实现的层状生成的方法的总体布置，所述记录介质包含对照射光的可预设波长敏感的至少一个光敏层，其中每个体光栅都在记录介质中由能够以可预设的角度并使用可预设的干涉对比度生成干涉的至少两个相干光的波前WF1、WF2生成，所述波前以可预设的深度 z 被叠加在记录介质中，并且其中记录介质AZM中的体光栅的深度 z 和折射率的厚度和/或透明度调制被光传播的方向上的相干波前WF1、WF2的空间和/或时间相干度 Γ 的特定深度的控制影响。

[0143] 由具有实质上准直的平面波场PW的光源LS经过准直透镜L照明的主光栅G的下游，在进一步向下游传播且在主光栅G被衍射的波场WF1、WF2之间的光传播的方向上存在相对横向偏移 $s(z)$ (切变)，由于照明平面波场PW的预设的复值的空间和/或时间相干性函数 Γ ，所述横向偏移 $s(z)$ (切变)引起干涉波场的干涉对比度的可预设的深度分布。

[0144] 这里，干涉波场WF1、WF2是由光源LS在主光栅G射出的同一准直的波场PW的衍射的不同的衍射级，所述主光栅置于以光传播的方向观察的记录介质AZM的上游。

[0145] 参考图1a，由点光源LS射出的光被透镜L准直，其遵循光传播的方向，以便平面波PW投射进一步置于光程下游的主光栅G。根据主光栅G的光栅常数，入射平面波被衍射角度 θ ，以便两个平面波场WF1、WF2向主光栅的下游传播，如该示例中所示，其中所述波场对应于正负第一衍射级+1D0和-1D0，因此彼此之间呈 2θ 的角度。

[0146] 现在，在主光栅被衍射的衍射级+1D0和-1D0可以在重叠区干涉，所述重叠区从 $z=0$ 延伸至最大深度并具有随着 z 增加而变小的三角形的形状。如果使用了单色点光源(Point-LS)，则这引起穿越整个重叠区的恒定的干涉对比度 $V(z)=1$ 。然而，主光栅G可以被其他分束器代替，例如被在光调制器SLM上表现的光栅代替。

[0147] 图1a中的水平剖面线表示具有某一光栅常数的体光栅可以因此以例如开始于与主光栅G距离 z_1 的深度 D 被记录在记录介质AZM中的重叠区的每个点上，其中光栅常数取决于在主光栅G被衍射的平面波场WF1、WF2的传播的角度 θ 。由于在该布置中干涉对比度在纵向方向上——即沿着 Z 轴——不改变的事实，在与主光栅G距离 z_1 记录的体光栅也在纵向方向上具有均匀形式。

[0148] 图1b和c示出了光源LS的形状对干涉对比度 $V(z)$ 的影响，其中光源LS置于平面E中并且总体上具有复值的周期或非周期振幅和/或相位分布。可以看到，当记录介质AZM的某

一深度的干涉对比度 $V(z)$ 取决于两个干涉波场WF1、WF2的横向偏移 $s(z)$ (切变)时,一方面,横向偏移 $s(z)$ (切变)是波场WF1、WF2的传播的方向上的Z坐标的函数,另一方面,在记录介质AZM的可预设深度范围中生成的干涉对比度 $V(z)$ 的可预设分布是光源LS的平面E中的振幅的形状和/或相位分布的函数。

[0149] 因此,在记录介质AZM的可预设深度表现出的干涉对比度 $V(z)$ 在记录介质AZM中生成可预设的折射率和/或透明度调制形式的体光栅,其符合允许体光栅VG的角度和/或波长选择性以可预设的方式被控制并且体光栅VG的角度和/或波长选择性的任何副峰值都以可预设的方式被抑制的切趾函数是可能的。

[0150] 要做到这点,被准直并且照明主光栅G的光源LS的平面E具有复值的光学透明度函数,其表示振幅和/或相位光栅、由切趾函数叠加的振幅和/或相位光栅或者由切趾函数叠加的振幅和/或相位分布。

[0151] 图1b示出了这种情况:使用了单色、具有周期振幅分布的空间非相干光源LS(periodic A-LS)——涉及X方向并且在平面E中。这里,干涉出现在对比度为 $V(z)=1$ 的 $s(z)=0$ 的切变距离,并且以置于光源(periodic A-LS)的平面E中的振幅光栅AG的较小的占空比和较低的透光率出现在设计切变距离,即在例如干涉对比度为 $V(z)=0.8$ 的主光栅G后面预期的深度 z_1 。在约两倍的设计切变距离出现干涉,其中例如干涉对比度为 $V(z_2)=0.4$ 。

[0152] 这意味着使用这种类型的光源LS,在主光栅G被衍射的两个波场WF1、WF2的叠加的干涉对比度取决于与主光栅G之间的距离 z ,并且其通过复合相干函数 Γ 在光源LS的平面E中可控制。

[0153] 图1c示出了这种情况:使用了单色、具有周期相位分布的空间非相干光源LS(periodic P-LS)。这里,干涉出现在设计切变距离,即例如对比度为 $V(z_1)=1$ 的主光栅G后面预期的深度。为了实现这点,必须设计置于光源LS的平面E中的相位光栅PG,以便当其用平面波PW照明时主要存在正负第一衍射级+1DO和-1DO,其只以较高的衍射效率在相位光栅PG的下游传播。

[0154] 这样,具有可预设厚度的体光栅VG可以被记录在足够厚的记录介质AZM的可预设深度 z ,由于干涉对比度 $V(z)$ 超过记录介质AZM的敏感度阈值,记录介质AZM仅在该区域中充分敏感。

[0155] 用于光源LS的平面E中的相位光栅PG的周期和使用的准直透镜L的数值孔径一起确定设计切变距离,即可以放置或记录深度切趾体光栅VG的平面的位置。因此,通过选择光源LS的周期或相应置于平面E中的相位光栅PG的周期或通过改变这些参数以简单的方式来选择深度切趾体光栅VG的Z位置是可能的。

