



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112817153 B
(45) 授权公告日 2022. 12. 02

(21) 申请号 202110006780.0
(22) 申请日 2021.01.05
(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112817153 A
(43) 申请公布日 2021.05.18

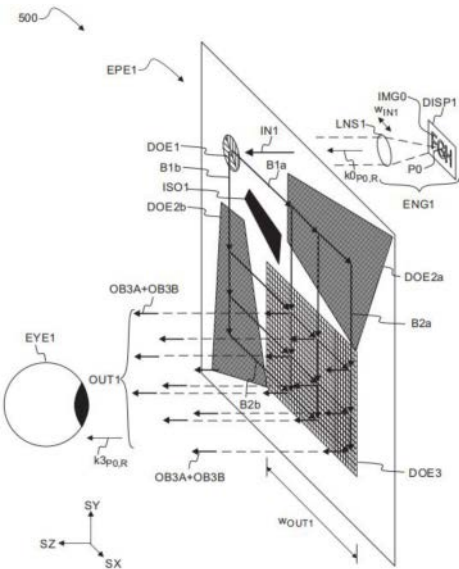
(51) Int.Cl.
G02B 27/01 (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)
审查员 姜欣利

(73) 专利权人 深圳市光舟半导体技术有限公司
地址 518000 广东省深圳市龙岗区平湖街道禾花社区富康路6号深业物流平湖中心厂房B(宝能智创谷B栋)5A27
(72) 发明人 塔帕尼·卡列沃·利沃拉 蒋厚强 朱以胜
(74) 专利代理机构 深圳市精英专利事务所 44242
专利代理师 武志峰

权利要求书3页 说明书15页 附图20页

(54) 发明名称
一种大视场角的光学扩瞳装置、显示装置及方法
(57) 摘要

本发明公开了一种大视场角的光学扩瞳装置、显示装置及方法,包含波导板,该波导板又包含:通过衍射输入光形成第一传导光和第二传导光的入瞳单元,通过衍射第一传导光形成第三传导光的第一扩瞳单元,通过衍射第二传导光形成第四传导光的第二扩瞳单元,以及通过衍射第三传导光形成第一输出光,并通过衍射第四传导光形成第二输出光的出瞳单元,所述出瞳单元将第一输出光与第二输出光组合而形成组合输出光;所述入瞳单元具有用于形成所述第一传导光的第一光栅周期和用于形成所述第二传导光的不同第二光栅周期。



1. 一种光学扩瞳装置(EPE1), 包含波导板(SUB1), 该波导板又包含:

- 入瞳单元(DOE1), 通过衍射输入光(IN1)形成第一传导光(B1a)和第二传导光(B1b),
- 第一扩瞳单元(DOE2a), 通过衍射第一传导光(B1a)形成第三传导光(B2a),
- 第二扩瞳单元(DOE2b), 通过衍射第二传导光(B1b)形成第四传导光(B2b), 以及
- 通过衍射第三传导光(B2a)形成第一输出光(OB3a), 并通过衍射第四传导光(B2b)形成第二输出光(OB3b)的出瞳单元(DOE3),

其中, 所述出瞳单元(DOE3)被设置为通过将第一输出光(OB3a)与第二输出光(OB3b)组合而形成组合输出光(OUT1),

其中, 所述入瞳单元(DOE1)具有用于形成所述第一传导光(B1a)的第一光栅周期(d_{1a}), 并且所述入瞳单元(DOE1)具有用于形成所述第二传导光(B1b)的不同的第二光栅周期(d_{1b});

所述第一扩瞳单元(DOE2a)具有用于形成所述第三传导光(B2a)的第三光栅周期(d_{2a}), 所述第二扩瞳单元(DOE2b)具有用于形成第四传导光(B2b)的第四光栅周期(d_{2b}), 其中第三光栅周期(d_{2a})不同于第四光栅周期(d_{2b});

所述输入光(IN1)对应于输入图像(IMG0), 并且所述输入图像(IMG0)的宽度($\Delta\phi$)大于预定限制(LIM1), 所述入瞳单元(DOE1)被设置为提供:

- 对应于输入图像(IMG0)的第一角落点(P1)的红光($B1a_{P1,R}$),

其中, 选择各单元(DOE1, DOE2a, DOE2b, DOE3)的光栅矢量($m_{1a}V_{1a}, m_{2a}V_{2a}, m_{3a}V_{3a}, m_{1b}V_{1b}, m_{2b}V_{2b}, m_{3b}V_{3b}$), 以便:

- 第一角落点(P1)的红光通过第二扩瞳单元(DOE2b)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3),
- 第一角落点(P1)的红光未通过第一扩瞳单元(DOE2a)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3);

或者, 所述输入光(IN1)对应于输入图像(IMG0), 并且所述输入图像(IMG0)的宽度($\Delta\phi$)大于预定限制(LIM1), 所述入瞳单元(DOE1)被设置为提供:

- 对应于输入图像(IMG0)的第一角落点(P1)的红光($B1a_{P1,R}$),

- 对应于输入图像(IMG0)的第二角落点(P2)的蓝光($B1b_{P2,B}$),

其中, 选择各单元(DOE1, DOE2a, DOE2b, DOE3)的光栅矢量($m_{1a}V_{1a}, m_{2a}V_{2a}, m_{3a}V_{3a}, m_{1b}V_{1b}, m_{2b}V_{2b}, m_{3b}V_{3b}$), 以便:

- 第一角落点(P1)的红光通过第二扩瞳单元(DOE2b)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3),
- 第一角落点(P1)的红光未通过第一扩瞳单元(DOE2a)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3),
- 第二角落点(P2)的蓝光通过第一扩瞳单元(DOE2a)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3), 并且
- 第二角落点(P2)的蓝光未通过第二扩瞳单元(DOE2b)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3);

入瞳单元(DOE1)的光栅矢量(V_{1a}, V_{1b})的方向之间的夹角为 60° 至 120° ;

出瞳单元(DOE3)的第一光栅周期(d_{3a})不同于出瞳单元(DOE3)的第二光栅周期(d_{3b}),以针对第一颜色优化第一路径,并且针对第二不同颜色优化第二路径;

光栅矢量的光栅周期(d)和方向(β)满足矢量和 $m_{1a}V_{1a} + m_{2a}V_{2a} + m_{3a}V_{3a}$ 为零的条件,其中 m_{1a}, m_{2a}, m_{3a} 为预定整数, V_{1a} 表示入瞳单元(DOE1)的光栅矢量, V_{2a} 表示第一扩瞳单元(DOE2a)的光栅矢量, V_{3a} 表示出瞳单元(DOE3)的光栅矢量;

波导板(SUB1)包含一个或多个光学隔离单元(IS01),以防止第一扩瞳单元(DOE2a)和第二扩瞳单元(DOE2b)之间的直接光学耦合,光学隔离单元(IS01)通过在波导板的表面上沉积吸收材料,和/或通过将吸收材料添加到波导板的区域中,和/或通过在波导板中形成一个或多个开口来实现;

第一扩瞳单元(DOE2a)被设置为,将第三传导光(B2a)分配到出瞳单元(DOE3)的第一出瞳区域(REG3a),第一出瞳区域(REG3a)将第三传导光(B2a)从波导板(SUB1)中衍射出去;第二扩瞳单元(DOE2b)被设置为,将第四传导光(B2b)分配到出瞳单元(DOE3)的第二出瞳区域(REG3b),第二出瞳区域(REG3b)将第四传导光(B2b)从波导板(SUB1)中衍射出去;

第一出瞳区域(REG3a)与第二出瞳区域(REG3b)重叠,第一出瞳区域(REG3a)和第二出瞳区域(REG3b)的公共重叠区域(COM1)将第三传导光(B2a)和第四传导光(B2b)从波导板(SUB1)中衍射出去,公共重叠区域(COM1)的面积大于出瞳单元(DOE3)的单侧面积的50%;

波导板(SUB1)具有厚度 t_{SUB1} ,波导板包含平面波导核心部分,波导板(SUB1)包含一个或多个覆层,一个或多个保护层和/或一个或多个机械支撑层,厚度 t_{SUB1} 指波导板(SUB1)的平面波导核心部分的厚度;

输出光(OUT1)包含多个输出光束,每个输出光束形成虚拟图像(VIMG1)的不同像点($P0', P1'$);

波导板(SUB1)具有第一主表面(SRF1)和第二主表面(SRF2),第一主表面(SRF1),第二主表面(SRF2)与参考方向SX和SY限定的平面基本平行;

入瞳单元(DOE1),第一扩瞳单元(DOE2a),第二扩瞳单元(DOE2b),出瞳单元(DOE3)分别包含一个或多个衍射光栅,以如上所述衍射光;

入瞳单元(DOE1)通过交叉光栅或两个线性光栅来实现,入瞳单元(DOE1)的第一区域包含第一衍射特征(F1a),同时入瞳单元(DOE1)的第二区域包含第二衍射特征(F1b);具有第一衍射特征(F1a)的第一线性光栅被设置在波导板(SUB1)的第一主表面(SRF1)上,并且具有第二衍射特征(F1b)的第二线性光栅被设置在波导板(SUB1)的第二主表面(SRF2)上,所述衍射特征是微小的脊或微小的突起;

出瞳单元(DOE3)具有第一光栅矢量(V_{3a}),以将扩展的第三传导光(B2a)耦合出波导板(SUB1),出瞳单元(DOE3)具有第二光栅矢量(V_{3b}),以将扩展的第四传导光(B2b)耦合出波导板(SUB1);出瞳单元(DOE3)具有第三衍射特征(F3a),以提供具有出瞳单元(DOE3)的第一光栅周期(d_{3a})和相对于参考方向SX的第一方向(β_{3a})的第一光栅;出瞳单元(DOE3)具有第四衍射特征(F3b),以提供具有出瞳单元(DOE3)的第二光栅周期(d_{3b})和相对于参考方向SX的第二方向(β_{3b})的第二光栅;出瞳单元(DOE3)通过交叉光栅或两个线性光栅来实现,具有第三衍射特征(F3a)的第一线性光栅(G3a)在波导板(SUB1)的第一主表面(SRF1)上实现,并且具有第四衍射特征(F3b)的第二线性光栅(G3b)在波导板(SUB1)的第二主表面(SRF2)上实现。

2. 根据权利要求1所述的光学扩瞳装置,其特征在于,

- 第一传导光 (B1a) 包含与输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 相对应的光 ($B1a_{p_0}$),
- 第二传导光 (B1b) 包含与输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 相对应的光 ($B1b_{p_0}$),
- 第三传导光 (B2a) 包含与输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 相对应的光 ($B2a_{p_0}$),
- 第四传导光 (B2b) 包含与输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 相对应的光 ($B2b_{p_0}$),

其中,所述出瞳单元 (DOE3) 被设置为:

- 通过衍射对应于输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 的光束形成第一输出光 (OB3a),
- 通过衍射对应于输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 的光束形成第二输出光 (OB3b)

其中,第一输出光 (OB3a) 和第二输出光 (OB3b) 沿与中心点 (P0) 相对应的方向 ($k0_{p_0}$) 传播。

3. 根据权利要求1所述的光学扩瞳装置,其特征在于,所述入瞳单元 (DOE1) 被设置为衍射输入光 (IN1),使得所述第一传导光 (B1a) 包含输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 的光,并且第二传导光 (B1b) 包含输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 的光,

其中,所述出瞳单元 (DOE3) 被设置为,将所述第一扩瞳单元 (DOE2a) 接收的第三传导光 (B2a) 衍射,使得第一输出光 (OB3a) 包含输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 的光,

其中,所述出瞳单元 (DOE3) 被设置为,将所述第二扩瞳单元 (DOE2b) 接收的第四传导光 (B2b) 衍射,使得第二输出光 (OB3b) 包含输入图像 (IMG0) 的中心点 (P0) 的光,

其中,第一输出光 (OB3a) 中的中心点 (P0) 的光的传播方向 ($k3_{p_0,R}$) 平行于输入光 (IN1) 中的中心点 (P0) 的光的传播方向 ($k0_{p_0,R}$),其中,第二输出光 (OB3b) 中的中心点 (P0) 的光的传播方向 ($k3_{p_0,R}$) 与输入光 (IN1) 中的中心点 (P0) 的光的传播方向 ($k0_{p_0,R}$) 平行。

4. 根据权利要求3所述的光学扩瞳装置,其特征在于,所述第一传导光 (B1a) 中的中心点 (P0) 的光沿着第一方向 ($k1a_{p_0}$) 传播,第二传导光 (B1b) 沿第二方向 ($k1b_{p_0}$) 传播,其中第一方向 ($k1a_{p_0}$) 与第二方向 ($k1b_{p_0}$) 之间的夹角 (γ_{AB}) 在 60° 至 120° 的范围内。

5. 一种显示装置 (500),其特征在于,包含光学引擎 (ENG1),以形成输入图像 (IMG0) 并将输入图像 (IMG0) 转换为输入光 (IN1) 的多个输入光束,该显示装置 (500) 包含根据权利要求1至4中的任一项的光学扩瞳装置 (EPE1),以使输入光 (IN1) 的输入光束通过衍射扩展来形成组合输出光 (OUT1) 的输出光束。

6. 一种光束扩展方法,其特征在于,包含使用根据权利要求1至4中的任一项所述的光学扩瞳装置 (EPE1) 来提供组合输出光 (OUT1)。

7. 一种图像显示方法,其特征在于,包含使用根据权利要求1至4中的任一项所述的光学扩瞳装置 (EPE1) 来显示虚拟图像 (VIMG1)。

一种大视场角的光学扩瞳装置、显示装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及大视场角的光学扩瞳装置、显示装置及方法,可以用于虚拟显示设备中。

背景技术

[0002] 参照图1,扩瞳装置EPE0包含波导板SUB01,该波导板又包含衍射入瞳单元DOE01,衍射扩瞳单元DOE02和衍射出瞳单元DOE03。一束输入光IN1在扩瞳装置EPE0中,通过多次衍射进行扩大,最后输出光OUT1。

[0003] 输入光IN1由光学引擎ENG1发出。光学引擎ENG1可以由微型显示器DISP1和准直光学器件LNS1组成。

[0004] 该衍射入瞳单元DOE01通过衍射,将输入光IN1衍射成第一传导光B1。通过衍射扩瞳单元DOE02使第一传导光B1衍射而形成扩展的第二传导光B2。通过所述衍射出瞳单元DOE03将扩展的第二传导光B2衍射为输出光OUT1。

[0005] 扩瞳装置EPE0可以在方向SX和在方向SY这两个方向上扩展光束。输出光OUT1的宽度远大于输入光IN1的宽度。扩瞳装置EPE0可以用于扩展虚拟显示设备的视瞳,以便于眼睛EYE1相对于虚拟显示设备的观察位置有更大的舒适观察位置(大eyebow,大眼动范围)。观察者的眼睛EYE1可以在输出光束的观察位置内看到完成的虚拟图像。输出光可以包含一个或多个输出光束,其中每个输出光束可以对应于显示的虚拟图像VIMG1的不同图像位置。扩瞳装置也可以称为例如扩瞳单元,扩瞳装置件等。

[0006] 虚拟图像VIMG1具有的角幅度为LIM1。图1是利用扩瞳装置EPE0实现显示全彩的虚拟图像VIMG1的方式,由于红色和蓝色对应的虚拟图像VIMG1的角落光线,在传输过程中无法满足波导板SUB01的全反射条件。因此,虚拟图像VIMG1的角落会出现缺少红色或者蓝色。

发明内容

[0007] 本发明提出一种新的扩瞳装置,同时提出一种扩展光束的方法,同时提出一种显示装置,并提出一种用于显示图像的方法,可以提供更大的视场角度(FOV)。

[0008] 根据外形结构,本发明提出了一种光学扩瞳装置(EPE1),关键部分如下:

[0009] 波导板(SUB1),包含:

[0010] -入瞳单元(DOE1),通过入瞳单元(DOE1)衍射输入光(IN1)从而形成第一传导光(B1a)和第二传导光(B1b);

[0011] -第一扩瞳单元(DOE2a),通过衍射第一传导光(B1a)从而形成第三传导光(B2a);

[0012] -第二扩瞳单元(DOE2b),通过衍射第二传导光(B1b)从而形成第四传导光(B2b);

以及

[0013] -出瞳单元(DOE3),通过衍射第三传导光(B2a)从而形成第一输出光(OUT3a),同时通过衍射第四传导光(B2b)从而形成第二输出光(OUT3b);

[0014] 其中,出瞳单元(DOE3)将第一输出光(0B3a)和第二输出光(0B3b)进行组合,形成组合输出光(OUT1);其中,所述入瞳单元(DOE1)具有用于形成所述第一传导光(B1a)的第一光栅周期(d_{1a}),并且所述入瞳单元(DOE1)具有用于形成所述第二传导光(B1b)的不同的第二光栅周期(d_{1b})。

[0015] 其他实施例定义在权利要求当中。

[0016] 本发明的各个实施例所寻求的保护范围由独立权利要求规定。本发明中描述的不属于独立权利要求范围的实施例(如果有的话)将被解释为有助于理解本发明的各种实施例的示例。

[0017] 扩瞳装置可以用于显示彩色图像,其中,彩色图像的显示宽度得到增加。彩色图像可以是RGB图像,包含红(R)光,绿(G)光和蓝(B)光。

[0018] 增加显示图像的宽度可能会导致显示图像角落点的蓝光和/或红光泄漏。换句话说,扩瞳装置的入瞳单元形成的红光或蓝光,它们不能全部通过全内反射被限制在波导板内。

