



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104053974 B

(45)授权公告日 2017.03.08

(21)申请号 201380005481.9

(22)申请日 2013.03.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104053974 A

(43)申请公布日 2014.09.17

(30)优先权数据

2012-049983 2012.03.07 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.07.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/001423 2013.03.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/132852 JA 2013.09.12

(73)专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 植松彰 寺岛义幸 佐藤阳一

松尾笃

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51)Int.Cl.

G01J 1/06(2006.01)

G01J 3/26(2006.01)

H01L 27/14(2006.01)

A61B 5/0245(2006.01)

A61B 5/1455(2006.01)

G01N 21/27(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2011-203247 A, 2011.10.13, 权利要求16-19、说明书第48-59、96、104段, 附图4.

CN 102057495 A, 2011.05.11, 说明书第84段, 附图2B.

WO 2008/023490 A1, 2008.02.28, 全文.

审查员 张蒙恩

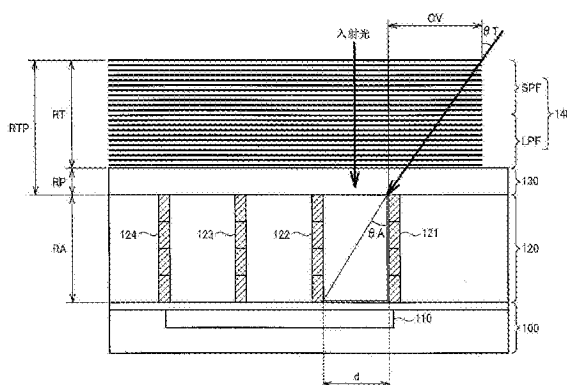
权利要求书1页 说明书12页 附图12页

(54)发明名称

光学传感器和电子设备

(57)摘要

提供抑制分光特性降低的光学传感器和电子设备等。光学传感器包括受光元件、使射入受光元件的受光区域的入射光中的特定波长的光透过的光学滤波器(140)、以及限制透过光学滤波器(140)的入射光的入射角度的角度限制滤波器(120)。在将角度限制滤波器(120)的限制角度设为 θ_A 、将从角度限制滤波器(120)的上表面到光学滤波器的上表面的高度设为RTP的情况下, 若将对角度限制滤波器(120)的上表面的俯视观察中从光学滤波器(140)的端部到角度限制滤波器(120)的开口端部的距离设为交迭距离(OV), 则满足 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta_A$ 。



1. 一种光学传感器,其特征在于,包括:

受光元件、

使射入所述受光元件的受光区域的入射光中的特定波长的光透过的光学滤波器、以及限制透过所述光学滤波器的所述入射光的入射角度的角度限制滤波器,

其中,在设所述入射光的波长为 λ 、所述角度限制滤波器的高度为RA、所述角度限制滤波器的开口的宽度为d的情况下,满足 $d^2/(\lambda \times RA) \geq 2$,并且,

在将所述角度限制滤波器的限制角度设为 θ_A 、将从所述角度限制滤波器的上表面到所述光学滤波器的上表面的高度设为RTP的情况下,若将对所述角度限制滤波器的所述上表面的俯视观察中从所述光学滤波器的端部到所述角度限制滤波器的开口的端部的距离设为交迭距离OV,则满足 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta_A$ 。

2. 根据权利要求1所述的光学传感器,其特征在于,在设所述角度限制滤波器的所述开口的宽度为d、所述角度限制滤波器的高度为RA的情况下,所述限制角度是 $\theta_A = \tan^{-1}(d/RA)$ 。

3. 根据权利要求1所述的光学传感器,其特征在于,

所述光学传感器包括形成于所述角度限制滤波器与所述光学滤波器之间的保护膜,

在设所述保护膜的高度为RP、所述光学滤波器的高度为RT的情况下,从所述角度限制滤波器的上表面到所述光学滤波器的上表面的高度是 $RTP = RP + RT$ 。

4. 根据权利要求2所述的光学传感器,其特征在于,

所述光学传感器包括形成于所述角度限制滤波器与所述光学滤波器之间的保护膜,

在设所述保护膜的高度为RP、所述光学滤波器的高度为RT的情况下,从所述角度限制滤波器的上表面到所述光学滤波器的上表面的高度是 $RTP = RP + RT$ 。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的光学传感器,其特征在于,所述限制角度满足 $\theta_A = \tan^{-1}(d/RA) < 60^\circ$ 。

6. 根据权利要求1至4中任一项所述的光学传感器,其特征在于,所述光学传感器是用于对所述入射光进行分光的分光传感器。

7. 根据权利要求1至4中任一项所述的光学传感器,其特征在于,所述光学传感器是用于测量所述入射光的照度的照度传感器。

8. 根据权利要求1至4中任一项所述的光学传感器,其特征在于,所述光学传感器是用于测量光源的仰角的仰角传感器。

9. 一种电子设备,其特征在于,包括权利要求1至8中任一项所述的光学传感器。

光学传感器和电子设备

技术领域

[0001] 本发明涉及光学传感器和电子设备等。

背景技术

[0002] 例如在专利文献1中发表了作为光学传感器中一种的图像传感器具有光吸收膜(遮光物质)而防止相邻的光电转换元件(受光元件)之间的光串扰的技术。

[0003] 先行技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2006-13520号公报

发明内容

[0006] 发明拟解决的课题

[0007] 目前考虑这样的光学传感器,即,例如利用上述的遮光物质形成限制入射光向受光元件入射的入射角度的角度限制滤波器,在该角度限制滤波器之上再形成分光滤波器(分光フィルター)。例如,为了提高分光滤波器的分光特性而使用角度限制滤波器。像这样地在角度限制滤波器之上形成分光滤波器的情况下,如果从分光滤波器的侧面射入的光通过了角度限制滤波器,则具有分光特性降低的问题。

[0008] 根据本发明的几个方面,可以提供抑制分光特性降低的光学传感器和电子设备等。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本发明的一个方面涉及一种光学传感器,包括:受光元件、使射入所述受光元件的受光区域的入射光中的特定波长的光透过光学滤波器、以及限制透过所述光学滤波器的所述入射光的入射角度的角度限制滤波器,其中,在将所述角度限制滤波器的限制角度设为 θ_A 、将从所述角度限制滤波器的上表面到所述光学滤波器的上表面的高度设为RTP的情况下,若将对所述角度限制滤波器的所述上表面的俯视观察中从所述光学滤波器的端部到所述角度限制滤波器的开口的端部的距离设为交迭距离OV,则满足 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta_A$ 。

[0011] 根据本发明的一个方面,从光学滤波器的端部到角度限制滤波器的开口端部的距离、即交迭距离OV满足 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta_A$ 。由此,可以抑制分光特性下降。

[0012] 另外,在本发明的一个方面中,在设所述角度限制滤波器的所述开口的宽度为d、所述角度限制滤波器的高度为RA的情况下,所述限制角度也可以是 $\theta_A = \tan^{-1}(d/RA)$ 。

[0013] 这样,通过调整角度限制滤波器的开口宽度和高度,从而可以设定限制角度,相对于所设定的限制角度,可以设定满足 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta_A$ 的交迭距离。

[0014] 另外,在本发明的一个方面中,所述光学传感器也可以包括形成于所述角度限制滤波器与所述光学滤波器之间的保护膜,在设所述保护膜的高度为RP、所述光学滤波器的高度为RT的情况下,从所述角度限制滤波器的上表面到所述光学滤波器的上表面的高度也可以是 $RTP = RP + RT$ 。

[0015] 需注意的是,本发明的一个方面并不仅限于此,例如在不设置保护膜的情况下,也可以是 $RTP=RT$ 。或者,若在角度限制滤波器与光学滤波器之间还另外设有厚度为 RP' 的其它层,则也可以是 $RTP=RP+RP'+RT$ 。

[0016] 另外,在本发明的一个方面中,在设所述入射光的波长为 λ 、所述角度限制滤波器的高度为 RA 、所述角度限制滤波器的开口的宽度为 d 的情况下,也可以满足 $d^2/(\lambda \times RA) \geq 2$ 。

[0017] 这样一来,可以按满足 $d^2/(\lambda \times RA) \geq 2$ 的条件的尺寸形成角度限制滤波器。由此,可以高精度地控制对到达受光元件的光的入射角度进行限制的限制角度。

[0018] 另外,在本发明的一个方面中,所述限制角度也可以满足 $\theta A = \tan^{-1}(d/RA) < 60^\circ$ 。

[0019] 由于即使是没有角度限制滤波器的情况下也可以得到 60° 的限制角度,因此,通过设定满足 $\tan^{-1}(d/RA) < 60^\circ$ 的限制角度,从而可以有效地进行角度限制滤波器的角度制限。

[0020] 另外,在本发明的一个方面中,光学传感器也可以是用于对所述入射光进行分光的分光传感器。

[0021] 另外,在本发明的一个方面中,光学传感器也可以是用于测量所述入射光的照度的照度传感器。

[0022] 另外,在本发明的一个方面中,光学传感器也可以是用于测量光源的仰角的仰角传感器。

[0023] 另外,本发明的其它方面涉及包括上述任一所述的光学传感器的电子设备。

附图说明

[0024] 图1是光学传感器的比较例。

[0025] 图2中的图2(A)是光学传感器的比较例的分光特性例,图2(B)是短通滤波器(ショートパスフィルター)与长通滤波器(ロングパスフィルター)的分光特性例。

[0026] 图3是本实施方式的光学传感器的构成例。

[0027] 图4是本实施方式的光学传感器的分光特性例。

[0028] 图5中的图5(A)~图5(C)是光到达率的角度特性的比较例。

[0029] 图6中的图6(A)~图6(C)是本实施方式中的光到达率的角度特性例。

[0030] 图7中的图7(A)、图7(B)是本实施方式中的光到达率的开口宽度特性例。

[0031] 图8是分光传感器的构成例的俯视图。

[0032] 图9是分光传感器的构成例的截面图。

[0033] 图10中的图10(A)、图10(B)是光学带通滤波器的透过波长带的说明图。

[0034] 图11是光学传感器的制造方法例。

[0035] 图12是电子设备的构成例。

具体实施方式

[0036] 以下就本发明的优选实施方式进行详细说明。另外,以下说明的本实施方式并非不当限定权利要求书所记载的本发明内容,本实施方式中说明的所有构成作为本发明的解决手段未必都是必须的。

[0037] 1.比较例

[0038] 图1示出本实施方式的光学传感器的比较例。图1的光学传感器包括形成有受光元

件(光电传感器)用的杂质区域110的半导体基板100、利用配线工艺在半导体基板100上形成有遮光物质121~124的角度限制滤波器120、形成在角度限制滤波器120上的保护膜130以及形成在保护膜130上的带通滤波器140。

