(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111095060 B
(45)授权公告日 2022.06.03

(21)申请号 201880055428.2
(22)申请日 2018.06.26
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111095060 A
(43)申请公布日 2020.05.01
(30)优先权数据
62/619,830 2018.01.21 US
62/633,095 2018.02.21 US
62/645,222 2018.03.20 US
15/978,139 2018.05.13 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.02.26
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IL2018/050701 2018.06.26
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2019/142177 EN 2019.07.25

(73)专利权人 鲁姆斯有限公司
地址 以色列耐斯茨奥纳市
(72)发明人 尤查·丹齐格
埃拉德阿谢尔·夏琳
(74)专利代理机构 上海翼胜专利商标事务所(普通合伙) 31218
专利代理师 翟羽

(51)Int.Cl.
G02B 6/10(2006.01)
G02F 1/295(2006.01)
(56)对比文件
CN 1440513 A,2003.09.03
CN 101013177 A,2007.08.08
CN 107430275 A,2017.12.01
WO 2017/0120326 A1,2017.07.13
审查员 倪佳敏

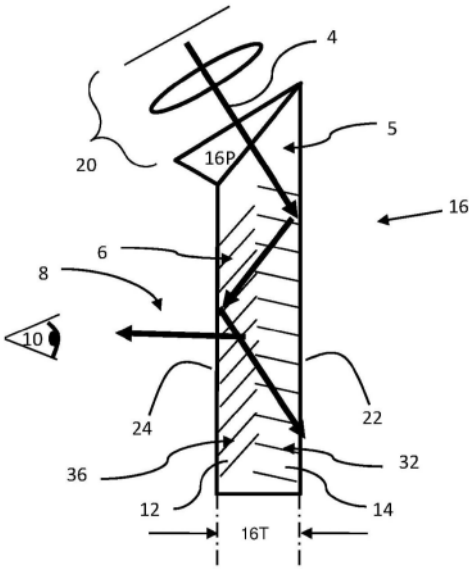
权利要求书4页 说明书16页 附图29页

(54)发明名称

具有多轴内孔径扩展的光导光学元件

(57)摘要

一种光学装置,包含:一光导件,具有一第一对外表面彼此相平行;以及至少两组切面。所述多组中的每一组包含多个部分反射切面呈彼此相平行,以及位在所述第一对外表面之间。所述多组切面中的每一组,各自的所述多个切面是相对于所述第一对外表面形成一倾斜角度,及相对于所述多组切面中的另一组为不平行。所述光学装置特别适用于光学孔径扩展。



CN 111095060 B

1.一种光学装置,其特征在于,所述光学装置包含:

(a)一光导件,具有:

(i)一第一对外表面,彼此相平行;及

(ii)多组切面,所述多组中的每一组为:

(A)包含多个部分反射切面呈彼此相平行;及

(B)位在所述第一对外表面之间;以及

(b)其中在所述多组切面中的每一组,各自的多个切面是:

(i)相对于所述第一对外表面形成一倾斜角度;及

(ii)相对于所述多组切面中的另一组为不平行,

其中所述多组切面中的每一组横跨一覆盖区域,所述横跨是一区域且所述多组切面中的每一组布署于其上方;及所述多组切面中的两组切面的覆盖区域是至少部分地重叠。

2.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,所述光导件包含所述多组切面中的恰好两个切面。

3.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,所述光导件包含所述多组切面中的恰好三个切面。

4.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,所述多组切面中的一第一组切面用于在由所述第一组切面的一相应布署区域上方的一观察方向观看时提供一连续覆盖,使得所述观察方向上的至少一部分光线穿过在所述光导件内的至少两组切面中的至少一切面。

5.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,所述光导件是一单区段光导件,包含:

(a)所述多组切面中的一第一组切面;及

(b)所述多组切面中的一第二组切面,

其中所述第一组切面及所述第二组切面在所述光导件的一厚度尺寸的一相同平面上相重叠,所述厚度尺寸落在所述第一对外表面之间。

6.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于:

(a)所述光导件具有一厚度尺寸在所述第一对外表面之间;

(b)所述多组切面中的一第一组的多个切面延伸跨过所述厚度尺寸,以从一第一深度到一第二深度横跨一第一深度带;及

(c)所述多组切面中的一第二组的多个切面延伸跨过所述厚度尺寸,以从一第三深度到一第四深度横跨一第二深度带。

7.如权利要求6所述的光学装置,其特征在于,所述第一深度带及所述第二深度带横跨多个重叠深度。

8.如权利要求6所述的光学装置,其特征在于,所述第一深度带及所述第二深度带横跨多个相同范围的深度。

9.如权利要求6所述的光学装置,其特征在于,所述第一深度带及所述第二深度带不重叠。

10.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,所述多个切面的一区段与一对边界表面毗邻为界,所述对边界表面平行于或重合于所述第一对外表面,所述区段含有所述多组切面中的至少一组。

11.如权利要求10所述的光学装置,其特征在于,所述光导件是一单区段光导件,包含:

(a)所述多个切面的所述区段的一第一区段,所述第一区段包含所述多组切面中的两组切面。

12.如权利要求10所述的光学装置,其特征在于,所述光导件是一双区段光导件,包含:

(a)所述多个切面的所述区段的一第一区段具有一第一对边界表面;及

(b)所述多个切面的所述区段的一第二区段具有一第二对边界表面,其中所述第一对边界表面的一个表面与所述第二对边界表面的一个表面相邻接,以及所述第一对边界表面与所述第二对边界表面相平行。

13.如权利要求12所述的光学装置,其特征在于,所述光导件是一个三区段光导件,还包含:

(a)所述多个切面的所述区段的一第三区段具有一第三对边界表面,其中所述第三对边界表面的一个表面与所述第一对边界表面或所述第二对边界表面的一个表面相邻接;及

其中所述第三对边界表面与所述第一对边界表面及所述第二对边界表面相平行。

14.如权利要求10所述的光学装置,其特征在于,所述光导件包含:

(a)所述多个切面的所述区段的一第一区段具有一第一对边界表面;及

(b)所述多个切面的所述区段的一第二区段具有一第二对边界表面,

(c)其中所述第一对边界表面与所述第二对边界表面相平行;以及

(d)至少一界面,每个界面为:

(i)至少部分位在两个区段之间;及

(ii)平行于所述第一对外表面,

(e)其中所述至少一界面是选自由以下组成的群组中的至少一个:

(i)一部分反射表面;

(ii)一部分反射光学镀膜;

(iii)从多个区段中的一个区段的一材料到所述多个区段中的另一个区段的另一材料的一转变;

(iv)一偏振改性镀膜;及

(v)一柔性中间层。

15.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,所述多组切面中的一第二组配置为执行自所述光导件的光线耦出,所述第二组切面具有一恒定数量的多个切面,所述恒定数量的多个切面是在朝向用于观察所述光导件的光线通过所述第一对外表面中的一个进行耦出的一标称点的一视线上相重叠。

16.如权利要求1所述的光学装置,还包含:

(a)一耦入装置,配置为将一光线引导进入到所述光导件中,使得所述光线通过所述第一对外表面沿着光导件以一第一平面内分量在一传播方向上的内反射进行传播;及

(b)其中在所述多组切面中的每一个中,相应的所述多个切面被取向为偏转欲通过所述光导的内反射引导的所述光线的一部分,以便沿着所述光导件以不平行于所述第一平面内分量的一第二平面内分量在一传播方向上进行传播。

17.如权利要求16所述的光学装置,其特征在于,所述耦入装置是一第二光导件,包含:

(a)一第二对外表面,彼此相平行;及

(b)一组切面。

18.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,在所述多组切面的至少一组中,在所述多个部分反射的切面的每一个之间的一间隔是被配置为使得:位在欲通过所述多组切面中的一组切面进行反射的一图像的一视场中,在沿着所述光导件发生一双重反射传播步骤的一距离不匹配于所述间隔的一精确倍数。

19.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,在所述至少两组切面的一第一组切面中的多个部分反射切面的一第一角度不同于在所述至少两组切面的一第二组切面中的多个部分反射切面的一第二角度,所述第一角度及所述第二角度均是相对于所述第一对外表面。

20.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,在所述至少两组切面的一第一组切面中的多个部分反射切面的一第一角度基本上与在所述至少两组切面的一第二组切面中的多个部分反射切面的一第二角度相同,所述第一角度及所述第二角度均是相对于所述第一对外表面,及所述第一组切面是相对于所述第二组切面转动。

21.如权利要求1所述的光学装置,其特征在于,所述光学装置还包含:

(a)一光源(3200),提供一输入照明(3202)进入到所述光导件(16)中;及

(b)一图像调制器(3215),反射由所述输入照明产生并通过所述光导件的一传播光(3204),所述反射产生通过所述光导件的一反射图像光(3206)。

22.一种制造一光学装置的方法,所述光学装置包含一光导件(16),其特征在于,所述光导件(16)具有:

(i)多组切面(32、36),位在一第一对外表面(22、24)之间;

(ii)所述第一对外表面(22、24),彼此相平行;以及

(iii)所述多组切面(32、36)中的每一组包含彼此相平行的多个部分反射切面;

其中在所述多组切面(32、36)中的每一组,各自的多个切面相对于所述第一对外表面(22、24)形成一倾斜角度,及不平行于所述多组切面中的另一组(32、36);

所述方法包含下列步骤:

(a)提供多个部分反射切面的一第一阵列(52);

(b)提供多个部分反射切面的一第二阵列(56);以及

(c)光学地附接所述第一阵列(52)及所述第二阵列(56),使得所述第一阵列(52)的多个切面及所述第二阵列(56)的多个切面相对于所述第一对外表面(22、24)形成一倾斜角度,并且彼此互相不平行,其中所述第一阵列中的部分反射切面的一第一角度与所述第二阵列中的部分反射切面的一第二角度基本相同,所述第一角度及所述第二角度均是相对于所述阵列的多个相应外表面,并且在光学地附接所述第一阵列及所述第二阵列之前,所述第一阵列是相对于所述第二阵列旋转。

23.如权利要求22所述的方法,其特征在于,所述光学地附接的步骤是以在所述第一阵列及所述第二阵列之间的一可流动粘合剂将所述第一阵列及所述第二阵列压合在一起来执行。

24.如权利要求22所述的方法,其特征在于,所述第一阵列中的所述多个部分反射切面的一第一角度不同于所述第二阵列中的所述部分反射切面的一第二角度,所述第一角度及所述第二角度均是相对于所述阵列的多个相应外表面。

25.一种制造一光学装置的方法,所述光学装置包含光导件(16),其特征在于,所述光

导件(16)具有：

(i)多组切面(32、36)，位在第一对外表面(22、24)之间；

(ii)多个外表面(22、24)，彼此相平行；

(iii)所述多组切面(32、36)中的每一组包含彼此相平行的多个部分反射切面，及

其中在所述多组切面(32、36)中的每一组中，各自的多个切面相对于所述第一对外表面(22、24)形成一倾斜角度，及不平行于所述多组切面中的另一组切面(32、36)；

所述方法包含下列步骤：

(a)提供透明平坦的多个窗口(50)，所述多个窗口(50)具有多个部分反射表面；

(b)将所述多个窗口(50)光学地附接在一起以形成一第一堆叠件(51)；

(c)对所述第一堆叠件(51)进行切片以产生多个第一扁平阵列(52)，所述切片的进行是跨过所述多个窗口(50)并相对于所述第一堆叠件(51)的至少两对相对侧形成一倾斜角度；

(d)将所述多个第一扁平阵列(52)光学附接在一起以形成一阵列堆叠件(70)；以及

(e)对所述阵列堆叠件(70)进行切片以产生至少一个光导件(72、16)，所述切片的进行是跨过所述多个第一扁平阵列(52)并相对于所述阵列堆叠件(70)的至少两对相对侧形成一倾斜角度。

26.如权利要求25所述的方法，其特征在于，所述多个第一扁平阵列在被光学地附接以产生所述阵列堆叠件之前是先被抛光及镀膜。

27.一种在二个维度上扩展光学孔径的方法，其特征在于，通过提供一图像以作为一光输入用于如权利要求1所述的光学装置。

具有多轴内孔径扩展的光导光学元件

技术领域

[0001] 本发明通常关于光学孔径扩展。

背景技术

[0002] 用于增强现实的近眼显示器是基于具有小孔径的投影器及光导件,所述光导件将所述小孔径倍增(扩展)以投射更大的孔径以照明期望的动眼范围(eye-box)。如果投射孔径是宽的,则扩展是在一个维度上。如果投射孔径是小的(例如,在二维(2D)光导件中),则所述光导件的扩展是在二维上。

发明内容

[0003] 本发明的某些实施例提供了一种光导光学元件,其具有至少两个维度的内孔径扩展。因此,根据本发明的一个实施例,提供一种光学装置,包含:(a)一光导件,具有:(i)一第一对外表面,彼此相平行;及(ii)至少两组切面,所述多组中的每一组为:(A)包含多个部分反射切面呈彼此相平行;及(B)位在所述第一对外表面之间;及(b)其中在所述多组切面中的每一组,各自的所述多个切面是:(i)相对于所述第一对外表面形成一倾斜角度;及(ii)相对于所述多组切面中的另一组为不平行。

[0004] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征,所述光导件包含所述多组切面中的恰好两个切面。

[0005] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征,所述光导件包含所述多组切面中的恰好三个切面。

[0006] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征,所述多组切面中的一第一组用于在由所述第一组切面的一相应布署区域上方的一观察方向观看时提供一连续覆盖,使得所述观看方向上的至少一部分光线穿过在所述光导件内的至少两组切面中的至少一切面。

[0007] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征,所述多组切面中的每一组横跨一覆盖区域,所述横跨是一区域且所述多组切面中的每一组布署于其上方;且所述多组切面中的两组切面的所述覆盖区域是至少部分地重叠。

[0008] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征,所述光导件是一单区段光导件,包含:(a)所述多组切面中的一第一组切面;及(b)所述多组切面中的一第二组切面,其中所述第一组切面及第二组切面在所述光导件的一厚度尺寸的一相同平面上相重叠,所述厚度尺寸落在所述第一对外表面之间。

[0009] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征,(a)所述光导件具有一厚度尺寸在所述第一对外表面之间;(b)所述多组切面中的一第一组的多个切面延伸跨过所述厚度尺寸,以从一第一深度到一第二深度横跨一第一深度带;及(c)所述多组切面中的一第二组的多个切面延伸跨过所述厚度尺寸,以从一第三深度到一第四深度横跨一第二深度带。

[0010] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征,所述第一深度带及所述第二深度带横跨多个重叠深度。

[0011] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述第一深度带及所述第二深度带横跨多个相同范围的深度。

[0012] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述第一深度带及所述第二深度带不重叠。

[0013] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述多个切面的一区段与一对边界表面毗邻为界，所述对边界表面平行于或重合于所述第一对外表面，所述区段含有所述多组切面中的至少一组。

[0014] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述光导件是一单区段光导件，包含：所述多个切面的所述区段的一第一区段，所述第一区段包含所述多组切面中的两组切面。

[0015] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述光导件是一双区段光导件，包含：(a)所述多个切面的所述区段的一第一区段具有一第一对边界表面；及(b)所述多个切面的所述区段的一第二区段具有一第二对边界表面，其中所述第一对边界表面的一个表面与所述第二对边界表面的一个表面相邻接，以及所述第一对边界表面与所述第二对边界表面相平行。

[0016] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述光导件是是一个三区段光导件，还包含：所述多个切面的所述区段的一第三区段具有一第三对边界表面，其中所述第三对边界表面的一个表面与所述第一对边界表面或所述第二对边界表面的一个表面相邻接；及其中所述第三对边界表面与所述第一及第二对边界表面相平行。

[0017] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述光导件包含：(a)所述多个切面的所述区段的一第一区段具有一第一对边界表面；及(b)所述多个切面的所述区段的一第二区段具有一第二对边界表面，(c)其中所述第一对边界表面与所述第二对边界表面相平行；以及(d)至少一界面，每个所述界面为：(i)至少部分位在两个区段之间；及(ii)平行于所述第一对外表面，(e)其中所述界面是选自由以下组成的群组中的至少一个：(i)一个部分反射表面；(ii)一个部分反射光学镀膜；(iii)从所述多个区段中的一个区段的一材料到所述多个区段中的另一个区段的另一材料的一转变；(iv)一偏振改性镀膜；及(v)一柔性中间层。

[0018] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述多组切面中的一第二组配置为执行自所述光导件的光线耦出，所述第二组切面具有一恒定数量的多个切面，所述恒定数量的多个切面系在朝向用于观察所述光导件的光线通过所述第一对外表面中的一个进行耦出的一标称点的一视线上相重叠。

[0019] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，还包含：(a)一耦入装置，配置为将一光线引导进入到所述光导件中，使得所述光线通过所述第一对外表面沿着光导件以一第一平面内分量在一传播方向上的内反射进行传播；及(b)其中在所述多组切面中的每一个中，相应的所述多个切面被取向为偏转欲通过所述光导的内反射引导的所述光线的一部分，以便沿着所述光导件以不平行于所述第一平面内分量的一第二平面内分量在一传播方向上进行传播。

[0020] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述耦入装置是一第二光导件，包含：(a)一第二对外表面，彼此相平行；及(b)一组切面。

[0021] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，在所述多组切面的至少一组中，在所述多个部分反射的切面的每一个之间的一间隔系被配置为使得：位在欲通过所述多组切面中的所述一组进行反射的一图像的一视场中，在沿着所述光导件发生一双重反射传播步骤的一距离不匹配于所述间隔的一精确倍数。