[0019] 扩瞳装置可以设计成包含两条不同的光路,以便克服波导板在传输宽图像时,对应的传导方向上不同颜色的光的限制。

[0020] 扩瞳装置可以将输入光分开,分别以经由第一路径和经由第二路径传播到出瞳单元。第一路径可以通过第一扩瞳单元实现从入瞳单元到出瞳单元。第二路径可以通过第二扩瞳单元实现从入瞳单元到出瞳单元。通过优化第一路径,用于传播角落点的蓝光,同时通过优化第二路径,用于传播角落点的红光。因此,扩瞳装置可以使得显示图像的红色和蓝色,在所有角落点都显示正常。角落的红光至少可以通过一条路径被传导,并且角落的蓝光至少可以通过一条路径被传导。

[0021] 当需要优化和显示图像的角幅度增大时,第一路径可能在所显示图像的角落点有红光损失,第二路径可能在所显示图像的角落点有蓝光损失。然而,沿第二路径传播的红光可以至少部分地补偿来自第一路径的红光的损失。沿着第一路径传播的蓝光可以至少部分地补偿来自第二路径的蓝光的损失。

[0022] 入瞳单元可以包含第一衍射特征,以将光衍射到第一扩瞳单元。入瞳单元可以包含第二衍射特征,以将光衍射到第二扩瞳单元。所述第一衍射特征可以具有第一光栅周期,并且所述第二衍射特征可以具有不同的第二光栅周期。可以选择第一光栅周期以确保角落点的蓝色传导光被限制在波导板内。可以选择第二光栅周期以确保角落点的红色传导光被限制在波导板内。所述第一衍射特征可以具有第一方向,并且所述第二衍射特征可以具有不同的第二方向。

[0023] 两条路径可以一起至少部分地补偿所显示图像的角落点的颜色偏差。两条路径可以减少或避免宽的彩色显示图像的角落点的颜色错误。两条路径可以改善宽的彩色显示图像的颜色均匀性。

[0024] 出瞳单元可以通过衍射沿着第一路径传播的第三传导光,来形成第一输出光。被衍射的第三传导光来自第一扩瞳单元。出瞳单元可以通过衍射沿着第二路径传播的第四传导光来形成第二输出光。被衍射的第四传导光来自第二扩瞳单元。第一输出光可以在空间上与第二输出光重叠。通过将第一输出光与第二输出光组合,在出瞳单元处形成组合的输出光。

[0025] 出瞳单元可以包含第一衍射特征,以衍射从第一扩瞳单元接收的传导光。出瞳单元可以包含第二衍射特征,以衍射从第二扩瞳单元接收的传导光。所述第一衍射特征可以具有第一光栅周期,并且所述第二衍射特征可以具有不同的第二光栅周期。可以选择第一光栅周期以确保角落点的蓝色传导光被限制在波导板内。可以选择第二光栅周期以确保角落点的红色传导光被限制在波导板内。所述第一衍射特征可以具有第一方向,并且所述第二衍射特征可以具有不同的第二方向。第一衍射特征对于从第二扩瞳单元接收的光的耦合出瞳效率,可能非常低或可忽略。第二衍射特征对于从第一扩瞳单元接收的光的耦合出瞳效率,可能非常低或可忽略。

附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本发明实施例技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0027] 图1为现有的一种扩瞳装置20的结构示意图;

[0028] 图2a-图2e为以三维视图表示利用光学引擎形成入射光线的示例;

[0029] 图2f为以三维视图表示虚拟图像的显示过程示例;

[0030] 图2g为虚拟图像的水平角幅度(角宽度)示例;

[0031] 图2h为虚拟图像的俯仰角幅度(角高度)示例;

[0032] 图3a为对入瞳光线提供两条不同路径的扩瞳装置的正面视图示例;

[0033] 图3b为扩瞳装置中出瞳单元的不同出瞳区域的正面视图示例;

[0034] 图4a为以三维视图表示包含扩瞳装置的显示装置示例;

[0035] 图4b为以三维视图表示通过第一输出光和第二输出光叠加形成组合输出光的示例;

[0036] 图4c为以截面图表示包含扩瞳装置的显示装置示例;

[0037] 图5为本发明实施例中扩瞳装置标注了相关尺寸和结构细节的正视图;

[0038] 图6a为本发明实施例中沿扩瞳装置第一路径传播的蓝光波矢的矢量图示例;

[0039] 图6b为本发明实施例中沿扩瞳装置第一路径传播的红光波矢的矢量图示例;

[0040] 图6c为本发明实施例中图像角落点的蓝光波矢的矢量图示例;

[0041] 图6d为本发明实施例中图像角落点的蓝光波矢的矢量图示例;

[0042] 图6e为本发明实施例中图像角落点的红光波矢的矢量图示例;

[0043] 图6f为本发明实施例中图像角落点的红光波矢的矢量图示例;

[0044] 图6g为本发明实施例中通过将输入光束耦合到波导板中形成第一传导光,其中第一传导光的倾斜角接近全内反射的临界角;

[0045] 图6h为本发明实施例中通过将输入光束耦合到波导板中形成第一传导光,其中第一传导光的倾斜角度接近90度;

[0046] 图6i为本发明实施例中第一传导光的波矢角度与输入光的波矢角度之间的关系;

[0047] 图7a为本发明实施例中沿扩瞳装置第二路径传播的蓝光波矢的矢量图示例;

[0048] 图7b为本发明实施例中沿扩瞳装置第二路径传播的红光波矢的矢量图示例;

[0049] 图7c为本发明实施例中图像角落点的蓝光波矢的矢量图示例;

- [0050] 图7d为本发明实施例中图像角落点的蓝光波矢的矢量图示例；
 [0051] 图8a为本发明实施例中扩瞳装置的第一角落点的光线传播方式示例；
 [0052] 图8b为本发明实施例中扩瞳装置的中心点的光线传播方式示例；
 [0053] 图8c为本发明实施例中扩瞳装置的第三角落点的光线传播方式示例；
 [0054] 图8d为本发明实施例中扩瞳装置的第二角落点的光线传播方式示例；
 [0055] 图8e为本发明实施例中扩瞳装置的第四角落点的光线传播方式示例。

具体实施方式

[0056] 如图2a至2e所示,光学引擎ENG1可以由显示器DISP1和准直光学器件LNS1组成。显示器DISP1可以被设置为显示输入图像IMG0。显示器DISP1也可以被称为微型显示器或微显示器。显示器DISP1也可以被称为空间强度调制器。输入图像IMG0也可以被称为图像源。

[0057] 输入图像IMG0可以包含中心点P0和四个角落点P1,P2,P3,P4。P1可以表示左上角落点。P2可以表示右上角落点。P3可以表示左下角落点。P4可以表示右下角落点。输入图像IMG0可以包含图形字符例如,“F”,“G”和“H”。

[0058] 输入图像IMG0可以是彩色图像。输入图像IMG0可以是例如,RGB图像,其可以包含红色局部图像,绿色局部图像和蓝色局部图像。每个图像点可以提供例如红光,绿光和/或蓝光。红色光束的光可以具有红色,例如,波长650nm,绿色光束的光可以具有绿色,例如,波长510nm。蓝色光束的光可以具有蓝色,例如,波长470nm。特别是,彩色图像IMG0的角落点的光可以包含红光和蓝光。

[0059] 光学引擎ENG1可以提供输入光IN1,其可以包含多个基本准直的光束(B0)。每个红色光束可以沿不同方向传播,并且可以对应于输入图像IMG0的不同点。例如,红色光束 $B0_{P1,R}$ 可以对应于图像点P1,并且在波矢 $k0_{P1,R}$ 的方向上传播。

[0060] 而且,蓝色光束($B0_{P1,B}$)可以对应于相同的图像点P1,并且在波矢($k0_{P1,B}$)的方向上传播。

[0061] 输入光IN1中,输入图像IMG0的第一角落点P1相对应的蓝色光束($B0_{P1,B}$)的传播方向($k0_{P1,B}$)可以平行于第一角落点P1相对应的红色光束($B0_{P1,R}$)的传播方向($k0_{P1,R}$)。

[0062] 输入光IN1中,输入图像IMG0的第二角落点P2相对应的蓝色光束($B0_{P2,B}$)的传播方向($k0_{P2,B}$)可以平行于第二角落点P2相对应的红色光束($B0_{P2,R}$)的传播方向($k0_{P2,R}$)。

[0063] 红色光束 $B0_{P2,R}$ 可以对应于图像点P2,并且在波矢 $k0_{P2,R}$ 的方向上传播。红色光束 $B0_{P3,R}$ 可以对应于图像点P3,并且在波矢 $k0_{P3,R}$ 的方向上传播。红色光束 $B0_{P4,R}$ 可以对应于图像点P4,并且在波矢 $k0_{P4,R}$ 的方向上传播。红色光束 $B0_{P0,R}$ 可以对应于中心图像点P1,并且在波矢 $k0_{P0,R}$ 的方向上传播。

[0064] 光的波矢(k)可以被定义为具有所述光的传播方向的矢量,并具有由 $2\pi/\lambda$ 给出的幅度,其中 λ 是所述光的波长。

[0065] 参照图2f,输出光OUT1(即组合输出光OUT1)可以包含多个输出光束,其可以对应于所显示的虚拟图像VIMG1。每个输出光束可以对应于图像的点。例如,在波矢 $k3_{P0,R}$ 的方向上传播的红色光束可以对应于虚拟图像VIMG1的点P0'。在波矢 $k3_{P1,R}$ 的方向上传播的红色光束可以对应于虚拟图像VIMG1的点P1'。沿波矢 $k3_{P2,R}$ 的方向传播的红色光束可以对应于虚拟图像VIMG1的点P2'。在波矢 $k3_{P3,R}$ 的方向上传播的红色光束可以对应于虚拟图像VIMG1

的点P3'。在波矢 $k_{P4,R}$ 的方向上传播的红色光束可以对应于虚拟图像VIMG1的点P4'。

[0066] 扩瞳装置EPE1可以通过扩展光学引擎ENG1的出射光瞳来形成输出光OUT1。输出光OUT1可以包含多个输出光束,其对应于所显示的虚拟图像VIMG1。输出光束OUT1可以照射在观察者的眼睛EYE1上,使得观察者可以看到显示的虚拟图像VIMG1。

[0067] 显示的虚拟图像VIMG1可以具有中心点P0'和四个角落点P1',P2',P3',P4'。输入光IN1可以包含与输入图像IMG0的点P0,P1,P2,P3,P4相对应的多个光束。扩瞳装置EPE1可以通过衍射和传导来自输入图像IMG0的点P0的光以形成所显示的虚拟图像VIMG1的点P0'。扩瞳装置EPE1可以分别通过衍射和传导来自点P1,P2,P3,P4的光以形成点P1',P2',P3',P4'。

[0068] 扩瞳装置EPE1可以形成输出光OUT1,其包含在由波矢 $k_{P0,R}$, $k_{P1,R}$, $k_{P2,R}$, $k_{P3,R}$, $k_{P4,R}$ 等指定的不同方向上传播的多个光束。

[0069] 对应于所显示的虚拟图像VIMG1的点P0'的红色光束具有波矢 $k_{P0,R}$ 。对应于虚拟图像VIMG1的点P1'的红色光束具有波矢 $k_{P1,R}$ 。对应于虚拟图像VIMG1的点P2'的红色光束具有波矢 $k_{P2,R}$ 。对应于虚拟图像VIMG1的点P3'的红色光束具有波矢 $k_{P3,R}$ 。对应于虚拟图像VIMG1的点P4'的红色光束具有波矢 $k_{P4,R}$ 。

[0070] 扩瞳单元EPE1可以被设计成,使得波矢 $k_{P1,R}$ 与输入光IN1中的点P1的红色光束的波矢 $k_{P1,R}$ 平行。波矢 $k_{P0,R}$ 可以与输入光IN1中的点P0的波矢 $k_{P0,R}$ 平行。波矢 $k_{P2,R}$ 可以与输入光IN1中的点P2的波矢 $k_{P2,R}$ 平行。波矢 $k_{P3,R}$ 可以与输入光IN1中的点P3的波矢 $k_{P3,R}$ 平行。波矢 $k_{P4,R}$ 可以与输入光IN1中的点P4的波矢 $k_{P4,R}$ 平行。

[0071] 在图2g和2h中,所显示的虚拟图像VIMG1具有角宽度 $\Delta\phi$ 和角高度 $\Delta\theta$ 。

[0072] 显示的虚拟图像VIMG1可以具有例如在虚拟图像VIMG1的左侧的第一个角落点P1',以及例如在虚拟图像VIMG1的右侧的第二个角落点P2'。虚拟图像VIMG1的角宽度可以等于角落点P1',P2'的波矢 $k_{P1,R}$, $k_{P2,R}$ 之间的水平夹角。

[0073] 显示的虚拟图像VIMG1可以具有上方的角落点P1'和下方的角落点P3'。虚拟图像VIMG1的角高度 $\Delta\theta$ 可以等于角落点P1',P3'的波矢 $k_{P1,R}$, $k_{P3,R}$ 之间的垂直夹角。

[0074] 扩瞳装置EPE1的两条路径可以允许显示宽的彩色虚拟图像VIMG1。扩瞳装置EPE1的两条路径可以允许显示具有扩展的角宽度 $\Delta\phi$ 的彩色虚拟图像VIMG1。

[0075] 可通过方位角 ϕ 和 θ 以指定波矢的方向。角度 ϕ 可以表示波矢与参考平面REF1之间的角度。参考平面REF1可以被定义为方向SZ和SY的平面。角度 θ 可以表示波矢与参考平面REF2之间的角度。参考平面REF2可以被定义为方向SZ和SX的平面。

[0076] 参照图3a,扩瞳装置EPE1可以包含基本是平面的波导板SUB1,波导板SUB1又包含入瞳单元DOE1,第一扩瞳单元DOE2a,第二扩瞳单元DOE2b和出瞳单元DOE3。所用到的光栅单元可以在波导板SUB1的第一表面上或第二表面上。

[0077] 入瞳单元DOE1可以接收输入光IN1,而出瞳单元DOE3可以提供输出光OUT1。输入光IN1可以包含在不同方向上传播的多个光束。输出光OUT1可以包含由输入光IN1中的光束(B0)形成的多个扩展光束。

[0078] 输出光OUT1的宽度 w_{OUT1} 可以大于输入光IN1的宽度 w_{IN1} 。扩瞳装置EPE1可以在二维上(例如,沿水平方向SX和沿垂直方向SY)扩展输入光IN1。扩展过程也可以称为扩瞳。扩瞳

装置EPE1可以称为束扩瞳装置或出射光瞳扩瞳装置。

[0079] 入瞳单元DOE1可以通过衍射输入光IN1来形成第一传导光B1a和第二传导光B1b。第一传导光B1a和第二传导光B1b可以在平面的波导板SUB1内传播。第一传导光B1a和第二传导光B1b可以通过全内反射限制在波导板SUB1内。

[0080] 术语“传导”可以表示光在平面的波导板SUB1内传播,从而通过全内反射(TIR)将光束限制在波导板内。术语“传导”可以表示与术语“波导”相同的含义。

[0081] 入瞳单元DOE1可以经由两个不同的路径,即经由第一扩瞳单元DOE2a和第二扩瞳单元DOE2b,耦合输入光IN1以传播至出瞳单元DOE3。通过光学耦合进入瞳单元DOE1再经由第一扩瞳单元DOE2a,最后到出瞳单元DOE3。同样可以通过光学耦合进入瞳单元DOE1再经由第二扩瞳单元DOE2b,最后到出瞳单元DOE3。扩瞳装置EPE1可以提供从入瞳单元DOE1经由第一扩瞳单元DOE2a到出瞳单元DOE3的第一路径。扩瞳装置EPE1可以提供从入瞳单元DOE1经由第二扩瞳单元DOE2b到出瞳单元DOE3的第二路径。第一路径可以表示从入瞳单元DOE1到出瞳单元DOE3,并且经过第一扩瞳单元DOE2a的光路。第二路径可以指的是从入瞳单元DOE1到出瞳单元DOE3,并且经过第二扩瞳单元DOE2b的光路。

[0082] 第一传导光B1a可以主要沿着第一方向DIR1a,从入瞳单元DOE1传播到第一扩瞳单元DOE2a。第一扩瞳单元DOE2a可以通过使第一传导光B1a衍射而形成第三传导光B2a。第三传导光B2a的横向尺寸可以大于输入光IN1的相应横向尺寸。第三传导光B2a也可以被称为扩展的传导光B2a。

[0083] 扩展的传导光B2a可以从第一扩瞳单元DOE2a传播到出瞳单元DOE3。可以通过全内反射将扩展的传导光B2a限制在波导板SUB1内。

[0084] 出瞳单元DOE3可以通过衍射扩展的传导光B2a从而形成第一输出光OB3a。

[0085] 第二传导光B1b可以主要沿着第二方向DIR1b,从入瞳单元DOE1传播到第二扩瞳单元DOE2b。第二扩瞳单元DOE2b可以通过使第二传导光B1b衍射而形成第四传导光B2b。第四传导光B2a的横向尺寸可以大于输入光IN1的相应横向尺寸。第四传导光B2b也可以被称为扩展的传导光B2b。

[0086] 扩展的传导光B2b可以从第二扩瞳单元DOE2b传播到出瞳单元DOE3。可以通过全内反射将扩展的传导光B2b限制在波导板SUB1内。出瞳单元DOE3可以通过衍射扩展的传导光B2b来形成第二输出光OB3b。

[0087] 出瞳单元DOE3可以对从第一扩瞳单元DOE2a接收的第三传导光B2a进行衍射,同时,出瞳单元DOE3可以对从第二扩瞳单元DOE2b接收的第四传导光B2b进行衍射。