[0039] 带通滤波器140例如是层压有薄膜的薄膜滤波器。薄膜滤波器由于透过波长随入射角度而不同,因此如果不限入射角度,则由杂质区域110和半导体基板100形成的受光元件所检测的波长带变宽。在图1的比较例中,射入受光元件的光被角度限制滤波器120限制入射角度,因此,可以使受光元件检测的波长带变窄。

[0040] 构成带通滤波器140的薄膜滤波器在入射光通过所层压的所有层后才发挥所设计的特性。即,如图1所示的光线LY那样,从带通滤波器140的壁面射入后只通过层压的一部分的光不具有所设计的波段限制特性(带域制限特性)。一旦这样的光通过角度限制滤波器120并被受光元件检测到,则存在光学传感器的波段限制特性下降的问题。

[0041] 例如图2(A)示出光线LY到达受光元件时的分光特性例。如图1所示,假设带通滤波器140例如由短通滤波器SPF和长通滤波器LPF构成。如图2(B)的F1所示,短通滤波器SPF是使波长比规定波长 λ_S 更短一侧的波段透过的薄膜滤波器,如F2所示,长通滤波器LPF是使波长比规定波长 λ_L 更长一侧的波段透过的薄膜滤波器。通过这些滤波器SPF、LPF,入射光的波段被限制在 $\lambda_L \sim \lambda_S$ 的波长范围。

[0042] 这种情况下,假设从带通滤波器140的壁面射入的光线LY只通过短通滤波器SPF的一部分。这样,短通滤波器SPF的波段限制特性降低,长波长侧的光也将通过。如图2(A)的G1所示,观察整个带通滤波器140,由于长波长侧的光到达受光元件,因此,长波长侧的阻止带上升,阻止率下降。

[0043] 2. 光学传感器

[0044] 图3示出解决带通滤波器的阻止率下降这一问题的光学传感器的构成例。

[0045] 图3的光学传感器包括:形成有受光元件用的杂质区域110的半导体基板100、利用配线工艺在半导体基板100上形成有遮光物质121~124的角度限制滤波器120、形成在角度限制滤波器120上的保护膜130以及形成在保护膜130上的带通滤波器140(广义上是光学滤波器)。在此,“半导体基板100上”等的“上”是表示在与半导体基板100的平面垂直的方向中形成有角度限制滤波器120等一侧的方向。

[0046] 带通滤波器140由形成于保护膜130之上的长通滤波器LPF和形成于长通滤波器LPF之上的短通滤波器SPF构成。长通滤波器LPF和短通滤波器SPF是层压有薄膜的薄膜滤波器,例如具有在图2(B)中说明的分光特性。另外,长通滤波器LPF和短通滤波器SPF的上下也可以互换。

[0047] 杂质区域110是第一导电型(例如n型)的杂质区域,半导体基板100是第二导电型(例如p型)的杂质区域。通过这些杂质区域110与半导体基板100的pn接合形成受光元件。受光元件例如是光电二极管。

[0048] 角度限制滤波器120通过半导体工艺(半导体プロセス)的配线工艺(配線プロセス)形成。假设有从角度限制滤波器120的上表面向受光元件直线射入的光,如果入射角度小于 θ_A ,则该入射光直接到达受光元件。如果入射角度大于 θ_A ,则该入射光被遮光物质121~124遮挡,不直接到达受光元件。将这样的角度 θ_A 称为限制角度(控制角度)。另外,即使入射角度大于 θ_A ,也有可能因光的衍射或反射等而光间接到达受光元件的情况。通过这样的

遮光,可以阻止入射角度大于限制角度 θ_A 的入射光直接到达受光元件。遮光物质121~124是至少遮住带通滤波器140的透过带的光的物质。具体而言,遮光物质121~124是用于金属配线的金属层(例如铝配线层)。层压在角度限制滤波器120之上的保护膜130由至少透过带通滤波器140的透过带的光的物质形成。具体而言,保护膜130由半导体工艺的绝缘层(例如 SiO_2 层)形成。

[0049] 另外,关于本实施方式的光学传感器的更详细的构成、形成工艺(形成プロセス),之后将在图5(A)~图11中进行说明。

[0050] 如图3所示,设带通滤波器140的高度为RT,设保护膜的高度为RP,设角度限制滤波器120的高度为RA。例如 $RT=5\mu\text{m}$, $RP=1\mu\text{m}$, $RA=5\mu\text{m}$ 。在此,“高度”是与半导体基板100的平面垂直的方向上的高度(或厚度),例如如果是带通滤波器140,则相当于从带通滤波器140的下表面到上表面的距离。

[0051] 另外,设角度限制滤波器120的开口宽度为d。例如 $d=3\mu\text{m}$ 。在此,角度限制滤波器120的“开口”是在入射光射入一侧的面上不存在遮光物质的区域,在对角度限制滤波器120的俯视观察中,是射入入射光的区域。另外,开口的外周未必一定要用遮光物质封闭,也可以沿着开口的外周间断地配置遮光物质。另外,“开口宽度”是从遮光物质的壁面到与该壁面相对的遮光物质的壁面的距离,例如开口是矩形的情况下,相当于该矩形的边的长度。“遮光物质的壁面”是填充于开口的物质(例如 SiO_2)与遮光物质的边界面,是与半导体基板100的平面交叉(狭义上是垂直)的面。

[0052] 根据角度限制滤波器120的高度RA、开口宽度d,限制角度为 $\theta_A = \tan^{-1}(d/RA)$ 。例如 $RA=5\mu\text{m}$, $d=3\mu\text{m}$ 时, $\theta_A=31^\circ$ 。入射角度大于限制角度 θ_A 的光被遮挡,不射入受光元件。相对于该限制角度 θ_A ,角度限制滤波器120与带通滤波器140的交迭距离OV被设定成满足下式(1)。在此,“限制角度”等的“角度”是相对与半导体基板100的平面垂直的方向的角度。

[0053] $\theta_A = \tan^{-1}(d/RA) < \theta_T = \tan^{-1}(OV/(RT+RP))$ (1)

[0054] 如图3所示,在到达角度限制滤波器120中最外侧的开口端的入射光中,入射角度大于角度 $\theta_T = \tan^{-1}(OV/(RT+RP))$ 的光是通过带通滤波器140的壁面的光。即,通过如上式(1)这样将限制角度 θ_A 设定为小于角度 θ_T 的角度,从而可以遮挡通过带通滤波器140的壁面的光。在此,“交迭距离”是在对半导体基板100的俯视观察中从带通滤波器140的形成区域与非形成区域的交界(带通滤波器140的壁面)到角度限制滤波器120中最外侧的开口端的距离。另外,“最外侧的开口端”相当于在对半导体基板100的俯视观察中形成于角度限制滤波器120的最外侧的开口的内壁面。

[0055] 图4示出本实施方式的光学传感器的分光特性例。在本实施方式的光学传感器中,由于通过带通滤波器140的壁面的光不射入受光元件,因此可以发挥带通滤波器140原本的特性。即,如图4所示,与透过带TB相比,阻止带KB1、KB2的光强度变得足够小,与上述比较例相比,波段限制特性(带域制限特性)没有降低。

[0056] 另外,上面以光学滤波器是带通滤波器且带通滤波器140由短通滤波器SPF和长通滤波器LPF构成的情况为例进行了说明,但本实施方式并不仅限于此。例如,光学滤波器也可以是具有带通滤波器以外的分光特性的滤波器。另外,带通滤波器140不是分别层压有短通滤波器SPF和长通滤波器LPF也可。

[0057] 根据以上的实施方式,如图3所示,光学传感器包括受光元件、使向受光元件的受

光区域射入的光中的特定波长的光透过的光学滤波器140、以及限制透过光学滤波器140的入射光的入射角度的角度限制滤波器120。当设角度限制滤波器120的限制角度为 θ_A 、设从角度限制滤波器120的上表面(开口面、入射面)到光学滤波器的上表面(入射面)的高度为RTP时,在对角度限制滤波器120的上表面的俯视观察中从光学滤波器140的端部到角度限制滤波器的开口端的距离、即交迭距离OV满足 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta_A$ 。

[0058] 在此,“角度限制滤波器120的上表面”是通过半导体工艺形成的角度限制滤波器120的层的上侧的面,是角度限制滤波器120的层与形成于角度限制滤波器120之上的层(例如保护膜130)的交界面。并且,“光学滤波器140的上表面”是层压的光学滤波器140的上侧的面。“上”是离开半导体基板100的平面的方向,是半导体基板100的平面的法线方向中形成角度限制滤波器120等一侧的法线方向。另外,“受光区域”是在构成受光元件的杂质区域110中、通过了角度限制滤波器120的入射光可以到达的区域。

[0059] 这样,如在图3等中所述,通过角度限制滤波器120的光为从光学滤波器140的上表面射入后通过了光学滤波器140的所有层的光。由此,如在图4等中所述,可以防止由于只通过光学滤波器140的一部分层的光所导致的阻止带KB1、KB2的阻止率下降。

[0060] 另外,在本实施方式中,当设角度限制滤波器120的开口宽度为d、设角度限制滤波器120的高度为RA时,限制角度为 $\theta_A = \tan^{-1}(d/RA)$ 。

[0061] 这样,通过调整角度限制滤波器120的开口宽度d和高度RA,从而可以设定限制角度 θ_A ,可以相对于该限制角度 θ_A 设定满足 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta_A$ 的交迭距离OV。

[0062] 另外,在本实施方式中,包括形成于角度限制滤波器120与光学滤波器140之间的保护膜130,如果设保护膜130的高度(厚度)为RP、设光学滤波器140的高度(厚度)为RT,则从角度限制滤波器120的上表面到光学滤波器140的上表面的高度为 $RTP = RP + RT$ 。

[0063] 另外,在图3中,以 $RTP = RP + RT$ 为例进行了说明,但本实施方式并不仅限于此。例如,也可以省略保护膜130,为 $RTP = RT$ 。或者,还可以在角度限制滤波器120与光学滤波器140之间再另外设置厚度为RP'的层,为 $RTP = RP + RP' + RT$ 。

[0064] 3. 角度限制滤波器的开口宽度、高度

[0065] 下面,就设定角度限制滤波器120的开口宽度d、高度RA的方法进行说明。在本实施方式中,相对于按下述方法设定的开口宽度d、高度RA设定满足上式(1)的交迭距离OV。另外,以下将角度限制滤波器120的高度RA表示为R,将限制角度 θ_A 表示为 θ 。

[0066] 在本实施方式中,将角度限制滤波器的开口宽度d和高度R设定为满足下式(2)。通过这样,可以提高通过调整开口宽度d和高度R而能控制实测的限制角度的角度控制性、射入角度限制滤波器的开口的光量与到达受光元件的光量的比率、即光到达率。用图5(A)~图7(B)详细说明这点。