[0156] 如果用于光源LS的平面E中的振幅光栅AG或相位光栅PG的振幅和/或相位是二元的,例如,即如果光栅的单独的狭缝由矩形函数来描述,则设计切变距离周围的干涉对比度 $V(z)$ 的分布符合平方sinc函数。

[0157] 因此,符合平方sinc函数的折射率调制 $n_1(z)$ 在纵向方向 z 上生成是可能的——如果用于体光栅VG的记录介质置于问题中的Z区域中,所述折射率调制 $n_1(z)$ 在这里被称为深度切趾。因此,记录的体光栅VG接着具有类似于矩形函数且不显示出任何副峰值的角度和/或波长选择性。

[0158] 置于光源LS的平面E中的光栅AG或PG的狭缝的振幅和/或相位函数的选择,确定了

取决于深度 z 或切变距离 $s(z)$ 而在主光栅 G 的下游发现的干涉对比度 $V(z)$ 的分布。

[0159] 如果角度和/或波长选择性应当被给予特定角度和/或波长的衍射效率的函数 $\eta(\Theta)$ 或 $\eta(\lambda)$ 的分布,则置于光源 LS 的平面 E 中的光栅 AG 或 PG 的狭缝的振幅和/或相位函数必须被给予那些分布的形状。这是允许深度切趾被建模的简单相关,以通过选择光源 LS 的适当特性来满足体光栅 VG 的衍射特性的要求。

[0160] 干涉对比度 $V(z)$ 的分布以及记录的体光栅 VG 的折射率调制 $n_1(z)$ 的分布,即记录在记录介质 AZM 中的体光栅 VG 的切趾函数 $n_1(z)$ 与置于光源 LS 的平面 E 中的光栅 AG 或 PG 的狭缝的振幅和/或相位函数的傅里叶变换的绝对值的平方成正比。

[0161] 为了计算干涉对比度 $V(z)$ 的分布,置于光源 LS 的平面 E 中的光栅的单个狭缝的衍射图案用使用的数目 N 的狭缝的三角梳状函数聚拢。这意味着干涉对比度 $V(z)$ 在 Z 方向上的分布变得越窄,就使用越多的狭缝,即使置于光源 LS 的平面 E 中的光栅的光栅周期以及体光栅 VG 被记录的深度层 z 保持相同。

[0162] 因此,在可预设的深度 z 可生成的体光栅 VG 的角度和/或波长选择性函数 $\eta(\Theta)$ 或 $\eta(\lambda)$ 的形状在记录介质 AZM 越过折射率调制 $n_1(z)$ 的可预设的分布的某一深度生成的体光栅中可控制,所述折射率调制符合干涉对比度 $V(z)$,所述分布表示切趾函数,例如以平方sinc、余弦(cosine)、高斯(Gaussian)或近似的矩形函数的形式。

[0163] 如果记录介质 AZM 具有线性传递函数,则折射率调制 $n_1(z)$ 的分布符合体光栅 VG 将要被记录的区域中的干涉对比度 $V(z)$ 的分布。如果记录介质 AZM 的传递函数是非线性的,则干涉对比度 $V(z)$ 必须被相应地修改,以便得到例如符合平方sinc函数的折射率调制 $n_1(z)$ 。

[0164] 一般地,就所有体光栅来说,可以在可预设的深度 z 生成的体光栅 VG 的角度选择性 $\eta(\Theta)$ 通过改变体光栅的厚度而进一步可控制。

[0165] 为了能够在记录介质 AZM 中记录多个体光栅 VG ,例如,记录介质 AZM 必须具有足以适应至少两个体光栅的可预设的厚度 D ,其中体光栅可以一个接着一个地布置或者在光传播的方向上以交叉的形式布置。

[0166] 在可预设的深度 z 通过深度分离和/或深度切趾可生成的体光栅 VG 可以为有用的光的可预设的光的波长 λ 而设计,这意味着它们优选地通过衍射只影响该波长的光或有用的光。

[0167] 记录介质 AZM 中的照射光的强度调制——即干涉对比度 $V(z)$ 的可预设的深度切趾和/或可预设的深度分离还可以被动态地设置,例如通过光源 LS 的平面 E 中的动态可控制的振幅和/或相位光栅 AG 或 PG ,例如实现光栅的可编程的光调制器(SLM)形式。

[0168] 例如,周期光源 LS 可以是相位-SLM——即可以修改取决于空间位置与空间光调制器相互作用的光的光程长度或局部相位的空间光调制器(SLM)——或者是复值的SLM——即可以修改取决于空间位置与空间光调制器相互作用的光的光程长度或局部振幅和相位的空间光调制器。这使改变在图1c中示出的在 Z 方向上显示出较高的干涉对比度 $V(z)$ 的较窄的区域成为可能,并且特别是使以可预设的速度将其覆盖成为可能。

[0169] 例如,还可能在光源 LS 的平面 E 中设置相位光栅 PG ,它的周期连续且循环变化。该相位光栅可以被部分照明且以较快的节奏被移动。例如,相位光栅可以是环形 KG ,其设置在圆形基底 SUB 上,如图2中所示。相位光栅可以以反射或透射模式操作。

[0170] 动态地控制干涉对比度 $V(z)$ 的这种可能性在图1b和1c中示出。参考图2,振幅和/

或相位光栅AG或PG在这里被设计成环形KG的形式,并设置在安装在由电动机(未示出)驱动的旋转轴W上的圆形基底SUB上。

[0171] 例如,光栅周期可以在 0° 到 180° 的角度范围中增大,并且再在 180° 到 360° 的范围中减小。如果安装在轴W上的基底SUB旋转,则较快的深度扫描成为可能,因为如图1c中所示的具有较高的干涉对比度 $V(z)$ 的区域的深度 z 与光栅基底的旋转角度 Φ 同步改变。现在,如果使用了步进电动机或同步电动机,则用随后设置的测量布置的检测器信号实现的深度水平 z 的精确且在时间上固定的分配成为可能。