[0088] 第一方向DIR1a可以表示第一传导光B1a的平均传播方向。第一方向DIR1a也可以表示第一传导光B1a传播的中心轴。

[0089] 第二方向DIR1b可以表示第二传导光B1b的平均传播方向。第二方向DIR1b也可以表示第二传导光B1b传播的中心轴。

[0090] 第一方向DIR1a和第二方向DIR1b之间的角度 γ_{1ab} 可以是60°至120°范围内。

[0091] 扩展的传导光B2a可以在第三方向DIR2a上传播,该第三方向可以是大致平行于第二方向DIR1b。扩展的传导光B2b可以在第四方向DIR2b上传播,该方向可以是大致平行于第一方向DIR1a。

[0092] 波导板SUB1可以包含一个或多个光学隔离单元IS01,以防止第一扩瞳单元DOE2a

和第二扩瞳单元DOE2b之间的直接光学耦合。光学隔离单元ISO1,可以通过在波导板的表面上沉积(黑色)吸收材料,或(和)通过将(黑色)吸收材料添加到波导板的区域中,或(和)通过在波导板中形成一个或多个开口来实现。

[0093] SX,SY和SZ是正交的方向。波导板SUB1可以与SX和SY限定的平面平行。

[0094] 参照图3b,第一扩瞳单元DOE2a可以被设置为,将第三传导光B2a分配到出瞳单元DOE3的第一出瞳区域REG3a。第一出瞳区域REG3a可以把第三传导光B2a从波导板SUB1中衍射出去。第二扩瞳单元DOE2b可以设置为将第四传导光B2b分配到出瞳单元DOE3的第二出瞳区域REG3b。第二出瞳区域REG3b可以将第四传导光B2b从波导板SUB1中衍射出去。

[0095] 第一出瞳区域REG3a可以与第二出瞳区域REG3b重叠。第一出瞳区域REG3a和第二出瞳区域REG3b的公共重叠区域COM1可以将第三传导光B2a和第四传导光B2b从波导板SUB1中衍射出去。公共重叠区域COM1的面积可以大于出瞳单元DOE3的单侧面积的50%,大于70%则更好。

[0096] 参照图4a至图4c,扩瞳装置EPE1可以通过衍射并传导从光学引擎ENG1获得的输入光IN1来形成输出光OUT1。显示装置500可以包含光学引擎ENG1和扩瞳装置EPE1。

[0097] 输入光IN1可以包含在不同方向上传播的多个光束。输入光IN1的每个光束可以对应于输入图像IMG0的不同点。输出光OUT1可以包含在不同方向上传播的多个光束。输出光OUT1的每个光束可以对应于所显示的虚拟图像VIMG1的不同点。扩瞳单元EPE1可以由输入光IN1形成输出光OUT1,使得输出光OUT1的光束的方向和强度对应于输入图像IMG0的点。

[0098] 输入光IN1的光束可以对应于显示图像的单个图像点(P0)。扩瞳装置EPE1可以从由输入光IN1的光束形成输出光束,使得输出光束的方向($k_{3,P0,R}$)平行于相应输入光IN1的光束的方向($k_{0,P0,R}$)。

[0099] 显示装置500可以包含光学引擎ENG1,以形成主图像IMG0(即输入图像IMG0)并将主图像IMG0转换成输入光IN1的多个光束。光学引擎ENG1的光可以从扩瞳装置EPE1的入瞳单元DOE1耦入。输入光IN1可以从扩瞳装置EPE1的入瞳单元DOE1耦入。显示装置500可以是用于显示虚拟图像的显示设备。显示装置500也可以是近视眼光学设备。

[0100] 扩瞳装置EPE1可以将虚拟图像的内容从光学引擎ENG1传播到用户的眼睛EYE1前面。扩瞳装置EPE1可以扩展视瞳,从而扩大了eyebbox。

[0101] 光学引擎ENG1可以包含微显示器DISP1以生成主图像IMG0。微型显示器DISP1可以包含发光像素的二维阵列。显示器DISP1可以产生例如主图像IMG0,分辨率为 1280×720 。显示器DISP1可以产生例如主图像IMG0,分辨率为 1920×1080 (Full HD)。显示器DISP1可以产生例如主图像IMG0,分辨率为 3840×2160 (4KUHD)。主图像IMG0可以包含多个图像点P0, P1, P2, ...。光学引擎ENG1可以包含准直光学器件LNS1,以形成与每个图像像素不同的光束。光学引擎ENG1可以包含准直光学器件LNS1,以从图像点P0的光形成基本准直的光束。与图像点P0相对应的光束可以在波矢 $k_{0,P0,R}$ 指定的方向上传播。对应于不同图像点P1的光束可以沿与方向 $k_{0,P0,R}$ 不同的方向 $k_{0,P1,R}$ 传播。

[0102] 光学引擎ENG1可以提供与所生成的主图像IMG0相对应的多个光束。由光学引擎ENG1提供的一个或多个光束可以耦合到扩瞳装置EPE1中,并作为输入光IN1。

[0103] 光学引擎ENG1可以包含例如一个或多个发光二极管(LED)。显示器DISP1可以包含一台或多台微显示器成像仪,例如硅基液晶(LCOS),液晶显示器(LCD),数字微镜器件

(DMD)。

[0104] 出瞳单元DOE3可以通过衍射从第一扩瞳单元DOE2a接收的第三传导光B2a,来形成第一输出光OB3a。出瞳单元DOE3可以通过衍射第二扩瞳单元DOE2b接收的第四传导光B2b,来形成第二输出光OB3b。通过将第一输出光OB3a与第二输出光OB3b组合,在出瞳单元DOE3可以形成组合的输出光OUT1。

[0105] 扩瞳装置EPE1可以被设置为成,使得第一输出光OB3a中的给定图像点(例如,P0)的光的方向与第二输出光OB3b中的给定图像点(P0)的光的方向平行。因此,将第一输出光OB3a与第二输出光OB3b组合,可以形成对应于给定像点(P0)的组合光束。

[0106] 每个单元DOE1,DOE2a,DOE2b,DOE3可包含一个或多个衍射光栅,具有前面所述的衍射功能。

[0107] 可以选择光学单元DOE1,DOE2a,DOE2b,DOE3的衍射周期(d)和衍射光栅的方向(β),使得输出光OUT1的每个光束的方向可以平行于输入光IN1的对应光束的方向。

[0108] 光栅矢量的光栅周期(d)和方向(β)可以满足,对于预定整数 m_{1a}, m_{2a}, m_{3a} ,矢量和($m_{1a}V_{1a} + m_{2a}V_{2a} + m_{3a}V_{3a}$)为零的条件。 V_{1a} 表示入瞳单元DOE1的光栅矢量。 V_{2a} 表示第一扩瞳单元DOE2a的光栅矢量。 V_{3a} 表示出瞳单元DOE3的光栅矢量。这些预定整数的值通常为+1或-1。整数 m_{1a} 的值可以是+1或-1。整数 m_{2a} 的值可以是+1或-1。整数 m_{3a} 的值可以是+1或-1。

[0109] 光栅矢量的光栅周期(d)和方向(β)可以满足,对于预定整数 m_{1b}, m_{2b}, m_{3b} ,矢量和($m_{1b}V_{1b} + m_{2b}V_{2b} + m_{3b}V_{3b}$)为零的条件。 V_{1b} 表示入瞳单元DOE1的光栅矢量。 V_{2b} 表示第二扩瞳单元DOE2b的光栅矢量。 V_{3b} 表示出瞳单元DOE3的光栅矢量。这些预定整数的值通常为+1或-1。整数 m_{1b} 的值可以是+1或-1。整数 m_{2b} 的值可以是+1或-1。整数 m_{3b} 的值可以是+1或-1。

[0110] 波导板可以具有厚度 t_{SUB1} 。波导板包含平面波导核心部分。在一个实施例中,波导板SUB1可以选择性的包含例如,一个或多个覆层,一个或多个保护层和/或一个或多个机械支撑层。厚度 t_{SUB1} 可以指波导板SUB1的平面波导核心部分的厚度。

[0111] 扩瞳装置EPE1可以在两个方向上扩展光束:在方向SX和在方向SY上。输出光OUT1的宽度(沿SX方向)可以大于输入光IN1的宽度,并且输出光OUT1的高度(沿SY方向)可以大于输入光IN1的高度。

[0112] 扩瞳装置EPE1可以被设置为扩展虚拟显示装置500的视瞳,从而便于眼睛EYE1相对于显示装置500的定位。在输出光OUT1入射在观看者的眼睛EYE1上的情况下,观看者可以看到显示的虚拟图像VIMG1。输出光OUT1可以包含一个或多个输出光束,其中每个输出光束可以对应于所显示的虚拟图像VIMG1的不同图像点(P0',P1')。光学引擎ENG1可以包含用于显示主图像IMG0的微型显示器DISP1。光学引擎ENG1和扩瞳装置EPE1可以设置为把主图像IMG0转换成多个输入光束(例如, $BO_{P0,R}, BO_{P1,R}, BO_{P2,R}, BO_{P3,R}, BO_{P4,R}, \dots, BO_{P0,B}, BO_{P1,B}, BO_{P2,B}, BO_{P3,B}, BO_{P4,B}, \dots$),并通过扩大输入光束形成输出光OUT1。例如,符号 $BO_{P2,R}$ 可以表示输入光束,其对应于图像点P2并且具有红色(R)。例如,符号 $BO_{P2,B}$ 可以表示输入光束,其对应于图像点P2并且具有蓝色(B)。输入光束可以一起构成输入光IN1。输入光IN1可以包含多个输入光束(例如, $BO_{P0,R}, BO_{P1,R}, BO_{P2,R}, BO_{P3,R}, BO_{P4,R}, \dots, BO_{P0,B}, BO_{P1,B}, BO_{P2,B}, BO_{P3,B}, BO_{P4,B}, \dots$)。

[0113] 输出光OUT1可以包含多个输出光束,每个输出光束可以形成虚拟图像VIMG1的不同像点(P0',P1')。主图像IMG0可以表示为,例如图形和/或文字。主图像IMG0可以表示为,例如视频。光学引擎ENG1和扩瞳装置EPE1可以被设置为显示虚拟图像VIMG1,使得虚拟图像

VIMG1的每个图像点(P0',P1')对应于主图像IMG0上的不同图像点。

[0114] 波导板SUB1可以具有第一主表面SRF1和第二主表面SRF2。第一主表面SRF1,第二主表面SRF2可以与方向SX和SY限定的平面基本平行。

[0115] 参照图5,每个单元DOE1,DOE2a,DOE2b,DOE3可以包含一个或多个衍射光栅,以如上所述地衍射光。例如,单元DOE1可以包含一个或多个光栅G1a,G1b。例如,单元DOE2a可以包含光栅G2a。例如,单元DOE2b可以包含光栅G2b。例如,单元DOE3可以包含一个或多个光栅G3a,G3b。

[0116] 衍射光栅的光栅周期(d)和衍射光栅的衍射特征的方向(β)可以由所述衍射光栅的光栅矢量V确定。衍射光栅包含可以用作衍射线的多个衍射特征(F)。衍射特征可以是,例如微小的脊或凹槽。衍射特征也可以是,例如微观的突起(或凹陷),其中相邻的突起(或凹陷)可以作为衍射线。光栅矢量V可以定义为具有垂直于衍射光栅的衍射线的方向和由 $2\pi/d$ 给出的幅度的矢量,其中d是光栅周期。

[0117] 入瞳单元DOE1可以具有光栅矢量 V_{1a}, V_{1b} 。第一扩瞳单元DOE2a可以具有光栅矢量 V_{2a} 。第二扩瞳单元DOE2b可以具有光栅矢量 V_{2b} 。出瞳单元DOE3可以具有光栅矢量 V_{3a}, V_{3b} 。

[0118] 光栅矢量 V_{1a} 具有方向 β_{1a} 和大小 $2\pi/d_{1a}$ 。光栅矢量 V_{1b} 具有方向 β_{1b} 和大小 $2\pi/d_{1b}$ 。光栅矢量 V_{2a} 具有方向 β_{2a} 和幅度 $2\pi/d_{2a}$ 。光栅矢量 V_{2b} 具有方向 β_{2b} 和大小 $2\pi/d_{2b}$ 。光栅矢量 V_{3a} 具有方向 β_{3a} 和幅值 $2\pi/d_{3a}$ 。光栅矢量 V_{3b} 具有方向 β_{3b} 和幅度 $2\pi/d_{3b}$ 。光栅矢量的方向(β)可以被定义为光栅矢量和参考方向(例如方向SX)之间的夹角。

[0119] 可以选择光学单元DOE1,DOE2a,DOE3的光栅周期(d)和衍射光栅的方向(β),使得在第一输出光OB3a中的中心点P0的光的传播方向($k_{P0,R}$)平行于输入光IN1中的中心点P0的光的传播方向($k_{P0,R}$)。

[0120] 可以选择光学单元DOE1,DOE2b,DOE3的光栅周期(d)和衍射光栅的方向(β),使得第二输出光OB3b的中心点P0的光的传播方向($k_{P0,R}$)与输入光IN1中的中心点P0的光的传播方向($k_{P0,R}$)平行。

[0121] 可以选择光学单元DOE1,DOE2a,DOE2b,DOE3的衍射周期(d)和衍射光栅的方向(β),使得在组合输出光OUT1的中心点P0的光的传播方向($k_{P0,R}$)与输入光IN1中的中心点P0的光的传播方向($k_{P0,R}$)平行。

[0122] 入瞳单元DOE1的光栅矢量 V_{1a}, V_{1b} 的方向之间的夹角可以是,例如 60° 至 120° 的范围内。

[0123] 入瞳单元DOE1的第一光栅周期 d_{1a} 可以不同于入瞳单元DOE1的第二光栅周期 d_{1b} ,以针对第一颜色优化第一路径,并且针对第二不同颜色优化第二路径。

[0124] 出瞳单元DOE3的第一光栅周期 d_{3a} 可以不同于出瞳单元DOE3的第二光栅周期 d_{3b} ,以针对第一颜色优化第一路径,并且针对第二不同颜色优化第二路径。

[0125] 入瞳单元DOE1的第一光栅周期 d_{1a} 可以不同于入瞳单元DOE1的第二光栅周期 d_{1b} ,例如,用于优化蓝色的第一路径,以及用于红色的第二路径。

[0126] 出瞳单元DOE3的第一光栅周期 d_{3a} 可以不同于出瞳单元DOE3的第二光栅周期 d_{3b} ,例如,用于优化蓝色的第一路径,以及用于红色的第二路径。

[0127] 光栅矢量的光栅周期(d)和方向(β)可以满足,对于预定整数 m_{1a}, m_{2a}, m_{3a} ,矢量和($m_{1a} V_{1a} + m_{2a} V_{2a} + m_{3a} V_{3a}$)为零的条件。 V_{1a} 表示单元DOE1的光栅矢量。 V_{2a} 表示单元DOE2a的光栅

矢量。 V_{3a} 表示单元DOE3的光栅矢量。这些预定整数的值通常为+1或-1。整数 m_{1a} 的值可以是+1或-1。整数 m_{2a} 的值可以是+1或-1。整数 m_{3a} 的值可以是+1或-1。

[0128] 光栅矢量的光栅周期(d)和方向(β)可以满足,对于预定整数 m_{1b}, m_{2b}, m_{3b} ,矢量和 $(m_{1b}V_{1b}+m_{2b}V_{2b}+m_{3b}V_{3b})$ 为零的条件。 V_{1b} 表示单元DOE1的光栅矢量。 V_{2b} 表示单元DOE2b的光栅矢量。 V_{3b} 表示单元DOE3的光栅矢量。这些预定整数的值通常为+1或-1。整数 m_{1b} 的值可以是+1或-1。整数 m_{2b} 的值可以是+1或-1。整数 m_{3b} 的值可以是+1或-1。

[0129] 入瞳单元DOE1可以具有第一光栅矢量 V_{1a} 以形成沿方向DIR1a的第一传导光B1a,以及第二光栅矢量 V_{1b} 以形成沿方向DIR1b的第二传导光B1b。入瞳单元DOE1可以具有第一衍射特征F1a以提供第一光栅,该第一光栅具有光栅周期 d_{1a} 和方向 β_{1a} (相对于参考方向SX)。入瞳单元DOE1可以具有第二衍射特征F1b,以提供第二光栅,该第二光栅具有光栅周期 d_{1b} 和方向 β_{1b} (相对于参考方向SX)。入瞳单元DOE1可以通过例如交叉光栅或两个线性光栅来实现。入瞳单元DOE1可以是,例如入瞳单元DOE1的第一区域包含衍射特征F1a,同时入瞳单元DOE1的第二区域包含衍射特征F1b。

[0130] 具有衍射特征F1a的第一线性光栅可以被设置在波导板SUB1的第一主表面(例如在输入侧表面SRF1上),并且具有衍射特征F1b的第二线性光栅可以被设置在波导板SUB1的第二主表面(例如在输出侧表面SRF2上)。所述衍射特征可以是,例如微小的脊或微小的突起。

[0131] 第一扩瞳单元DOE2a可以具有光栅矢量 V_{2a} ,通过使第一传导光B1a衍射来形成第三传导光B2a。第一扩瞳单元DOE2a可以具有衍射特征F2a,以提供光栅G2a,该光栅G2a具有光栅周期 d_{2a} 和方向 β_{2a} (相对于参考方向SX)。

[0132] 第二扩瞳单元DOE2b可以具有光栅矢量 V_{2b} ,通过使第二传导光B1b衍射来形成第四传导光B2b。第二扩瞳单元DOE2b可以具有衍射特征F2b,以提供光栅G2b,该光栅G2b具有光栅周期 d_{2b} 和方向 β_{2b} (相对于参考方向SX)。