[0067] $d^2/(\lambda \times R) \geq 2(2)$

[0068] 首先,在图5(A)~图5(C)中作为比较例示出 $d^2/(\lambda \times R) < 2$ 时的光到达率特性。图5(A)~图5(C)是波长 $\lambda = 0.5\mu\text{m}$ 、高度 $R = 5\mu\text{m}$ 时使入射光的入射角度变化时的光到达率的测量值。

[0069] 图5(A)示出设无角度限制滤波器时的入射角度 0° 的光到达率为1情况下的光到达率特性。如图5(A)的A1所示,在无角度限制滤波器的情况下,随着入射角度(入射角度的绝对值)增加,光到达率逐渐衰减。如A2所示,在限制角度 $\theta = 15^\circ$ 、开口宽度 $d = 1.34\mu\text{m}$ 的情况

下,光到达率的最大值为0.23。如A3所示,在限制角度 $\theta=20^\circ$ 、开口宽度 $d=1.82\mu\text{m}$ 的情况下,光到达率的最大值为0.45。

[0070] 因此,在比较例的角度限制滤波器时,光到达率不足50%,当入射光暗时,传感器灵敏度有可能不够。

[0071] 图5(B)示出在入射角度 0° 时将图5(A)的光到达率特性标准化为1的情况。另外,以下将光到达率是入射角度 0° 时的光到达率的1/2时的入射角度作为限制角度 θ 进行说明,但本实施方式并不局限于此,也可以根据光到达率是其他比例时的入射角度定义 θ 。

[0072] 图5(B)的B1表示无角度限制滤波器时的测量值,B2表示设计上的限制角度 $\theta=15^\circ$ 时的测量值,B3表示设计上的限制角度 $\theta=20^\circ$ 时的测量值。在此,“设计上的限制角度”是 $\theta=\tan^{-1}(d/R)$ 。如B2、B3所示,实际测量的限制角度都是 22° 左右,不能获得设计上的限制角度,角度控制性差。

[0073] 图5(C)汇总了上述测量值。如图5(C)所示,无论 $\theta=15^\circ$ 还是 20° ,都是 $d^2/(\lambda \times R) < 2$,在该范围内不能充分获得角度控制性和光到达率。

[0074] 下面,图6(A)~图6(C)示出满足上式(2)的 $d^2/(\lambda \times R) \geq 2$ 时的光到达率特性。图6(A)~图6(C)是波长 $\lambda=0.5\mu\text{m}$ 、高度 $R=5\mu\text{m}$ 时使入射光的入射角度变化时的光到达率的测量值。

[0075] 图6(A)示出设无角度限制滤波器时的入射角度 0° 的光到达率为1情况下的光到达率特性。如图6(A)的C1所示,无角度限制滤波器时的特性与比较例一样。如C2所示,当限制角度 $\theta=25^\circ$ 、开口宽度 $d=2.33\mu\text{m}$ 时,光到达率的最大值为0.54。如C3所示,当限制角度 $\theta=30^\circ$ 、开口宽度 $d=2.89\mu\text{m}$ 时,光到达率的最大值为0.64。这样,通过满足上式(2)的 $d^2/(\lambda \times R) \geq 2$,光到达率的最大值(入射角度 0° 时的光到达率)大于50%,因此,即使当入射光暗时也可以获得充分的传感器灵敏度。

[0076] 图6(B)示出在入射角度 0° 时将图6(A)的光到达率特性标准化为1的情况。图6(B)的D1表示无角度限制滤波器时的测量值,D2表示设计上的限制角度 $\theta=25^\circ$ 时的测量值,D3表示设计上的限制角度 $\theta=30^\circ$ 时的测量值。设计上的限制角度是 $\theta=\tan^{-1}(d/R)$ 。如D2、D3所示,实际测量的限制角度(光到达率为0.5的限制角度)分别为 $24^\circ \sim 25^\circ$ 、 $28^\circ \sim 29^\circ$ 。这些限制角度与设计上的限制角度基本一致,可以获得所期望的角度控制性。

[0077] 图6(C)汇总了上述测量值。如图6(C)所示,无论 $\theta=25^\circ$ 还是 30° ,都满足上式(2)的 $d^2/(\lambda \times R) \geq 2$ 的条件,在该范围内可以充分获得角度控制性和光到达率。这样,通过角度制御性的提高,从而在例如光学传感器是分光传感器的情况下,可以实现所期望的波长分辨率。另外,与比较例相比,光到达率更大,从而即使光量少,也可以进行高灵敏度的感测。

[0078] 例如,如果在 $d^2/(\lambda \times R) \geq 2$ 的范围内设计上述比较例的 $\theta=15^\circ$ 的角度限制滤波器,则如下式(3)所示,使 $d=4.02\mu\text{m}$ 、 $R=15\mu\text{m}$ 即可。另外,对于 $\theta=20^\circ$ 的角度限制滤波器,如下式(4)所示,使 $d=3.64\mu\text{m}$ 、 $R=10\mu\text{m}$ 即可。

$$[0079] \quad d^2/(\lambda \times R) = 4.02^2/(0.5 \times 15) = 2.15 \geq 2(3)$$

$$[0080] \quad d^2/(\lambda \times R) = 3.64^2/(0.5 \times 10) = 2.65 \geq 2(4)$$

[0081] 以下,就上式(2)的条件与最大光到达率的关系进行更详细的说明。图7(A)示出入射角度 0° 的入射光的光到达率特性。图7(A)的E1表示在波长 $\lambda=0.5\mu\text{m}$ 、高度 $R=5\mu\text{m}$ 时使开口宽度 d 变化时的测量值。E2表示在波长 $\lambda=0.9\mu\text{m}$ 、高度 $R=5\mu\text{m}$ 时使开口宽度 d 变化时的测

量值。

[0082] E1所示的特性中,在开口宽度 $d=2.3\mu\text{m}$ 附近,切线的斜率急速变化。下面将该点称为分界点。可以看出,如果开口宽度 d 比分界点小,则光到达率急速下降。即,如果设到分界点的 $d\leq 2.3\mu\text{m}$ 的范围为第一特性区域R1,则在第一特性区域R1中光到达率以一定(基本一定)的第一斜率上升。如果将分界点之后的 $2.3\mu\text{m}\leq d\leq 8\mu\text{m}$ 的范围设为第二特性区域R2,则在第二特性区域R2中光到达率以小于第一斜率的一定(基本一定)的第二斜率进行变化。

[0083] 在E2所示的特性中,分界点为 $d=3\mu\text{m}$,第一特性区域是 $d\leq 3\mu\text{m}$,第二特性区域是 $3\mu\text{m}\leq d\leq 8\mu\text{m}$ 。可以明确,在E2所示的特性中,如果开口宽度 d 小于分界点,则光到达率也降低,不足0.5。

[0084] 如图7(B)所示,上述分界点与 $d^2/(\lambda\times R)=2$ 时的 d 的值一致(基本一致)。即,可以明确,通过使开口宽度 d 大于分界点地形成角度限制滤波器,从而可以满足 $d^2/(\lambda\times R)\geq 2$ 的条件,提高角度控制性和光到达率。这样,在本实施方式中,也可以从相对于开口宽度 d 的光到达率特性来确定角度限制滤波器的尺寸。

[0085] 另外,在本实施方式中,优选将角度限制滤波器构成为在作为分界点的 $d^2/(\lambda\times R)=2$ 附近。在分界点,角度限制滤波器的高度 R 为最低,可以使光学传感器小型化。即,由于限制角度为 $\theta=\tan^{-1}(d/R)$,因此,如果确定 θ ,则高宽比 d/R 被固定。因此,在满足 $d^2/(\lambda\times R)\geq 2$ 的范围内 d 是最小的分界点,也可以使 R 为最小。

[0086] 根据以上实施方式,如以上式(2)所说明地,如果设入射光的波长为 λ 、角度限制滤波器的高度为 $R(=RA)$ 、角度限制滤波器的开口宽度为 d ,则满足 $d^2/(\lambda\times R)\geq 2$ 。

[0087] 由此,可以高精度地控制入射光的入射限制角度 θ 。并且,可以提高光到达率。即,与图5(C)所示的 $d^2/\lambda R<2$ 的测量值相比,图6(C)所示的 $d^2/\lambda R\geq 2$ 的测量值的话可以实现所期望的限制角度,并且,可以提高光到达率。

[0088] 另外,在本实施方式中,角度限制滤波器的限制角度 $\theta(=\theta A)$ 满足 $\theta=\tan^{-1}(d/R)<60^\circ$ 。

[0089] 在无角度限制滤波器的情况下,假设强度 L_i 的入射光以入射角度 α 射入受光元件。这种情况下,受光元件的受光面上的光强度 L_p 用 $L_p=L_i\times\cos\alpha$ 表示。

[0090] 关于 $L_p=L_i\times\cos\alpha$,当 $\alpha=60^\circ$ 时, $L_p/L_i=1/2$,等于限制角度是 60° 。即,将光到达率为1/2的入射角度定义为限制角度 θ 的情况下,即使无角度限制滤波器,也为限制角度 $\theta=60^\circ$ 。因此,即便假设有限制角度 $\theta>60^\circ$ 的角度限制滤波器,限制角度也为 $\theta=60^\circ$,丧失角度限制滤波器的角度控制性。在这点上,根据本实施方式,由于限制角度被设定成 $\theta<60^\circ$,因此可以发挥角度限制滤波器的角度控制性。

[0091] 4. 光学传感器

[0092] 就上述本实施方式的光学传感器的详细构成例进行说明。另外,下面以光学传感器是在多个波长带对测量对象进行分光测量的分光传感器的情况为例进行说明,但如后所述,本实施方式并不仅限于此。

[0093] 图8示出形成有分光传感器的半导体基板10的俯视图。图8是在从与半导体基板10的平面垂直的方向看的俯视观察中、从形成有电路20、角度限制滤波器41等的表面侧看的俯视图。如后所述,在角度限制滤波器41、42之上形成有多层膜滤波器,但为了简化,在图8中省略了图示。

[0094] 图8所示的分光传感器包括半导体基板10、电路20、第一光电二极管31(广义上是第一受光元件、第一受光元件用杂质区域)、第二光电二极管32(广义上是第二受光元件、第二受光元件用杂质区域)、第一角度限制滤波器41、第二角度限制滤波器42。

[0095] 半导体基板10例如由P型、N型的硅基板(硅晶片)形成。在该半导体基板10之上通过半导体工艺形成有电路20、光电二极管31、32、角度限制滤波器41、42。