[0022] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，在所述至少两组切面的一第一组切面中的所述多个部分反射切面的一第一角度不同于在所述至少两组切面的一第二组切面中的所述多个部分反射切面的一第二角度，所述第一及第二角度均是相对于所述第一对外表面。

[0023] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，在所述至少两组切面的一第一组切面中的所述多个部分反射切面的一第一角度基本上与在所述至少两组切面的一第二组切面中的所述多个部分反射切面的一第二角度相同，所述第一及第二角度均是相对于所述第一对外表面，及所述第一组切面系相对于所述第二组切面转动。

[0024] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，还包含：(a)一光源，提供一输入照明进入到所述光导件中；及(b)一图像调制器，反射由所述输入照明产生并通过所述光导件的一传播光，所述反射产生通过所述光导件的一反射图像光。

[0025] 根据本发明的一个实施例的多个教导还提供了一种制造一光学装置的方法，所述光学装置包含一光导件，所述光导件具有：(i)至少两组切面，位在一第一对外表面之间；(ii)所述对外表面，彼此相平行；以及(iii)所述多组切面中的每一组包含彼此相平行的多个部分反射切面；其中在所述多组切面中的每一组，各自的所述多个切面相对于所述第一对外表面形成一倾斜角度，及不平行于所述多组切面中的另一组；所述方法包含下列步骤：(a)提供多个部分反射切面的一第一阵列；(b)提供多个部分反射切面的一第二阵列；以及(c)光学地附接所述第一阵列及所述第二阵列，使得所述第一阵列的所述多个切面及所述第二阵列的所述多个切面相对于所述第一对外表面形成一倾斜角度，并且彼此互相不平行。

[0026] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述光学地附接的步骤是以在所述第一及第二阵列之间的一可流动粘合剂将所述第一及第二阵列压合在一起来执行。

[0027] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述第一阵列中的所述多个部分反射切面的一第一角度不同于所述第二阵列中的所述部分反射切面的第二角度，所述第一及第二角度均是相对于所述阵列的多个相应外表面。

[0028] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征，所述第一阵列中的所述部分反射切面的第一角度与所述第二阵列中的所述部分反射切面的第二角度基本相同，所述第一及第二角度均是相对于所述阵列的多个相应外表面，并且在光学地附接所述第一及第二阵列之前，所述第一阵列系相对于所述第二阵列旋转。

[0029] 根据本发明的一个实施例的多个教导还提供了一种制造一光学装置的方法，所述光学装置包含光导件，所述光导件具有：(i)至少两组切面，位在第一对外表面之间；(ii)所述多个外表面，彼此相平行；(iii)所述多组切面中的每一组包含多个彼此相平行的多个部分反射切面，及其中在所述多个切面中的每一组中，各自的所述多个切面相对于所述第一对外表面形成一倾斜角度，及不平行于所述多组切面中的另一组切面；所述方法包含下列步骤：(a)提供多个透明平坦的窗口，所述多个窗口具有多个部分反射表面；(b)将所述多个

窗口光学地附接在一起以形成一第一堆叠件;(c)对所述第一堆叠件进行切片以产生多个第一扁平阵列,所述切片的进行系跨过所述多个窗口并相对于所述第一堆叠件的至少两对相对侧形成一倾斜角度;(d)将多个所述第一扁平阵列光学附接在一起以形成一阵列堆叠件;以及(e)对所述阵列堆叠件进行切片以产生至少一个所述光导件,所述切片的进行系跨过所述多个第一扁平阵列并相对于所述阵列堆叠件的至少两对相对侧形成一倾斜角度。

[0030] 根据本发明的一个实施例的进一步的一个特征,所述多个第一平坦阵列在被光学地附接以产生所述阵列堆叠件之前系先被抛光及镀膜。

[0031] 根据本发明的一个实施例的多个教导还提供了一种在二个维度上扩展光学孔径的方法,系通过提供一图像以作为一光输入用于如前所述的光学装置。

附图说明

[0032] 本文仅通过举例的方式,在此参考附图描述了实施例,其中:

[0033] 图1示出了一个光导件的光束扩展效果,具有两组重叠的部分反射内部切面的高阶示意图;

[0034] 图2示出了所述光导件的示例性配置的示意图;

[0035] 图3示出了在所述光导件中光线传播的侧视示意图;

[0036] 图4示出了具有不同反射率幅度的各种不同镀膜的反射率与角度的关系图;

[0037] 图5示出了以角度空间示出所述光导件的几何光学性质;

[0038] 图6示出了所述光导件的多个切面的角度空间取向;

[0039] 图7示出了第二组切面的几何光学性质;

[0040] 图8示出了多个切面及镀膜边缘的一个替代实施方式的角度空间图;

[0041] 图9示出了一光导件的另一个实施例,其中多个区段的第一区段及第二区段的部分在所述光导件的一厚度尺寸上重叠,以产生单个区段光导件具有多个相交的切面;

[0042] 图10示出了用于制造两区段光导件的方法;

[0043] 图11示出了用于制造单区段光导件的示例性方法;

[0044] 图12A示出了照明来自侧面;

[0045] 图12B示出了来自上侧的照明,此配置减少了侧边边缘视野的遮蔽;

[0046] 图12C示出了来自中心(两个光导件之间)的照明,其中可以与投影器的硬件(右及左)组合以减小尺寸及重量;

[0047] 图12D示出了能够实现几乎完整的边缘未遮挡视野的顶部照明;

[0048] 图12E示出了在眼睛取向以下的一个角度的照明;

[0049] 图13示出了上述架构的一个变型实施方式;

[0050] 图14A及图14B示出了使用图13的架构的光导件的配置示意图;

[0051] 图15示出了在光导件中光线传播的示意图;

[0052] 图16A示出了设计用于反射高角度入射光束的切面镀膜的反射率(反射轮廓)曲线图;

[0053] 图16B示出了当前方法的示例角度架构;

[0054] 图17示出了反转图像的光线传播的示意图;

[0055] 图18A示出了光线在光导件173中传播时的反射方向示意图;

[0056] 图18B示出了组合的光导件173的正视示意图，其组合了三个切面区段；

[0057] 图18C示出了当光线在三个切面区段的另一种配置中，在光导件173中传播时的反射方向示意图；

[0058] 图19A示出了光入射光导件的替代方向角度图；

[0059] 图19B示出了使用图19A的角度图的光导件示意图；

[0060] 图19C示出了当前光导件中的光线传播图；

[0061] 图20示出了在图像的另一侧具有切面的替代实施例的角度图；

[0062] 图21示出了折射的多个切面与衍射光栅组合的一个混合系统；

[0063] 图22A示出了通过一部分反射镀膜分开的多个区段；

[0064] 图22B示出了一个替代的较小的光学装置；

[0065] 图22C示出了具有部分反射器的一个替代实施例；

[0066] 图23示出了在具有非较佳扩展的光导件内光传播的示意图；

[0067] 图24A示出了两个相似横截面的实施例，其具有一耦合棱镜用于将输入光束耦合进入到光导件中；

[0068] 图24B示出了一种配置，其中光导件以一角度抛光并且一棱镜添加在所述抛光角度的顶部；

[0069] 图24C示出了一棱镜添加在光导件的一垂直端的配置；

[0070] 图24D示出了一棱镜与一图像生成器基于偏振分束器的组合；

[0071] 图25示出了多个区段之间的一安全粘合剂；

[0072] 图26A及图26B分别示出了馈入一两区段光导件的二维光导件的侧视图及前视图；

[0073] 图27A及图27B分别示出了馈入一两区段光导件的一维光导件的侧视图及前视图；

[0074] 图28示出了不期望图像与虚拟图像重叠的角度图；

[0075] 图29A示出了防止高角度光到达光导件的一遮蔽件；

[0076] 图29B示出了一角度敏感镀膜以防止高角度光到达光导件；

[0077] 图30示出了多个区段的替代组合；

[0078] 图31示出了配置用于使用当前实施例的示例性光导光学元件(LOE)的侧视图；

[0079] 图32A示出了一个示例性照明系统的侧视示意图；

[0080] 图32B示出了一个示例性照明系统的前视示意图。

具体实施方式

[0081] 第一实施例：图1至图32B。

[0082] 参考附图及所附描述可以更好地理解根据本实施例的系统的原理及操作。本发明是一种用于光学孔径扩展的系统。参考附图及所附描述可以更好地理解根据一个实施例的系统的原理及操作。本发明是一种用于光学孔径扩展的系统。通常，一图像投影器具有一小孔径投射一输入光束，所述输入光束通过具有多于一组平行的部分反射表面或“多个切面”的一光导件而增加，较佳地具有优化的镀膜。替代实施例采用多个切面及衍射元件的组合。这减少了对透明光导件外部的孔径扩展的需要，减小了系统的尺寸及重量。

[0083] 一种光学器件，包含：一光导件，具有一第一对外表面彼此相平行；以及至少两组的多个切面。所述多组的每一个包含多个部分反射切面彼此相平行，以及位于所述第一对

外表面之间。在所述多组的多个切面的每一个中，各自的切面相对于第一对外表面成一倾斜角度，并且相对于所述多组切面的另一组成一非平行角度。

[0084] 参考图31，示出了配置用于当前实施例的一个示例性光导光学元件(LOE)903的侧视图。一第一反射表面916由从一个光源2发出一输入准直显示光线(输入光束)4照射。在本文件的上下文中，光源2也被称为“投影器”。为了简化当前的图31，通常仅描绘一条光线，入射光线(输入光束4)，也称为“光束”或“入射光线”。通常，在本文任何地方一个图像由一个光束表示，应当注意的是，所述光束是图像的一样本光束，其通常由略微不同的角度的多个光束形成，每个角度对应于图像的一个点或像素。除非特别指出图像的一个端点之外，所示的光束通常是图像的一个质心。也就是说，光线对应于一个图像，并且中心光线是来自图像的一个中心或图像的一个中心像素的一个中心光线。

[0085] 一第一区域954靠近输入光束4，其中一个图像照射耦合到一光导件920中。反射表面916至少部分地反射来自光源2的输入光束4的入射光，使得光通过内反射被集聚在光导件920内部，通常是全内反射(TIR)。光导件920通常是一透明基板，也称为一“平面基板”、“透光基板”及波导件。光导件920包含至少两个(主要的，外部的)表面，通常彼此相平行，在当前图31中示为一个后(主)表面926及一个前(主)表面926A。应所述注意的是，关于主表面(926、926A)的“前”及“后”的指定是为了便于参考。耦合进入到光导件920可以来自各种表面，例如前、后、侧边缘或任何其他所需的耦合几何形状。

[0086] 输入光束4在基板的一近端(图示的右侧)进入光导件基板。光通过光导件920及一个或多个切面传播，通常至少多个切面，并且通常是几个切面，朝向光导件920的一个远端(图示的左侧)传播。光导件920通常通过外表面的内反射来引导在基板中传播的光线。

[0087] 在任选地反射离开基板920的内表面之后，被集聚的波到达一组选择性反射表面(多个切面)922，其将光从基板耦合输出到一个观看者的眼睛10中。在当前示例性图31中，被集聚的光线通过另外两个部分反射表面922在点944处从基板920梯度地耦合输出。

[0088] 内部的，部分反射的表面，例如所述组选择性反射表面922在本文的上下文中通常称为“多个切面”。对于增强现实应用，所述多个切面是部分反射的，允许来自现实世界的光通过前表面926A进入，穿过包含多个切面的基板，并经由后表面926离开基板到达观看者的眼睛10。示例性光线942示出了输入光束4的光从反射表面916部分反射，并且示例性光线941示出了输入光束4的光部分透射通过反射表面916。

[0089] 内部部分反射表面922通常至少部分地与光导件920的伸长方向成一个倾斜角度(即，不平行、不平行也不垂直)穿过光导件920。部分反射可以通过多种技术的种变化来实现。所述多个技术包含但不限于，传输一百分比的光，或使用偏振。

[0090] 光导件920可选地具有一第二对外表面彼此相平行且与所述第一对外表面不平行(在当前图31的侧视图中未示出)。在一些实施方案中，所述第二对外表面垂直于所述第一对外表面。通常，所述多个切面中的每一个与所述第二对外表面成一个倾斜角。在其他情况下，在不希望光导件的外围表面发生反射的情况下，那些外围表面通常保持未抛光及/或涂有吸光(例如黑色)材料，以使不希望的反射最小化。

[0091] 参考图1，示出了一个高水平，一光导件3的光束扩展效果的示意图，具有两个重叠组的部分反射内部切面在不同方向上，通过在光导件3内的所述多个切面具有两个光束扩散流程。投影器2将一个图像投射到光导件3作为输入光束4。一组的多个切面(第一组的多

个切面，如下图2所示)连续转换一比例的输入光束(投影图像)4为第一引导光束(投影图像)6。区别地，根据某些特别较佳的实施方式，所述组的多个第一切面成一角度，使得输入光束4的入射图像光线及第一引导光束6的反射图像光线在光导件3的多个主要基板表面(多个外表面)处通过内反射的角度范围内集聚，因此通过光导件3的光导(也称为作为的“基板”或“波导”)的引导。整合在同一光导中，最较佳地，与第一组的多个切面的重叠关系是另一个第二组的多个切面，其与第一组的多个切面成一个不同的角度。所述第二组的多个切面将第一引导光束(投影图像)6以一比例转换到第二引导光束(投影图像)8。所述第二引导光束8耦合输出光导件3，通常进入到观看者的眼睛10。

[0092] 参考图2，示出了光导件3的一个示例性配置的示意图。在第一组非限制性实施方式中，光导件3包含两个层具有不同取向的多个内部切面。如上所述，一第一区段14及一第二区段12中的每一个可以是多个光导光学元件903。同样地，所述第一及第二区段在本文件的上下文中被称为相应的第一及第二光导光学元件，或第一及第二层，或第一及第二切面区段。每个区段包含一组相应的多个切面。所述第一区段14包含一第一组的多个切面32，所述第二区段12包含一第二组的多个切面36。所述第一及第二区段(14、12)以一个重叠关系部署到相对于用户的观察方向(用户的眼睛10)。在此示例中，第二层12重叠在第一层14的顶部上以产生一最终光导件16的一个重叠切面图案。应所述注意的是，为了描述的清楚，简要地及粗略地示出了当前图2中描绘的多个取向。由于光导件16具有至少两组的多个切面，其在一个用户的观察方向上至少部分地重叠，所以光导件16也被称为一“重叠的光导件”。

[0093] 每组的多个切面提供包含所述组的多个切面的区段的一个给定布署区域上的覆盖。至少一第一组的多个切面在所述第一组的多个切面的一相应布署区域上以一个观察方向提供连续覆盖。所述组的多个切面的所述布署区域包含所述多个切面之间的区域(空间)。所述多个切面的一个较佳配置可以通过从所述多个切面到光导件表面的交叉的外推线来描述。给出第一组的多个切面及一外表面的平面之间的一第一组交叉线，并给出一第二组的多个切面及同一平面(光导件的一外表面)的平面之间的一第二组交叉线，所述第一组及所述第二组线是不平行的。

[0094] 下面将描述决定这些层中所述多个切面的取向的考虑因素。应所述注意的是，在图1中，光导件3最初以一个高水平示出，而在图2中，光导件16被示出具有内部结构的细节(第一及第二区段)。光导件16具有两组(平行)的多个切面可被称为具有“双轴”，而一光导件具有任意数量组的多个切面(多于一组)的可被称为“几轴“的光导件。在这种情况下，每个“轴”是光导件3的光束扩展的一个方向，即在光导件3中排列有多个切面的方向。

[0095] 参考图3，示出了在光导件16中光线传播的一个侧视示意图。第一层14包含第一组的多个切面32(也称为第一区段的多个切面，或者多个第一切面)。类似地，第二层12包含第二组的多个切面36(也称为第二区段的多个切面，或多个第二切面)。光导件16具有一厚度16T在一第一外表面22及一第二外表面24之间(分别类似于后表面926及一前表面926A)。通常，第一层14及第二层12光学地附接，因此光在这些层之间通过而没有反射。通过内反射，通常通过全内反射(TIR)的机制，从光导件16的外表面实现每层内部光的引导。在当前图3中，投影器2通过一个光学装置20实施。一棱镜16P是光导件16的一个耦入装置的一部分。所述光学装置20用一个内耦图像(输入光束4)准直到无限远照射光导件16(例如，如Lumus有限公司的PCT专利申请公开案第WO2015/162611号中所述)。当光在光导件3内传播时，传播

光线5从光导件16的第一外表面22及第二外表面24内反射。当前图3的光导件16的第一外表面22及第二外表面24分别类似于图31的光导光学元件903的前表面926A及后表面926。

[0096] 一光导件16的第一区段14包含多个内部切面，其横向地反射传播光线5(在当前图3的侧视图中不可辨别的方向的变化)成为第一引导光束6。第二区段12包含多个切面，反射传播光线4A成为第二引导光束8朝向观看者的动眼范围10。在每个区段内的所述多个切面较佳地重叠(在Lumus有限公司的PCT专利申请案第PCT/IL2018/050025中定义，其整体结合于此)，其中观看者的眼睛10观看的方向上光线在多个切面的每个顺列中通过一个以上的切面，以增强图像照明的均匀性。