[0133] 出瞳单元DOE3可以具有第一光栅矢量 V_{3a} ,以将扩展的第三传导光B2a耦合出波导板SUB1。出瞳单元DOE3可以具有第二光栅矢量 V_{3b} ,以将扩展的第四传导光B2b耦合出波导板SUB1。出瞳单元DOE3可以具有衍射特征F3a,以提供具有光栅周期 d_{3a} 和方向 β_{3a} (相对于参考方向SX)的光栅G3a。出瞳单元DOE3可以具有衍射特征F3b,以提供具有光栅周期 d_{3b} 和方向 β_{3b} (相对于参考方向SX)的光栅G3b。出瞳单元DOE3可以通过交叉光栅或两个线性光栅来实现。具有衍射特征F3a的第一线性光栅G3a可以在波导板SUB1的第一主表面(例如,SRF1)上实现,并且具有衍射特征F3b的第二线性光栅G3b可以在波导板SUB1的第二主表面(例如,SRF2)上实现。

[0134] 入瞳单元DOE1可以具有宽度 w_1 和高度 h_1 。第一扩瞳单元DOE2a可以具有宽度 w_{2a} 和高度 h_{2a} 。第二扩瞳单元DOE2b可以具有宽度 w_{2b} 和高度 h_{2b} 。出瞳单元DOE3可以具有宽度 w_3 和高度 h_3 。

[0135] 宽度可以表示方向SX上的尺寸,高度可以表示方向SY上的尺寸。出瞳单元DOE3可以是,例如大体上为矩形。出瞳单元DOE3的边沿可以,例如沿着方向SX和SY。

[0136] 扩瞳单元DOE2a的宽度 w_{2a} 可以大幅大于入瞳单元DOE1的宽度 w_1 。扩展的第三传导光B2a的宽度可以大幅大于入瞳单元DOE1的宽度 w_1 。

[0137] 波导板SUB1可以包含或基本上由透明固体材料组成。波导板SUB1可包含例如玻

璃,聚碳酸酯或聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)。衍射光学单元DOE1,DOE2a,DOE2b,DOE3可以通过例如模制,压花和/或蚀刻形成。单元DOE1,DOE2a,DOE2b,DOE3可以通过例如一个或多个表面衍射光栅或通过一个或多个体积衍射光栅实现。

[0138] 衍射效率的空间分布可任意的被调整,例如通过选择微观衍射特征F的局部高度。因此,可以选择出瞳单元DOE3的微观衍射特征F的高度,以进一步使输出光OUT1的强度分布变得均匀。

[0139] 图6a以示例的方式,画出了蓝光的波矢图,该蓝光波矢沿着第一路径在波导板SUB1内传播。第一路径可以是例如,顺时针方向。输入光IN1的波矢可以在由初始波矢 k_x 和 k_y 定义的波矢空间的区域BOX0内。区域BOX0的每个角可以表示输入图像IMG0(图7a)的角落点的光的波矢。

[0140] 第一传导光B1a的波矢可以在区域BOX1a内。

[0141] 第三传导光B2a的波矢可以在区域BOX2a内。

[0142] 第一输出光OB3a的波矢可以在区域BOX3内。

[0143] 入瞳单元DOE1可以通过衍射输入光IN1,来形成第一传导光B1a。可以通过将入瞳单元DOE1的光栅矢量 $m_{1a}V_{1a}$ 与输入光IN1的波矢相加来表示衍射。可以通过将光栅矢量 $m_{1a}V_{1a}$ 与输入光IN1的波矢相加来确定第一传导光B1a的波矢。第三传导光B2a的波矢可以通过将光栅矢量 $m_{2a}V_{2a}$ 与第一传导光B1a的波矢相加来确定。可以通过将光栅向量 $m_{3a}V_{3a}$ 加到第二传导光B2a的波矢来确定第一输出光OB3a的波矢。

[0144] BND1表示用于满足波导板SUB1中的全内反射(TIR)标准的第一边界。BND2表示波导板SUB1中的最大波矢的第二边界。最大波矢可以由波导板的折射率确定。仅当所述光的波矢在第一边界BND1与第二边界BND2之间的区域ZONE1中时,光才可以在波导板SUB1中波导。如果光的波矢在区域ZONE1之外,则光可能会泄漏出波导板或根本不传播。

[0145] 可以选择入瞳单元DOE1的光栅周期 d_{1a} ,使得例如,蓝色的第一传导光B1a的所有波矢都在由边界BND1,BND2限定的区域ZONE1内。

[0146] 图6b以示例的方式示出了红光的波矢图,该红光波矢沿着第一路径在波导板SUB1内传播。

[0147] 现在,如果已选择入瞳单元DOE1的光栅周期 d_{1a} ,以使蓝色的第一传导光B1a的所有波矢都在区域ZONE1内,那么某些角落点的红光的波矢可能会位于区域ZONE1外。换句话说,波导板SUB1不能限制或传导输入图像IMG0的某些角落点的红光。

[0148] 落在区域BOX1a的子区域FAIL1内的波矢,对应的是输入单元DOE1不能通过衍射输入光来形成传导光的情况。换句话说,对于存在于区域BOX1a的子区域FAIL1内的波矢,衍射方程式没有正确的实际解决方案。因此,传导光的波矢在区域ZONE1之外的情况下,对于某些图像点,不可能将红光耦合到波导板中。

[0149] 传导光的波矢在区域ZONE1之外的情况,对于某些(其他)图像点,红光的泄漏可能会限制所显示虚拟图像VIMG1的角度宽度。

[0150] 因此,区域ZONE1的边界BND1,BND2可以限制所显示的虚拟图像VIMG1的角宽度($\Delta\phi$)。在区域ZONE1之外形成波矢可能意味着光从波导板泄漏或光耦合失败。

[0151] k_x 表示波矢空间中的方向,其中方向 k_x 与实际空间的方向SX平行。 k_y 表示波矢空间中的方向,其中 k_y 方向与实际空间的SY方向平行。符号 k_z (图中未示出)表示波矢空间中的方

向,其中方向 k_z 与实际空间的方向SZ平行。波矢 k 可以具有在方向 k_x, k_y 和/或 k_z 上的分量。

[0152] 图6c和6d通过示例,给出了在波矢空间中的图像点(P0,P1,P2,P3,P4)的蓝光的波矢。

[0153] 图6e和6f通过示例,给出了在波矢空间中的图像点(P0,P1,P2,P3,P4)的红光的波矢。

[0154] 图6g以横截面侧视图,给出了将输入光耦合到波导板中来形成第一传导光,其中第一传导光的倾斜角 Φ_{k1} 接近SUB1的全内反射的临界角 $\Phi_{CR,SUB1}$ 。图6g的情况对应于区域ZONE1的第一边界BND1附近的操作。

[0155] 图6h以横截面侧视图,给出了将输入光耦合到波导板中来形成第一传导光,其中第一传导光的倾斜角 Φ_{k1} 接近90度。图6h的情况可以对应于区域ZONE1的第二边界BND2附近的操作。

[0156] 图6i中的曲线CRV1给出了第一传导光B1a的波矢 k_1 的倾斜角 Φ_{k1} 与输入光B0的波矢 k_0 的输入角度 Φ_{k0} 之间的函数关系。倾斜角 Φ_{k1} 可以表示波矢和方向SZ与SY限定的参考平面REF1之间的夹角。通过使用衍射方程式,可以通过输入角 Φ_{k0} ,入瞳单元DOE1的光栅周期以及波导板SUB1的折射率计算出倾斜角 Φ_{k1} 。第一角度限制 Φ_{BND1} 可以对应于第一传导光的倾斜角 Φ_{k1} 等于全内反射的临界角度 $\Phi_{CR,SUB1}$ 的情况。第二角度限制 Φ_{BND2} 可以对应于第一传导光的倾斜角 Φ_{k1} 等于90度的情况。

[0157] 图7a通过示例给出了蓝光的波矢图,该蓝光沿着第二路径在波导板SUB1内传播。第二路径可以是例如,逆时针路线。

[0158] 图7b通过示例给出了红光的波矢图,该红光沿着第二路径在波导板SUB1内传播。

[0159] 图7c和7d通过示例示给出了在波矢空间中的图像点(P0,P1,P2,P3,P4)的蓝光的波矢。

[0160] 可以选择耦合入瞳单元DOE1的光栅周期 d_{1b} ,使得例如,红色的第二传导光B1b的所有波矢都在由边界BND1,BND2限定的区域ZONE1内。

[0161] 现在,如果已经选择了入瞳单元DOE1的光栅周期 d_{1b} ,使得红色的第二传导光B1b的所有波矢都在区域ZONE1内,那么某些角落点的蓝光的波矢可能会位于区域ZONE1外。换句话说,波导板SUB1不能限制输入图像IMG0的某些角落点的蓝光。蓝光的泄漏可能会限制显示的虚拟图像VIMG1的角度宽度。落在区域BOX2b的子区域LEAK1中的波矢,代表不被全内反射限制在波导板内的光。

[0162] 然而,扩瞳装置EPE1可以被设置为提供第一路径和第二路径。第一路径可以提供蓝色的虚拟图像VIMG1的全宽度($\Delta\phi$),第二路径可以提供红色的虚拟图像VIMG1的全宽度($\Delta\phi$)。因此,扩瞳装置EPE1可以被设置为显示具有全宽度($\Delta\phi$)的彩色虚拟图像VIMG1。

[0163] 因此,扩瞳装置EPE1可以被设置为以红色和蓝色来显示彩色虚拟图像VIMG1的所有角落点(P1,P2,P3,P4),其中所述彩色虚拟图像VIMG1具有完整的颜色的全宽度($\Delta\phi$)。

[0164] 因此,通过使用两条路径显示的彩色虚拟图像VIMG1的角宽度($\Delta\phi$),可以大幅大于其他不使用第二路径的扩瞳装置(EPE0)的最大角宽度(LIM1,预定限制)。

[0165] 具有两条路径的扩瞳装置EPE1可以被设置为显示彩色虚拟图像VIMG1,其具有扩

展的角宽度($\Delta\varphi$)。第一路径可以被设置为限制输入图像的蓝色分量,同时允许泄漏输入图像的一个或多个角落点的红光。第二路径可以被设置为限制输入图像红色分量,同时允许泄漏输入图像的一个或多个角落点的蓝光。

[0166] 例如,在输入光(IN1)对应于输入图像(IMG0)且输入图像(IMG0)的宽度($\Delta\varphi$)大于预定限制(LIM1)的情况下,入瞳单元(DOE1)可以设置为提供:

[0167] -与输入图像(IMG0)的第一角落点(P1)对应的红光($B1a_{P1,R}$),

[0168] 其中选择各单元(DOE1,DOE2a,DOE2b,DOE3)的光栅矢量($m_{1a}V_{1a},m_{2a}V_{2a},m_{3a}V_{3a},m_{1b}V_{1b},m_{2b}V_{2b},m_{3b}V_{3b}$),以便:

[0169] -第一角落点(P1)的红光通过第二扩瞳单元(DOE2b)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3),

[0170] -第一角落点(P1)的红光未通过第一扩瞳单元(DOE2a)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3)。

[0171] 例如,在输入光(IN1)对应于输入图像(IMG0)且输入图像(IMG0)的宽度($\Delta\varphi$)大于预定限制(LIM1)的情况下,入瞳单元(DOE1)可以设置为提供:

[0172] -与输入图像(IMG0)的第二角落点(P2)对应的蓝光($B1b_{P2,B}$),

[0173] 其中选择单元(DOE1,DOE2a,DOE2b,DOE3)的光栅矢量($m_{1a}V_{1a},m_{2a}V_{2a},m_{3a}V_{3a},m_{1b}V_{1b},m_{2b}V_{2b},m_{3b}V_{3b}$),以便:

[0174] -第二角落点(P2)的蓝光通过第一扩瞳单元(DOE2a)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3),并且

[0175] -第二角落点(P2)的蓝光未通过第二扩瞳单元(DOE2b)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3)。

[0176] 例如,在输入光(IN1)对应于输入图像(IMG0)且输入图像(IMG0)的宽度($\Delta\varphi$)大于预定限制(LIM1)的情况下,入瞳单元(DOE1)可以设置为提供:

[0177] -与输入图像(IMG0)的第一角落点(P1)对应的红光($B1a_{P1,R}$),

[0178] -与输入图像(IMG0)的第二角落点(P2)对应的蓝光($B1b_{P2,B}$),

[0179] 其中选择各单元(DOE1,DOE2a,DOE2b,DOE3)的光栅矢量($m_{1a}V_{1a},m_{2a}V_{2a},m_{3a}V_{3a},m_{1b}V_{1b},m_{2b}V_{2b},m_{3b}V_{3b}$),以便:

[0180] -第一角落点(P1)的红光通过第二扩瞳单元(DOE2b)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3),

[0181] -第一角落点(P1)的红光未通过第一扩瞳单元(DOE2a)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3),

[0182] -第二角落点(P2)的蓝光通过第一扩瞳单元(DOE2a)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3),并且

[0183] -第二角落点(P2)的蓝光没有通过第二扩瞳单元(DOE2b)从入瞳单元(DOE1)导向出瞳单元(DOE3)。

[0184] 例如,在输入光(IN1)对应于输入图像(IMG0)且输入图像(IMG0)的宽度($\Delta\varphi$)大于预定限制(LIM1)的情况下,入瞳单元(DOE1)可以设置为提供:

- [0185] -与输入图像 (IMG0) 的第一角落点 (P1) 对应的红光 ($B1a_{P1,R}$) ,
- [0186] -与输入图像 (IMG0) 的第一角落点 (P1) 对应的蓝光 ($B1a_{P1,B}$) ,
- [0187] -与输入图像 (IMG0) 的第二角落点 (P2) 对应的红光 ($B1b_{P2,R}$) ,
- [0188] -与输入图像 (IMG0) 的第二角落点 (P2) 对应的蓝光 ($B1b_{P2,B}$) ,
- [0189] 其中选择各单元 (DOE1, DOE2a, DOE2b, DOE3) 的光栅矢量 ($m_{1a}V_{1a}, m_{2a}V_{2a}, m_{3a}V_{3a}, m_{1b}V_{1b}, m_{2b}V_{2b}, m_{3b}V_{3b}$) , 以便:
- [0190] -第一角落点 (P1) 的红光通过第二扩瞳单元 (DOE2b) 从入瞳单元 (DOE1) 导向出瞳单元 (DOE3) ,
- [0191] -第一角落点 (P1) 的红光未通过第一扩瞳单元 (DOE2a) 从入瞳单元 (DOE1) 导向出瞳单元 (DOE3) ,
- [0192] -第一角落点 (P1) 的蓝光通过第一扩瞳单元 (DOE2a) 从入瞳单元 (DOE1) 导向出瞳单元 (DOE3) ,
- [0193] -第一角落点 (P1) 的蓝光通过第二扩瞳单元 (DOE2a) 从入瞳单元 (DOE1) 导向出瞳单元 (DOE3) ,
- [0194] -第二角落点 (P2) 的红光通过第一扩瞳单元 (DOE2a) 从入瞳单元 (DOE1) 导向出瞳单元 (DOE3) ,
- [0195] -第二角落点 (P2) 的红光通过第二扩瞳单元 (DOE2b) 从入瞳单元 (DOE1) 导向出瞳单元 (DOE3) ,
- [0196] -第二角落点 (P2) 的蓝光通过第一扩瞳单元 (DOE2a) 从入瞳单元 (DOE1) 导向出瞳单元 (DOE3) , 并且
- [0197] -第二角落点 (P2) 的蓝光未通过第二扩瞳单元 (DOE2b) 从入瞳单元 (DOE1) 导向出瞳单元 (DOE3) 。
- [0198] 扩瞳装置EPE1可以被设置为如下操作,使得在蓝色传导光经由扩瞳装置EPE1的第一路径传播的情况下,蓝色传导光的波矢落在区域ZONE1内,并且扩瞳装置EPE1可以设置为,在红色传导光通过扩瞳装置EPE1的第二路径传播的情况下,红色传导光的波矢路在区域ZONE1内。
- [0199] 图8a以示例的方式,给出了角落点P1的光在波导板SUB1中的传播情况。
- [0200] 图8b以示例的方式,给出了中心点P0的光在波导板SUB1中的传播情况。
- [0201] 图8c以示例的方式,给出了角落点P3的光在波导板SUB1中的传播情况。
- [0202] 图8d以示例的方式,给出了角落点P2的光在波导板SUB1中的传播情况。
- [0203] 图8e以示例的方式,给出了角落点P4的光在波导板SUB1中的传播情况。
- [0204] 显示装置500可以是虚拟现实设备500。显示装置500可以是增强现实设备500。显示装置500可以是近眼设备。显示装置500可以是可穿戴设备,例如,耳机。显示装置500可以包含例如,头带,显示装置500可以通过头带佩戴在用户的头上。在显示装置500的操作期间,可以将出瞳单元DOE3定位在用户的左眼EYE1或右眼EYE1前面。显示装置500可以将输出光OUT1投射到用户的眼睛EYE1中。在一个实施例中,显示装置500可以包含两个光学引擎ENG1和/或两个扩瞳装置EPE1以显示立体图像。在增强现实设备500中,除了显示的虚拟图像之外,观看者还可以通过扩瞳装置EPE1看到真实的物体和/或环境。光学引擎ENG1可以被设置为生成静止图像和/或视频。光学引擎ENG1可以从数字图像生成真实的主图像IMG0。光

学引擎ENG1可以从互联网服务器或智能手机接收一个或多个数字图像。显示装置500可以是智能手机。所显示的图像可以被人观看,还可以让动物或机器(可能包含例如照相机)观看显示的图像。