[0096] 角度限制滤波器41、42在例如俯视观察中被形成为格子状,限制射入光电二极管31、32的光的入射角度。电路20例如由处理来自光电二极管31、32的输出信号的放大器、A/D转换电路等构成。

[0097] 本实施方式的分光传感器不仅限于图8的构成,可以进行各种变形实施,例如省略其一部分构成要素(电路20)或添加其它构成要素等。例如,光电二极管、角度限制滤波器可以如上述这样是两个,也可以形成为一个或多个。另外,角度限制滤波器41、42既可以如上述这样在俯视观察中是格子形状,也可以是其它形状。

[0098] 图9示出分光传感器的截面图。图9是图8所示的AA截面的截面图。图9所示的分光传感器包括半导体基板10、光电二极管31、32、角度限制滤波器41、42、倾斜结构体50(角度结构体)、第一光学带通滤波器61(第一多层膜滤波器、第一介电滤波器)、第二光学带通滤波器62(第二多层膜滤波器、第二介电滤波器)。

[0099] 在半导体基板10上形成有光电二极管31、32。如后所述,该光电二极管31、32通过离子注入等形成杂质区域来形成。例如,光电二极管31、32通过形成于P基板上的N型杂质区域与P基板之间的PN接合而实现。或者,通过形成于深N阱(ディープNウェル)(N型杂质区域)上的P型杂质区域与深N阱之间的PN接合而实现。

[0100] 角度限制滤波器41、42由对被光电二极管31、32检测的波长具有遮光性的遮光物质(例如光吸收物质或光反射物质)形成。具体而言,角度限制滤波器41、42通过半导体工艺的配线形成工序而形成,例如用钨(广义上是光吸收物质)塞等导电塞形成。另外,角度限制滤波器41、42也可以形成为包括铝(广义上是光反射物质)配线层等导电层。

[0101] 角度限制滤波器41、42的底边的开口宽度与高度的高宽比根据光学带通滤波器61、62的透过波长带(例如在图10(B)中的后述的BW1、BW2)而设定。角度限制滤波器41、42的开口部(中空部)由相对于被光电二极管31、32检测的波长为透明的物质形成,例如用SiO₂(二氧化硅膜)等绝缘层形成(填充)。

[0102] 倾斜结构体50形成于角度限制滤波器41、42之上,具有倾斜角根据光学带通滤波器61、62的透过波长而不同的倾斜面。具体而言,在光电二极管31之上形成有多个相对半导体基板10的平面的倾斜角为 θ_1 的倾斜面,在光电二极管32之上形成有多个与 θ_1 不同的倾斜角 θ_2 的倾斜面。如后所述,该倾斜结构体50例如通过用蚀刻或CMP、灰度级光刻(グレースケールリソグラフィ)技术等加工SiO₂等绝缘膜而形成。

[0103] 光学带通滤波器61、62通过层压在倾斜结构体50上的多层薄膜70而形成。光学带通滤波器61、62的透过波长带由倾斜结构体50的倾斜角 θ_1 、 θ_2 和角度限制滤波器41、42的入射光限制角度(高宽比)决定。光学带通滤波器61、62由于是透过波长随倾斜角度而不同的构成,因此不是按每个透过波长利用单独的工序进行层压,而是通过相同的多层膜形成工序层压。

[0104] 以上就光学传感器是分光传感器的情况进行了说明,但本实施方式并不仅限于

此。例如,本实施方式的光学传感器也可以适用于照度传感器、仰角传感器。

[0105] 在此,照度传感器是测量自然光、照明光的照度(勒克斯、或流明/平方米)的光学传感器。在本实施方式中,由于通过角度限制滤波器限制入射角度,因此,可以限制来自测量对象以外的不必要的光的入射。例如,可以考虑将本实施方式应用于根据前进方向的亮度自动打开汽车前照灯的系统。例如进入隧道时,不会对不必要的光作出反应,因此可以恰当进行自动亮灯。

[0106] 另外,仰角传感器是测量太阳或照明光源的方向与基准面之间所成的角度、即仰角的光学传感器。基准面例如是水平面。在本实施方式中,由于通过角度限制滤波器限制入射角度,因此,可以测量仰角。例如,可以考虑将本实施方式应用于太阳能发电系统。这种情况下,高精度地测量太阳的方向,使太阳能电池板朝着该方向,从而可进行高效的发电。

[0107] 现有的光学传感器中具有小型化困难的问题。例如,在获取连续光谱的分光传感器中,由于必须设置用于生成连续光谱的棱镜等、或必须确保光路长度,所以装置大型化。因此,很难设置多个传感器或将传感器始终设置在检查对象上等。

[0108] 在这方面,根据本实施方式,光电二极管(受光元件)通过形成于半导体基板10上的光电二极管用的杂质区域31、32(受光元件用的杂质区域)而形成。

[0109] 另外,在本实施方式中,角度限制滤波器41、42由通过半导体工艺形成在光电二极管用的杂质区域31、32之上的遮光物质形成。

[0110] 这样,由于可以通过半导体工艺构成光学传感器的各构成要素,因此,可以实现光学传感器的小型化等。即,通过半导体工艺形成光电二极管31、32、角度限制滤波器41、42,从而方便进行微细加工,可以实现小型化。另外,与通过粘合部件而构成的情况相比,可以提高透过波长的选择性。另外,与使用光学纤维作为角度限制滤波器的情况相比,可以抑制因限制角度(开口数)的减少导致的透过光的减少,可提高波长选择性。

[0111] 在此,半导体工艺是在半导体基板上形成晶体管、电阻元件、电容器、绝缘层、配线层等的工艺。例如,半导体工艺是包括杂质导入工艺、薄膜形成工艺、光刻工艺、蚀刻工艺、平坦化工艺、热处理工艺的工艺。

[0112] 另外,光电二极管的受光区域是通过了角度限制滤波器41、42的入射光所射入的光电二极管用的杂质区域31、32上的区域。例如,在图8中是与格子状的角度限制滤波器41、42的各开口对应的区域。或者,在图9中是被形成角度限制滤波器41、42的遮光物质包围的区域(例如区域LRA)。

[0113] 另外,遮光物质是光吸收物质或光反射物质。光吸收物质例如是钨,光反射物质例如是铝。

[0114] 另外,角度限制滤波器41、42不限于沿着受光区域的外周封闭的情况,也可以是沿着外周有非连续的部分、或者沿着外周间断地配置。

[0115] 另外,在本实施方式中,光学带通滤波器61、62由相对于半导体基板10以与透过波长相应的角度 θ_1 、 θ_2 倾斜的多层薄膜形成。更具体而言,光学带通滤波器61、62由透过波长不同的多组多层薄膜形成。例如,如图9所示,通过倾斜角为 θ_1 的多个多层薄膜连续排列,从而形成一组多层薄膜。或者,也可以是不同倾斜角 θ_1 、 θ_2 的多层薄膜相邻配置,该倾斜角 θ_1 、 θ_2 的多层薄膜反复配置,由相同倾斜角(例如 θ_1)的多个多层薄膜形成一组多层薄膜。

[0116] 这样,可以由以相应于透过波长的角度 θ_1 、 θ_2 倾斜的多层薄膜形成光学带通滤波

器61、62。由此,无需按每个透过波长用单独工序层压与透过波长相应膜厚的多层薄膜,可以简化多层薄膜的形成工序。

[0117] 另外,本实施方式中包括设置于角度限制滤波器41、42之上的倾斜结构体50。并且,倾斜结构体50具有相对于半导体基板10以及与光学带通滤波器61、62的透过波长相应的角度 θ_1 、 θ_2 倾斜的倾斜面,多层薄膜形成于该倾斜面之上。

[0118] 这样,通过在倾斜结构体50的倾斜面形成多层薄膜,从而可以形成以与光学带通滤波器61、62的透过波长相应的角度 θ_1 、 θ_2 倾斜的多层薄膜。

[0119] 5. 光学带通滤波器的透过波长带

[0120] 如上所述,光学带通滤波器的透过波长带根据多层薄膜的倾斜角度和角度限制滤波器的限制角度而设定。关于这点,用图10(A)、图10(B)进行具体说明。另外,为了便于说明,下面以光学带通滤波器61、62的多层薄膜的膜厚相同的情况为例进行说明,但在本实施方式中,光学带通滤波器61、62的多层薄膜的膜厚也可以根据倾斜角 θ_1 、 θ_2 而不同。例如,在薄膜的沉积中,当使薄膜在与半导体基板垂直的方向上生长时,光学带通滤波器61、62的多层薄膜的膜厚也可以与 $\cos\theta_1$ 、 $\cos\theta_2$ 成比例。

[0121] 如图10(A)所示,光学带通滤波器61、62的多层薄膜由厚度为 $d_1 \sim d_3$ ($d_2 < d_1$ 、 $d_3 < d_1$)的薄膜形成。在厚度为 d_1 的薄膜的上下交替层压有多层厚度为 d_2 、 d_3 的薄膜。厚度为 d_2 的薄膜由折射率与厚度为 d_1 、 d_3 的薄膜不同的物质形成。另外,在图10(A)中,为了简化而省略了厚度为 d_2 、 d_3 的薄膜的层数,实际上在厚度为 d_1 的薄膜的上下层压有数十层至数百层的薄膜。另外,在图10(A)中,为了简化而使厚度为 d_1 的薄膜为一层,但实际上形成有多层的情况居多。

[0122] 光学带通滤波器61的多层薄膜相对于光电二极管31的受光面具有倾斜角 θ_1 ,因此,与受光面垂直的光线以 θ_1 的角度射入光学带通滤波器61的多层薄膜。并且,如果设角度限制滤波器41的限制角度为 $\Delta\theta$,则以 $\theta_1 - \Delta\theta \sim \theta_1 + \Delta\theta$ 射入光学带通滤波器61的多层薄膜的光线到达光电二极管31的受光面。同样,以 $\theta_2 - \Delta\theta \sim \theta_2 + \Delta\theta$ 射入光学带通滤波器62的多层薄膜的光线到达光电二极管32的受光面。

[0123] 如图10(B)所示,光学带通滤波器61的透过波长带BW1是 $\lambda_1 - \Delta\lambda \sim \lambda_1 + \Delta\lambda$ 。此时,对入射角度 θ_1 的光线的透过波长是 $\lambda_1 = 2 \times n \times d_1 \times \cos\theta_1$ 。在此, n 是厚度 d_1 的薄膜的折射率。另外, $\lambda_1 - \Delta\lambda = 2 \times n \times d_1 \times \cos(\theta_1 + \Delta\theta)$ 、 $\lambda_1 + \Delta\lambda = 2 \times n \times d_1 \times \cos(\theta_1 - \Delta\theta)$ 。对入射角度 θ_1 的光线的透过波长的半宽度(半值幅)HW(例如 $HW < BW1$)取决于多层膜的层压数量。光电二极管31的受光量在与受光面垂直的入射角 θ_1 时为最大,在限制角度时为零,因此,入射光整体的受光量通过虚线所示的曲线表示。光学带通滤波器62的透过波长带BW2同样也是 $\lambda_2 - \Delta\lambda \sim \lambda_2 + \Delta\lambda$ 。例如在 $\theta_2 > \theta_1$ 的情况下, $\lambda_2 = 2 \times n \times d_1 \times \cos\theta_2 < \lambda_1 = 2 \times n \times d_1 \times \cos\theta_1$ 。