[0097] 光线被引导到所述光导件16中，通常通过一耦合输入装置(例如，光学装置20及棱镜16P)。所述耦合输入装置及/或图像投影器被配置为将光引导到所述光导件16中，使得传播的光线5通过外表面(22、24)沿着所述光导件16的一个传播方向内反射以一第一面内分量传播。(面外分量在光导件主要外表面的每次内反射处反向)。至少第一组的多个切面32被定向成偏转部分光以通过内反射引导。所述光导件16沿所述光导件16以一传播方向传播，其中一第二平面内分量与所述第一平面内分量不平行。通过多个切面的一个顺序的部分反射对图像进行重定向，在光导件内实现了一第一维度的孔径倍增。一耦合输出装置通常被配置为耦合输出以第二平面内部分量传播的光的至少一部分。所述耦合输出装置通常是所述第二(或一第三)组的部分反射的多个切面36，其在第二面内方向上实现一个另外的孔径倍增。

[0098] 所述第二区段12(具有耦合输出的多个切面)较佳地更靠近观看者的眼睛10，因此外耦合的光(第二引导光束8)将不会受到干扰，然而反向配置也在本发明的范围内，并且在某些应用中可能是较佳的。

[0099] 现在描述一光导件16的一个示例性实施方式，其使用具有一折射率为1.5955的玻璃，并且耦合输出(透射)40度对角线的一个矩形图像。

[0100] 参考图4，示出了具有不同反射率幅度的各种反射率镀膜的反射率与角度的关系图。较佳地，所述多个切面的镀膜应设计成获得最大效率及与鬼影相关的最小能量。在较佳实施例中，图像反射率存在于从垂直于表面0到55度的入射角，而从垂直于表面在55到87度(除了高透明度高达72度的高反射率镀膜)镀膜实际上是透明的。所述多个镀膜的特性决定了棱角切面的设计。所述多个镀膜的特性对于整个可见光谱几乎是相同的，因此一光导件将透射所有颜色(通常称为RGB、或红色、绿色及蓝色)。从光入射进入到所述光导件(光导件的近端)在更远距离(朝向所述光导件的远端)处的多个切面较佳地设置有具有更高反射率的镀膜。

[0101] 参考图5，一光导件16的几何光学特性以角度空间示出。两个外表面(第一外表面22及第二外表面24)的TIR临界角限制表示为圆圈A30，其中在这些圆圈内引导的光线将从基板逸出，并且在这些圆圈外引导的光线将保持被集聚在基板内。入射的图像光进入所述光导件16，即输入光束4，具有矩形角度分布。所述输入光束4在所述多个外表面(第一外表面22及第二外表面24)之间来回反弹，并且显示为正方形4L及4R(共轭图像在主要基板表面中反射，相当于图1中的输入光束4)。

[0102] 参考图6，示出了一光导件16的所述多个切面的一个角度空间取向。所述图像光输入光束4首先在所述光导件16的一第一区段14内遇到一第一组的多个切面32。所述第一组

的多个切面32的角度空间取向显示为由圆圈A32表示的一个平面。这些第一区段的多个切面32涂有一层具有角度反射率的镀膜，如图4所示。从所述镀膜透明的角度(在所述示例中为55度)显示为圆圈A34。因此，在这些圆之间(外部)显示的任何图像(即，具有倾斜于所述多个切面的法线的角度超过55度，例如当前图6中的4L)将以最小的反射率穿过镀膜的切面。落入这些圆内的图像(即，具有倾斜于所述多个切面的法线的角度小于55度，例如所述图6中的4R)将被部分地反射。反射将相对于切面角A32成一个相对的角度。因此，图像4R被反射(如箭头600所示)以产生一个共轭图像6L(其对应于第一引导光束6)。当图像在光导件16内传播时，一些光将在4R及6L之间来回反弹，从而改善最终图像照明的均匀性。

[0103] 参考图7，示出了第二组的多个切面36的几何光学特性。光图像6L从光导件16的外表面(22、24)反射，以产生共轭图像6R。图像6L及6R传播同时从所述多个面(22、24)反射并且遇到第二区段12的多个切面(第二区段的多个切面36)，其取向在此呈现为A36。所述第二区段的多个切面36上的镀膜也具有透明范围(如图6中的A34)，并且所述透明范围的边缘显示为圆圈A38。

[0104] 图像6L、4L及4R在透明范围内(在圆圈38之间)，因此不会显着地通过所述第二区段12的多个第二切面36反射。然而，图像6R位于55度截止范围内，因此将被所述的多个第二切面36部分地反射，最终在一个角度范围内，其从基板主表面的内反射中逃逸，被传送(如箭头700所示)到所述光导件16的外部成为图像8(第二引导光束8)朝向观看者的动眼范围10。

[0105] 参考图8，示出了多个切面及镀膜边缘的一个替代实施方式的角度空间图。图像4L及4R不通过第二区段12的多个第二切面36反射(在表示角度大于55度的边缘A38内)。另外，图像4L及6R不通过第一区段14的多个第一切面32反射(在边缘A34内)。

[0106] 在一个示例性情况下，假设耦合进入到所述光导件16中的第一图像是图像4L，则图像按以下顺序耦合：

[0107] 1.图像4L：通过投影器光学系统20耦合进入到所述光导件16中。

[0108] 2.图像4R：通过在所述光导件16内的内反射以共轭于图像4L产生。

[0109] 3.图像6L：由通过多个第一切面32反射图像4R产生。

[0110] 4.图像6R：通过在所述光导件16内的内反射以共轭于图像6L产生。

[0111] 5.图像8：通过多个第二切面36反射图像6R而产生。

[0112] 如上所述，可以使用具有耦合相同图像顺序的相同基本属性的不同角度配置。应所述注意的是，照射在多个第一切面32上的入射图像4R及来自多个第二切面36的反射图像6L都在通过基板的多个主表面(多个外表面22、24)内反射的角度范围内，并因此通过基板引导。经由所述光导件16的所述多个外表面(22、24)的内反射类似于经由光导光学元件903的基板920的多个主表面(926、926A)的内反射。

[0113] 尽管这里示出的较佳实施方式被设计成优化每个图像相对于每个切面的角度，使得图像被选择性地部分反射或者根据切面镀膜的角度选择性特性以最小的反射而透射，但是应所述注意的是，这样的优化不是基本的。在某些情况下，使用非优化角度及/或非优化镀膜可能是可接受的，导致产生各种不需要的模式(对应于鬼影图像)，只要鬼影是相对低能量模式或落在所需输出图像的视野之外。

[0114] 参考图9，示出了一光导件16的另一个实施例，其中所述多个区段的第一区段14及

第二区段12在所述光导件的一厚度尺寸上相重叠，以产生一单区段光导件40具有交叉的多个切面。换句话说，多组的多个切面，在这种情况下是第一组的多个切面32及第二组的多个切面36，在所述光导件的一相同平面上相重叠及排列(配置)。所述单区段光导件40在第一外表面22及第二外表面24之间具有一个厚度40T。下面描述制造这种光导件的方法。单区段光导件40中的所述多个切面的角度类似于上述两区段光导件16的多个切面，参考图4及图8。

[0115] 参考图10，示出了用于制造两区段光导件16的一种方法。再次参见图2及图3。一第一组的窗口50被镀膜并粘合(堆叠)在一起以形成一第一堆叠件51。在本文上下文中，术语“窗口”是指一透明、平板。所述第一堆叠件51以一角度切片以产生一第一阵列的多个反射表面52。类似地，一第二组的窗口54(另一组，与第一组的窗口50不同)被镀膜并粘合(堆叠)在一起以形成一第二堆叠件55。所述第二堆叠件55以一第二角度切片(另一角度，不同于用于切片所述第一堆叠件51的角度)以产生一第二阵列的反射表面56。所述两个阵列(第一阵列52及第二阵列56)以适当的相对角度连接在一起60(例如，以一个相对于彼此所需的角度粘接或胶合)。重叠的阵列被修整61以产生所述光导件16的一个所需形状。在一些实施例中，较佳的多个盖体62被胶合以作为最后两区段光导件64的外表面。每个步骤较佳的可包含切割、研磨及抛光一个或多个表面。根据所述多个窗口的实际尺寸及光导件64的所需尺寸，可以从每个堆叠件制造一个以上的阵列。

[0116] 通过对所述光导件16的两个区段皆使用相同的阵列(切面平板)可以实现显着的成本降低。例如，使用BK7玻璃生产两个阵列(第一阵列52)，每个阵列具有多个切面为26度。这与上述描述产生两个阵列(第一阵列52及第二阵列56，每个阵列具有不同角度的多个切面)不同。然后将所述两个阵列以相对于彼此扭转以115度的一个角度连接在一起60。此示例性配置使得能够以16:9的视场比率传输具有38度的一个图像。

[0117] 参考图11，示出了用于制造一单区段光导件40的示例性方法。类似于参考图10制造一两区段光导件16的描述，一第一组的窗口50被镀膜及堆叠以生成一第一堆叠件。所述堆叠件被切片成多个第一阵列52。所述第一阵列52切片被抛光、镀膜及堆叠在一起以产生一阵列堆叠件70。所述阵列堆叠件70可以类似于第一堆叠件，然而，在这种情况下，在所述阵列堆叠70中存在额外的镀膜。所述阵列堆叠70现在被切片以产生切片阵列71，切片阵列71具有在光导件的相同厚度内的两组平行的多个切面。可选地，多个外部窗口62可以添加以生成完成的单区段光导件72(图9的单区段光导件40)。每个切片的角度及每个堆叠的角度可以彼此相同或不同，并且由最终光导件16的需求决定。

[0118] 参考图12A至图12E，示出了使用投影器2照明光导件16的一个实施方式的各种示例性照明架构。在图12A中，照明来自侧面。通过箭头800A1及800A2所示的照明传播示出了大部分的向下扩增，同时所述扩增是从6L回到4R的交叉反向耦合所致(参见图6)。

[0119] 图12B示出了从上侧照射，这种配置减少了侧边边缘视野的遮挡。

[0120] 图12C示出了来自中心(两个光导件之间)的照明，其中投影器的硬件(右及左)可以组合以减小尺寸及重量。

[0121] 图12D示出了能够实现几乎完整的边缘视野未遮挡的顶部照明。

[0122] 图12E示出了在眼睛方向以下的一个角度的照射。以这样的方式，图像投影器便利地位于观看者边缘视野之外。

[0123] 参考图13，示出了上述架构的一个变型实施方式。所述变型实施方式包含所述多个切面及图像的不同角度。将当前图13作为图8的一个变型实施方式进行比较。在当前图13中，第一组的多个切面32的角度A32使得角度A32位于图像6R的角度的相对侧，从而能够传输更大的图像。圆圈A39描述了两个外表面的内反射角，其中在这些圆圈内投射的一个图像将耦合输出光导件。例如，图像8在圆圈外部成像并且将作为一个共轭图像在光导件内反射。其中一个图像的共轭图像是从光导件的一个外表面反射的图像。从光导件的外表面沿着光导件的重复反射产生两个彼此共轭的图像。

[0124] 参考图14A及图14B，示出了使用图13的架构的光导件布置示意图。在图14A中，投影器2将光图像入射光导件16。入射光的宽度由投影器孔径决定。两个箭头示出了视场中的一个特定点(即，一个特定方向)的投射光束100(图13中的4L及/或4R)的宽度。较佳地，此描述涉及投影图像的中心场。所述多个切面102(在图13中表示为方向A32)将光反射到垂直方向104及106上。垂直反射104及垂直反射106具有相同的方向(图13中的6R及/或6L)，但是沿着光束100的多个不同的位置。显然地，垂直反射104的光束被所述多个切面102中的三个反射，而垂直反射106的光束仅被所述多个切面102中的两个反射。因此，反射的图像不会有均匀的强度分布。

[0125] 在图14B中，所述多个切面109被布置成使得沿着多个反射方向(反射方向108及反射方向110)。从入射的光束100将存在一定数量的反射(在这种情况下为两个)。在所述多个切面109中被配置用于反射的切面可以是一个、两个或更多个切面。使用简单的三角函数通过切面间距、所述多个切面相对于投影图像光线的角度以及孔径的宽度，来定义用于实现对一反射光线有贡献的一个给定数量的多个切面的几何标准。

[0126] 第二区段12的第二组的多个切面36(参见图3，图13中的角度A36)较佳地重叠，以便改善图像的均匀性。

[0127] 参考图15，示出了光导件16内光线传播的示意图。组合光导件的所需尺寸通过光导件内及自由空间中朝向观看者的眼睛的光线传播方向决定。在当前图15中，引导的传播被描绘为虚线并且在自由空间中的传播被描绘为实线。两个传播不在同一平面上，但为了清楚起见，在当前图15中示意性地示出在同一平面上。为清楚起见，也未描绘通过折射的角度变化。

[0128] 投影器2入射具有一场宽度(不同光线角度)的一图像。所述场宽度的边缘由光线115及116(图13中的4R的大小)表示。光线115及116通过多个第一切面32(图13中的角度A32)在多个点118处反射成一个不同方向上的光线117A及117B(在当前图15中向下，在图13中的6L)。

[0129] 两个光线117A及117B通过多个第二切面36(图13中的角度A36)在点120处被反射到方向122(由116产生)及124(由115产生)到观看者眼睛10上之前，在新的方向上以不同的长度传播。

[0130] 显然地，光导件16的一高度126不能小于115与116的扩展，及122与124的扩展。

[0131] 在当前配置中，用于输出耦合的多个第二切面36(图13中的角度A36)将仅在多个点120的上部处发生(如在当前图15的页面上绘制的)。所述多个第二切面36不需要在所述多个点120的上部之上，因为观看者(观看者的眼睛10)将不会看到整个投影场域。

[0132] 参考图16A、图16B及图17，示出了一种方法，与上述实施方式相比，所述方法允许

进一步减小光导件的高度。

[0133] 图16A是设计用于反射高角度入射光束的一切面镀膜的一反射率(反射轮廓)图(与图4所示的反射率相比)。当传播的光耦合输出光导件时,所述反射轮廓用于反转光束的传播角度。

[0134] 图16B示出了当前方法的一个示例的角度架构。图像被入射作为130L,通过外表面耦合1600到130R,然后所述多个切面角度A132(一组的多个切面A132,如下所述)具有图16的镀膜,将图像耦合1602到134R。然后,在外部面反射1604作为图像134L,其通过在光导件上的多个切面角度A136(一组的多个切面136,如下所述)上的类似镀膜反射1606,成为反转图像138。显然地,图像130L及130R的下部成为反转图像138的上部,即图像被反转。

[0135] 图17示出了反转图像138的光线的传播的一个示意图。投影器2入射一图像具有通过光线140及142(角度130L及/或130R)定义边界的一个视场。在多个点144处的反射是通过一组的多个切面132到相应的光线146及148上(图像134L及/或134R)。多个反射点150表示通过所述组的多个切面136反射到相应的光线152及154上。显然地,光线152及154的垂直方向与光线140及142的方向相反。因此,与图15的高度126相比,光导件的总垂直高度156更小。

[0136] 参考图18A、图18B及图18C,示出了另一个实施例,其中组合了三组的多个切面以产生光导件16。图18A是作为光的反射方向的一个示意图。光线在光导件173中传播。图18B是组合光导件173的一个前视图的示意图,其中组合了三个切面的多个区段。一组的多个切面174具有一预定义的取向,所述取向不同于多个切面176并且不同于外耦合的多个切面178。投影器2将光线180入射光导件173。在点182处设置多个切面174部分地将光线180反射到方向184。应所述注意的是,所有点表示分布在光导件上的过程(通过相应的多组的多个切面)。在某点186处,传播光线184通过所述组的多个切面174中的一个被反射到原来的光线180的方向。在点191处,光线通过所述组的多个切面178外耦合为光线193朝向观看者的眼睛10。另一个扩展的路径是通过多个切面176产生。来自投影器2的光线在点187处被所述组的多个切面176反射到方向188。在某一点190处,光线188反射回到方向180并且在点192处由所述组的多个切面178外耦合为光线195朝向观看者的眼睛10。

[0137] 图18C是在三个切面的多个区段的另一种配置中光线在光导件173中传播时的反射方向的一个示意图。当前图18C是将三个切面的多个区段组合成单个光导件以产生孔径扩展的另一种配置。

[0138] 参考图19A,示出了将光入射光导件的一个替代方向的一个角度图。通常,入射输入的图像光线在任何耦合的传播图像处以实现孔径扩展。例如,可以在当前图19A中修改图8的角度图以在6L或6R处入射1900一图像照明(其中图像反射1902作为共轭图像)。光也反射来回1908到4L,即共轭1906到4R。这些图像在返回1908到原始方向之前以不同方向传播(从而在光导件中扩展光线分布),并且最后如当前图19A中所描述的耦合输出1904到8。

[0139] 参考图19B,示出了使用图19A的角度图的一光导件的示意图。图像投影器2将一个图像输入到对角线的多个切面202的一个组合(在当前图19B中对角地绘制,起到类似于第一组的多个切面32的作用)并且输出耦合多个切面203(在当前图19B中垂直绘制),其功能类似于第二组的多个切面36)。

[0140] 参考图19C,示出了当前光导件中的一个光线传播图。在当前图19C中,虚线1920表

示来自图像投影器2的入射光线(相当于6R及6L)。点划线1922表示当它们向侧面传播以扩展孔径(相当于4R及4L)时的光线。实线箭头1924表示外耦合光线(等同于8)。应所述注意的是,使用当前的配置,图像入射进入到光导件为图像6R或6L相对于图像4R及4L为更陡峭的角度(随着这些图像相对于内部反射平面A39成角度)。因此,一个较小的投影器孔径足以实现填满光导件的厚度尺寸。

[0141] 参考图20,示出了图像在另一侧具有多个切面的一个替代实施例的角度图。在当前图20中,第二组的多个切面36位于图像6L的另一侧(即,6L及6R都位于同一侧相对于第二组的多个切面36)。双条线(1930A、1930B)是用于将图像耦合到光导件中的替代方案。图像以6L、6R、4L或4R耦合。类似于先前的实施例,图像4R及4L是共轭1936图像,耦合1938来回到6L,共轭1932为6R。图像6R也被反射1934输出为图像8朝向观看者。