[0172] 位于圆形基底SUB上的相位光栅KG的分布深度或蚀刻深度可以被优化,以便例如提供第一衍射级+1DO和-1DO的最大衍射效率。具有径向光栅的圆盘可以置于光源LS的平面E中,其中所述平面可以额外容纳散射板(未示出)。散射板和光栅接着相对于彼此移动。

[0173] 光栅周期的信号检测和变化可以优选地被同步,以使具有周期 Λ 的固定光栅可以被假设,以用于测量或测量值集成的时间窗口。例如,使用的散射板(未示出)可以快出一个数量级地旋转承载光栅的圆盘。

[0174] 根据本发明的方法的一个优势为其特别地还允许实现具有多个深度分离或交错的体光栅VG的大面积体光栅结构。

[0175] 这里,主光栅G以大面积表面分布光栅的形式提供,例如,其被照明的表面是体光栅VG的记录介质AZM的表面的一部分,或者与后者相同。这意味着如果必要的话,体光栅结构还可以由局部面积或拼接组成。

[0176] 由于相位和/或振幅分布的不对称性被引入光源LS的平面E中,因此可以产生记录介质AZM中的折射率调制 $n_1(z)$ 的不对称分布,因为这直接反映在干涉对比度 $V(z)$ 的形状上。

[0177] 例如,可以在光源LS的平面E中使用锯齿状的表面分布相位光栅,以便在记录介质AZM的某一深度生成干涉对比度 $V(z)$ 的相应对称的分布。

[0178] 可选地,使用照射光在主光栅G上的衍射的 0^{th} 和 1^{st} 衍射级的干涉,还可以使用 0^{th} 和 2^{nd} 衍射级或其他衍射级的干涉,以在记录介质AZM中生成体光栅VG。这允许体光栅VG的光栅常数被影响,因为更高的衍射级以更大的角度 θ 传播。然而,为了能够这样做,必须设计主光栅,以使仅仅那些用于记录所需的衍射级被加强,而其他衍射级被抑制。

[0179] 记录介质AZM还可以具有引发剂,其中照射光的恒定光部分可以用于激活记录介质的引发剂。这种介质的示例包括拜福(BayFol HX)或光热折变(PTR)玻璃,其中通过每个表面经受紫外线辐射的初步照射,可预设的折射率分布 $n_1(z)$ 可以在体光栅的记录之前在光传播的方向上生成。

[0180] 可选地,例如电力上可控制的材料,例如聚合物分散液晶(PDLC)层——即LC层与固化聚合物的组合——可以用作记录介质,以生成可切换的体光栅。因此,可生成的体光栅的衍射效率可以被控制,即通过电力引起的液晶的重新定向来完成。

[0181] 各种重现几何形状(平面波/明面波、平面波/球面波等)可以以预设固定或可切换的形式通过相应地设计可生成的体光栅来实现。

[0182] 例如,可以生成将平面波转换为会聚球面波,并因此显示出场透镜的效果的体光栅VG。例如,这种场透镜可以用于自动立体或全息显示器中。如果一个或多个进一步的体光栅VG可以在记录介质AZM中使用本发明的方法被记录或生成,以便获得进一步的光学功能,

则被照射的记录介质AZM可以实现多种光学功能并作为单个的部件被集成在这种显示器中。

[0183] 在记录介质AZM中的体光栅VG的记录期间,反射可以通过照射光的空间和/或时间相干特性可预设的选择而被抑制。光源LS的光谱带宽和光源平面E中的复合光栅必须为此相应地设计。这事实上不阻止记录期间的反射,但是由于该测量,反射的部分不能再与非反射部分建设性地干涉,以使记录介质的照射的敏感度阈值从而不被超过。

[0184] 作为前述干涉方法的可选方案,在记录介质AZM的预设深度 z 处具有预设形状和厚度的体光栅VG的记录还可以通过记录介质AZM中的引发剂从表面向内的化学或光学消耗来获得。然而,可生成的深度分离的体光栅VG的数量接着被减少,事实上,其实际上限于一个单个的光栅。而且,关于体光栅的的形状的设计的范围仅仅具有较小的灵活性。

[0185] 复合波场的到另一复合波场的许多变换——例如具有同轴效应的复合场透镜的实现——包含第一透射型体光栅和第二透射型体光栅,其中第一透射型体光栅将同轴平面波变换为离轴平面波,并且第二透射型体光栅将离轴平面波变换为同轴球面波,其可以在透射型体光栅形式的平面全息3D显示器的三明治设计中很好地实施,这比将反射型体光栅适配在布置中更容易。因此,可以将体光栅的厚度减小为记录介质的厚度的一部分、在记录介质中选择特定的 Z 平面以及选择折射率分布 $n_1(z)$ 的深度切趾的某种分布的透射型体光栅的实现对于反射型光栅来说是优选的。

[0186] 而且,透射型体光栅可以使用主光栅容易地生成。这些例如可以是表面分布光栅,例如DOE、闪耀光栅、二元相位光栅、多级相位光栅、次1级相位光栅,例如那些具有可变占空比和固定网络宽度或固定凹槽宽度的。例如,可控制的光栅——例如偏振相关液晶光栅(PDLCG),其是可以“选择”一组角度的多层布置,或者LCG,其可以连续进行改变衍射角,其中衍射效率BWG例如约为0.5,并且其中优选地仅为两个衍射级——以灵活的几何形状存在。

[0187] 例如,体光栅可以充当用于复制的主光栅。如果双束干涉图案被传递,则体光栅可以容易地设计为具有导致记录介质中足够的干涉对比度 $V(z)$ 的衍射效率。例如,标准体光栅的衍射效率可以设计为处于 $\eta=0.4$ 到 $\eta=0.6$ 之间。图3示出了可以用于复制双束干涉图案的布置。要被复制的主光栅MG设置在基底SUB的出射侧表面上。