[0124] 此外,角度限制滤波器41、42的限制角度例如被设定为 $\Delta\theta \leq 30^\circ$ 。角度限制滤波器41、42的限制角度例如优选为 $\Delta\theta \leq 20^\circ$ 。

[0125] 6. 制造方法

[0126] 利用图11就通过半导体工艺形成倾斜结构体时的本实施方式的分光传感器的制造方法的例子进行说明。更详细的制造方法例如记载于日本特开2011-203247号公报中。

[0127] 首先,如图11的S1所示,在P型基板上形成N型扩散层(光电二极管的杂质区域),在P型基板上形成P型扩散层。该N型扩散层成为光电二极管的阴极,P型扩散层(P型基板)成为

阳极。

[0128] 然后,如S2所示,形成绝缘膜,在绝缘膜中形成接触孔,进行接触孔的埋设,形成第一AL配线。然后,通过与上述相同的工序形成通路接触孔和第二AL配线,重复进行所需次数的该工序。图11中示出形成到第三AL配线时的例子。然后,形成绝缘膜,利用CMP进行绝缘膜的平坦化工序。通过以上的配线形成工序层压构成角度限制滤波器的AL配线、钨塞。

[0129] 然后,如S3所示,通过对沉积的SiO₂的各向异性干蚀刻,形成具有高低差或疏密图案(粗密パターン)的绝缘膜,然后通过CMP对该绝缘膜进行研磨工序,形成倾斜结构体的倾斜面。

[0130] 然后,如S4所示,交替进行TiO₂(氧化钛膜)的溅射和SiO₂的溅射,在倾斜面上形成多层薄膜。TiO₂膜是高折射率的薄膜, SiO₂膜是低折射率的薄膜。

[0131] 在以上的说明中,以通过配线工艺形成角度限制滤波器的情况为例进行了说明,但本实施方式并不仅限于此,例如也可以通过从背面掘凿半导体基板来形成角度限制滤波器(例如日本特开2011-205088)。另外,在以上的说明中,以通过半导体工艺使倾斜结构体与角度限制滤波器一体形成的情况为例进行了说明,但本实施方式并不仅限于此,例如也可以利用模具等单独形成倾斜结构体并将该倾斜结构体粘合于角度限制滤波器之上(例如日本特开2011-203247)。

[0132] 7. 电子设备

[0133] 图12示出包括本实施方式的光学传感器的电子设备的构成例。作为电子设备,例如可以设想脉搏计、脉搏血氧仪、血糖仪、水果糖量计等。另外,本实施方式并不限于图12的构成,例如也可以省略LED950而用于仰角测量装置、光度计等。

[0134] 图12所示的电子设备包括光学传感器装置900、微型计算机970(CPU)、存储装置980、显示装置990。光学传感器装置900包括LED950(光源)、LED驱动器960、光学传感器910。光学传感器910例如集成于1芯片的IC,包括光电二极管920、检测电路930、A/D转换电路940。

[0135] LED950例如向观察对象照射白色光。光学传感器装置900对来自观察对象的反射光、透过光进行分光,获取各波长的信号。微型计算机970进行LED驱动器960的控制、获取来自光学传感器910的信号。微型计算机970在显示装置990(例如液晶显示装置)上显示基于所获取的信号,或者将基于所获取的信号的数据存储在存储装置980(例如存储器、磁盘)中。

[0136] 如上所述,就本实施方式进行了详细说明,但本领域技术人员容易理解的是,可进行与本发明的新颖内容及效果实际并不脱离的很多变形。因此,这样的变形例均包含在本发明的范围内。例如,在说明书或附图中,至少一次与更广义或同义的不同术语一起记载的术语在说明书或附图的任何地方都可替换为该不同术语。另外,光学传感器、电子设备等的构成、动作也不仅限于本实施方式中所说明的,可以进行各种变形实施。

[0137] 附图标记说明

[0138] 10半导体基板、20电路、31第一光电二极管、32第二光电二极管、41第一角度限制滤波器、42第二角度限制滤波器、50倾斜结构体、61第一光学带通滤波器、62第二光学带通滤波器、70多层薄膜、100半导体基板、110杂质区域、120角度限制滤波器、130保护膜、140带通滤波器(光学滤波器)、900光学传感器装置、910光学传感器、920光电二极管、930检测电

路、940A/D转换电路、950LED、960LED驱动器、970微型计算机、980存储装置、990显示装置、BW1、BW2透过波长带、d开口宽度、HW半宽度、LPF长通滤波器、OV交迭距离、R1第一特性区域、R2第二特性区域、SPF短通滤波器、 θ 、 θ_A 限制角度、 θ_1 、 θ_2 倾斜角、 θ_T 角度、 λ 波长、 λ_1 、 λ_2 透过波长。