[0142] 在替代实施例中,各种配置可用于切面反射,包含:

[0143] 图像及图像共轭在切面的不同侧(图13);

[0144] 图像及图像共轭在切面的同一侧(图19A)。

[0145] 在替代实施例中,可以使用各种镀膜,包含:

[0146] 在切面角附近成角度地反射图像(图16);

[0147] 从切面角度进一步反射图像(图4)。

[0148] 在替代实施例中,各种图像入射进入到光导件中可以被使用,包含:

[0149] 直接输出耦合的方向(图19C中的6R、6L);

[0150] 输出耦合前的方向改变(图19A中的4L、4R)。

[0151] 参考图21,示出了一种混合系统,其中折射的多个切面与衍射光栅组合以实现孔径扩展的功能,其方式与参考图1及图2描述的方式大致相同。

[0152] 衍射光栅的应用需要使用至少两个光栅具有相反光功率,以便消除色散。在当前图21的实施例中,一衍射图案210用于将输入光耦合到光导件中,而衍射图案212用于将光耦合输出光导件。横向的孔径扩展是通过重叠对角线的多个切面214来实施的,横向地来回耦合传播的光,而不引入一色差。在此再次,重叠的对角线的多个切面214被部署于重新导向一第一引导模式(在主要基板多个表面处内反射)到一第二引导模式(在主要基板多个表面处内反射)。

[0153] 参见图22A至及图22C,示出了用于在传播期间混合光线的各种实施例。光导件16内的传播光线的混合可以通过各种实施方式实施。例如,通过在第一区段14中的第一组的多个切面32及第二区段12中的第二组的多个切面36之间引入部分反射。

[0154] 参考图22A,示出了通过一部分反射镀膜分开的多个区段。第一区段14及第二区段12在一界面250处通过一部分反射镀膜分开。输入光学装置20提供输入光束4给光导件16。所述界面250,及以这样的方式所述部分反射镀膜,平行于多个外表面(第一外表面22及第二外表面24)。尽管传播光线5多次分裂及反射,这样实施方式将维持所有光线在传播光线5(显示为黑色箭头)的原始方向。在当前图22A中,为了清楚起见,仅描绘了一条光线的分裂。本领域的技术人员将从当前描述中实现多次分裂的发生,进一步改善输出图像的均匀性。

[0155] 替代地,第一区段14及第二区段12可以由不同的材料(例如,玻璃及塑料,或不同类型的玻璃)制成,从而在界面250处发生多个菲涅耳反射。界面250可以替代地及/或者另外产生偏振旋转(界面处的介电变化将造成这种作用)进一步改善输出图像的均匀性。

[0156] 参考图22B，示出了一种替代的较小的光学装置20B。通过减小图像投影器的尺寸(图22A的光学装置20)可以降低系统成本。然而，均匀的图像照明要求图像投影器照明光导件16的所有入口。在当前图22B中，由反射界面250引起的增加的耦合使得一个较小的图像投影器252用于一个较小的光学布置20B，光学装置20。

[0157] 参考图22C，示出了具有一个部分反射器的一个替代实施例。保持界面250的平面与所述多个外表面(第一外表面22及第二外表面24)的平行度在技术上可能是有问题的。在当前图22C中，一小平行反射器254被使用。所述小平行反射器254仅在第一区段14及第二区段12之间的界面的一部分处被实施为界面250。这个较小的反射器254产生输入的耦合光线(输入光束4)的分裂，因而所有光导件16均匀照射。较佳地，所述小反射器254(界面250)的反射率沿着光导件(从近端到远端)梯度地减小，从而改善输出图像的均匀性。上部区段(第一区段14)的反射率梯度地减小可用于补偿多个切面增加的反射率(更远离投影器的多个切面具有更高的反射率以保持恒定的图像功率)，从而产生遍及光导件的恒定透明度的表现。

[0158] 参考图23，示出了一个光导件内具有非较佳扩展的光线传播示意图。可以通过产生非较佳光线(也称为“鬼影”)并通过从这些鬼影耦合回来而执行横向孔径扩展。然而，与上述较佳光线传播技术相比，所述过程效率较低并且可能导致图像劣化。此过程通过使用交叉的多个切面(如图2所示)但不进行镀膜优化(如图8所示)而生成。因此，4L及4R也被通过第二组的多个切面36反射，从而产生不希望的图像。然而，通过适当选择切面角度(如图8中的角度空间中的重复设计)，这些鬼影将位于观看者感兴趣的视场之外。

[0159] 当前图22A-C和23中揭示如何使用这些“鬼影”在另一个横向方向上扩展图像。投影器2以方向260入射光线。通过第一区段14的第一组的多个切面32反射之后，传播光被转向成方向262。通过第二区段12的第二组的多个切面36反射之后，传播的光被转向成方向264上从光导件输出。先前的扩展是在一个横向方向上。方向260上的输入光线也可以通过第二区段12的所述多个切面反射成被引导的方向266，但是与方向264相反的方向。通过第二组的多个切面36的二级相互作用，将传播光线从方向266反射回到原始方向260，但后来转移。类似于上述方向260的描述，传播光线260通过第一组的多个切面32反射到方向262，并通过第二组的多个切面36以方向264反射输出光导件。

[0160] 参考图24A，示出了两个相似的横截面示例，具有一耦合棱镜270用于将输入光束4耦合进入到光导件16中。单一主要的光线2400(视场中心及孔径中心)示出所述光线通过所述多个区段的多个切面分裂。可以以各种方式执行耦合进入到光导件。

[0161] 参考图24B及图24C，示出了多个耦合装置的横截面示意图。横截面沿着图24A所示的主光线2400的平面。

[0162] 图24B示出了一种配置，其中光导件16以一角度抛光以及一棱镜2410被添加在所述抛光的角度的顶部。这样的配置使得能够从光导件16的底部(如图所示)平滑地反射。

[0163] 图24C示出了增加一棱镜2420在光导件16的垂直端部的结构。这种结构能够具有一个较长的耦合区段(从光导件16延伸出矩形形状)。这种结构也能够于棱镜2420及于光导件16使用不同的折射率。

[0164] 图24D示出了基于偏振分束器的一棱镜与一图像发生器的组合。这种组合可以节省体积及空间。

[0165] 在所述两区段内的所述多个切面的各种取向将造成光导件16内的光线的偏振变化。因此，引入非偏振光是较佳的。非偏振光可以来自一个现有的非偏振投影器(例如基于一德州仪器数字光处理(TI-DLP))或者在一偏振投影器(水晶石英窗口)前放置一去偏振器。

[0166] 参考图25，示出了在多个区段之间的一安全粘着剂。在光导件16(光导件的玻璃或塑料)破裂的情况下，破裂的片段应所述连接在一起并保持结构的完整性，以防止对观看者的伤害。这种保持光导件的完整性可以通过各种技术来实施，例如在两个区段之间(在第一区段14及第二区段12之间)引入一个适当的胶水或塑料陪衬物，如当前图25所示。因此，在一个或多个的所述多个区段的结构损坏情况下，生成的碎片将保持附着在光导件16上，而不会四散，从而减少对使用者造成伤害的可能性。中间层280的光学性质可以变化，包含但不限于上面关于界面250讨论的性质。中间层280可以与所述多个区段的指数进行指数匹配，或者中间层280的指数可以与所述多个区段的指数不同，以实施如关于图22所述的反射。

[0167] 参考图26A及图26B，分别示出了馈入一两区段光导件16的二维光导件的侧视图及正视图。侧向孔径扩展可以通过一个一维光导件在另一个一维光导件上、通过一个二维光导件在一个一维光导件上或通过上述重叠(几轴)的一维光导件来进行。结合这些技术可以由光导件产生获得均匀的图像强度，及具有最小尺寸的图像投影器。

[0168] 图26A示出了一个二维光导件310的侧视图，其后来扩展孔径，后面有光导件320(重叠光导件16的一种形式)。如当前图26A所示，光导件320是一个双轴光导件，其垂直地扩展孔径，并且如图26B所示，后来扩展孔径。

[0169] 二维光导件的横向孔径的扩展可以通过两者皆由Lumus有限公司在2017年9月12日提交的PCT专利申请案第PCT/IL2017/051028号及第PCT/IL2005/000637号(美国专利第7,643,214号)中描述的各种替代方案来执行。所述两轴光导件可以具有上述的任何配置。较佳地，可以通过如2018年1月8日Lumus有限公司提交的PCT专利申请案第PCT/IL2018/050025中所述的多个切面重叠来进行进一步的均化及混合。

[0170] 参考图27A及图27B，分别示出了馈入一两区段光导件16的一个一维光导件的侧视图及正视图。图27A示出了的一个一维光导件410的侧视图，最后扩展孔径，后面有光导件320。

[0171] 近眼显示器光导件将一个“虚拟”图像的光从投影器2传输到观看者的眼睛10，同时使投影孔径倍增。通过光导件16的透射包含嵌入式反射器(多个切面)的多个反射或通过多个光栅的衍射。

[0172] 光导件16对于“世界(world)”是透明的，并且较佳地应所述1不会引入世界的任何反射朝向观看者的眼睛10。

[0173] 许多光导件的配置确实从高角度朝向眼睛10引入一些反射。所述多个切面的镀膜可以优化(或光栅的衍射效率)以降低在这样的高角度下的反射效率。然而，高强度光源例如一盏灯(在一个黑暗环境中)或太阳，可以朝向观看者反射大量的光强度。

[0174] 参考图28，示出了一个不期望的图像重叠虚拟图像的角度图。当前图28是基于图13，但在当前图28中，仅表示所述视场中的一个点。来自系统外部的一光源耦合进入到光导件中并产生一个不期望的图像与虚拟图像重叠。

[0175] 外部光源标记为8Is(例如观看者上方在高角度处的太阳)。外部光源8Is被传输进入到光导件16以通过第二组的多个切面36反射到角度4Rs(在第13图中重叠4R),从这一点不期望的图像跟随图像路径:4Rs、6Ls、6Rs及观看者8s。

[0176] 很明显的,4R被引导,因此图像将被传输给观看者。然而,在不同角度的8Is,外部光源将被耦合到不通过内反射引导的4Rs,因此不会产生不期望的图像。

[0177] 当此图像在TIR外(在所述多个圆圈中的一个内)时,杂波光也可以通过图像4Rs耦合到光导件中。所述(杂波)光从光导件的另一侧(观看者侧)穿透。为了防止杂波光8Is或4Rs被引导,可以在光导件的顶部放置一遮光件,如图29A所示。

[0178] 参考图29A,示出了一遮光件以防止高角度光到达光导件。一遮光件1009的引入较佳地阻挡(光导件16的)正面及背面的高角度杂波光2900。较低角度的入射光1007A将不会照明1007B动眼范围,因此将不会被看见。

[0179] 参考图29B,示出了一个角度敏感镀膜,以防止高角度的光到达光导件。一角度敏感镀膜1011被引入。此镀膜1011反射高角度(相对于顶点)的入射光线2900,同时透射低角度光1007A,如图所示。

[0180] 参考图30,示出了多个区段的一种替代组合。在当前图30中,两个区段(第一区段14及第二区段12)被组合成单个一维光导件1020。所述光导件1020具有两个区段使用一个不同的边缘相邻接,与图2所示的重叠光导件16的相邻边缘相比。光导件1020的所述多个区段被组合为一个连续件,其中被引导的传播光(图13,两个图像4L及4R)首先通过在第一区段14中的第一组的多个切面32(4R通过图13中的第一组的多个切面32)反射,然后通过第二区段12中的第二组的多个切面36(6R通过图13中的第二组的多个切面36)反射。应所述注意的是,根据此实施方式,所述多个切面不垂直于光导件面。因此,仅一个图像在朝向眼睛10的关键路径上被反射。例如,在同时具有4L至6L时,仅4R被反射到6L而不是4R到6R。此单一关键路径放宽了对多路径架构中存在对准精度的要求。

[0181] 参考图32A,示出了一个示例性照明系统的侧视示意图。光导件16可用于一照明系统,提供图像投影器的照明透明无成像。光源3200提供照明光导件16的输入照明。当光3202在光导件16中传播时,光3202通过光导件16的所述多个切面反射3204到一图像调制器3215上。例如,图像调制器3215可以是一液晶覆硅(LCOS)。反射的图像光3206通过光导件,然后通常由光学器件3220成像。较佳地,所述多个切面是偏振敏感的,因此光导件16用作一偏振分束器。为了清楚起见,在当前的描述及图中,省略了偏振器及偏振旋转器。

[0182] 参考图32B,示出了一个示例性照明系统的前视示意图,示出了光导件16的前视图。光源3200将光3202直接(或通过一个光管)投射到在图16图中的光导件中,所述多个切面的交叉(重叠)取向引起光导件16内来源孔径的横向扩展,并将光投射输出光导件16。

[0183] 应当注意的是,上述的示例,使用的标号及示例性计算有助于本实施例的描述。无意的印刷错误、数学错误及/或简化计算的使用不会减损本发明的实用性及基本优点。

[0184] 所附权利要求是在没有多重从属的情况下起草的,这仅仅是为了适应不允许这种多重从属的管辖区域的形式要求。应所述注意的是,通过使权利要求多重从属而暗示的所有可能的特征组合应被明确设想并且应所述被认为是本发明的一部分。