[0188] 如图3中所示,存在取决于与复制的标准体光栅MG之间的距离 z ——即取决于记录介质AZM中的深度 z ——而改变的入射平面波的 0^{th} 和 1^{st} 衍射级0DO和+1DO的波前的两个参数,即横向偏移 $s(z)$ (切变)的绝对值和纵向偏移OPD(z)的绝对值,所述两个参数都可用于实现记录介质AZM中的折射率分布 $n_1(z)$ 的想要的深度切趾。空间相干性对干涉对比度 $V(z)$ 的贡献被横向偏移 $s(z)$ (切变)影响,而照射光的时间相干性对干涉对比度的贡献被纵向偏移OPD(z)影响。波前的横向偏移 $s(z)$ (切变)和纵向偏移OPD(z)在图3中示出了两个不同的 Z 值。

[0189] 为了得到取决于纵向偏移OPD(z)的绝对值的干涉对比度,其适合于满足特定照射机构的要求,必须使用为照射光特别定制的光谱滤光片。例如,光谱滤光片可以是金属干涉滤光片(滤光片,MIF)、透射或反射介电层堆栈、固定或可变的法布里-珀罗干涉滤光片、反射或透射型体光栅和修改的分光仪。

[0190] 根据本发明的方法的下面的实施例涉及光束组合器,其包括具有至少两个有可预

设厚度的体光栅的记录介质AZM,并且其用来叠加由光调制器SLM的像素点射出的光。

[0191] 例如,这种光束组合器是实现具有大图像对角线的全息直观显示器的主要部件。例如,这种光束组合器的功能原理和应用领域在文献WO 2010/149588A1中公开,以便可以实现那里详细实施的实施例,以将这种光束组合器应用在全息直观显示器中。在这种情况下,对文献WO 2010/149588A1做出参考引用。

[0192] 以上述方式生成的体光栅VG显示出其宽度以及需要时的分布的角度选择性是可预设的。当光束组合器用于直观显示器中时,尤其必须抑制较高的衍射级以及仅使某一衍射级的光传到观察者的眼睛。

[0193] 图4示出了用于光调制器SLM的两个相邻RGB像素点RGB1和RGB2的这种光束组合器BC的示例性实施例,其例如可以用于全息显示器中。

[0194] 其包含两组三个体光栅VG1、VG2、VG3和VG4、VG5、VG6的层堆栈VGS1、VGS2,其中每个层堆栈都具有可预设的厚度,并且中间层S具有不同的可预设的厚度。

[0195] 例如,为了避免光的损耗,如果孔径光阑(未示出)设置在以光传播的方向观察的光束组合器BC的下游,则体光栅堆栈的总厚度不应当超过预设值。

[0196] 为了用于全息显示器中,保持 $<0.1^\circ$ 的重现几何形状的角度公差,以用于所有三原色(RGB)和所有的六个体光栅VG1到VG6也是必须的。

[0197] 图4示出了光束组合器BC,其组合由光调制器SLM的两个相邻RGB调制器单元RGB1、RGB2射出的调制光。例如,这种布置对于通过SLM的复值的二相编码来实现全息重建来说是必需的。

[0198] 由两个RGB调制器单元RGB1、RGB2射出的光具有在附图中标记为TE的相同的偏振,以及在附图中标记为 ϕ_1 和 ϕ_2 的不同的相位。其投射第一堆栈VGS1,其包含三个波长选择性的体光栅VG1、VG2、VG3,其中每个体光栅都只影响三原色RGB中的一种。此外,光栅是偏振选择性的,并且例如只影响具有TM偏振的光。现在,参考图4,为了使上光束RGB1向着下光束RGB2偏转,前者通过遵循光传播的方向的 $\lambda/2$ 片四分之一波片(QWP)转变为TM-偏振的光束。第一光栅堆栈VGS1的体光栅VG1、VG2、VG3将该光束向着下光束RGB2衍射某一角度,而它们允许通过第二、TE-偏振的光束RGB2,使其未被衍射。

[0199] 第一光栅堆栈VGS1被分隔层S以光传播的方向遵循,其中分隔层S的厚度取决于第一光栅堆栈VGS1的偏转角而被选择,以使上光束RGB1与下光束RGB2在光束组合器的下半部分中组合。遵循光传播的方向的光栅堆栈VGS2偏转由上调制器单元RGB1射出的光束,以使其平行于光轴,而由下调制器单元RGB2射出的光束不被影响,其中所述光栅堆栈VGS2同样包含三个波长-选择性的光栅VG4、VG5、VG6,每个光栅同样只影响三原色中的一种的光以及具有TM偏振的光。

[0200] 因此,两个光束被组合或叠加,并以同一方向继续传播。它们仅区别于它们的相位 ϕ 和它们的TE或TM偏振。由于两个相位值 ϕ_1 和 ϕ_2 被叠加,因此它们表示光调制器SLM的复合调制值C。由于两个光束具有垂直的偏振方向,因此组合的光束的偏振平面与初始偏振平面相比被旋转 45° 。设置在光传播的方向的更下游的偏振器P只允许通过具有该偏振的方向的光,而设置在上光束RGB1的部分中的孔径光阑AS阻止来自上调制器单元的光束RGB1的非偏转的杂散光。

[0201] 在该实施例中,两个光栅堆栈VGS1和VGS2的体光栅必须非常薄,以便获得衍射效

率 $\eta(\theta)$ 的较大角度选择性。将要获得的宽度处于 1° 与 2° 之间。

[0202] 目前不可能使用现有技术方法来记录在单个记录介质AZM中一次性具有六个体光栅的这种光束组合器。作为替代,例如六个体光栅层必须使用现有技术被单独记录,并且随后被组合,以形成一个光学部件,例如这是由于六个体光栅层是层压的。这必须做到,以使可以由此出现的机械应力不改变很难获得的单个体光栅的光栅几何形状。