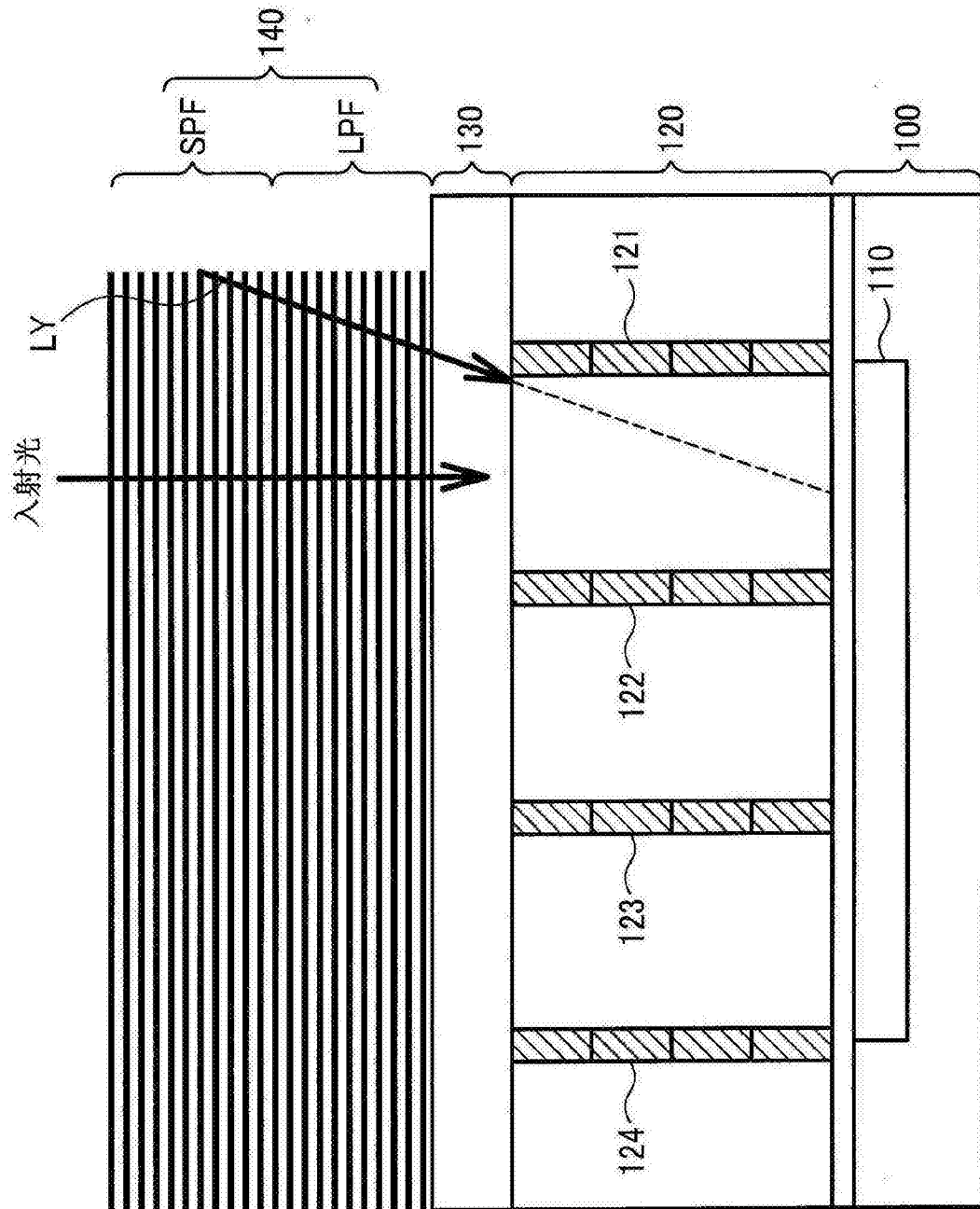


图1

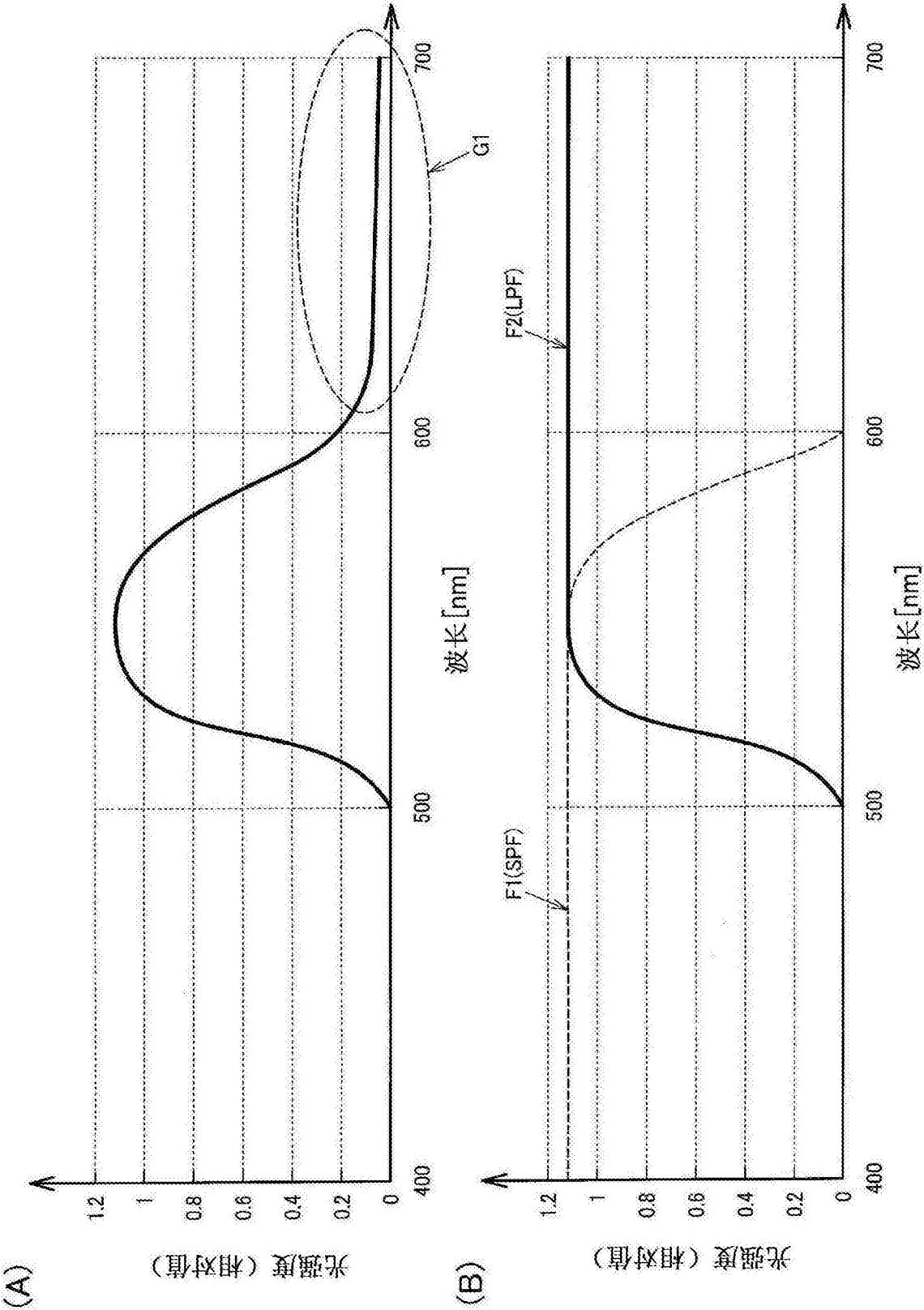


图2

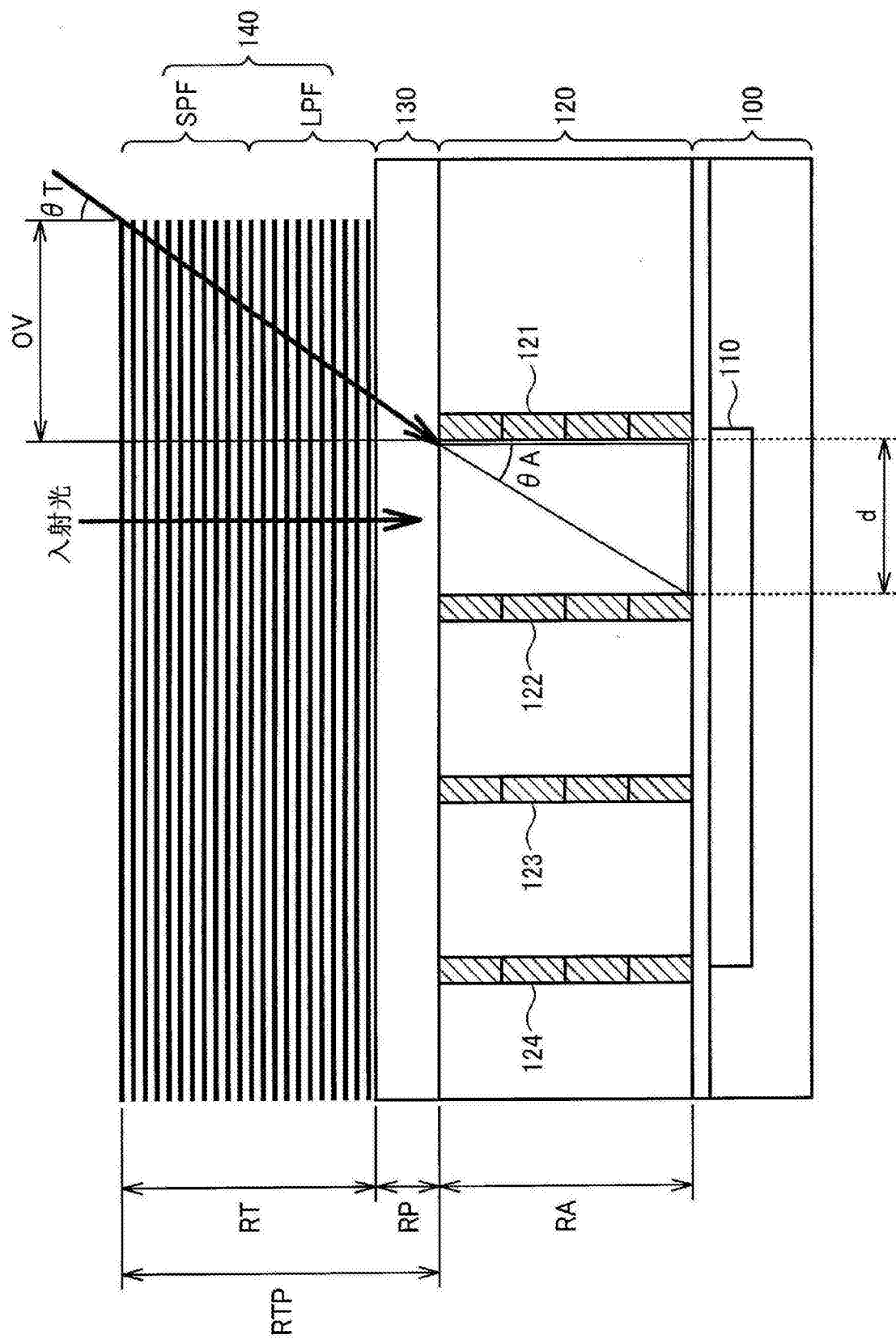


图3

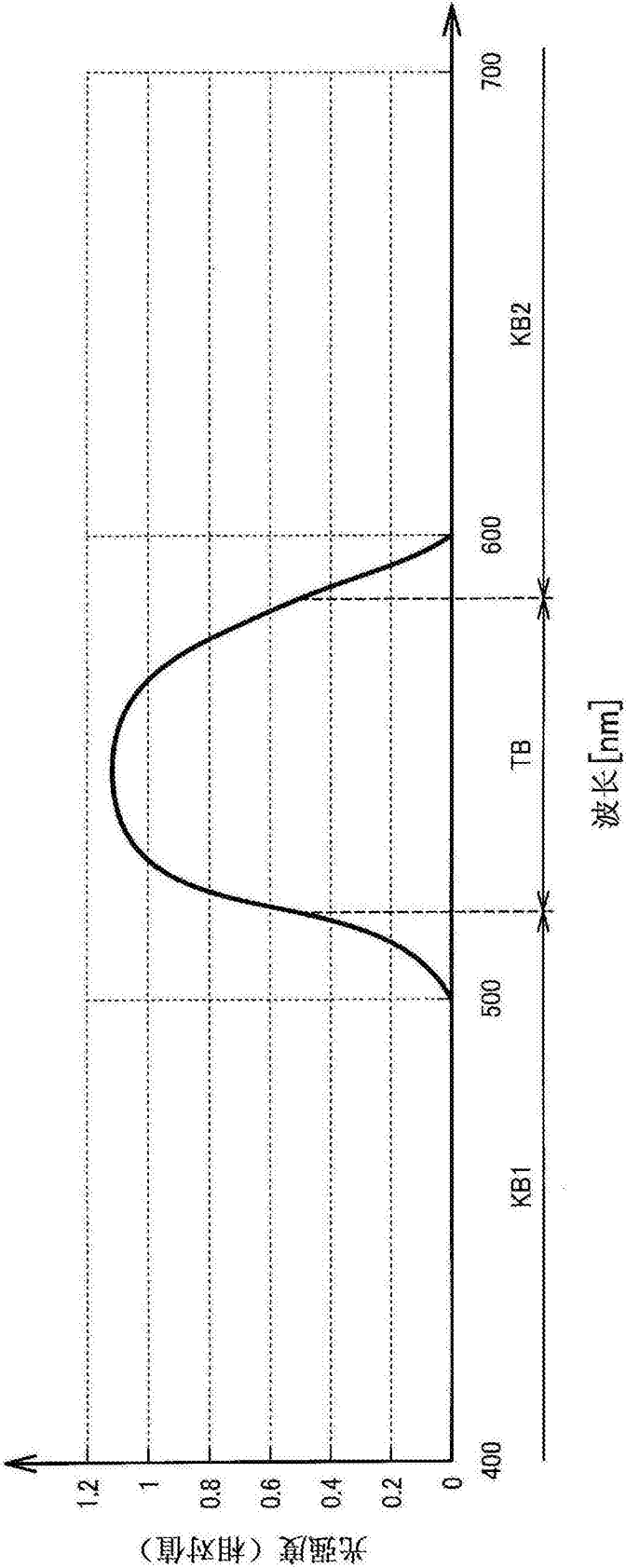
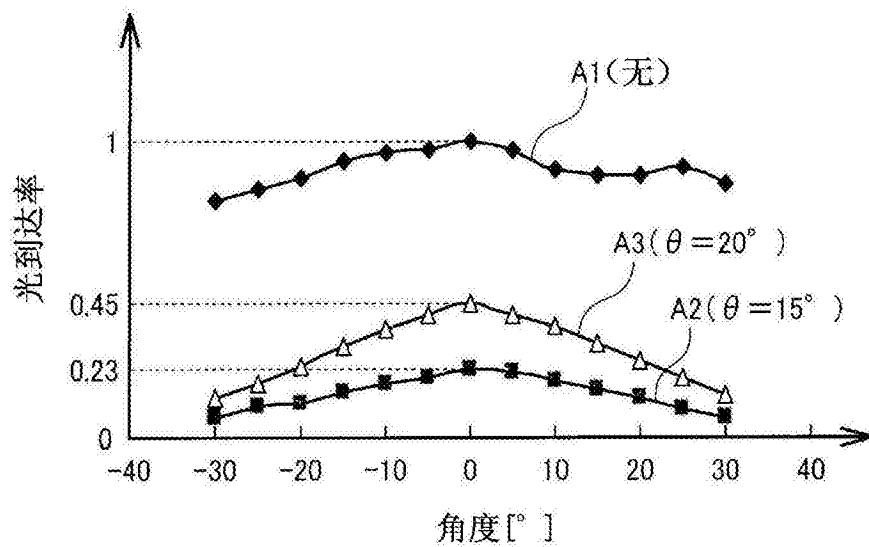
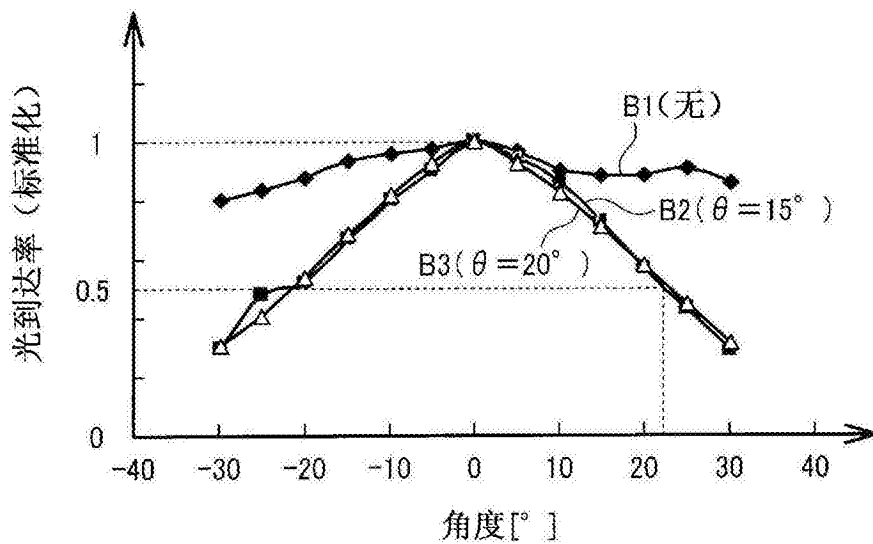