[0185] 应所述理解的是,以上描述仅用作示例,并且有许多其他的实施方式亦可以属于本发明的范围,如同在所附的权利要求中所定义。

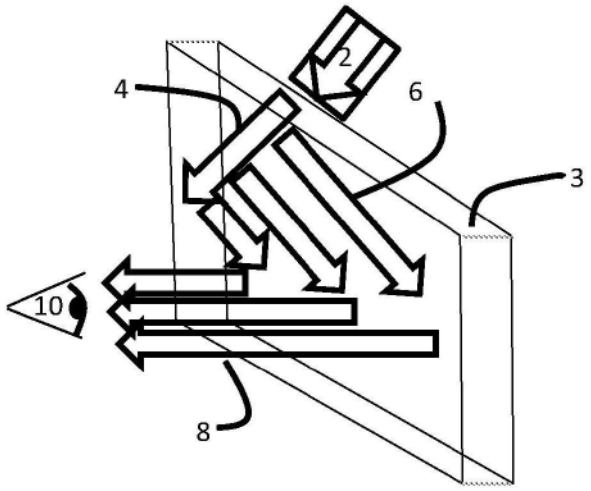


图1

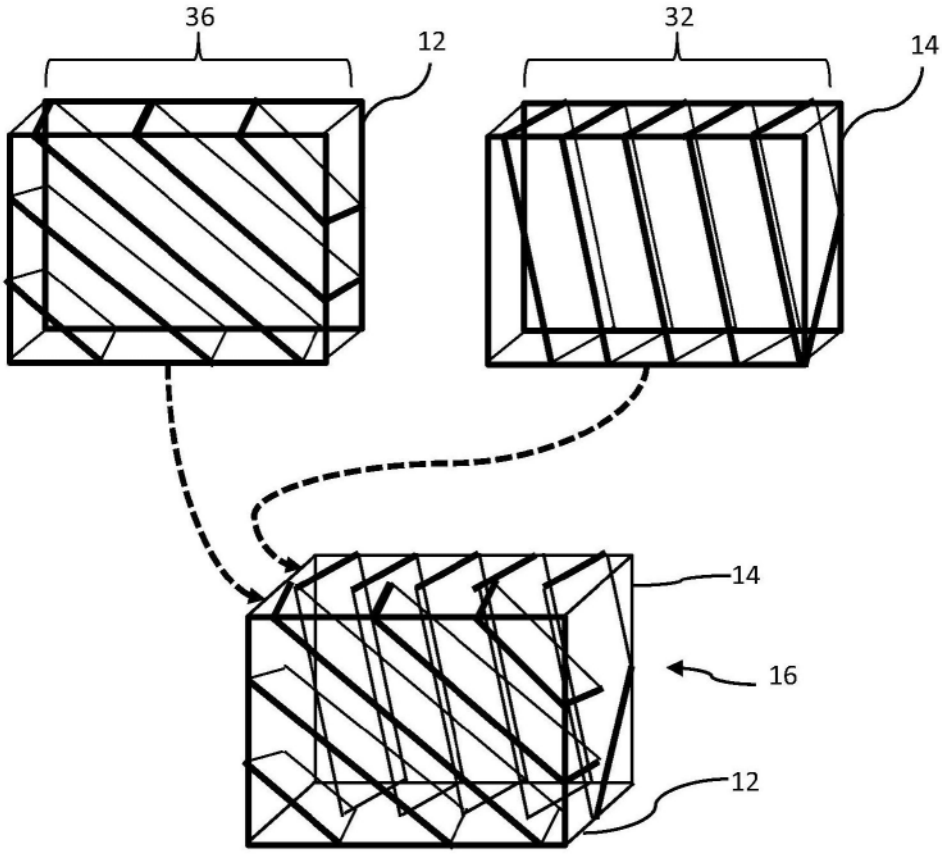


图2

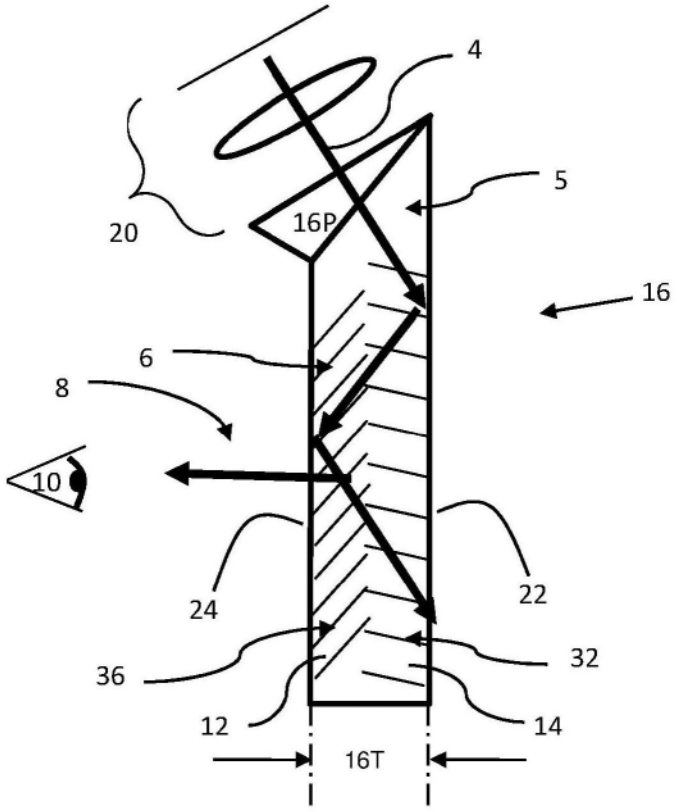

4
5
20
16P
16
6
8
10
24
22
36
32
12
14
16T

图3

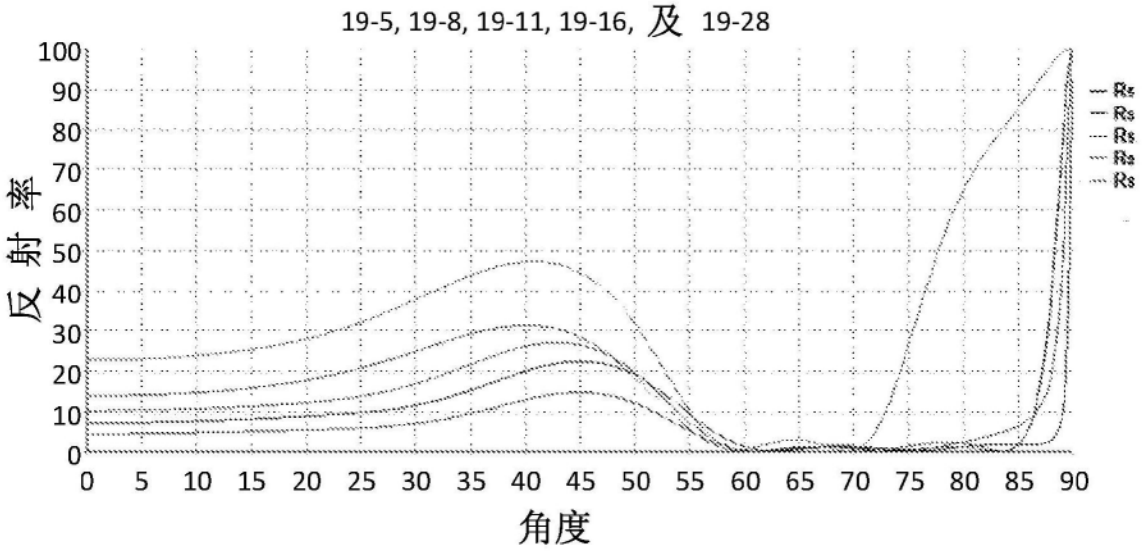

19-5, 19-8, 19-11, 19-16, 及 19-28
反射率
角度
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Rs
Rs
Rs
Rs
Rs