[0203] 用本发明的方法生成的全息图部件HB的另一优选的应用涉及太阳能板SM的改进,特别是可用角度和/或波长光谱的扩展。

[0204] 图5a示出了太阳能板SM的太阳能电池SZ的二维布置,其中每个太阳能电池都与抛物面聚光器K组合并且装有透明板PL形式的保护玻璃。图5b示出了如图5a中所示的相同的布置,其具有设置在顶部且用于扩展可以传到太阳能电池SZ的光束的角度范围的全息图部件HB。在该分解图中,全息图部件HB仅仅与透明板PL分开示出,以清晰地附图中将其示出(同样应用于图7a)。在完成的太阳能板SM中,全息图部件HB被典型地连接至透明板,例如层压至透明板。这种全息图部件HB可以典型地具有层状结构,其包含例如通过层压连接在一起的具有预设的特定角度的衍射效率的单个的体光栅VG。例如, 50° 与 60° 的角度组合可以用作多个接收角度几何图形中的一个。为了能够实现较宽的角度和/或光谱范围,堆栈的单个的体光栅VG的厚度例如应当处于3-10微米的范围中。

[0205] 为了降低层压的成本,光栅堆栈的单个的体光栅VG或全息图部件HB可以使用根据本发明的方法被记录在仅包含单个层的记录介质AZM,即全息图部件中。例如,该技术允许具有预设的厚度的多个衍射场透镜一个在另一个之上地设置在记录介质AZM的单个层中,例如以光聚合物的形式,和/或角度光谱 $\eta(\theta)$ 的边带通过特定的体光栅VG的层中的折射率分布 $n_1(z)$ 切趾而被抑制。

[0206] 图5a和5b中所示的布置还可以以透射模式之外其他的模式操作。如图6a到6c中所示,透明板PL形式的保护玻璃还可以用作导引来自全息图部件HB且以预设的角度通过向着光波导的边缘的全内反射来投射光波导的入射光的光波导,其中能量转化装置或太阳能电池SZ被直接(图6a)或通过抛物面反射型集光器K(图6b和6c)照明。全息图部件HB还通过可以被太阳能电池使用的入射太阳能辐射的角度和/或波长光谱 $\eta(\theta)$ 或 $\eta(\lambda)$ 来影响能量转化装置或太阳能板SM的效率的改进。在这种情况下,优选地,不必追踪整个太阳能板SM到太阳的实际位置的定向,但其足以将太阳能板SM安装在静态位置上。

[0207] 代替透射型体光栅VG,还可以使用反射型体光栅,其于是设置在透明板PL的底面上(图中未示出)。例如,使用的光栅还可以是透射或反射的表面分布光栅。

[0208] 一般地,用于显示器装置的照明装置中的用于光控制或光导引的任何类型的技术解决方案还可以用于太阳能板SM的情况。这视为用于例如扩大光接收角度的微型棱镜的布置,或散射表面,其同样与微型棱镜结合。体材料中的光散射效应也可以被利用。在该情况下,散射效应的梯度可以例如根据辐射的穿透深度来生成,以便材料的散射效应在Z方向上增大。这样,入射光的角度范围可以被修改,以使其满足传播的条件,这是通过透明共面板PL中的透明全内反射来实现的,并且其向着边缘中的一个被引导。

[0209] 另一种可能性是将散射效应与频率转化效应结合起来,针对透明板PL中的全内反射的条件的改进的实现,或用于能量转化的太阳能电池SZ的光谱敏感性的适应。例如,可以用量子点来掺杂透明板PL和/或集光器K的材料。用于此的量子效率还可以通过荧光或冷光

掺杂来改进。这分别由用于以透射模式操作的透明板PL且用于沿着透明板PL的边缘设置的图7a和7b中的点来表示。

[0210] 例如,如果设置在集光器K前方,则具有特定波长的反射特性的全息图部件HB还可以用于将由能量转化装置或太阳能电池SZ反射的光导引回能量转化装置或太阳能电池SZ。例如,还可以提供具有透镜功能的全息图部件HB的体光栅VG,以便集光器K可以以衍射透镜的形式实现,所述衍射透镜以离轴模式运行。最后,可以设计根据本发明的全息图部件HB的方向-和/或波长修改特性,以使用于太阳能板SM中的具有不同的光谱特性的能量转化装置或太阳能电池SZ仅由那些匹配这些电池的光谱特性的入射光的部分激活。

[0211] 根据本发明的方法的进一步的应用包括数据或安全特征的储存,其中在数据或安全特征记录在体光栅形式的记录介质中的期间,除了角度和波长分解复用之外实现了与深度有关的复用(Z分解复用)。

[0212] 由于体光栅的角度和/或波长选择性 $\eta(\Theta)$ 或 $\eta(\lambda)$ 的分布是可预设的,因此角度和/或波长选择性的副峰值可以被有效地抑制。

[0213] 由于角度和/或波长选择性 $\eta(\Theta)$ 或 $\eta(\lambda)$ 的分布对于单个记录的数据集或安全特征来说可以不同地预设,因此编码和解码可以通过单个数据集不同的角度和/或波长选择性来获得。

[0214] 根据本发明的方法还可应用在激光多普勒测速仪(LDA)、3D光学显微镜和超声波扫描术中。

[0215] 在LDA中,来自运动颗粒的散射光的频率被确定。由于干涉图案的光栅周期已知,因此可以确定运动颗粒的速度。一般地,这使用如图1a中所示的布置是可能的,其中测量范围覆盖主光栅G下游的重叠区的整个深度(Z方向),波场WF1和WF2在其中干涉。

