



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111670403 B

(45) 授权公告日 2022.04.08

(21) 申请号 201980010969.8

(22) 申请日 2019.02.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111670403 A

(43) 申请公布日 2020.09.15

(30) 优先权数据
20185294 2018.03.28 FI

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.07.30

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/FI2019/050149 2019.02.25

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/185975 EN 2019.10.03

(73) 专利权人 迪斯帕列斯有限公司
地址 芬兰埃思波

(72) 发明人 卡西米尔·布卢姆斯泰特
尤西·拉霍梅基
伊斯莫·瓦尔蒂艾宁

(74) 专利代理机构 成都超凡明远知识产权代理
有限公司 51258

代理人 王晖 吴莎

(51) Int.Cl.
G02B 27/10 (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01)
G02B 5/20 (2006.01)
G02B 6/34 (2006.01)
G02B 27/01 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2008316600 A1, 2008.12.25
US 4729640 A, 1988.03.08
US 2008310024 A1, 2008.12.18
CN 1777937 A, 2006.05.24
CN 1487310 A, 2004.04.07
CN 101231357 A, 2008.07.30
CN 1758819 A, 2006.04.12
CN 1758819 A, 2006.04.12
US 2007298533 A1, 2007.12.27
CN 104364272 A, 2015.02.18
JP 2012243378 A, 2012.12.10

审查员 王健

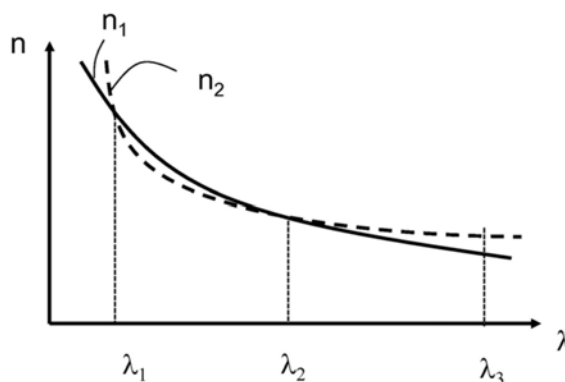
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

衍射光栅

(57) 摘要

本发明涉及一种选择性衍射光栅及其应用。该光栅包括成周期性交替图案的具有第一色散曲线(n_1)的第一材料和具有与第一色散曲线(n_1)不同的第二色散曲线(n_2)的第二材料。根据本发明,第一色散曲线和第二色散曲线(n_1 、 n_2)在两个或更多个不同波长(λ_1 、 λ_2)处彼此相交。



1. 一种二维波导,所述二维波导包括布置在表面上或布置在所述波导内的衍射光栅,所述衍射光栅包括:

-第一材料,所述第一材料具有第一色散曲线,

-第二材料,所述第二材料具有与所述第一色散曲线不同的第二色散曲线,

其中,所述第一材料和所述第二材料被交错成周期性交替图案以形成所述衍射光栅,以及所述第一色散曲线和所述第二色散曲线在两个或更多个不同波长处彼此相交。

2. 根据权利要求1所述的波导,其中,所述不同波长在380nm至750nm的波长范围内,至少间隔50nm。

3. 根据权利要求1或2所述的波导,其中,所述材料中的至少一种材料是 SiN_x 。

4. 根据权利要求1或2所述的波导,其中,所述材料中的至少一种材料是 TiO_2 、 HfO_2 或 ZrO_2 。

5. 根据权利要求3所述的波导,其中,所述材料中的至少一种材料是 TiO_2 、 HfO_2 或 ZrO_2 ,其中, TiO_2 、 HfO_2 或 ZrO_2 与 SiN_x 一起用作联合材料。

6. 根据权利要求1或2所述的波导,其中,所述色散曲线至少在380nm至750nm的范围内的某个波长处相差至少0.05个单位,特别是至少0.1个单位。

7. 根据权利要求1或2所述的波导,其中,所述光栅布置在所述波导的主表面上。

8. 根据权利要求1或2所述的波导,所述波导包括具有不同相交波长的此类光栅的叠置件。

9. 根据权利要求8所述的波导,其中,所述光栅的叠置件的所述相交波长被适配成使得每个光栅具有与所述叠置件的每个其他光栅的一个相交波长相同的一个相交波长。

10. 根据权利要求8所述的波导,其中,此类光栅的叠置件形成以下各者中的一者、两者或全部:所述波导的入耦合器、所述波导的出射光瞳扩展器、所述波导的出耦合器。

11. 根据权利要求9所述的波导,其中,此类光栅的叠置件形成以下各者中的一者、两者或全部:所述波导的入耦合器、所述波导的出射光瞳扩展器、所述波导的出耦合器。

12. 一种衍射波导叠置件,所述衍射波导叠置件包括至少两个叠覆的波导层,其中,所述波导层中至少一个波导层包括根据权利要求1至11中的任一项所述的波导。

13. 一种个人显示设备,所述个人显示设备包括:

-用作透视显示元件的根据权利要求1至11中的任一项所述的波导或根据权利要求12所述的波导叠置件,

-投影仪,所述投影仪用于至少部分地通过并借助于所述波导或波导叠置件中的一个或更多个所述光栅将图像投影到所述波导或波导叠置件中,

其中,所述投影仪是多色投影仪,所述多色投影仪适于发射至少三个不同波长的光线,所述至少三个不同波长中的两个波长与所述波导或波导叠置件中的一个或更多个所述光栅的所述不同相交波长相对应。

14. 根据权利要求13所述的个人显示设备,其中,所述投影仪是激光投影仪。

15. 根据权利要求13或14所述的个人显示设备,所述个人显示设备包括至少三个此类光栅,所述至少三个此类光栅被布置为:位于单个波导上的光栅的叠置件,或者位于布置为叠置件的不同波导层上的光栅的叠置件,所述光栅的所述相交波长与所述投影仪发射的所述波长进行排列。

16. 根据权利要求15所述的个人显示设备,其中,所述光栅被布置为光栅的叠置件,所述光栅的叠置件的周期被设置成使得将所述三个不同波长消色差地衍射到单个波导中。

17. 一种制造包括选择性透明的衍射光栅的二维波导的方法,所述方法包括

- 选择两个或更多个不同波长,
- 使用至少两种不同材料来选择衍射图案构造,
- 选择具有不同的色散曲线的至少两种不同材料,所述不同的色散曲线在所述两个或更多个不同波长处彼此相交,
- 使用所述衍射图案构造和其中的所述不同材料,制造位于表面上或位于所述波导内的所述光栅。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中,通过以下方式提供所述不同的色散曲线:

- 选择第一材料,
- 选择第二材料,
- 选择所述第一材料和/或所述第二材料的化学计量比,使得所述第一材料和/或所述第二材料的色散曲线在两个或更多个不同波长处相交,
- 将具有所述化学计量比的所述材料生产成所述不同材料的交替图案以形成所述光栅。

衍射光栅

技术领域

[0001] 本发明涉及衍射光学器件。特别地,本发明涉及可用于将光耦合到在衍射显示元件和设备中使用的波导中的光栅。本发明可以用于个人显示设备,诸如头戴式显示器(HMD)和平视显示器(HUD)。这样的显示器通常包括波导和布置在波导之上或之中的至少一个光栅。

背景技术

[0002] 在许多现代个人显示设备中,波导是关键成像元件。使用布置在波导的主平面中(通常在其表面上)的衍射光栅,可以将要显示的图像耦合到波导中并且耦合出波导,以及在波导内进行修改。例如,可以提供用于将图像从投影仪的耦合到波导中的入耦合光栅、用于在波导的一个或更多个内平面维度上扩展光场的出射光瞳扩展光栅、以及将光场耦合出波导到达用户的眼睛的出耦合光栅。

[0003] 可以将各层承载不同波长的波导布置成叠置件,以便提供多色显示器。这种叠置件的入耦合布置与出耦合布置的目的是在各层之间实现完全的波长分离。然而,在实践中,意图用于一层的光线中的至少一部分光线被耦合到另一层。为此,在需要对波长进行良好控制的示例或其他应用中,需要改进的解决方案。

发明内容

[0004] 本发明的一个目的是提供一种用于特别是在基于波导的显示应用中改善对波长的控制的新颖解决方案。

[0005] 一个特别的目的是提供用于改善多色波导、波导叠置件和显示设备的入耦合布置和/或出耦合布置中的颜色分离的新颖解决方案。

[0006] 所述目的通过独立权利要求中限定的本发明来实现。

[0007] 在一方面,本发明提供了一种选择性衍射光栅,其包括具有第一色散曲线的第一材料和具有与第一色散曲线不同的第二色散曲线的第二材料的周期性交替图案。第一色散曲线和第二色散曲线在两个或更多个不同波长处彼此相交,从而使光栅在这些波长处完全透明。这些波长可以称为相交波长。