[0205] 术语“k矢量”可与术语“波矢”相同。

[0206] 对于本领域技术人员而言,清楚的是,根据本发明的装置和方法的修改和变化是可想到的。这些附图是示意性的。上面参考附图描述的特定实施例仅是说明性的,并不意味着限制本发明的范围,本发明的范围由所附权利要求限定。

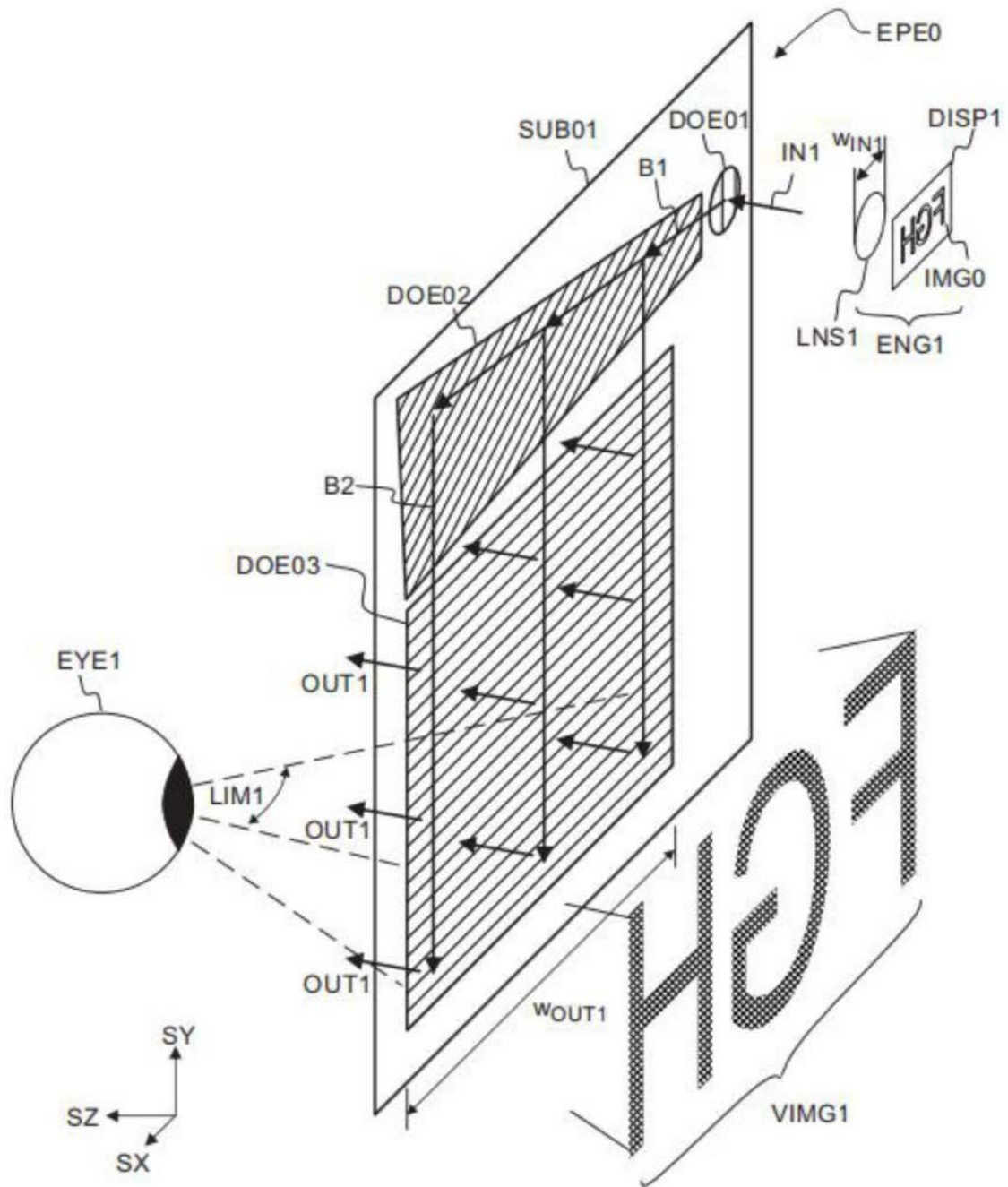


图1

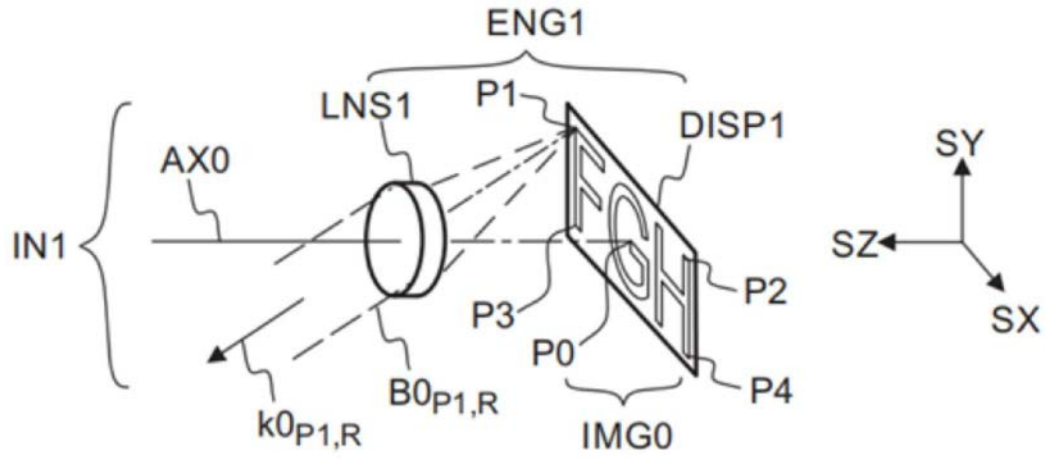


图2a

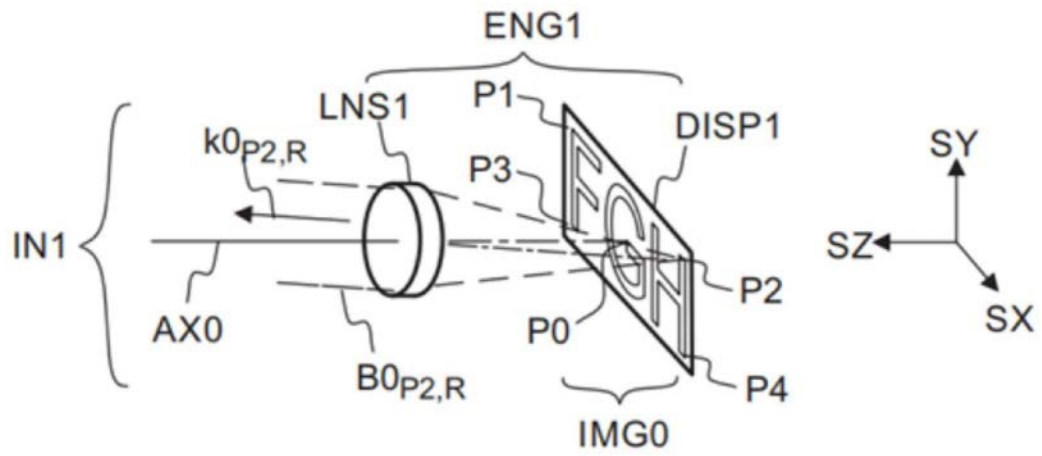


图2b

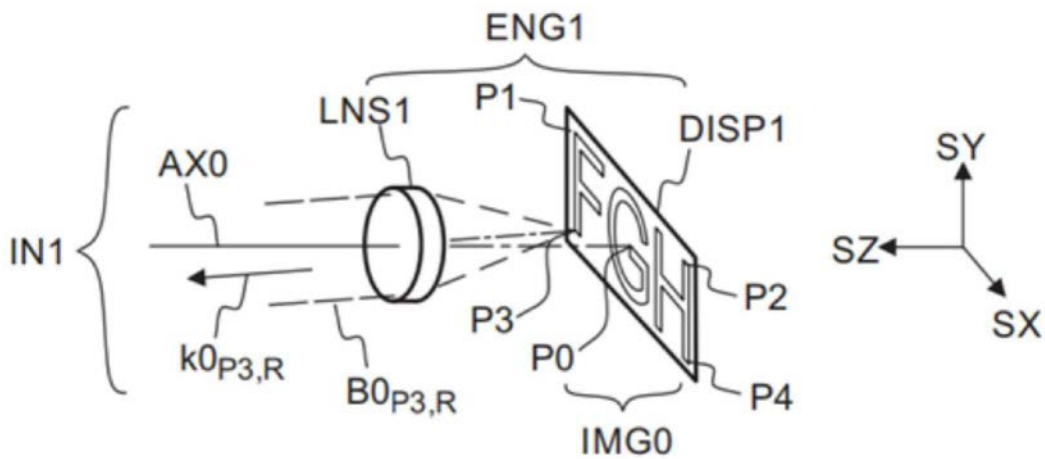


图2c

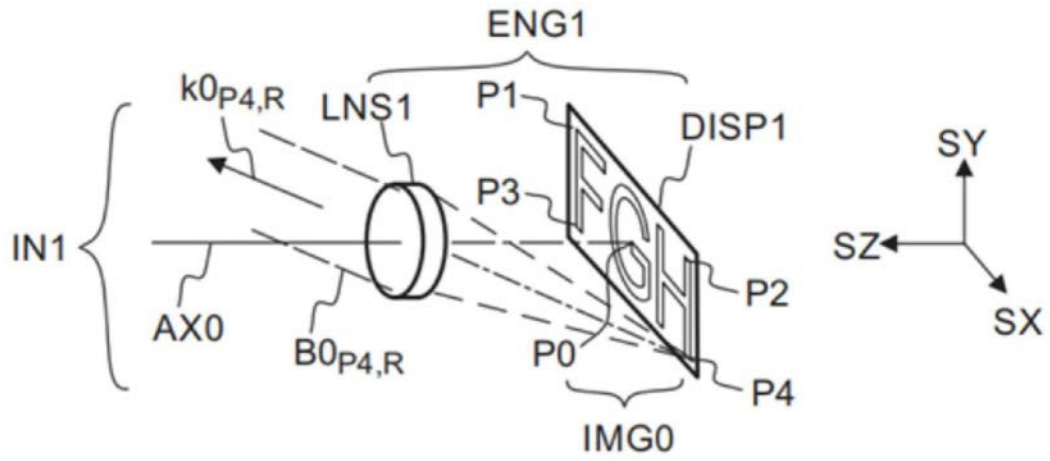