[0216] 然而,使用如图1c中所示的布置来实现并纵向移动样本中的测量平面是有益的,所述样本在Z方向上的范围实质上比图1a中所示的布置小。散射光的定位以及由此的速度测量可以限于在Z方向上的范围仅为被相干照明且具有传统方式中较大的对比度的量的范围的1/100到1/1000。因此,Z方向上的测量的纵向空间分辨率可以大大改进。

[0217] 在3D光学显微镜中,条纹图案投影方法用于测量微型结构的表面分布。如果干涉对比度在Z方向上具有较大的范围,则仅在表面分布——除了很深的结构——中,其没有问题。

[0218] 然而,条纹图案投影还用于荧光显微镜中,以便改进空间分辨率。在该情况下,使用了术语“结构化光”。为了能够改进空间分辨率,必须使用取代的光栅进行至少三次拍摄。在检测器照相机上可见的图像于是含有结构化照明的条纹。相移算法接着可以用于分析。例如,如果使用了五相算法,则必须用振幅光栅进行五次拍摄,其用作物面中的照明图案,其在单个图像之间移动 $\lambda/4$ 。为了改进在X和Y方向上的空间分辨率,即为了检测物体的XY平面中的空间频率,必须在多个方向上提供条纹图案——例如一个接着另一个生成的条纹图案。

[0219] 在根据本发明的方法的应用中,在3D光学显微镜中,为了改进样本中的纵向或轴向分辨率,在如图1c中所示的布置中生成优选正弦的条纹图案是有益的,所述条纹图案在Z方向上具有较大限制的范围,这是由于在主光栅G的下游干涉的波场WF1和WF2的空间相干性的制备,其中条纹图样在Z方向和与其垂直的方向上都可取代。与传统的结构化照明——

例如,其在荧光显微镜中使用——相比,该方法导致点扩散函数(PSF)的进一步简化。例如,显微镜的照明路径中的物镜于是被放在图1c中的光栅G的下游。

[0220] 由于应用于结构化照明,用于生成根据图1b和1c的深度-分离和/或深度-切趾的体光栅VG的方法可以总体上认为是用于生成结构化波场的方法。由于应用于“结构化探测(structured sounding)”,其还可以用于超声波扫描术或超声显微镜中,以改进声音强度的深度范围的深度分辨率和限度。

[0221] 在超声显微镜中,超声波场的空间相干性的制备可以用于减少合成的点扩散函数PSF的维度。使用根据本发明的方法,可以扩展用于超声测试的相移条纹投影,以使出现在深度中的超声干涉图案通过选择声源的平面中的适当的复值的透明函数(transparency function)而大大限制在Z方向上,其中超声干涉图案可以在用于深度辨别的Z方向上和用于相移的垂直于Z方向的方向上被动态地取代。

[0222] 移动散射板还可以用于动态深度扫描的超声显微镜中。例如,它们还可以嵌入油中,并且以数微米的数量级执行横向运动。

[0223] 其进一步适于使用“相位阵列(phased array)”。例如,这可以是一维压电传感器(PZT)线路或二维PZT阵列。这些阵列可以在声源的平面中生成静态且固定的相位部分。

[0224] 本发明不应限于上述实施例和应用中,其可以在广义上使用,以在记录介质中形成并放置体光栅。

[0225] 一般地,建模遵循根据本发明的方法的时间和空间相干函数 Γ 的方法可以用于干涉图案的深度定位(深度分辨)和/或深度切趾,特别是用于特殊应用所必需的体光栅的生成。另一方面,这些是相移体光栅。

[0226] 例如,在自动立体和全息3D显示器中,在某些空间方向上传播的光根据其角度和/或波长范围被允许通过并被严格限制可以是更好的。因此,例如可以使用多个体光栅,以特别地切断角度范围(或波长范围),即使它们偏转至不严格的方向,例如不影响观察者的方向。

[0227] 例如,通过由两个体光栅组成的场透镜表现了另一类型的滤光片,其中第一、很薄的体光栅VG1衍射以直角——例如,包括 $\pm 2^\circ$ 的角度范围——投射光栅表面的光 45° ,其中衍射效率 $\eta > 0.8$,并且其中第二、明显更厚的体光栅VG2向着并集中在光轴上衍射以 45° 的角度——例如,包括 $\pm 0.5^\circ$ 的较小的角度范围——投射它的光。

[0228] 例如,由于两个较薄、而且总体上 $n_1(z)$ -切趾的体光栅VG1和VG2在深度 z_1 和 z_2 生成,因此方向滤光片的发明解决方案得以实现,在该情况下,在直通道期间需要过滤,其中所述体光栅衍射以直角——例如,包括 $\pm 2^\circ$ 的角度范围——入射的光 45° ,例如,其中衍射效率 $\eta > 0.8$,并且其中这些体光栅相对于彼此相移 π 。

[0229] 例如,还可以认为是具有 π 的相移的复合体光栅的两个体光栅的该特殊布置允许很窄的角度范围(或波长范围)沿着光轴或沿着任何其他设计方向传播,其中紧邻的角度范围或波长范围被衍射成不严格的空間方向。

[0230] 例如,单独照射之间的相移可以实现——取决于几何形状——通过改变主光栅G和记录介质AZM的相对横向或轴向位置,或者通过引入很小的照明角度。被引入的很小的附加角度取决于光栅周期,并取决于主光栅G与记录介质AZM之间的距离。

[0231] 生成在Z方向上分离并被相移的体光栅的该原理——包括多于两个光栅——可以

应用于实现多种特殊衍射功能。

[0232] 另一方面,根据本发明的方法还允许生成不同波长的体光栅,其在深度 z 被取代。

[0233] 例如,为了能够暂时形成严格限制的光脉冲,必须补偿不同波长之间的某些过渡时间差。

[0234] 由于根据本发明的方法,衍射不同波长范围的体光栅可以被记录在不同的深度 z ,以便过渡时间差可以为单独的波长范围被特别地引入,以补偿出现在该校正体光栅堆栈下游的某些过渡时间差,并允许光脉冲根据设计规格形成。