图4

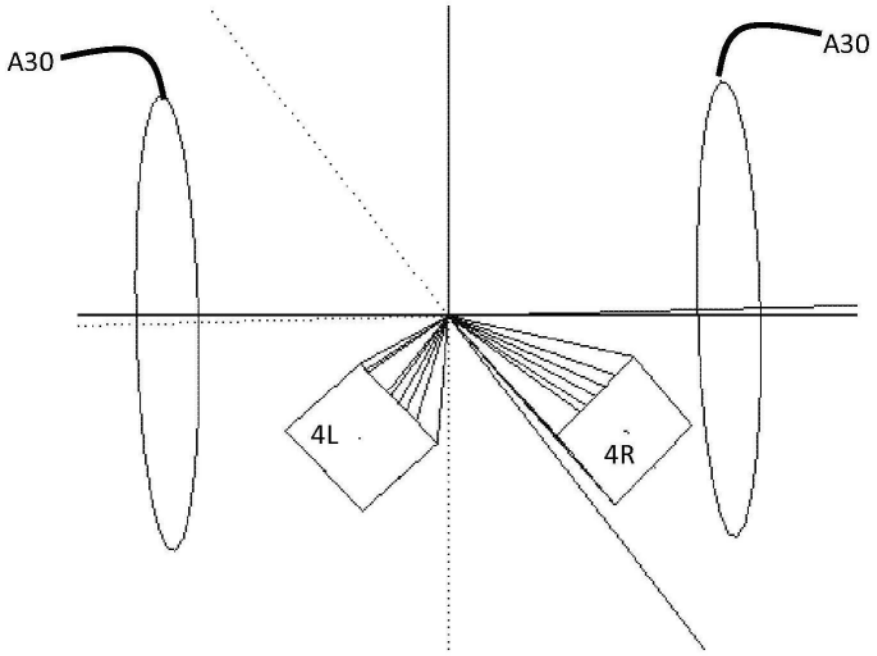


图5

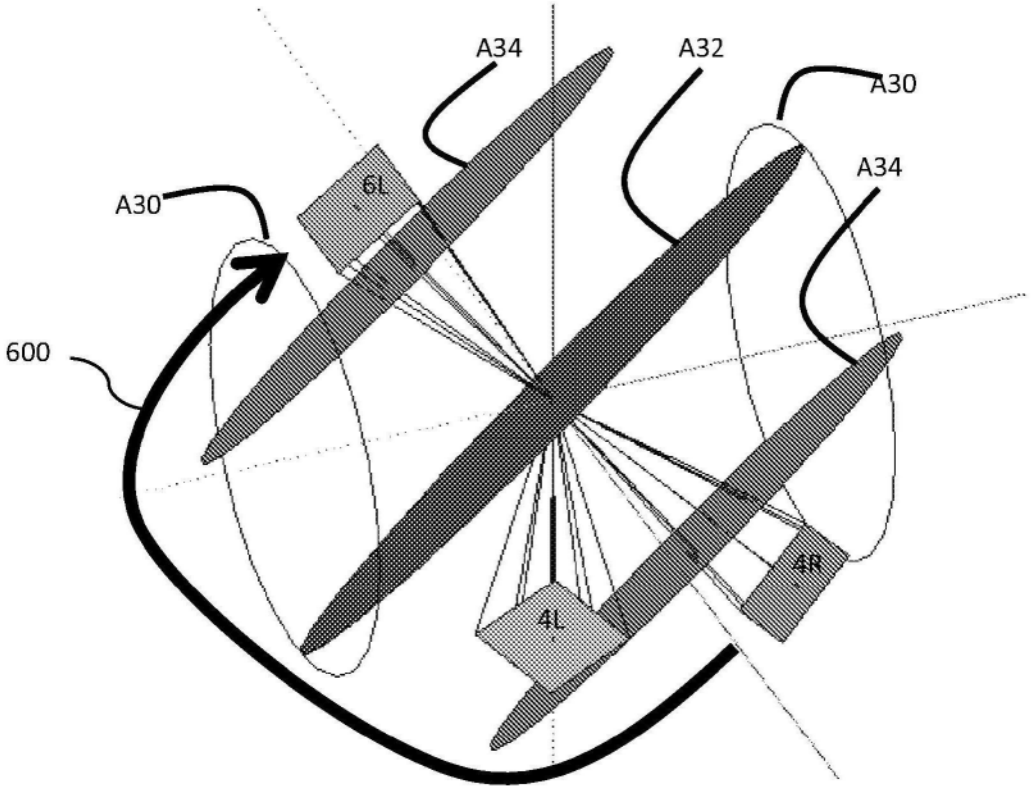


图6

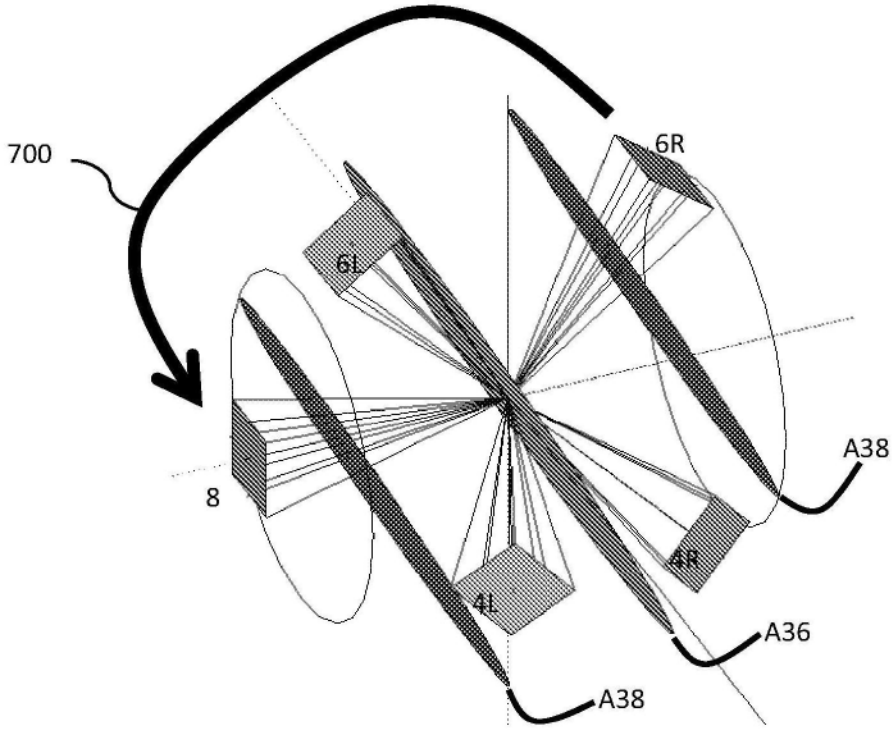


图7

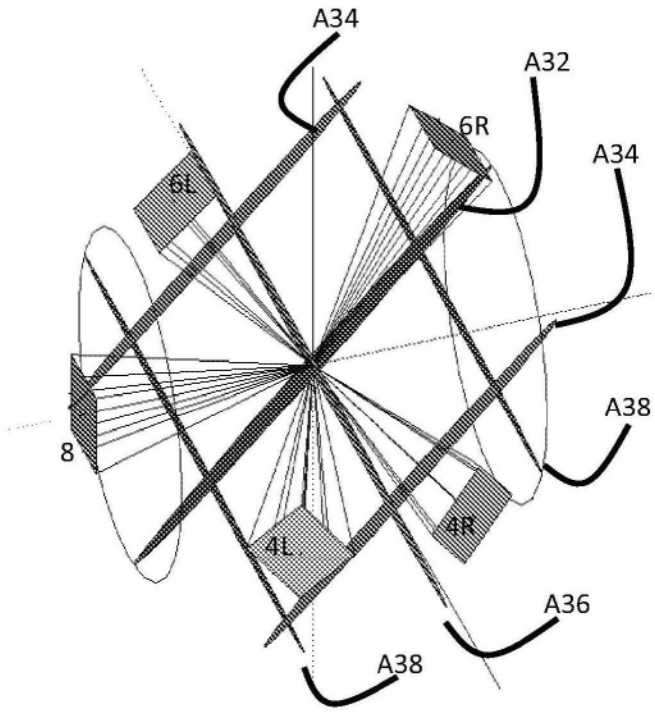


图8

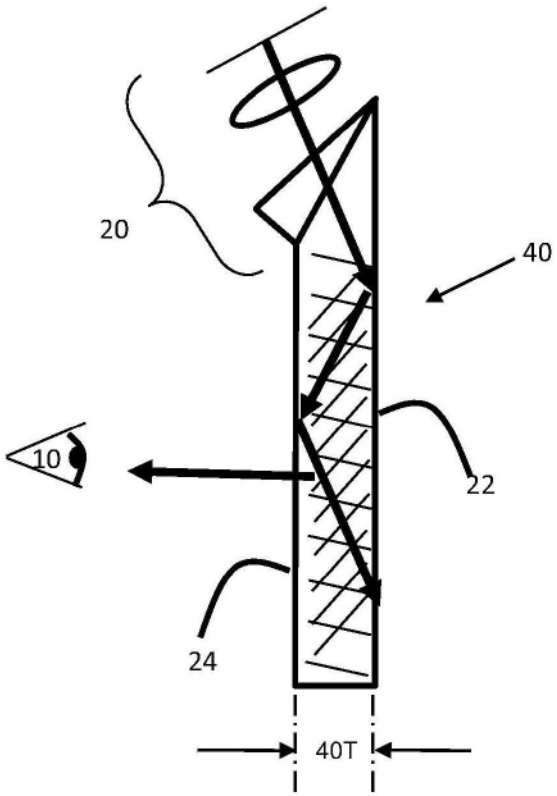


图9

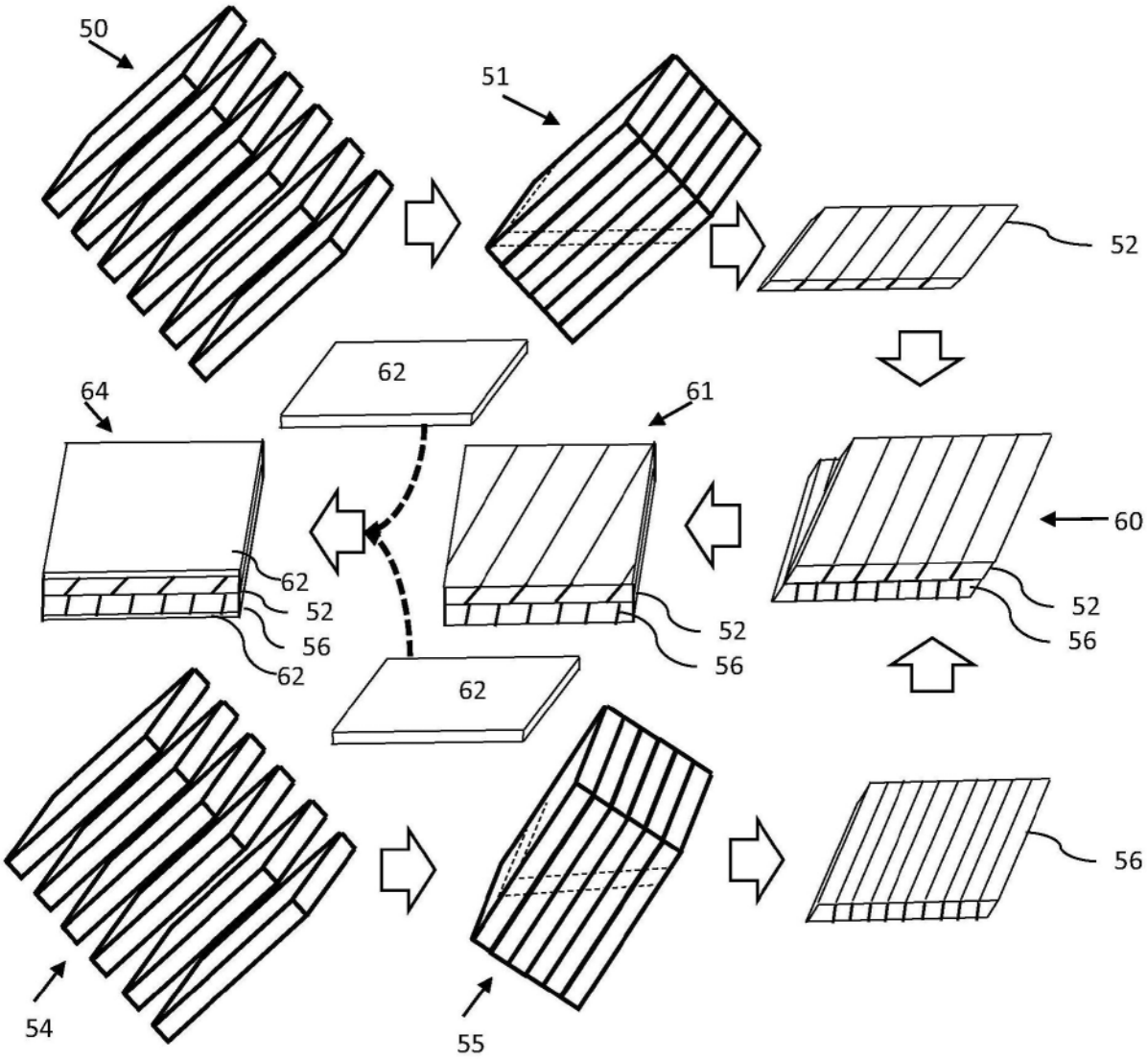


图10

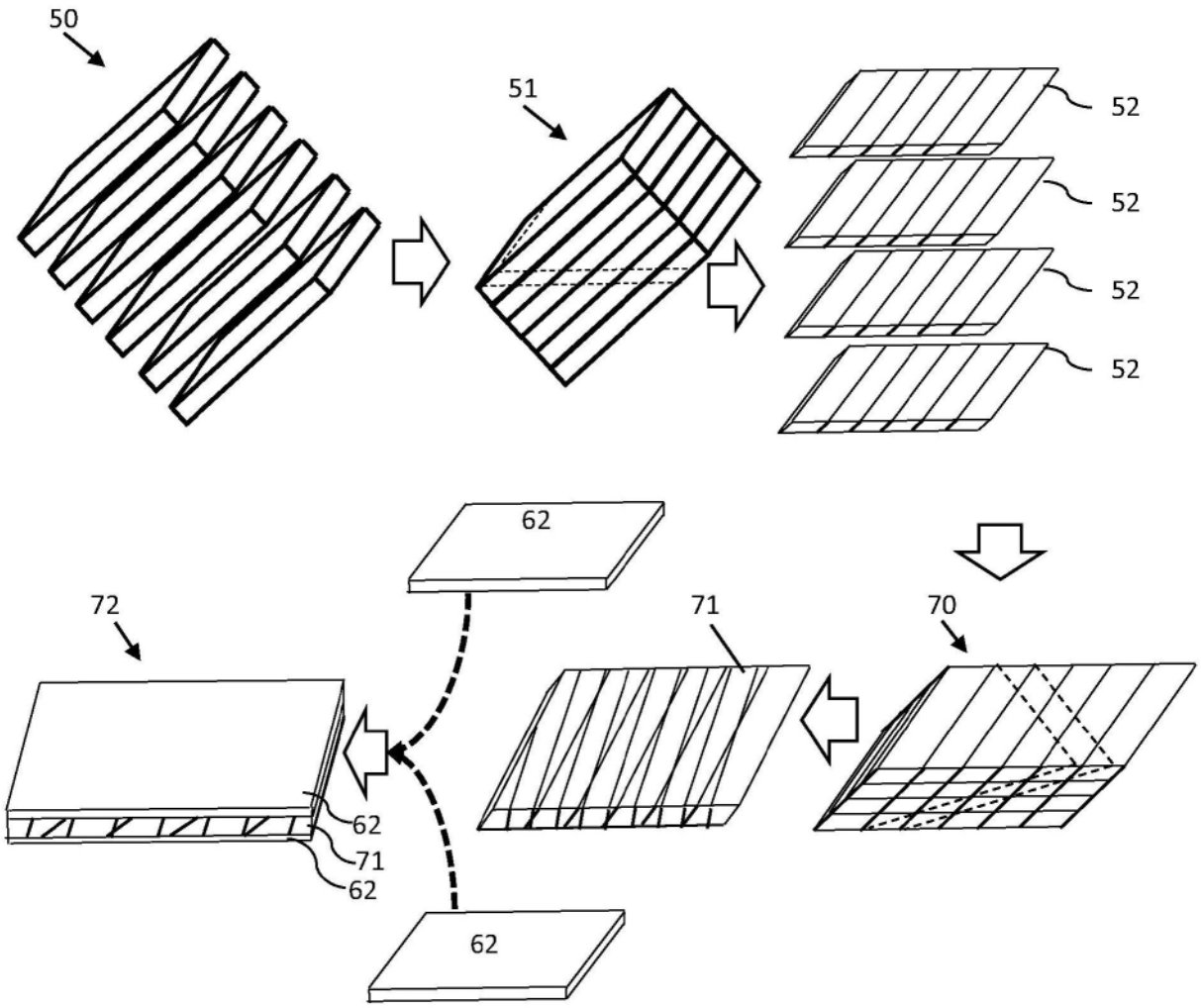


图11

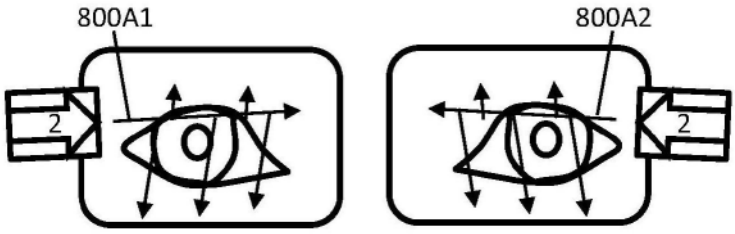


图12A

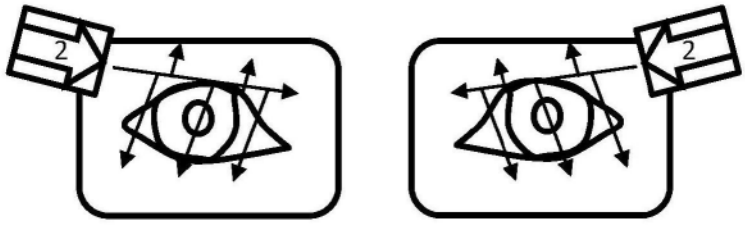


图12B

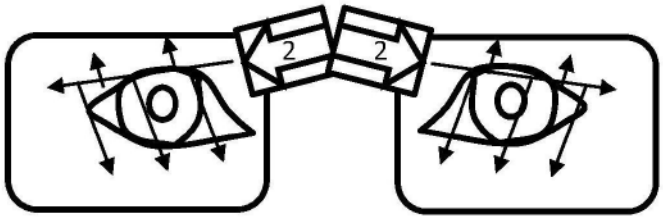


图12C

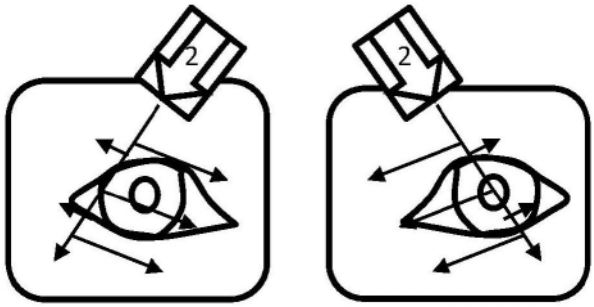


图12D

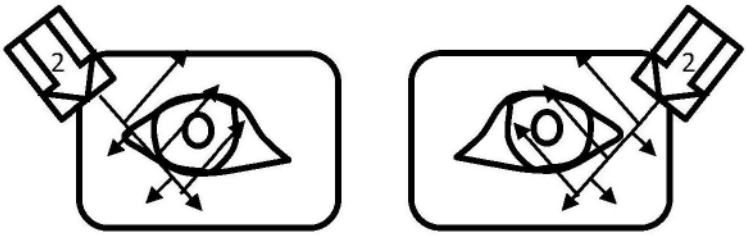


图12E

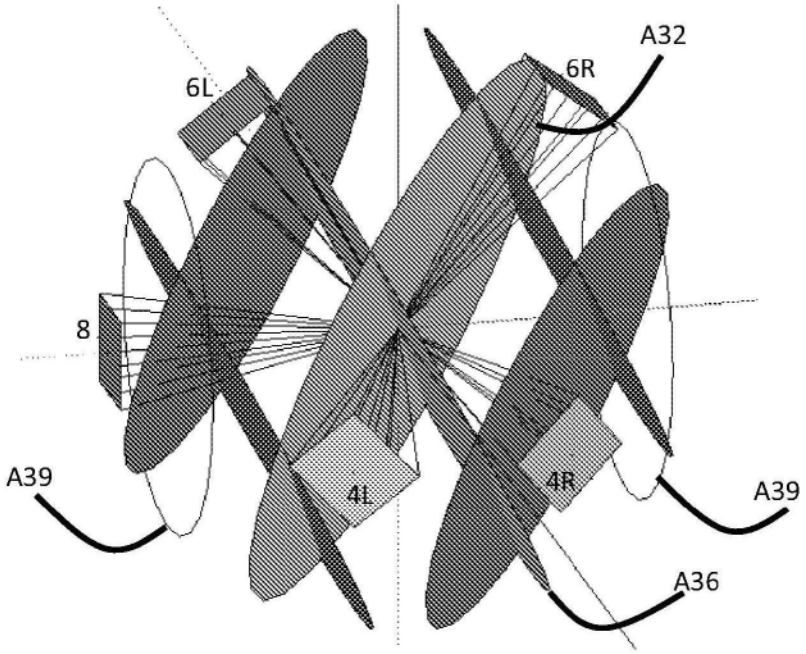


图13

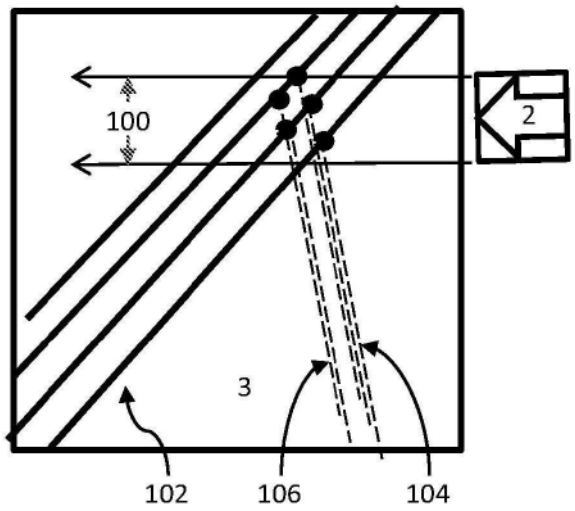


图14A

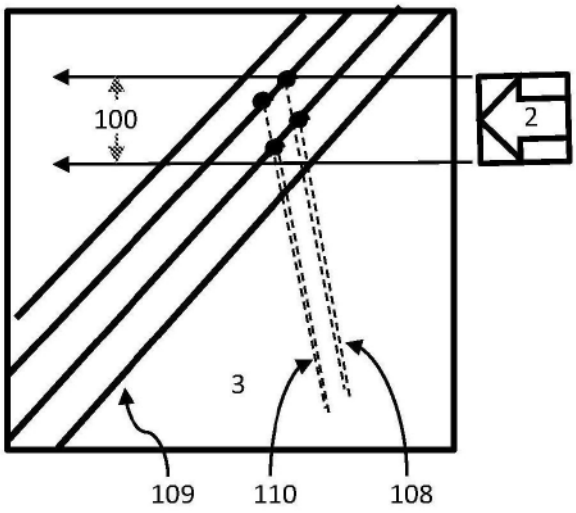


图14B

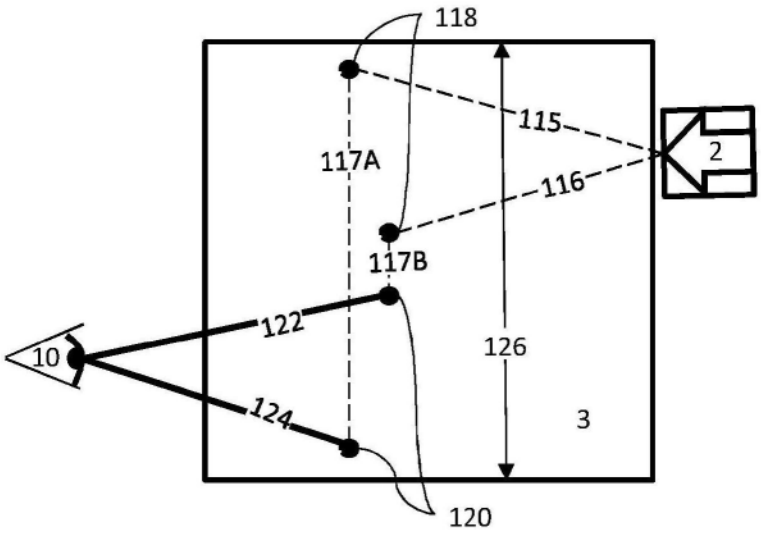


图15

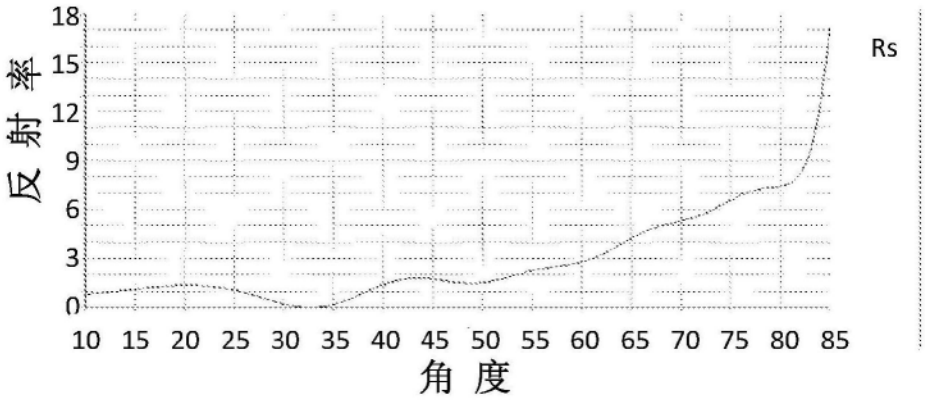

反射率
18
15
12
9
6
3
0
Rs
10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85
角度