图2d

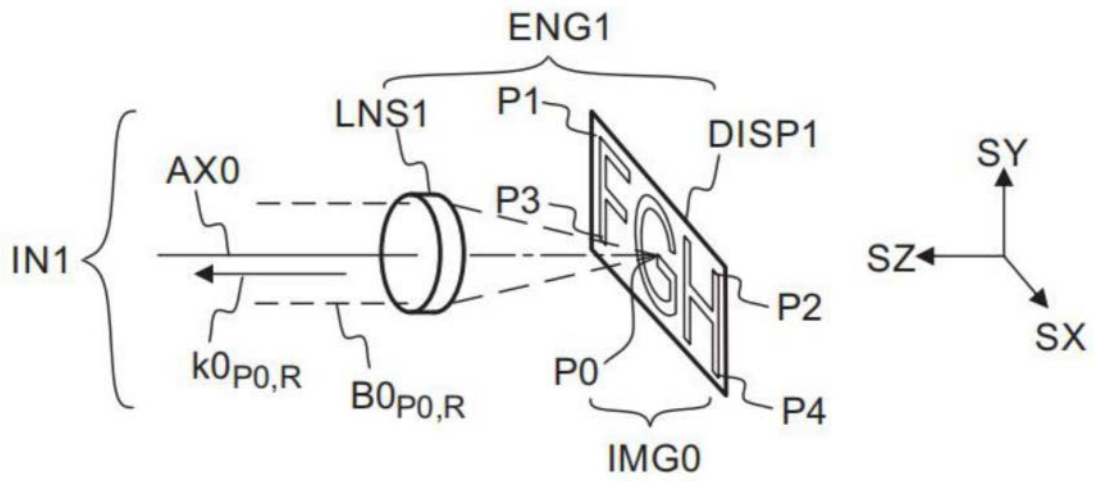


图2e

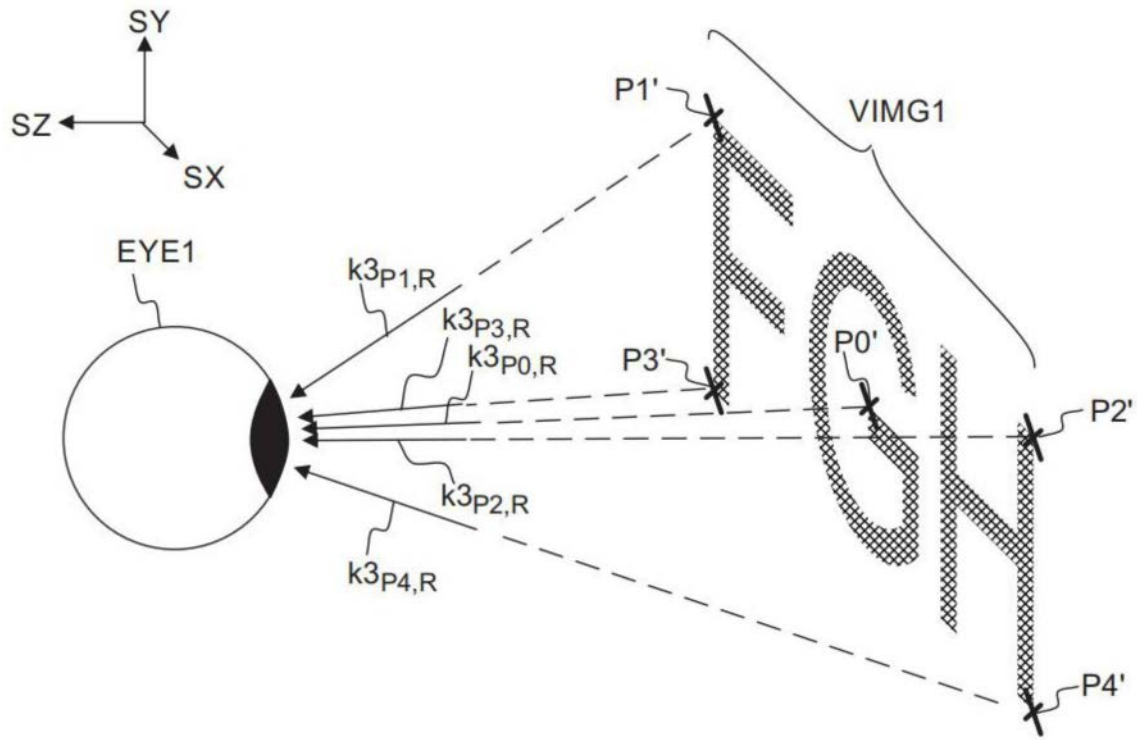


图2f

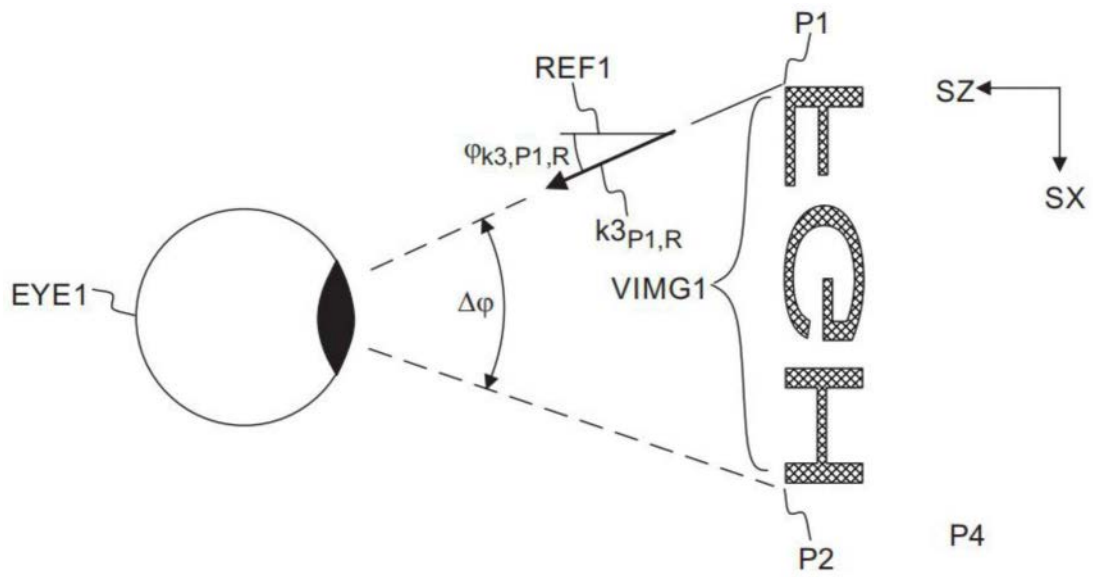


图2g

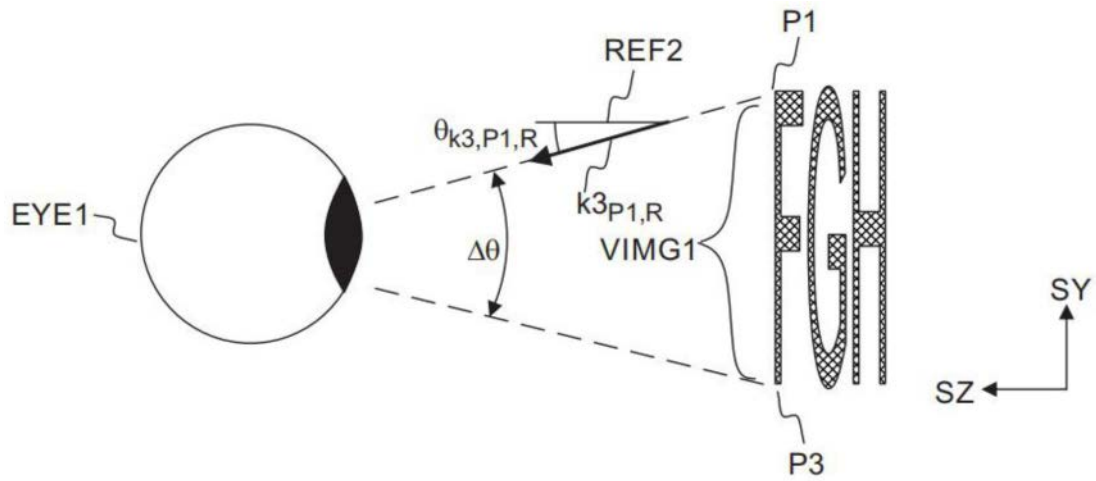


图2h

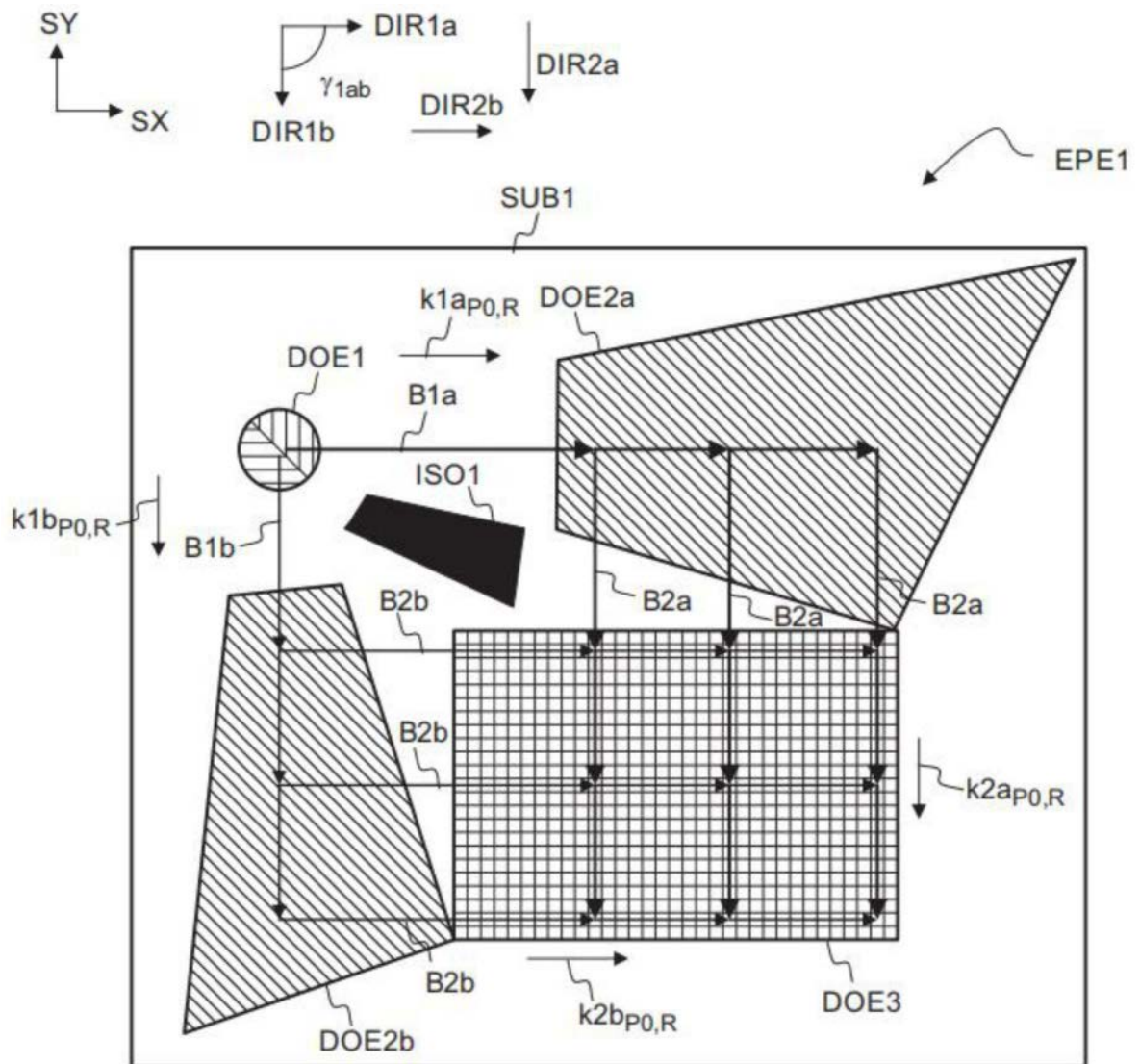


图3a

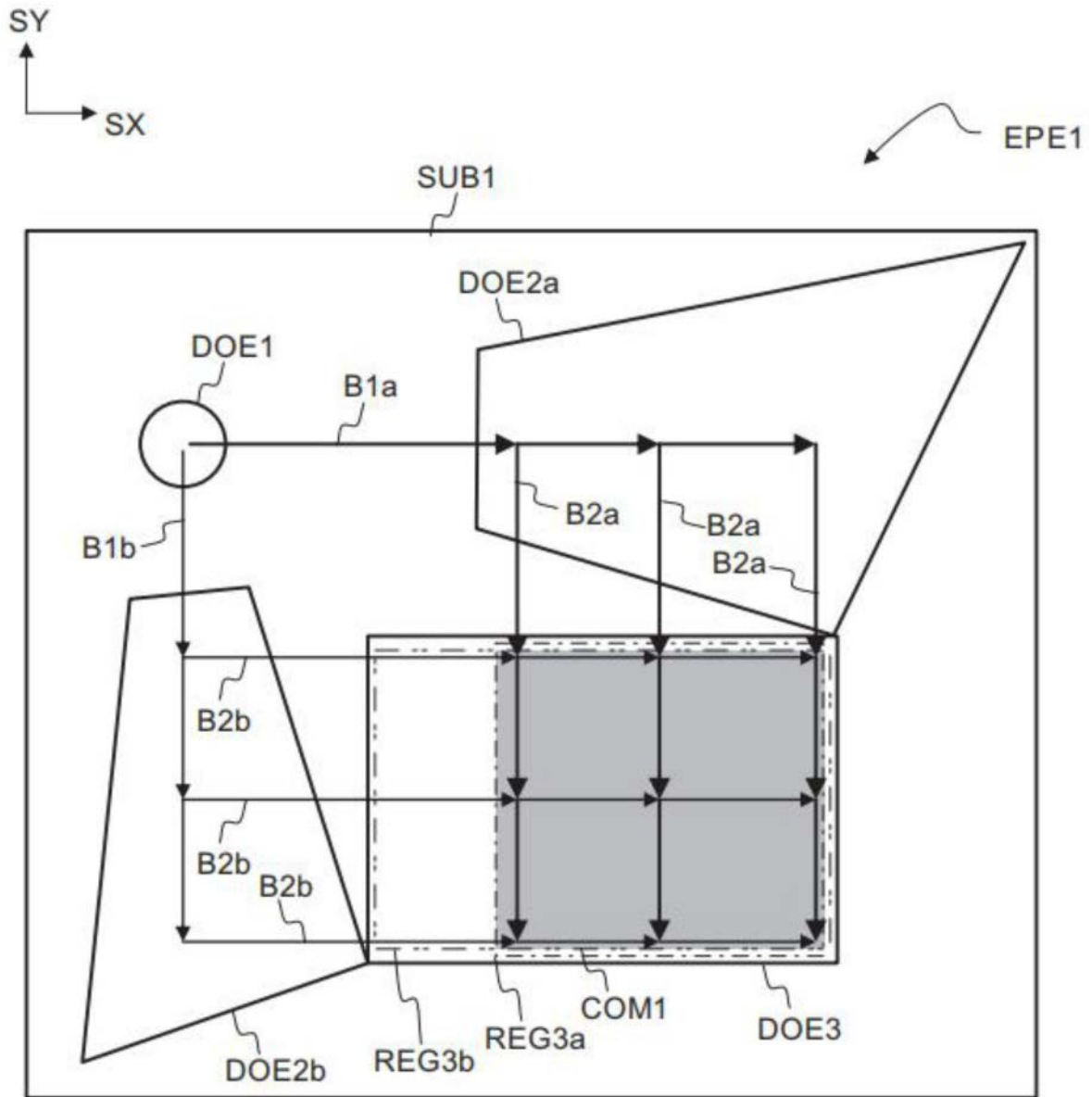


图3b

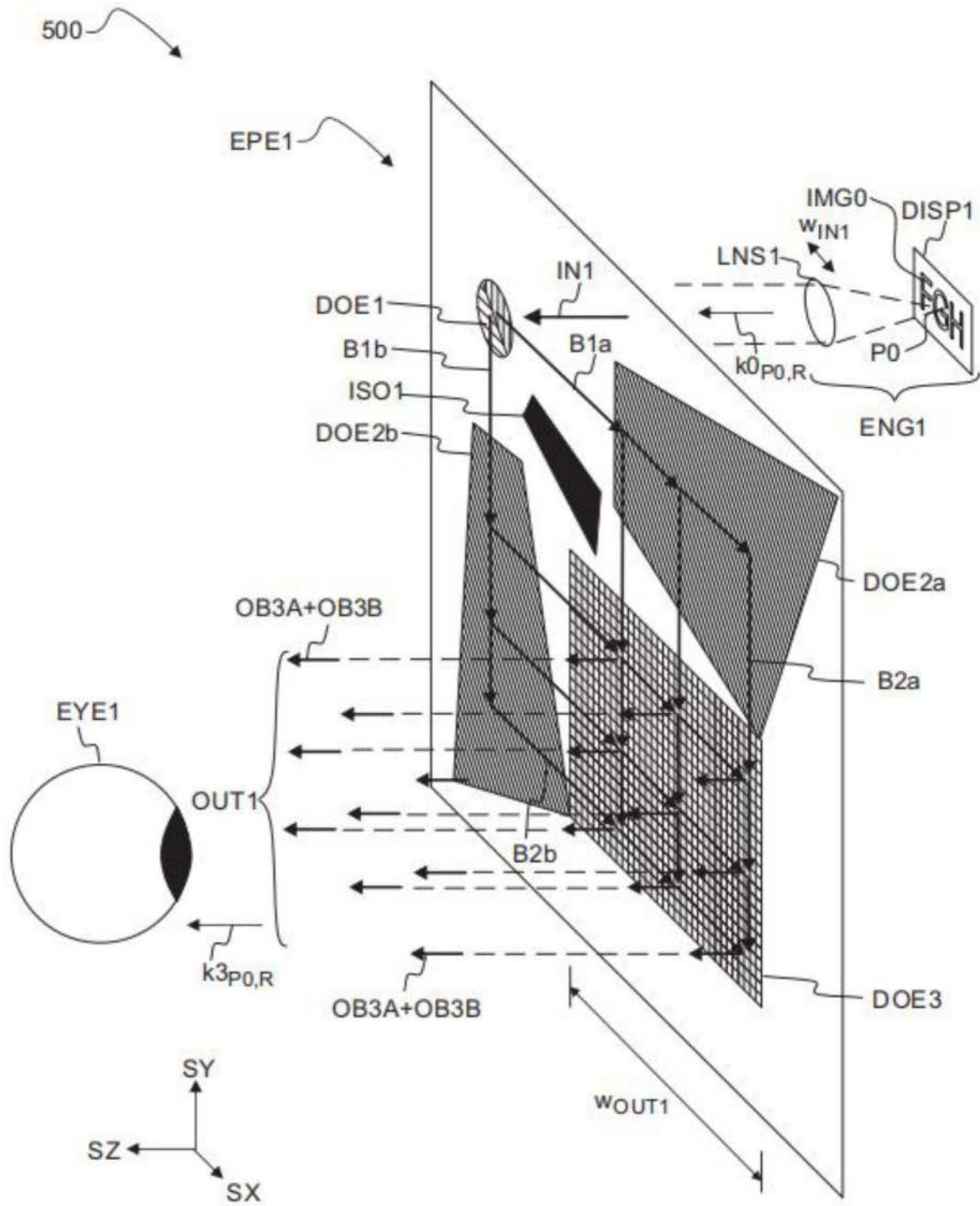


图4a

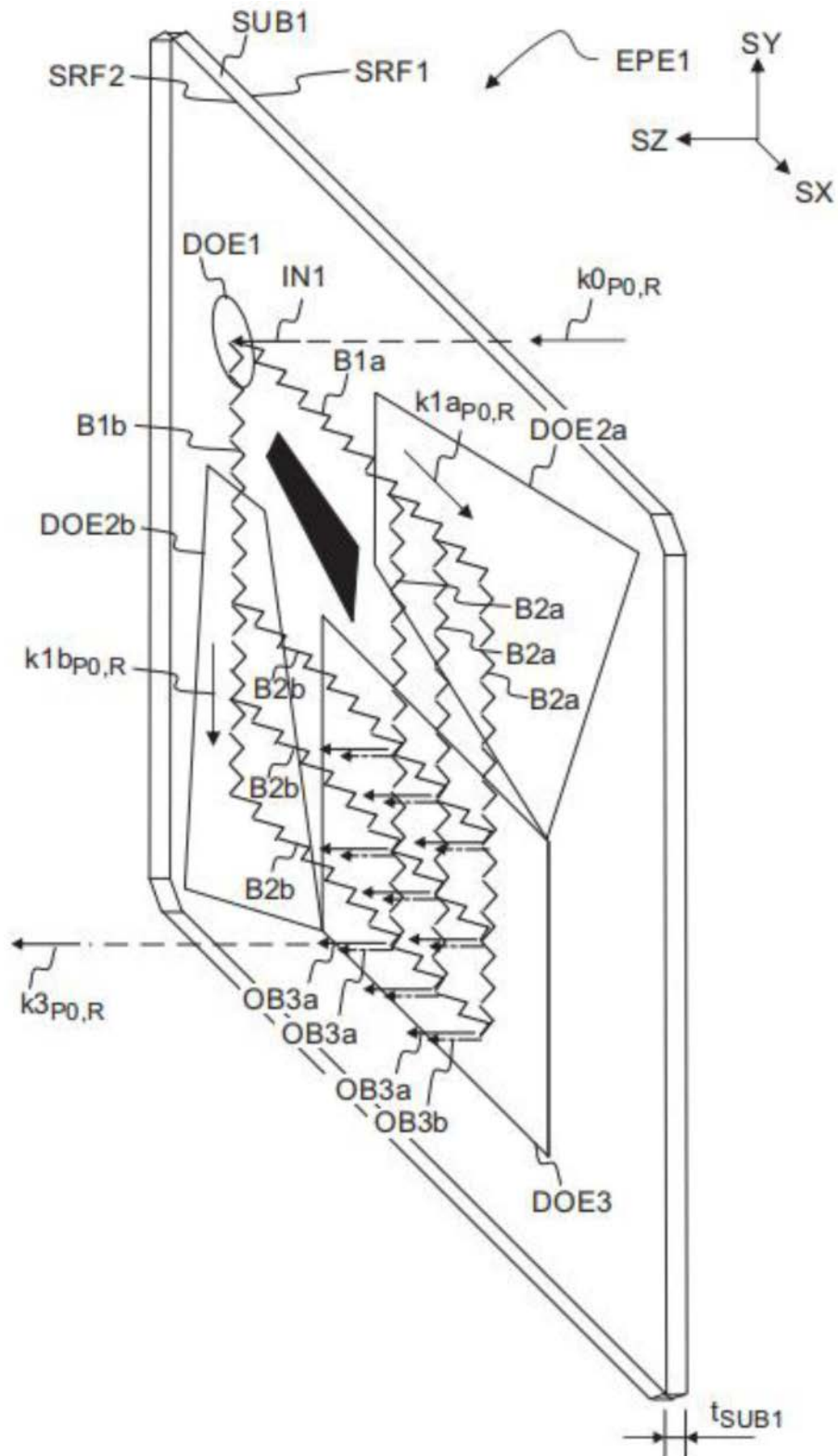