[0008] 在一方面,本发明提供了一种包括上述类型的光栅的波导。该光栅可以是例如入耦合光栅或出耦合光栅。在一个实施方式中,提供了一种光栅的叠置件,每个光栅被分别使用本文公开的原理适配成对于波长中的两个波长是透明的并且对于波长中的一个波长是“可见”的。

[0009] 在一方面,本发明提供了具有多层的波导叠置件,其中至少一层是上述类型的波导。通常,各层中的每层包括彼此对准的入耦合光栅和/或出耦合光栅。例如,将本发明的光栅放置在最顶部的波导层上,允许与相交波长相对应的两个波长通过最顶层而不与之相互作用,并且在最顶层中对第三波长进行耦合。

[0010] 本发明的对选择性透明的衍射光栅进行制造的方法包括:

- [0011] -选择两个或更多个不同的波长，
- [0012] -使用至少两种不同材料来选择衍射图案构造，
- [0013] -选择具有不同的色散曲线的至少两种不同的固体材料，所述色散曲线在所述两个或更多个不同波长处彼此相交，
- [0014] -使用所述衍射图案构造和其中的不同的固体材料来制造光栅。
- [0015] 本发明提供了显著的益处。
- [0016] 这两个相交波长完全控制了用单个波导或使用每层仅意图承载一种颜色的波导的叠置件实现的三色显示波导元件中的颜色。可以将相交波长设置成使得仅所使用的波长中的一个波长与光栅相互作用并修改波导中的光场。其他两个波长连续穿过光栅和波导而没有相互作用。
- [0017] 具体地说，在当前完全与波长不相关的控制下，可以仅使用一个波导且仍可以实现三种颜色的波长间隔与三个单独的单色波导的波长间隔相同。
- [0018] 本发明特别适于与具有窄波带的RGB激光图像投影仪一起使用。
- [0019] 从属权利要求涉及本发明的所选择的实施方式。
- [0020] 接下来，参考随附图更详细地讨论本发明的实施方式及其优点。

附图说明

- [0021] 图1示出了根据一个实施方式的光栅的剖视图。
- [0022] 图2示出了两种不同材料的适当的色散曲线的示例图。
- [0023] 图3示出了根据一个实施方式的利用本发明的波导叠置件。
- [0024] 图4示出了根据一个实施方式的利用本发明的单层波导。

具体实施方式

- [0025] 图1示出了由两层不同材料制成的光栅。第一层11具有第一波长相关的折射率 n_1 ，并且第二层12具有第二波长相关的折射率 n_2 。在层的界面处，材料被交错(interleave)以便形成周期性衍射结构，即光栅。
- [0026] 折射率 n_1 和 n_2 定义了色散曲线，所述色散曲线被适配成在两个或更多个不同波长处相交，对于这些波长而言光栅是非衍射的，即是完全透明的。对于其他波长，光栅是衍射的(即衍射成非零透射级或反射级，诸如 ± 1 级)。因此，获得了具有两个通带的衍射光栅。
- [0027] 示例性色散曲线图如图2所示，显示了不同材料的曲线 n_1 和 n_2 。此处，波长 λ_1 和 λ_2 对应于相交波长，而在波长 λ_3 处，折射率明显不同。图2例示了一种有利的情况，其中色散曲线具有适当不同的“曲率”，使得它们在可见波长范围内相交两次。
- [0028] 在一个示例中，这些材料中的至少一种是氮化硅，特别是非晶氢化氮化硅(SiN_x)。可以调整其化学计量比 x 以使其适合本用途。使用其他材料也可以达到类似的效果，下面将讨论其中的一些材料。
- [0029] 在一个示例中，这些材料中的至少一种是二氧化钛(TiO_2)、二氧化铪(HfO_2)或二氧化锆(ZrO_2)之类或者为各种化学计量形式的混合氧化物。它们可以在适当的化学计量比下相互一起使用，并且特别是与 SiN_x 一起用作实现本发明的光栅的联合材料。
- [0030] 在特定示例中，光栅由以下材料中的一种材料形成： SiN_x - TiO_2 、 SiN_x - HfO_2 或 SiN_x -