图4

(A)



(B)

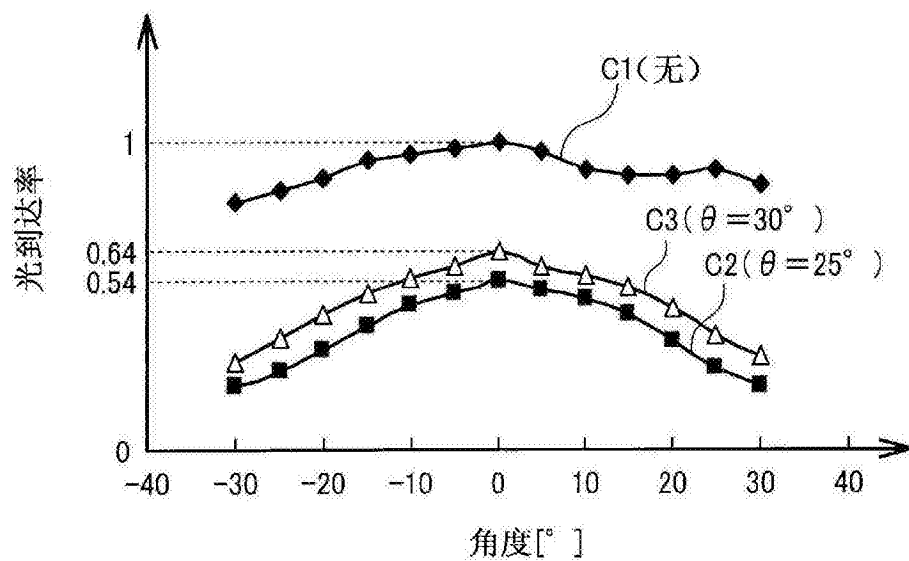


(C)

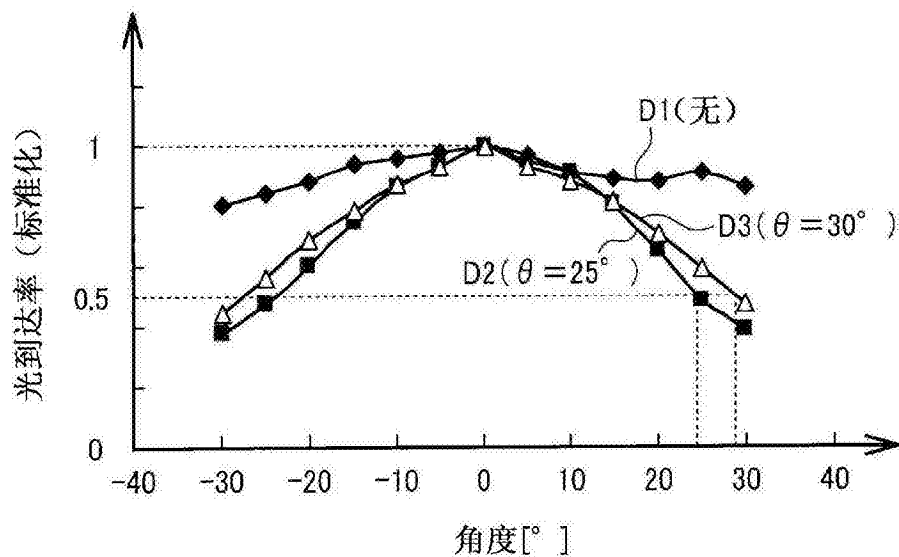
$d^2/\lambda R$	0.72	1.32
θ (d)	15°	20°
半值角	$22.5^\circ \sim 23^\circ$	$21^\circ \sim 22.5^\circ$
光到达率	22.9%	44.8%

图5

(A)



(B)

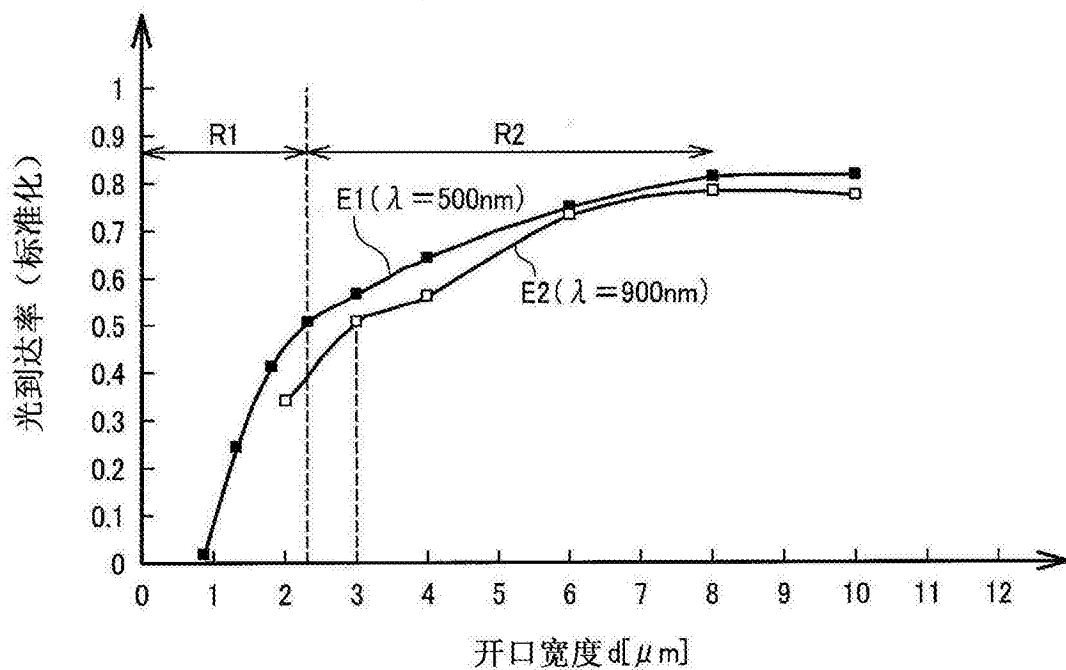


(C)

$d^2/\lambda R$	2.17	3.34
$\theta (d)$	25°	30°
半值角	$24^\circ \sim 25^\circ$	$28^\circ \sim 29^\circ$
光到达率	54.4%	64.1%

图6

(A)



(B)

波长 λ	500nm	900nm
$d = \sqrt{2\lambda R}$ ($d^2/\lambda R = 2$)	$2.25 \mu\text{m}$	$3.0 \mu\text{m}$
分界点	$2.3 \mu\text{m}$	$3.0 \mu\text{m}$