图4b

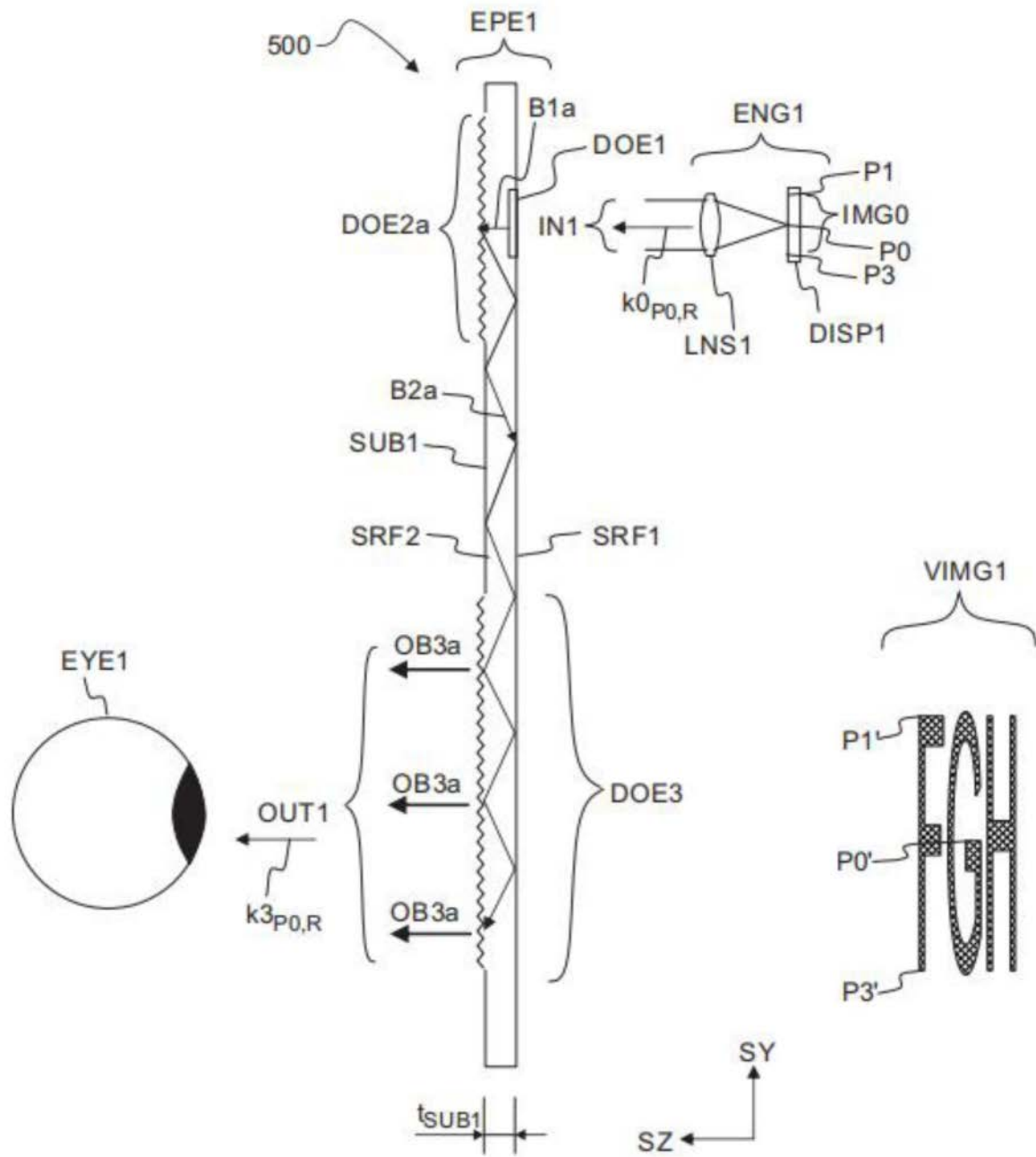


图4c

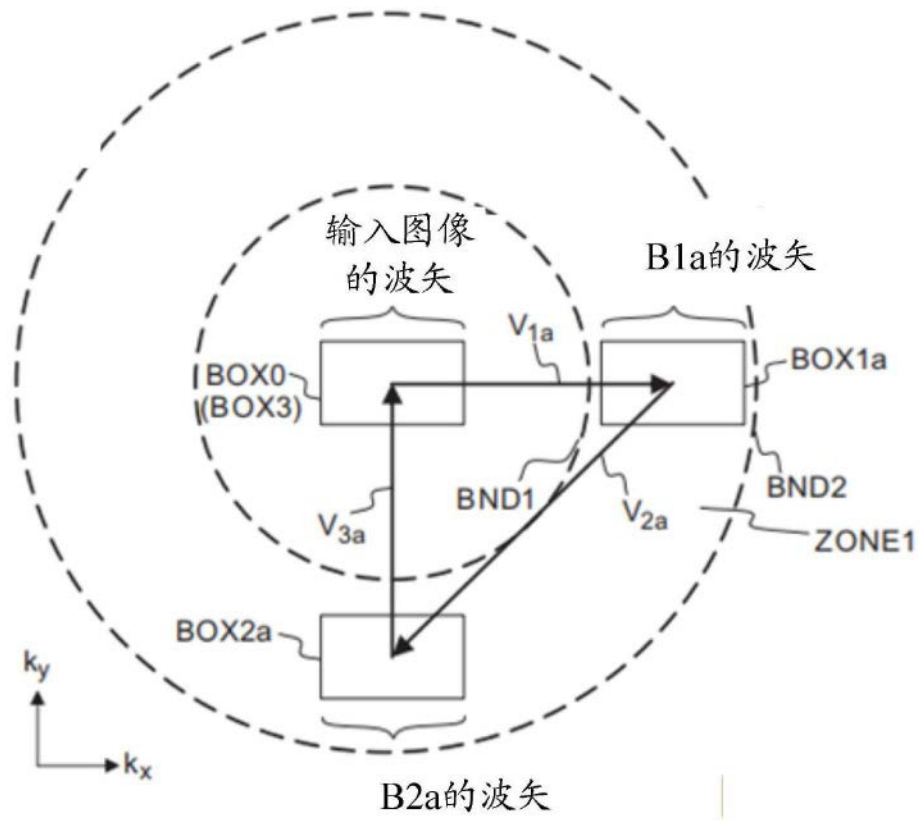


图6a

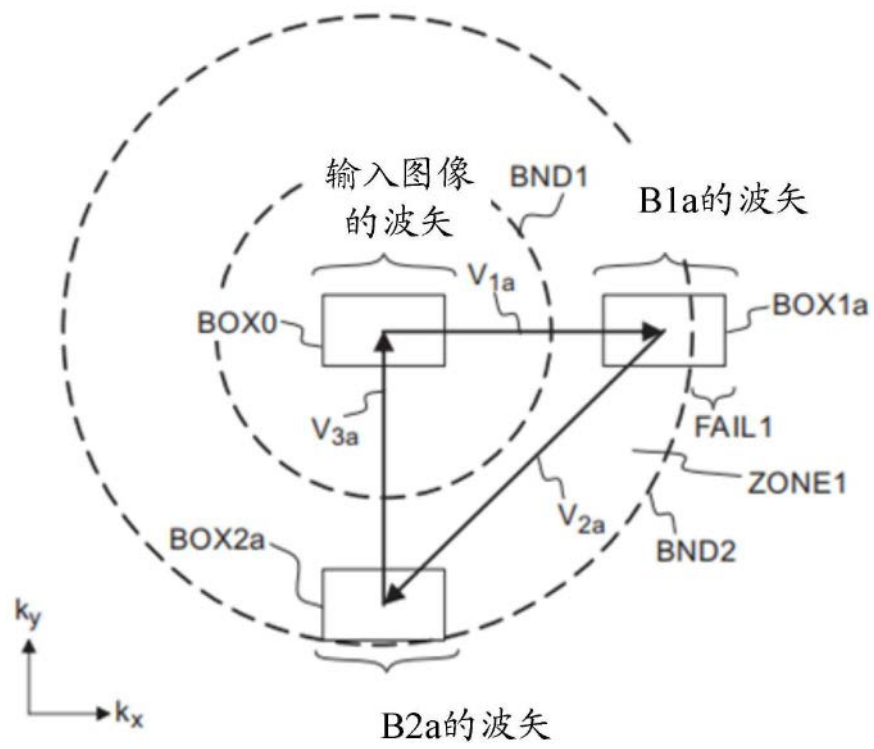


图6b

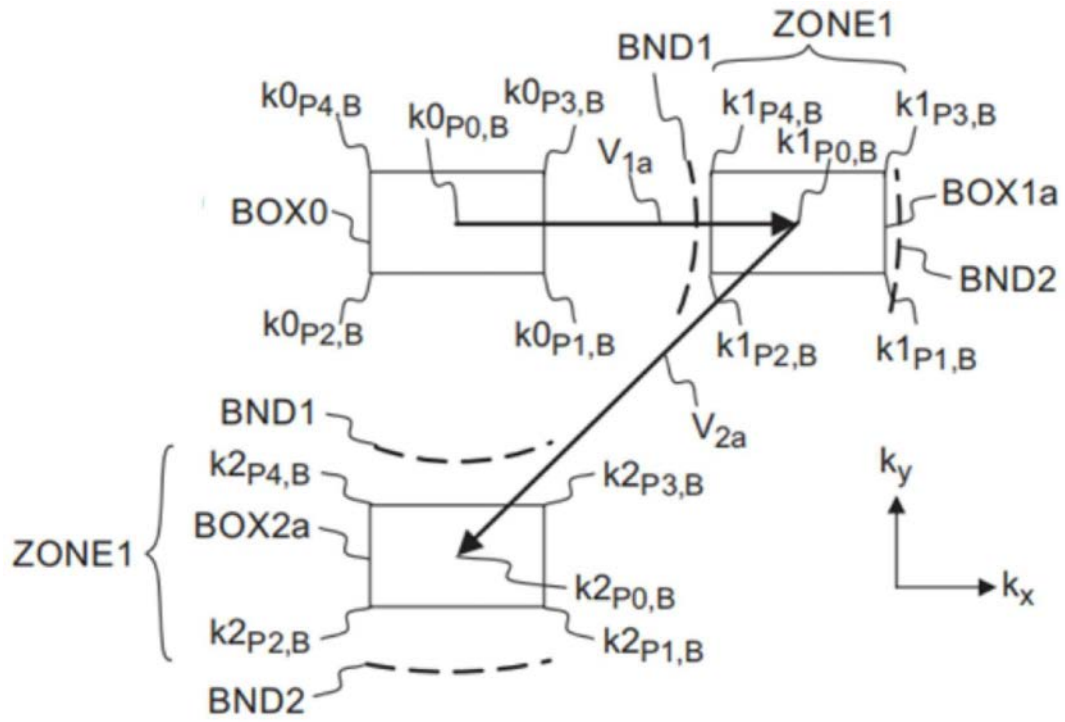


图6c

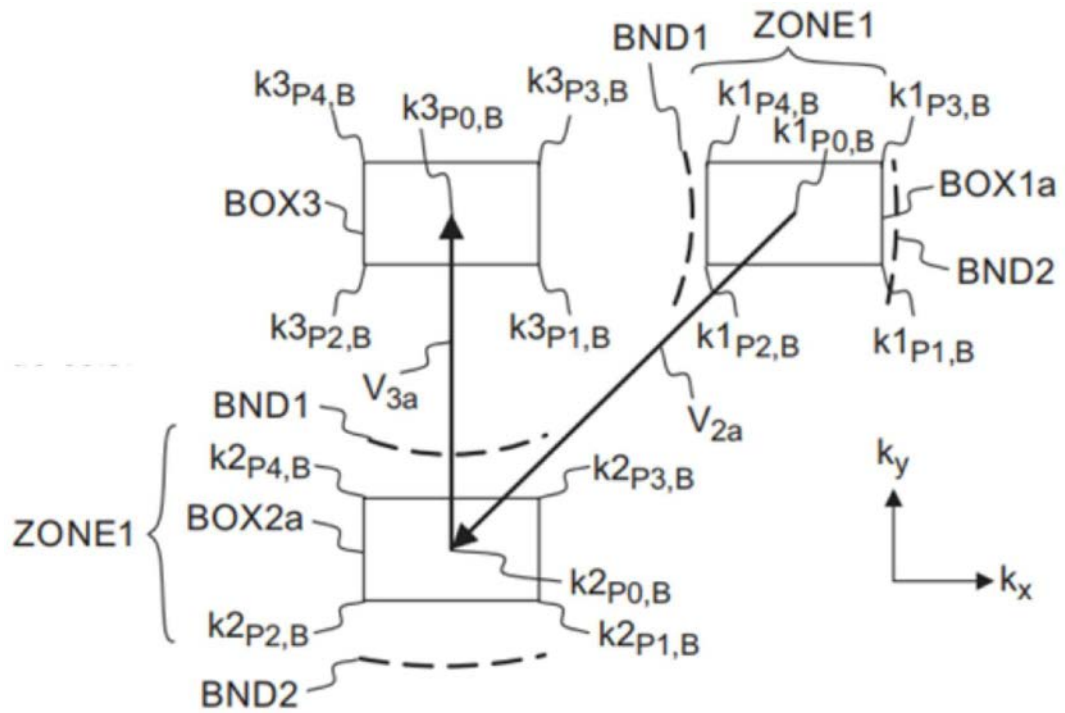


图6d

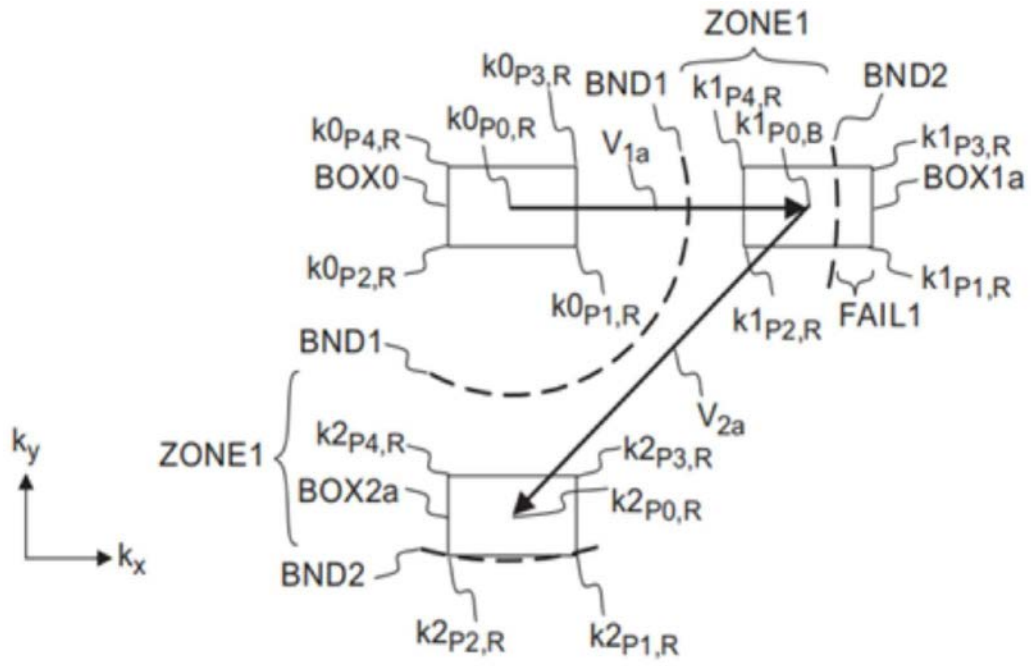


图6e

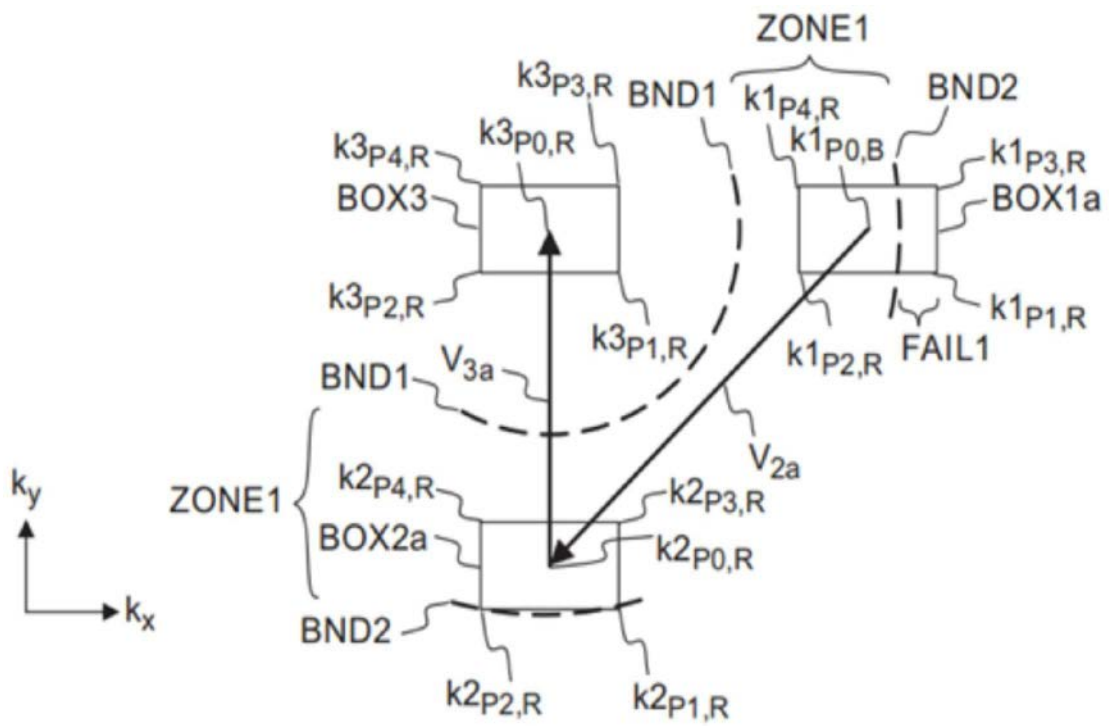


图6f