ZrO₂。

[0031] 不同材料具有相同的元素成分,但化学计量进行了调整,从而使材料具有不同的色散曲线也是可能的。

[0032] 例如在Charifi,H.,Slaoui,A.,Stoquert,J.P.,Chaib,H.and Hannour,A. (2016) Opto-Structural Properties of Silicon Nitride Thin Films Deposited by ECR-PECVD (通过ECR-PECVD沉积的氮化硅薄膜的光学结构特性).World Journal of Condensed Matter Physics (世界凝聚态物理学杂志),6,7-16 (<http://dx.doi.org/10.4236/wjcmp.2016.61002>) 中,讨论了适用于本发明的用途的SiN_x色散曲线的调谐和SiN_x材料的制备。

[0033] 例如在Mazur M.等人的Influence of Material Composition on Structural and Optical Properties of HfO₂-TiO₂ Mixed Oxide Coatings (材料成分对HfO₂-TiO₂混合氧化物涂层的结构和光学性能的影响),Coatings 2016,6,13中,讨论了对TiO₂和HfO₂混合氧化物分散曲线的调谐。

[0034] 在Huang Y.等人的Characterization of low temperature deposited atomic layer deposition TiO₂ for MEMS applications (用于MEMS应用的低温沉积原子层沉积TiO₂的表征),J.Vac.Sci.Technol.A,第31卷,第1期,2013年1月/2月中,讨论了对TiO₂色散曲线的调谐。

[0035] 在Dang V-S等人的Investigation of Optical,Electrical,and Mechanical Properties of MOCVD-grown ZrO₂ Films (MOCVD生长的ZrO₂薄膜的光学、电学和机械性能的研究),Chem.Vap.Deposition 2014,20,320-327中,讨论了对ZrO₂色散曲线的调谐。

[0036] 在典型示例中,在可见波长范围内的不同波长,优选间隔至少50nm。这使得光栅和包含该光栅的波导适合于显示应用。

[0037] 通常,本发明的光栅被布置在波导的主表面中的一个或两个主表面上或布置在波导内。

[0038] 本发明的衍射波导叠置件包括至少两个叠覆(superimpose)的波导层,其中至少一个波导层包括如本文所述的波导。这意味着光栅光学地连接至波导,使得至少在除色散曲线相交的波长之外的其他波长处,光栅能够将光耦合到波导中和/或以其他方式与波导的光场相互作用。

[0039] 图3示出了包括三个波导层30A-C的示例性叠置件,其中的每个波导层上分别布置有耦合内光栅33A-C。最顶层30A的光栅33A是这里讨论的类型。因此,它允许波长为 λ_1 和 λ_2 的光线不受阻碍地穿过层30A,但是将波长为 λ_1 的光线耦合到层30A中。下一层30B和光栅33B被配置为使波长 λ_1 穿过至层30C并且将波长 λ_2 耦合到层30B。最终,最后的光栅33C将波长 λ_1 耦合到最后的层30C中。

[0040] 在一些实施方式中,第二光栅和/或第三光栅也是根据本发明的光栅,然而具有不同调谐的传输波长,用于防止将逆穿过上层的光线耦合到下层中。

[0041] 在各层之间还可以使用滤光器(未示出)以防止不完全耦合的光线耦合到接下来的层。

[0042] 除了上面详细讨论的入耦合器之外,可以在波导元件的出耦合器或出射光瞳扩展器中使用类似的布置。

[0043] 代替使用波导叠置件和“物理单色化”，可以使用单个波导层和“虚拟单色化”来实现颜色分离，如以下借助于示例所描述的。

[0044] 图4示出了包括入耦合器45的示例性单个波导40，该入耦合器具有分别布置在其上作为光栅叠置件的三个入耦合光栅43A-C。根据本发明，适当地配置了光栅43A-C，使得每个光栅对于所使用的三个波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 中的两个是透明的，因此仅对第三波长是可见的，即衍射。光栅43A-C彼此均不同，从而将所有波长都耦合到波导40。这样，单个物理波导40可以引导产生多色图像所需的所有波长，但是实际上表现为三个单色波导，其中可以单独控制不同波长。

[0045] 与设计用于同时对所有波长起作用的光栅相比，该实施方式可以更好地控制单个波导内部的光线。

[0046] 可以相对自由地选择光栅的周期，例如，使得对于所使用的每个波长，衍射角是相同的。因此，光栅的叠置件可以有效地消色差。

[0047] 除了上面详细讨论的入耦合器45之外，类似的光栅叠置件也可以用作出射光瞳扩展器(EPE)46和/或出耦合器47。这样，在波导中始终保持对颜色的控制。

[0048] 在一个实施方式中，光栅的叠置件的相交波长被适配成使得每个光栅具有与所述叠置件的其他光栅的一个相交波长相同的一个相交波长。

[0049] 所使用的三个波长通常在蓝、绿和红可见波长范围内进行选择。

[0050] 本发明的个人显示设备包括上述类型的波导或波导叠置件，用作该设备的显示元件。此外，存在一种投影仪，用于至少部分地通过光栅并借助于光栅将图像投影到波导或波导叠置件中。该投影仪是多色投影仪，其被适配成发射至少三个不同波长的光线，其中的两个波长与如下不同波长相对应：光栅对于所述不同波长是透明的。在根据本发明的若干光栅的情况下，光栅的相交波长可以与投影仪的三个波长适当地进行排列(permute)。