[0235] 最后,上文所述的实施例和应用应当单独解释,以说明所要求的教授,但是所述要求的教授并不限于这些实施例和应用中。

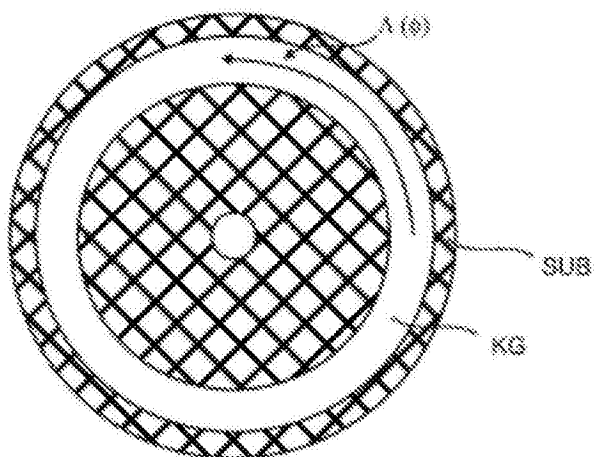


图2

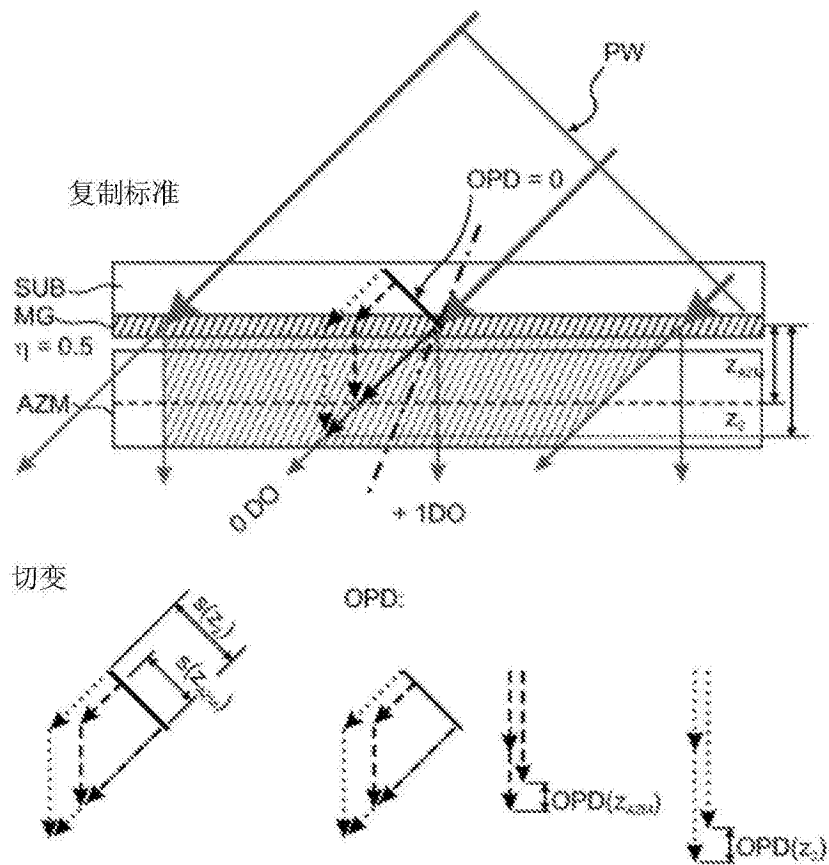


图3

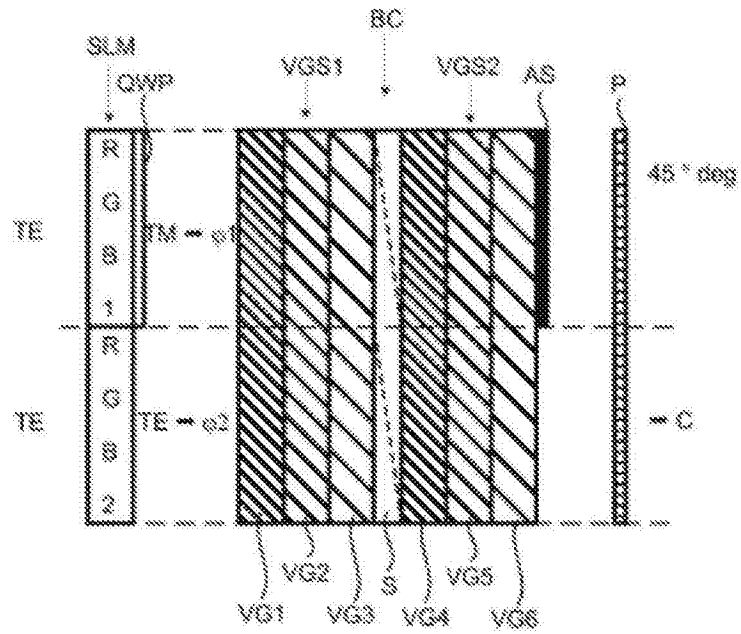


图4

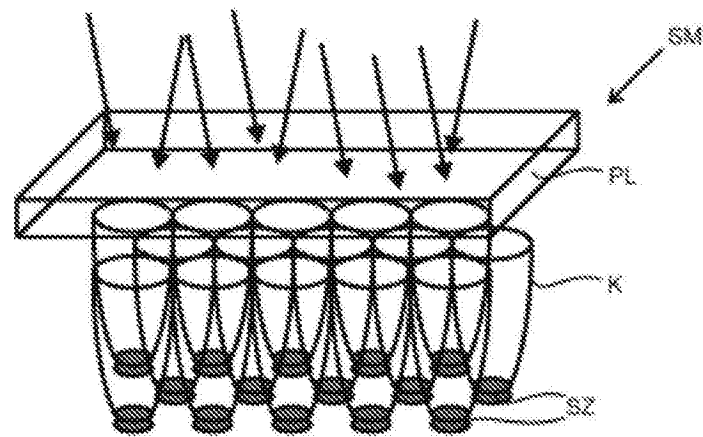


图5a