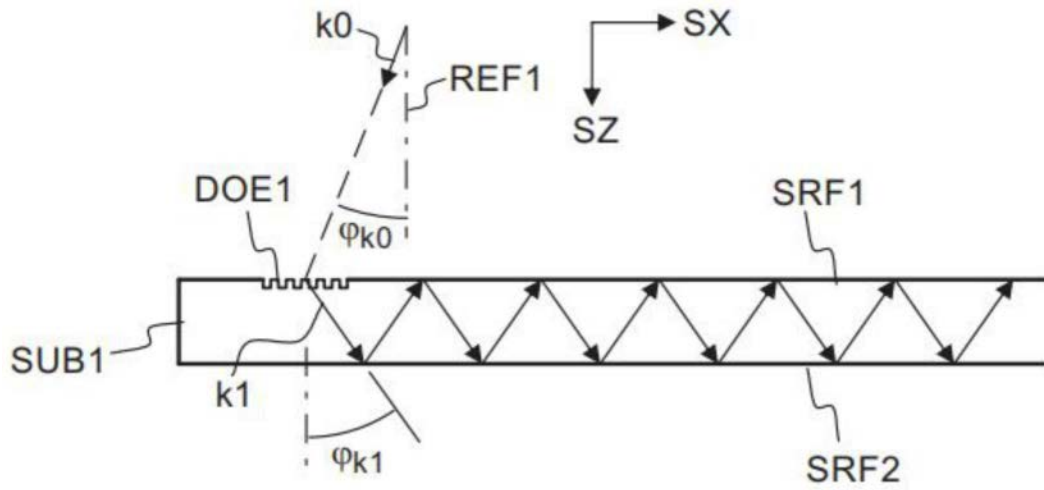


图6g

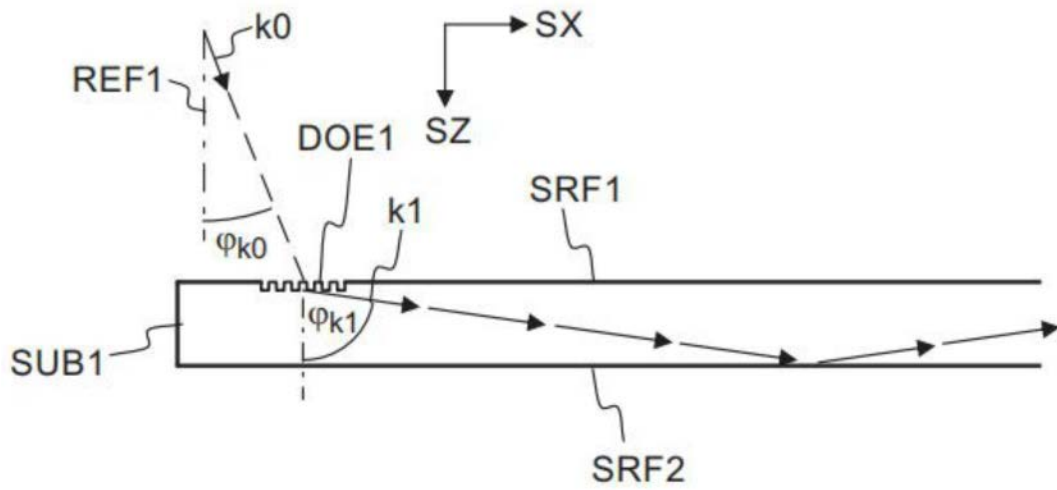


图6h

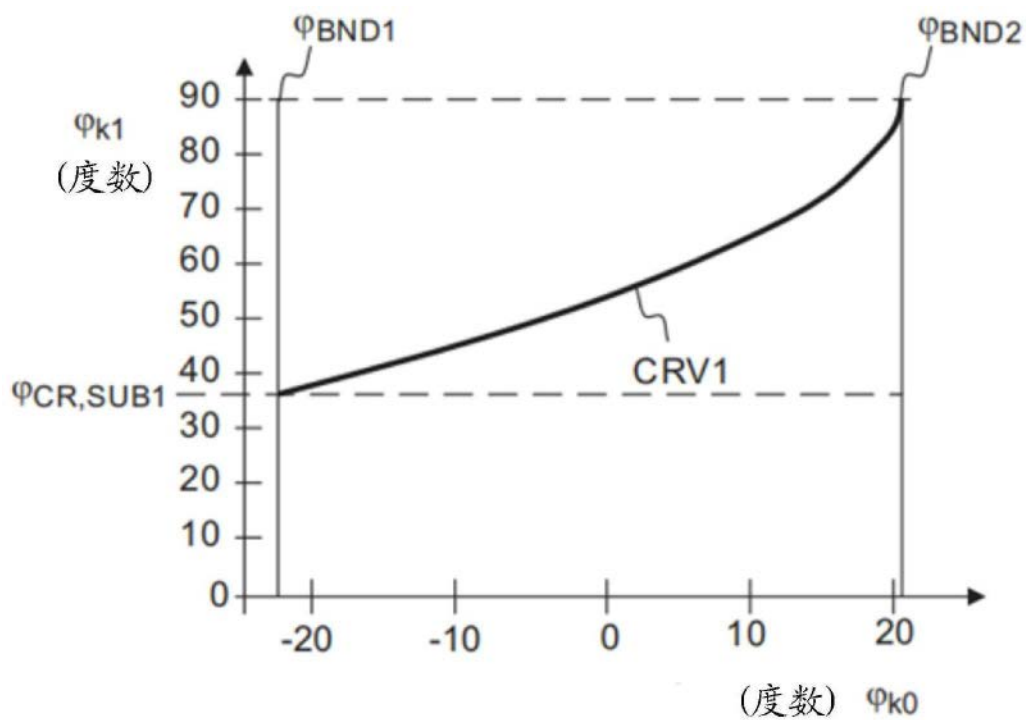


图6i

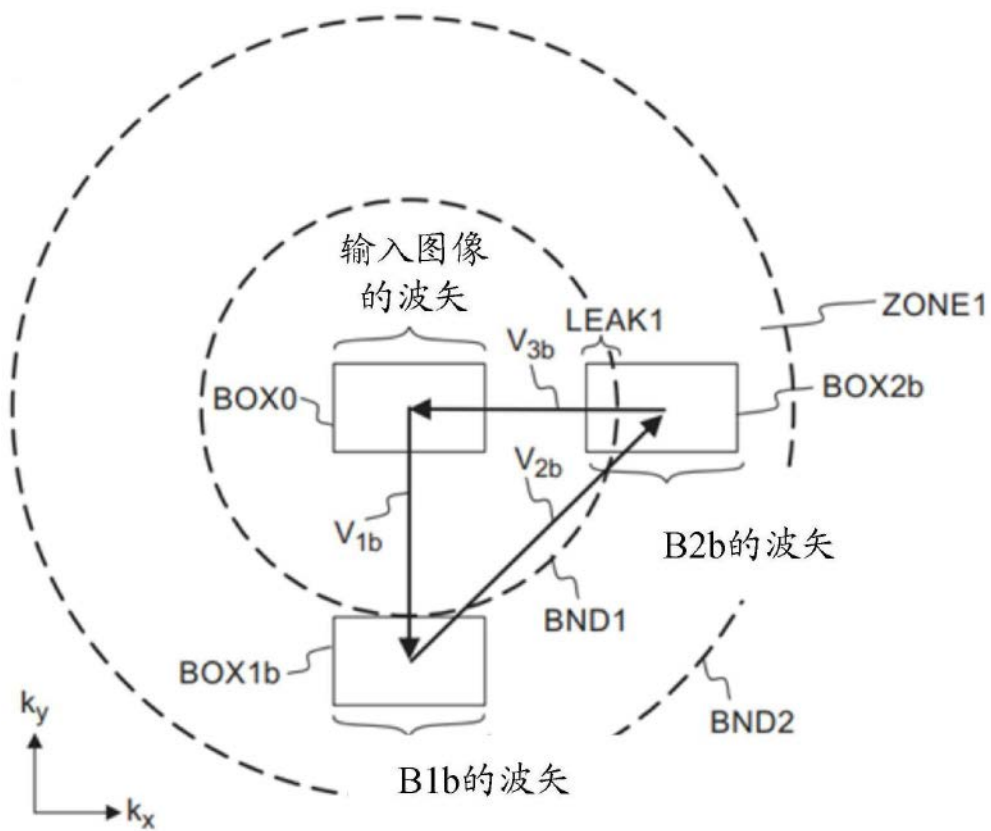


图7a

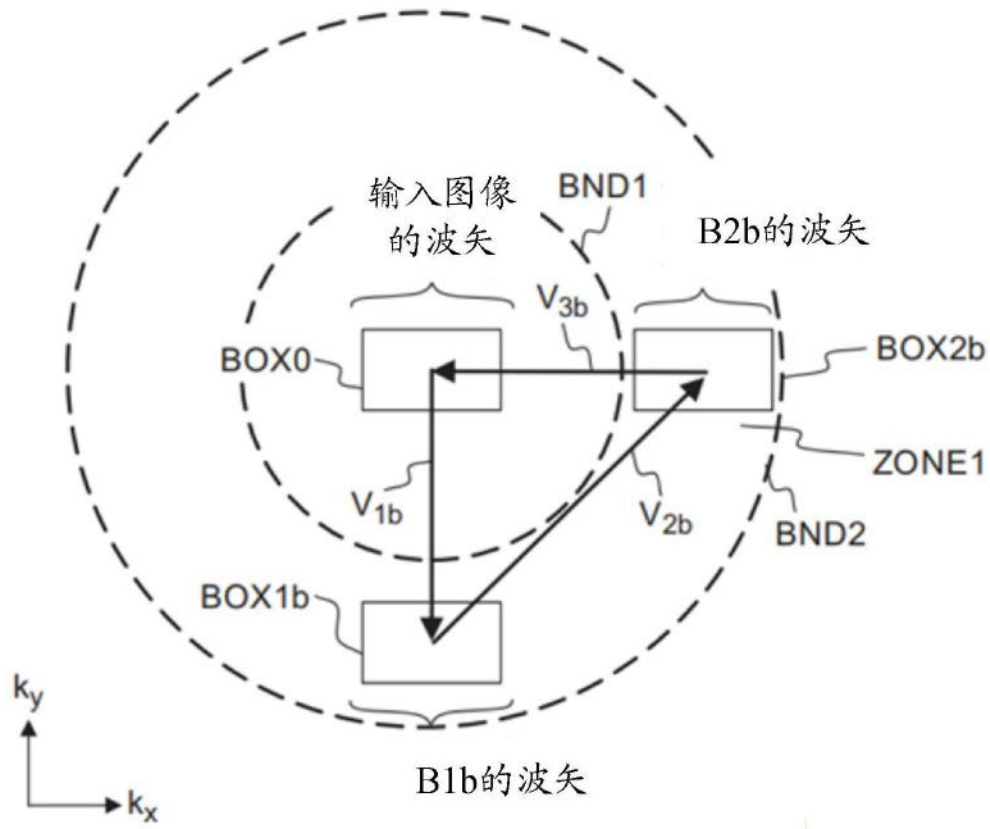


图7b

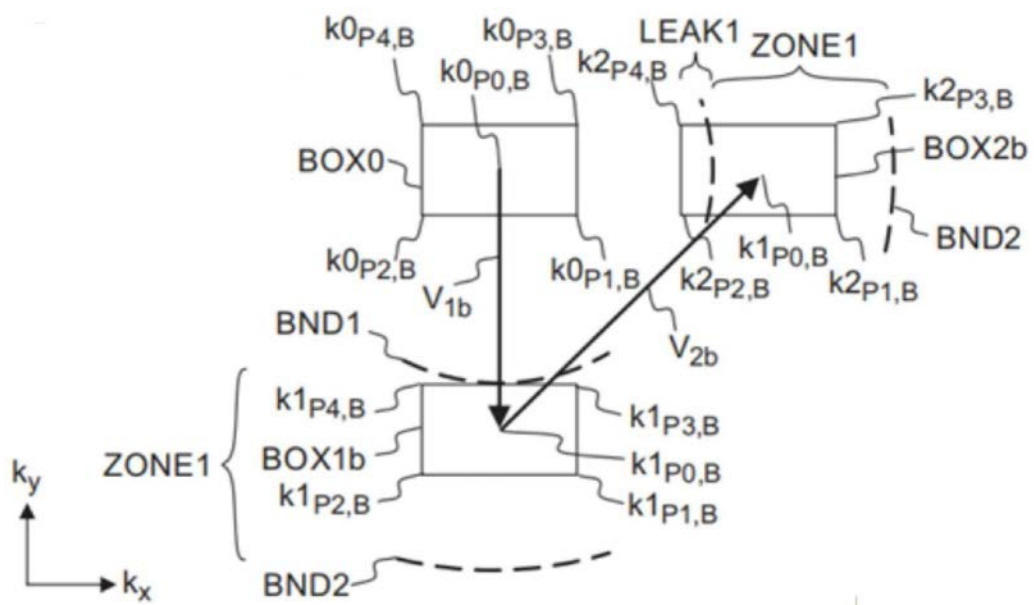


图7c

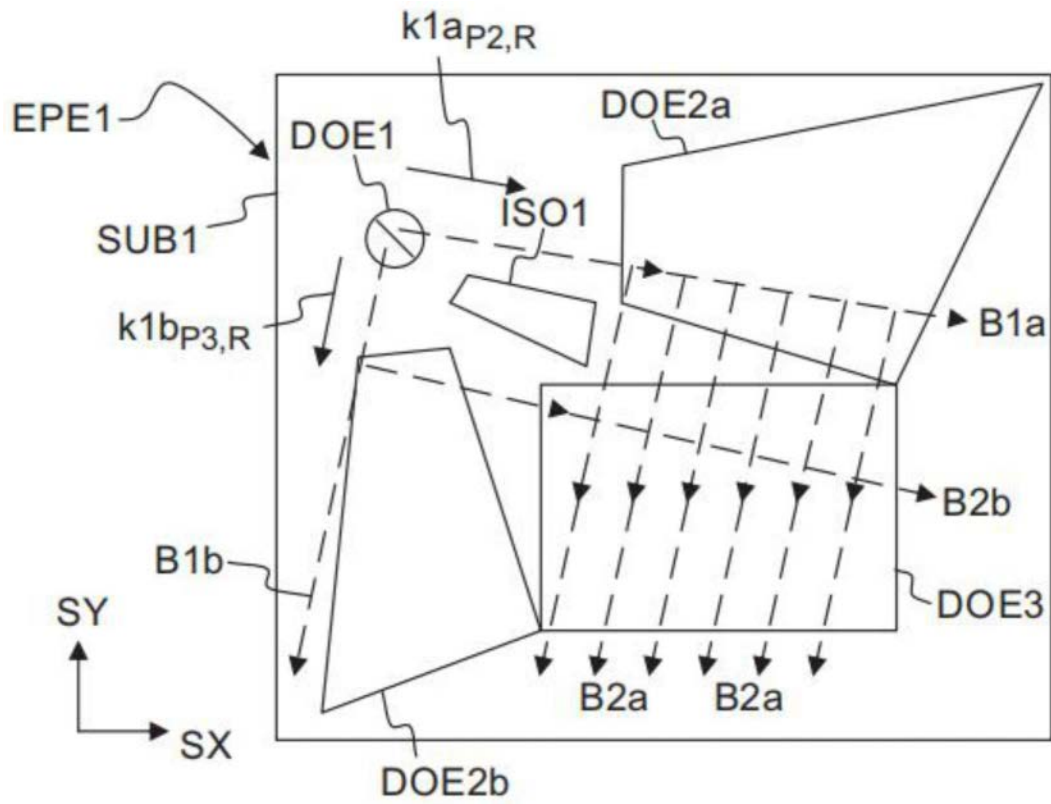


图8d

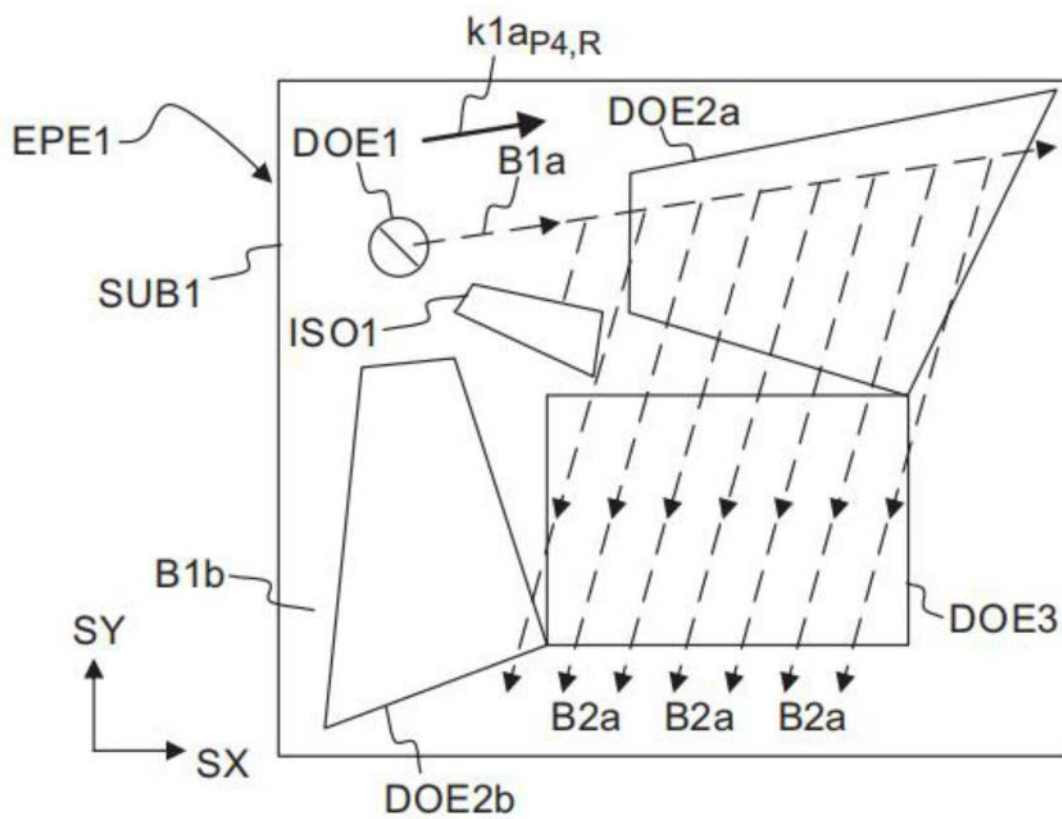


图8e