[0051] 优选地，该投影仪是三色激光投影仪。相交波长被设置为与三种颜色中的两种颜色相对应，而在第三种颜色的波长处，两种不同材料的折射率充分不同，从而引起显著的衍射。在该波长下，该率可以相差例如0.05个单位或更多，特别是0.1个单位或更多，以获得较好的衍射效率。

[0052] 尽管在本文中以入耦合为背景进行了描述，但是光栅还可用于出耦合布置和出射光瞳扩展器布置中。

[0053] 在一些应用中，将本文公开的一个或更多个双相交色散曲线光栅与具有单相交色散曲线光栅的光栅一起使用可能是有益的。

[0054] 该光栅可以是仅在一个方向上具有周期性的线性光栅或者在两个维度上具有周期性的二维光栅。

[0055] 应当注意的是，该光栅可以在波导之上或之内形成单独的实体、或者光栅材料中的一种材料可以与波导是一体的。此外，尽管在图1中也示出为二元光栅，但是光栅特征可以采用任何期望的轮廓，例如火焰状(blazed)轮廓。本发明类型的光栅可用作较大衍射光学元件的一部分。

[0056] 在本发明的方法的一个实施方式中，通过以下方式提供不同的色散曲线：

[0057] -选择第一材料的基本成分，

[0058] -选择第二材料的基本成分，

- [0059] -选择第一材料和/或第二材料的化学计量比,使得它们的色散曲线在两个或更多个不同波长处相交,
- [0060] -选择产生所述化学计量比的生产方法,
- [0061] -用所述生产方法和化学计量比将所述材料生产成所述不同材料的交替图案以形成光栅。
- [0062] 引文列表
- [0063] 非专利文献
- [0064] Charifi,H.,Slaoui,A.,Stoquert,J.P.,Chaib,H.and Hannour,A. (2016) Opto-Structural Properties of Silicon Nitride Thin Films Deposited by ECR-PECVD.World Journal of Condensed Matter Physics,6,7-16.
- [0065] Mazur M.,et al,Influence of Material Composition on Structural and Optical Properties of HfO₂-TiO₂ Mixed Oxide Coatings,Coatings 2016,6,13
- [0066] Huang Y.,et al,Characterization of low temperature deposited atomic layer deposition TiO₂ for MEMS applications,J.Vac.Sci.Technol.A,Vol.31,No.1, Jan/Feb 2013.
- [0067] Dang V-S.et al,Investigation of Optical,Electrical,and Mechanical Properties of MOCVD-grown ZrO₂ Films,Chem.Vap.Deposition 2014,20,320-327.