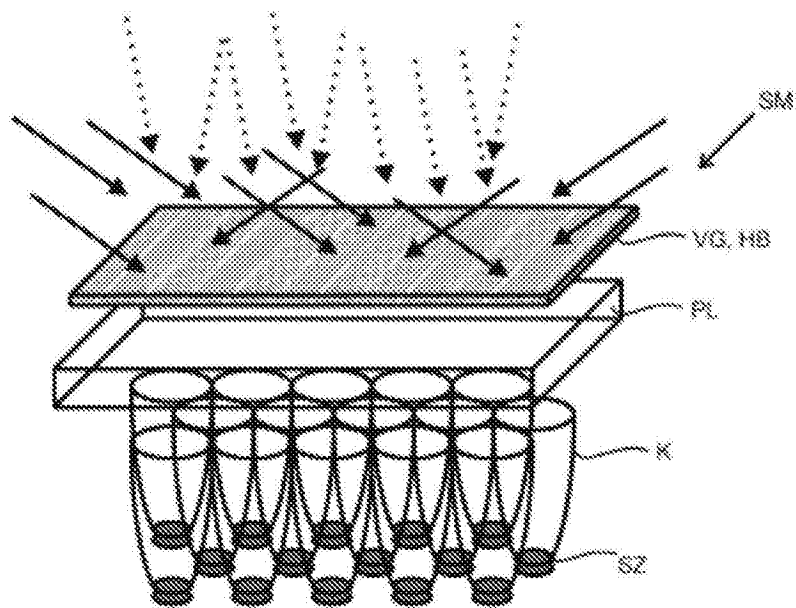


图5b

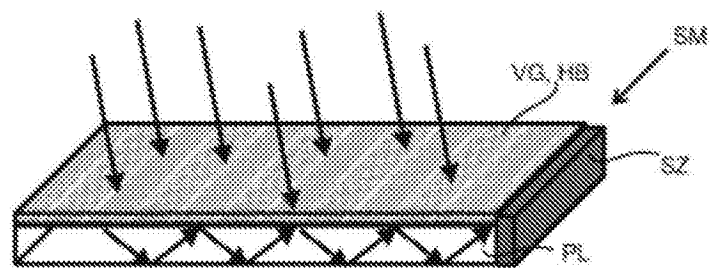


图6a

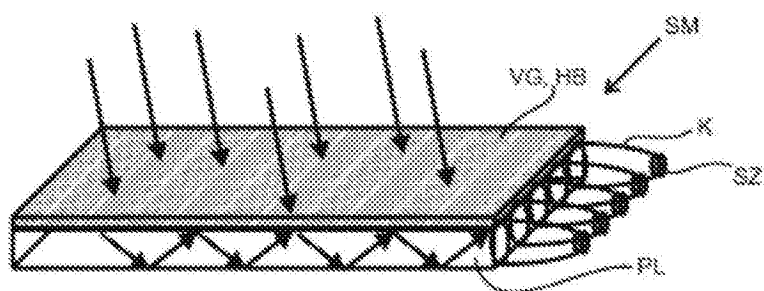


图6b

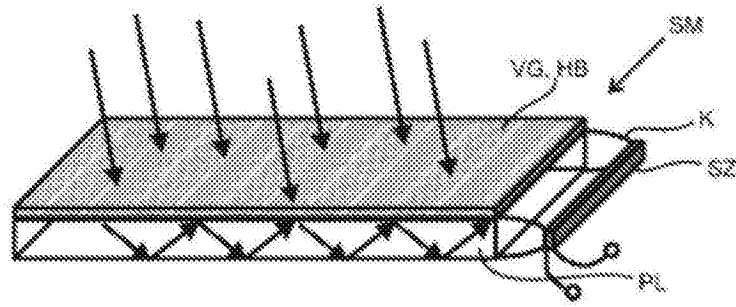


图6c

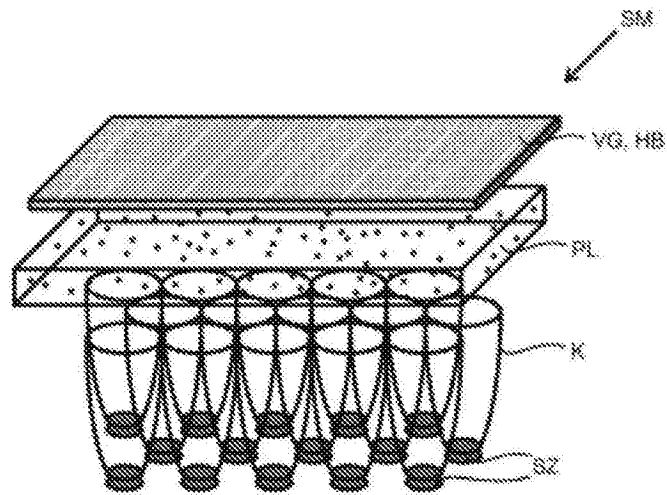


图7a

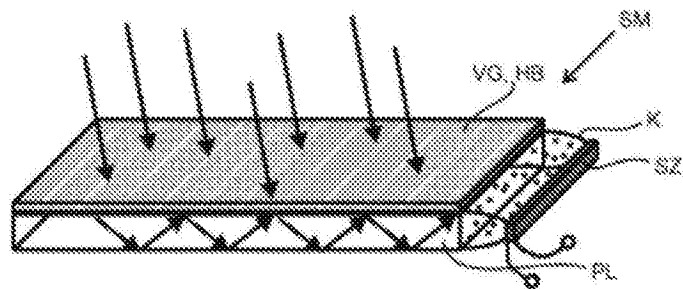


图7b