图16A

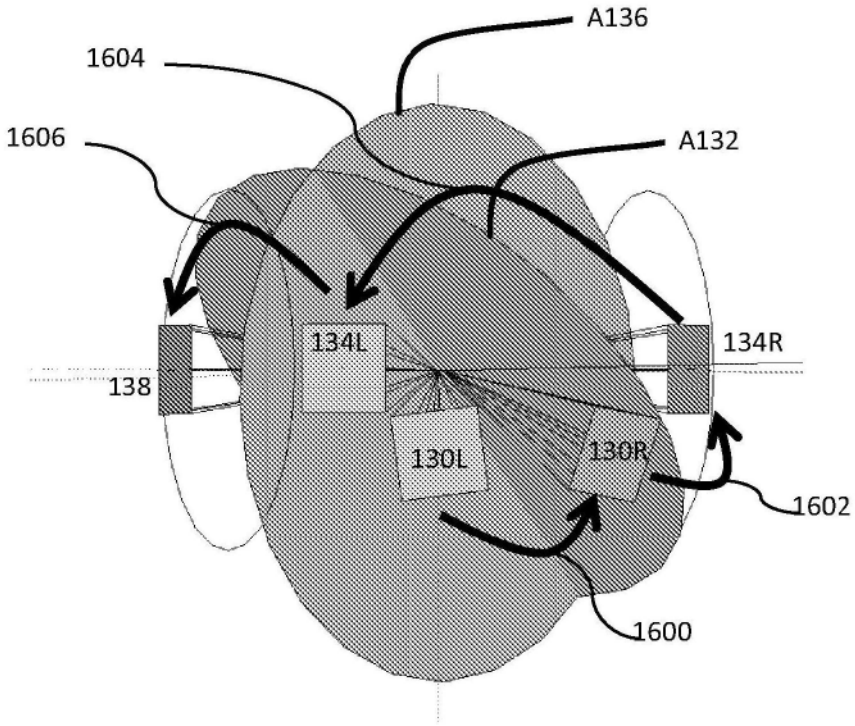

A136
1604
1606
A132
134L
134R
138
130L
130R
1602
1600

图16B

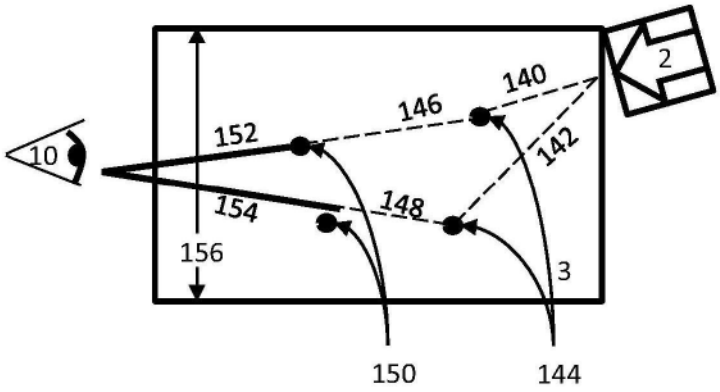

2
140
146
152
10
142
154
148
156
3
150
144

图17

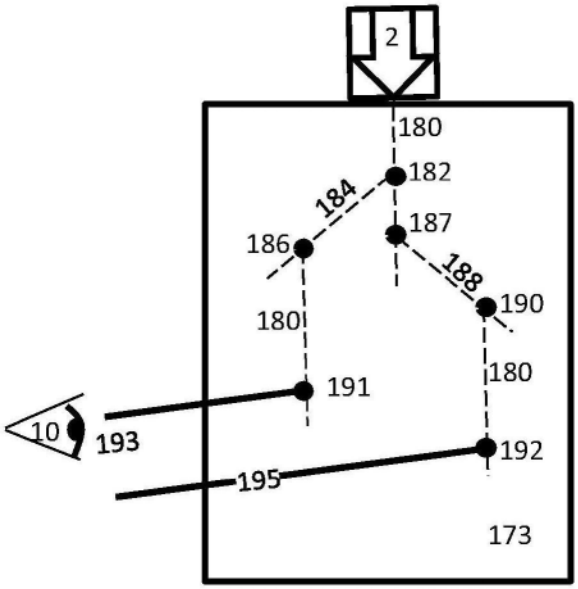

2
180
182
184
186
187
188
190
180
180
191
10
193
192
195
173

图18A

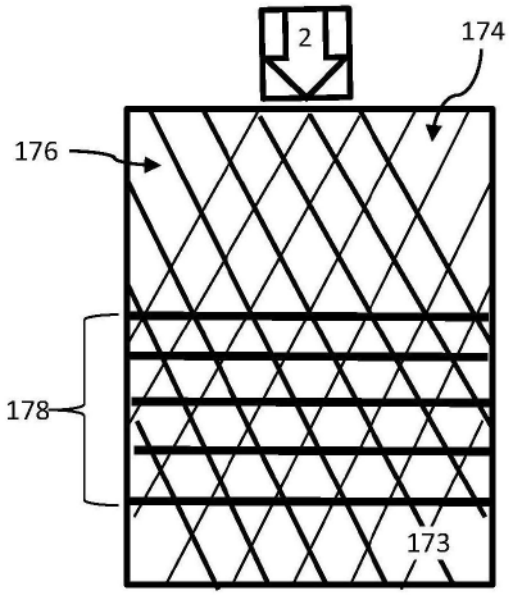


图18B

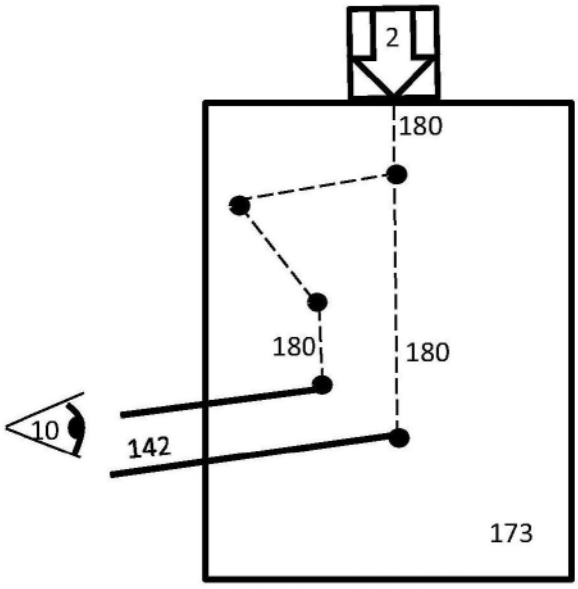


图18C

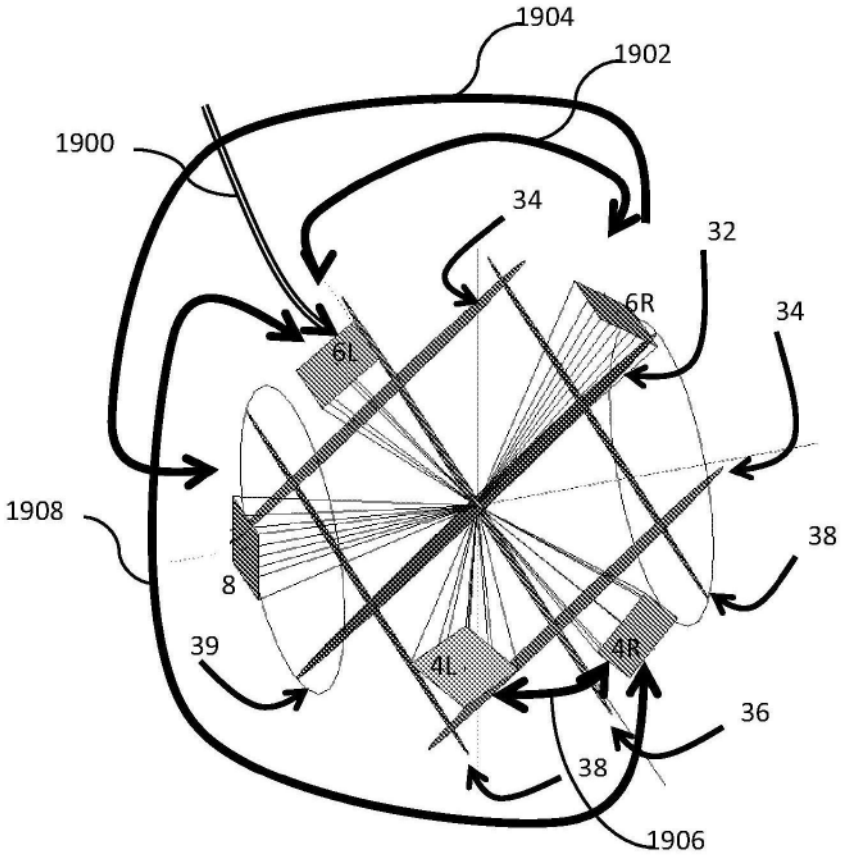

1904
1902
1900
34
32
6R
34
6L
1908
38
8
39
4L
4R
36
38
1906

图19A

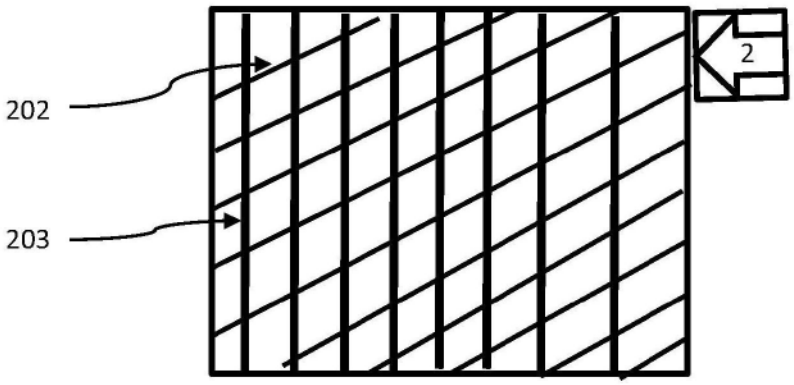

2
202
203

图19B

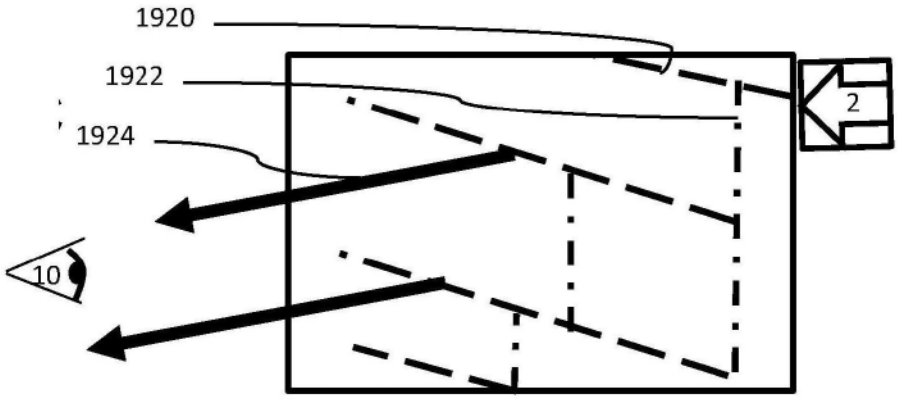

1920
1922
1924
2
10

图19C

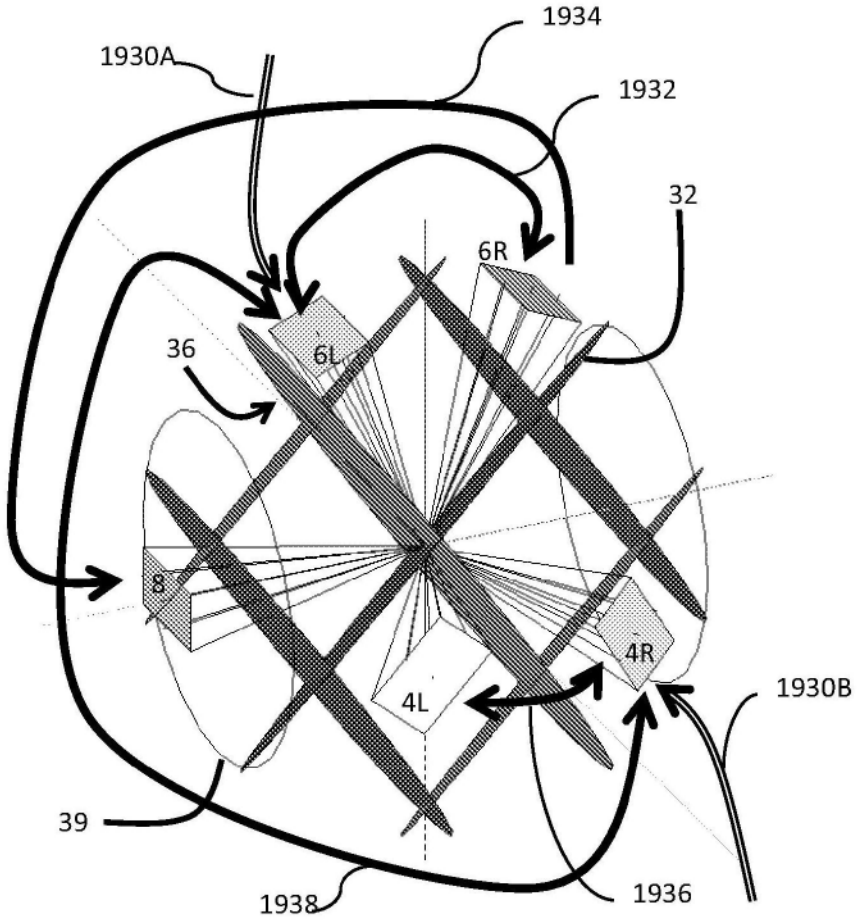

1934
1930A
1932
32
6R
36
6L
8
4R
4L
1930B
39
1938
1936

图20

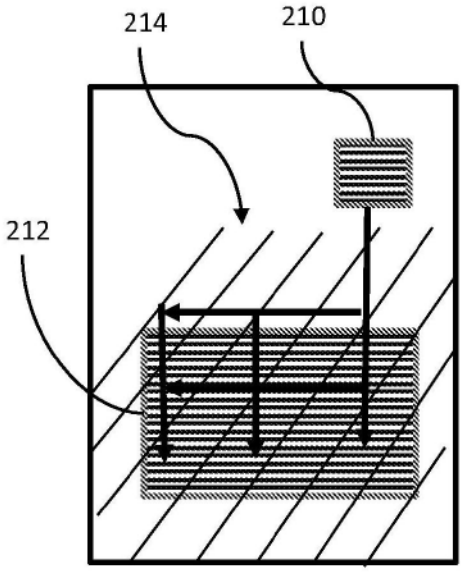


图21

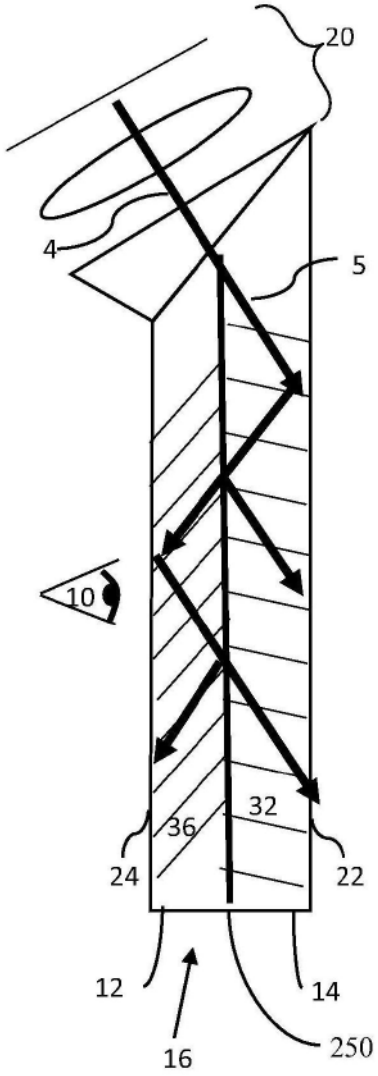


图22A

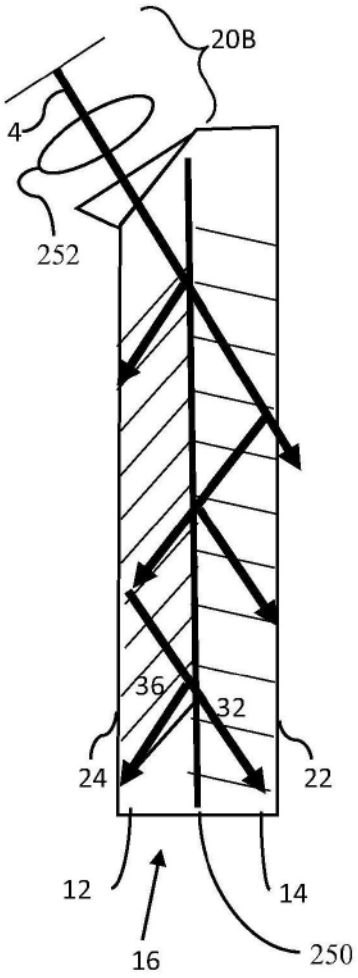


图22B

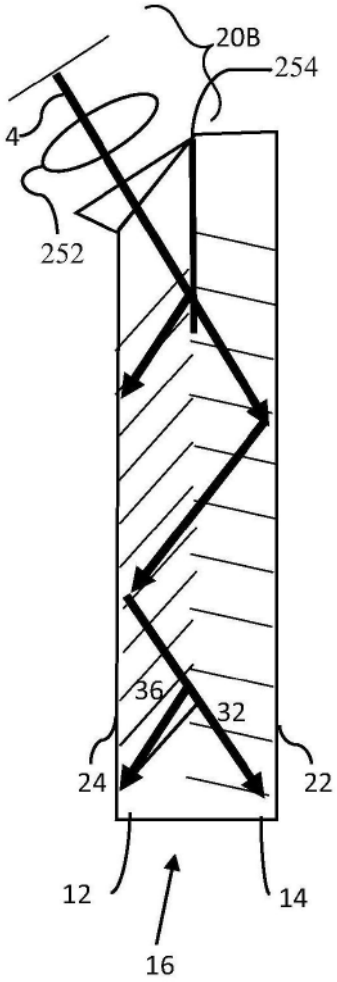


图22C

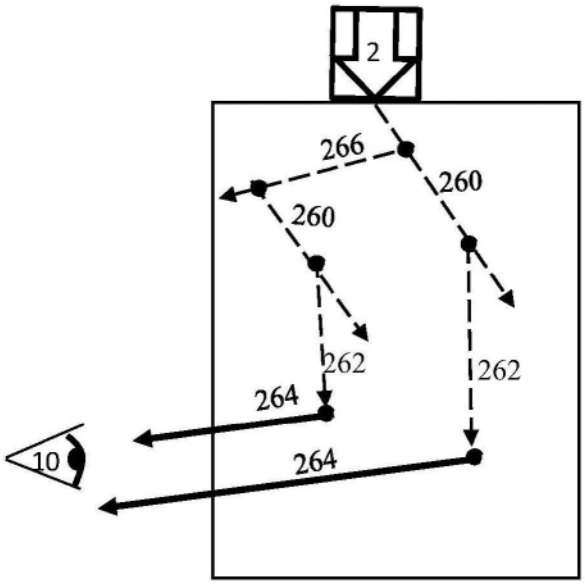