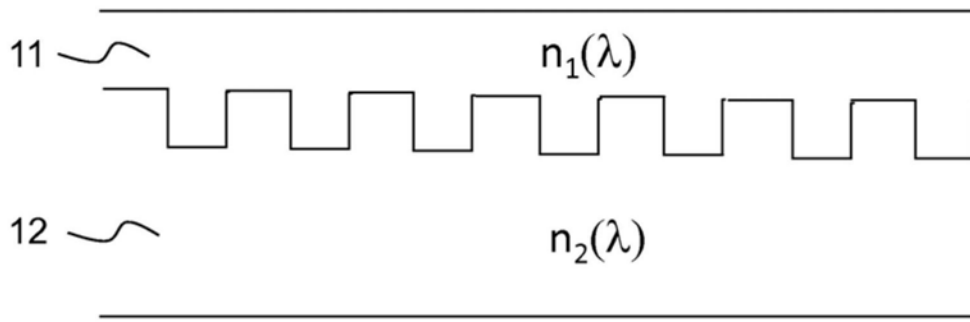


图1

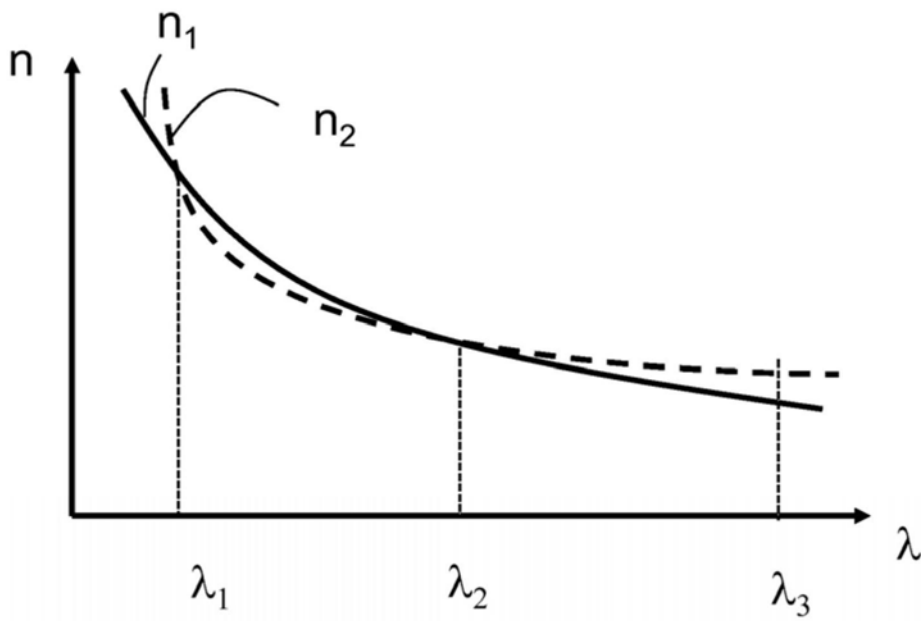


图2

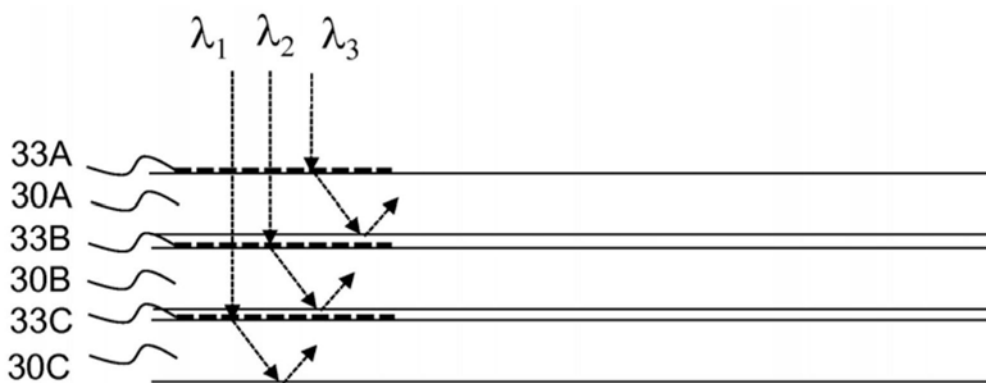


图3

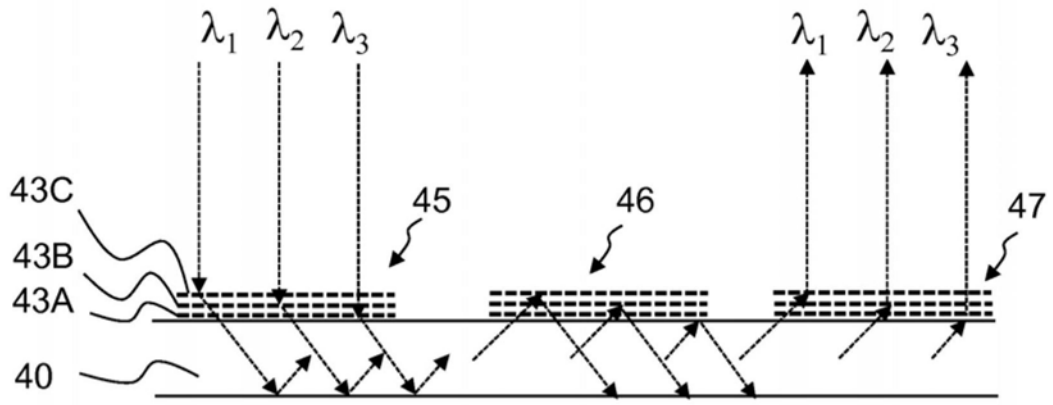


图4