图23

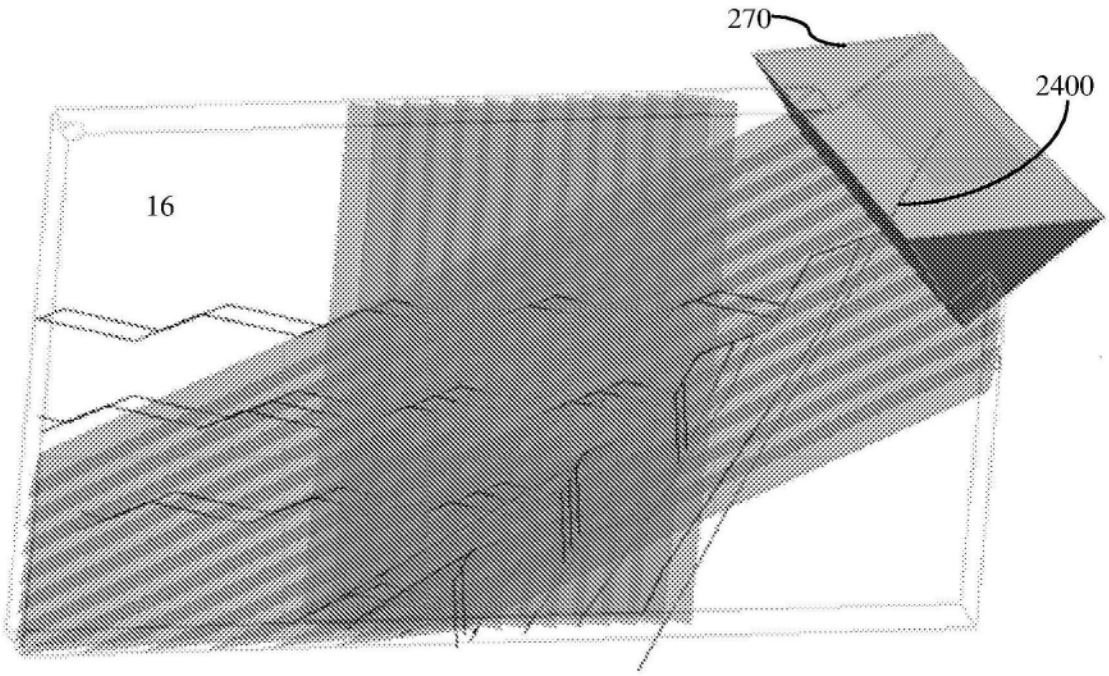


图24A

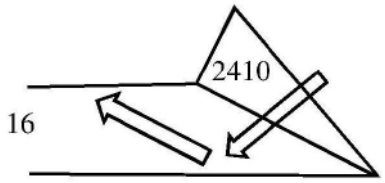


图24B

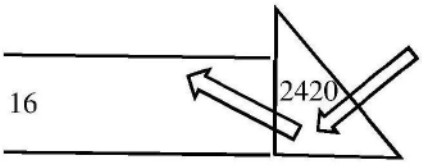


图24C

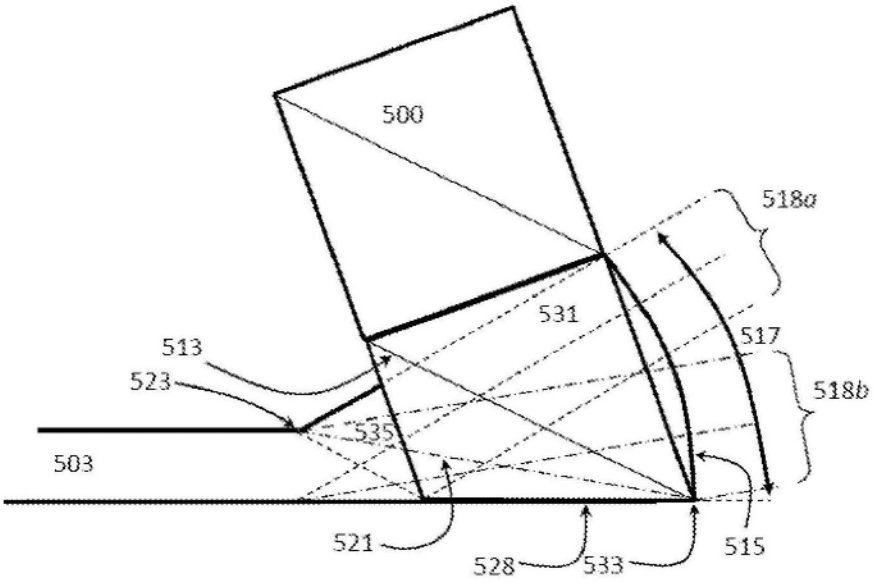

500
518a
531
513
523
517
518b
535
503
521
528
533
515

图24D

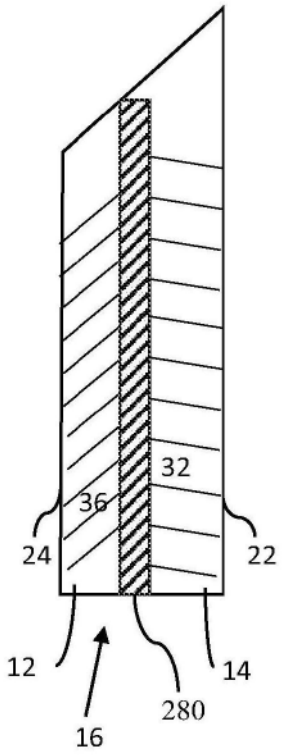

32
36
24
22
12
14
280
16

图25

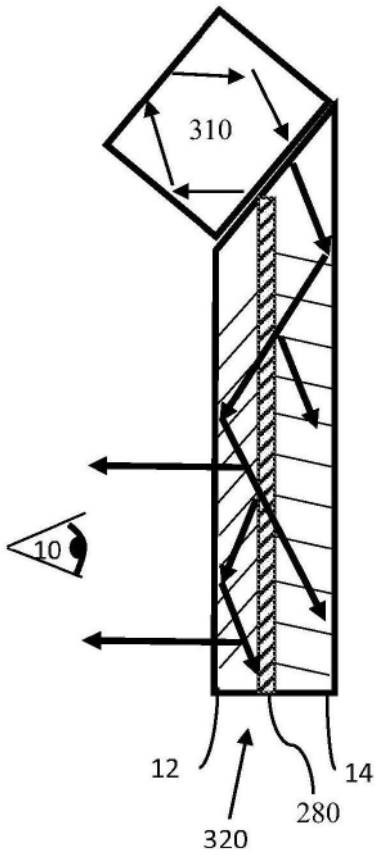


图26A

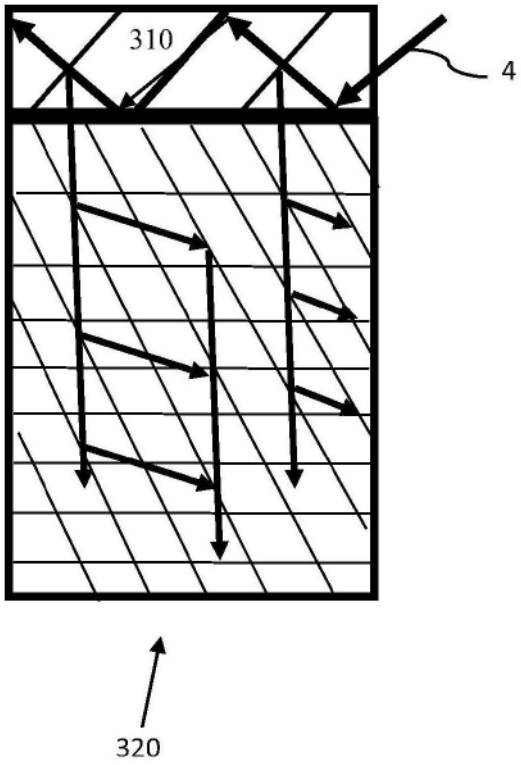


图26B

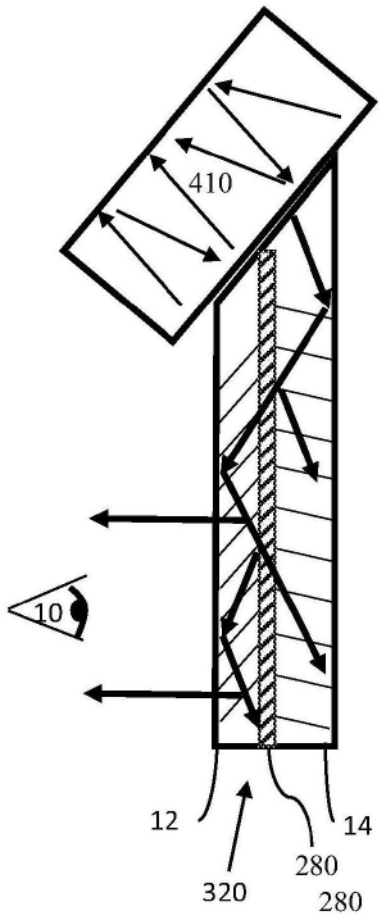


图27A

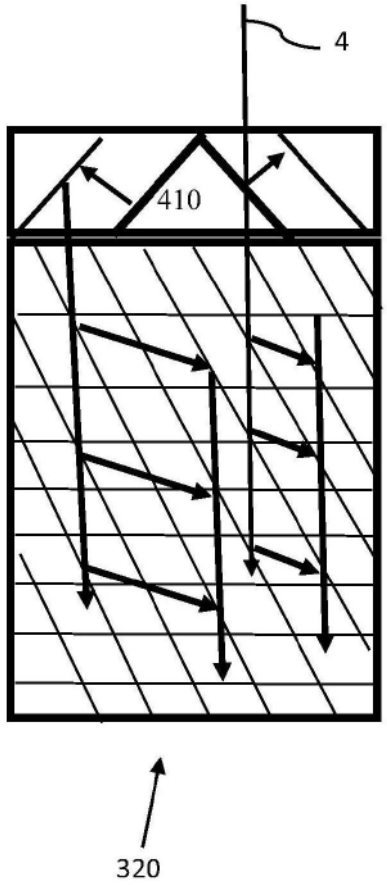


图27B

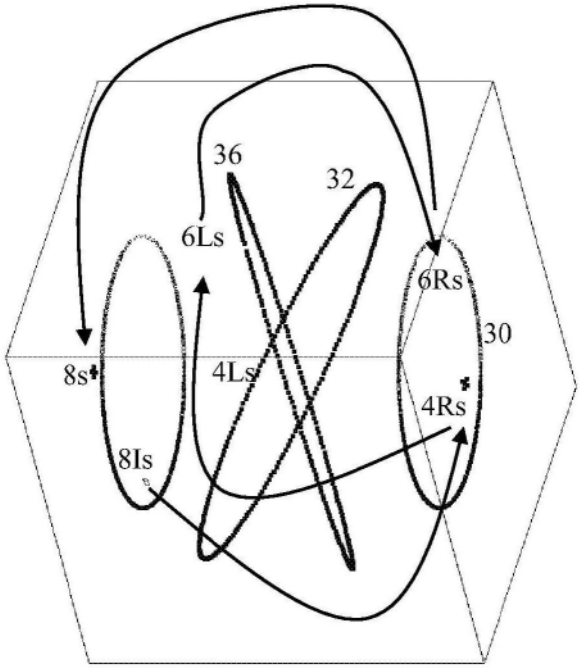


图28

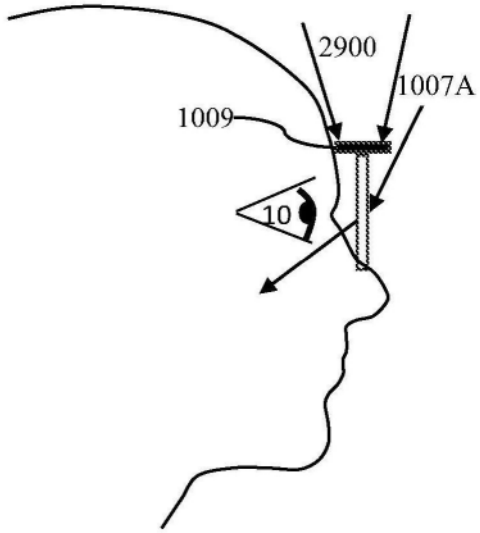


图29A

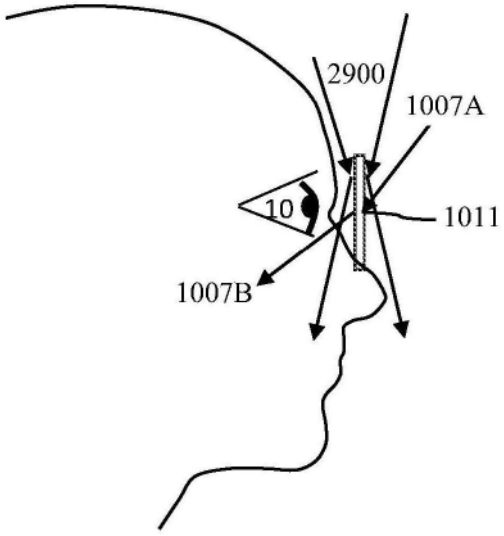


图29B

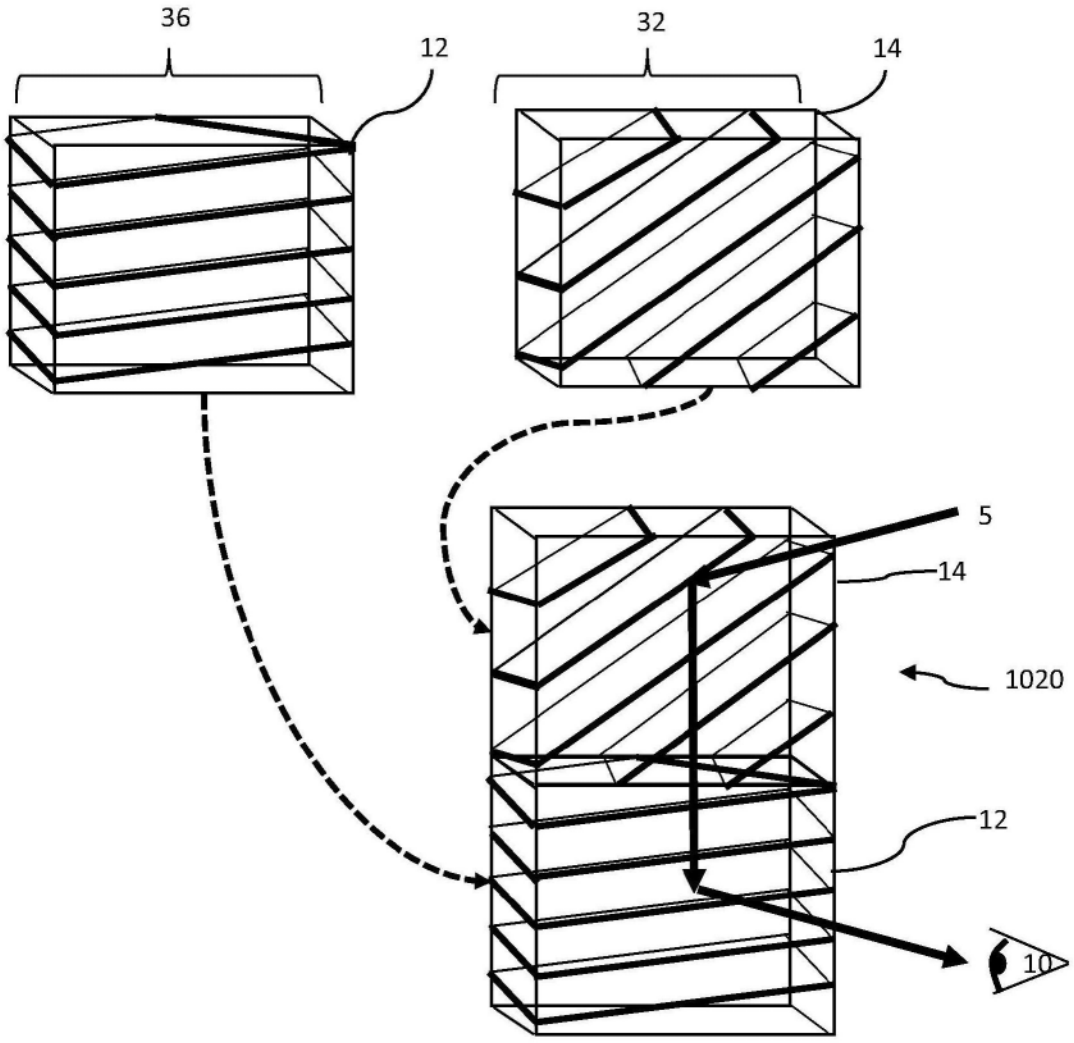


图30

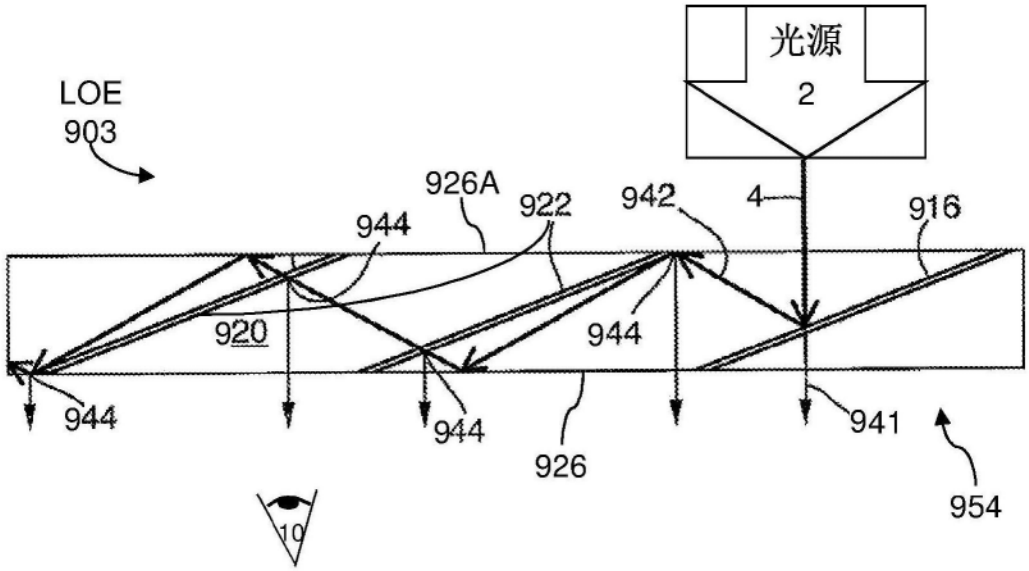

光源
2
LOE
903
926A
922
942
4
916
944
920
944
944
944
926
941
954
10

图31

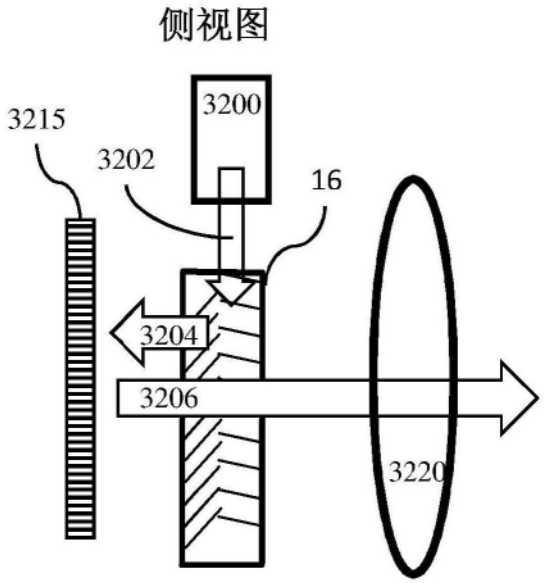

侧视图
3215
3200
3202
16
3204
3206
3220

图32A

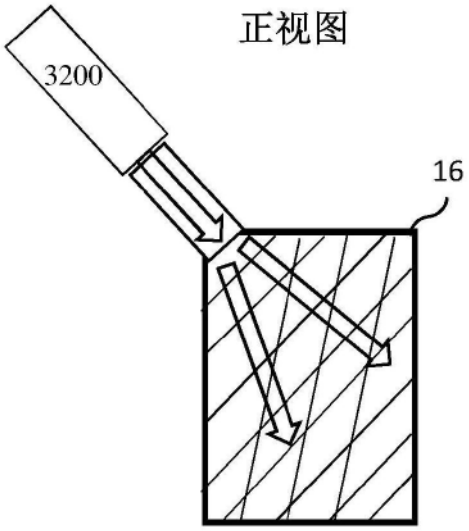


图32B