图7

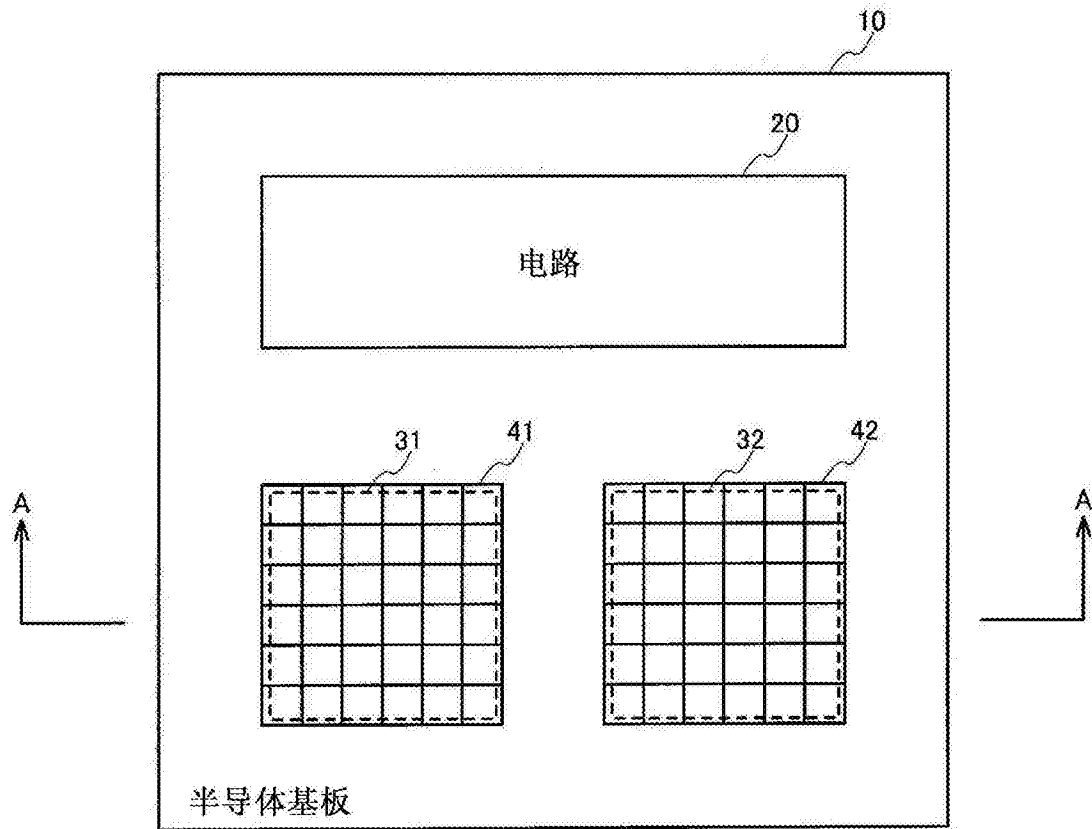


图8

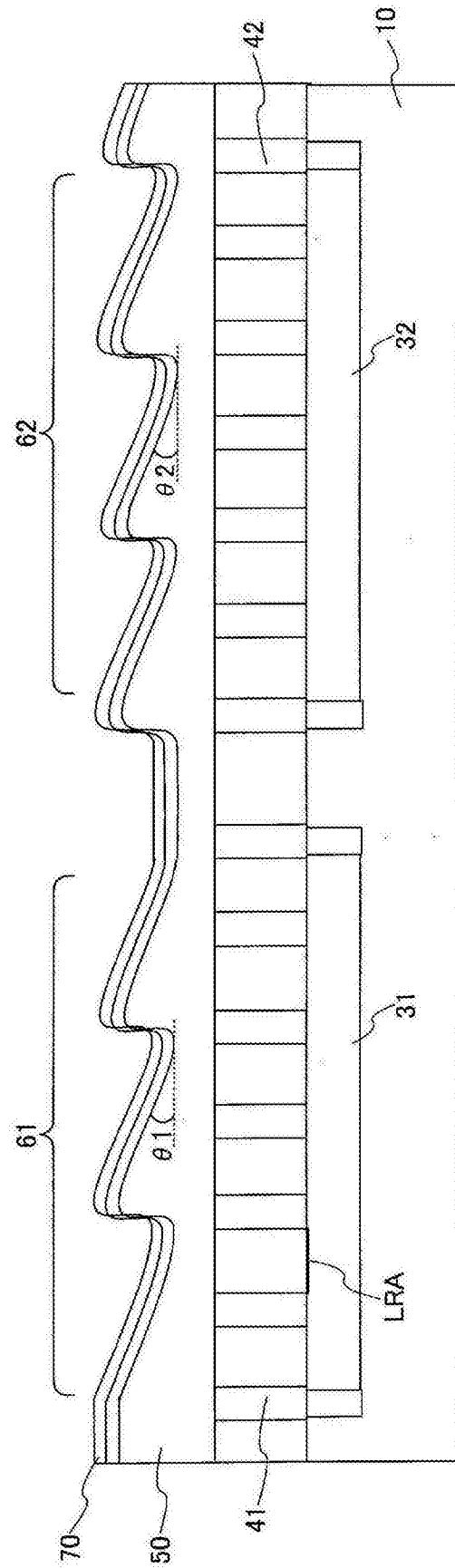
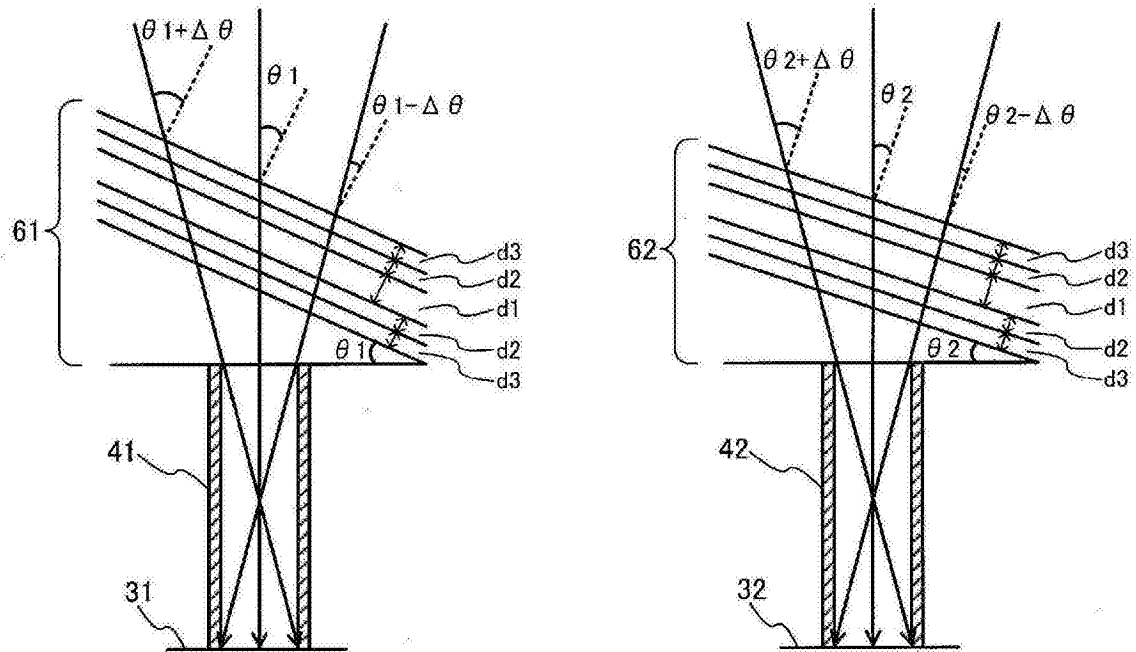


图9

(A)



(B)

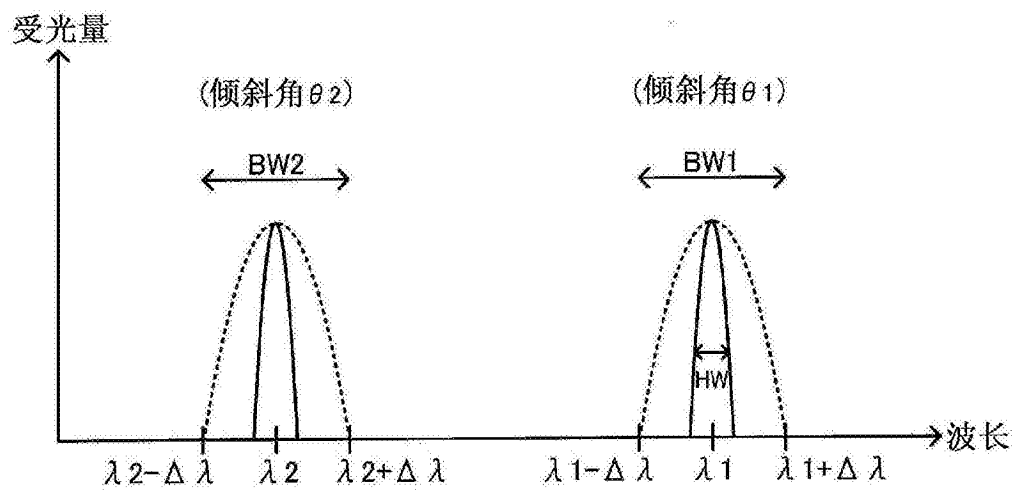


图10

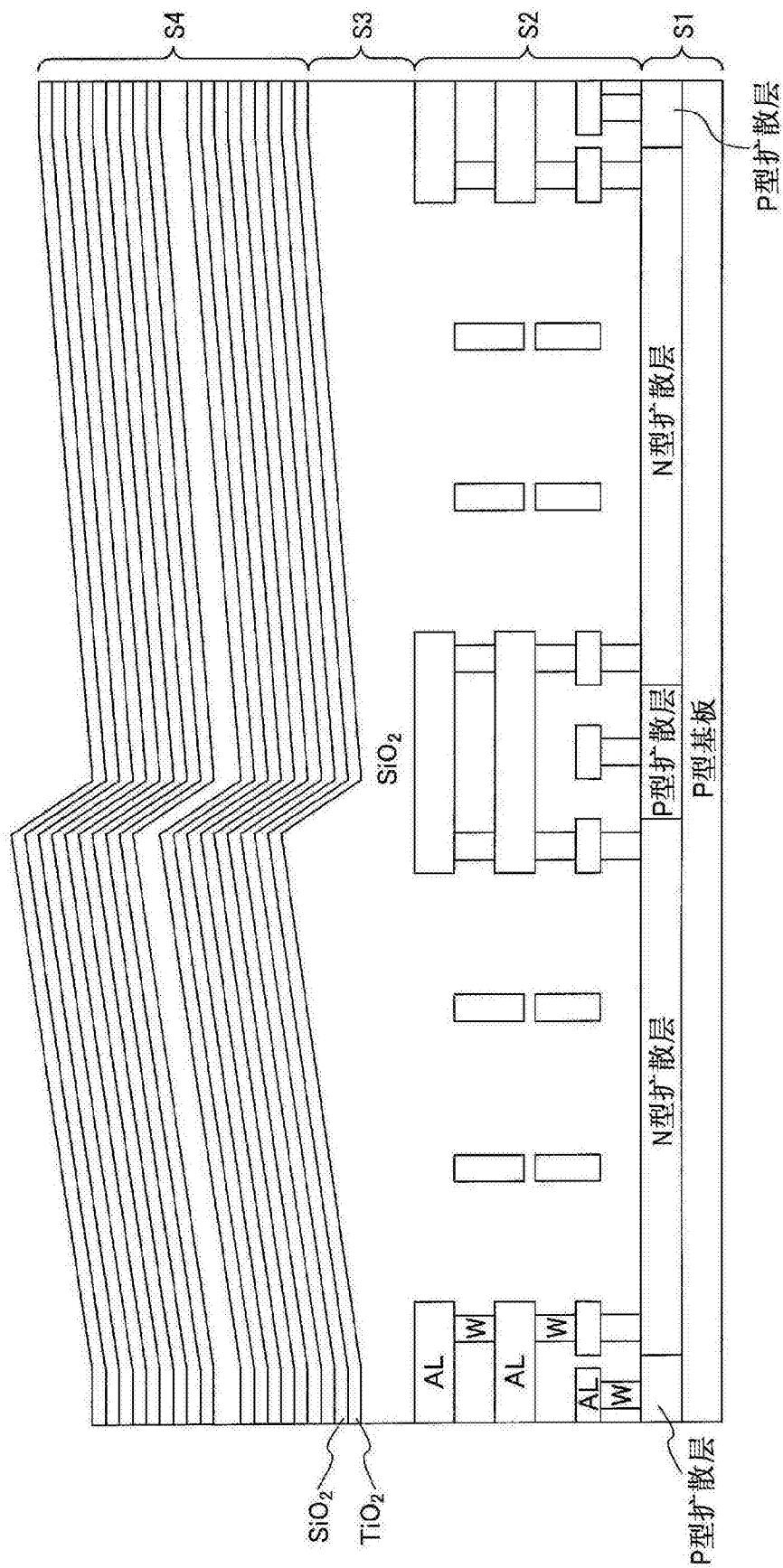


图11

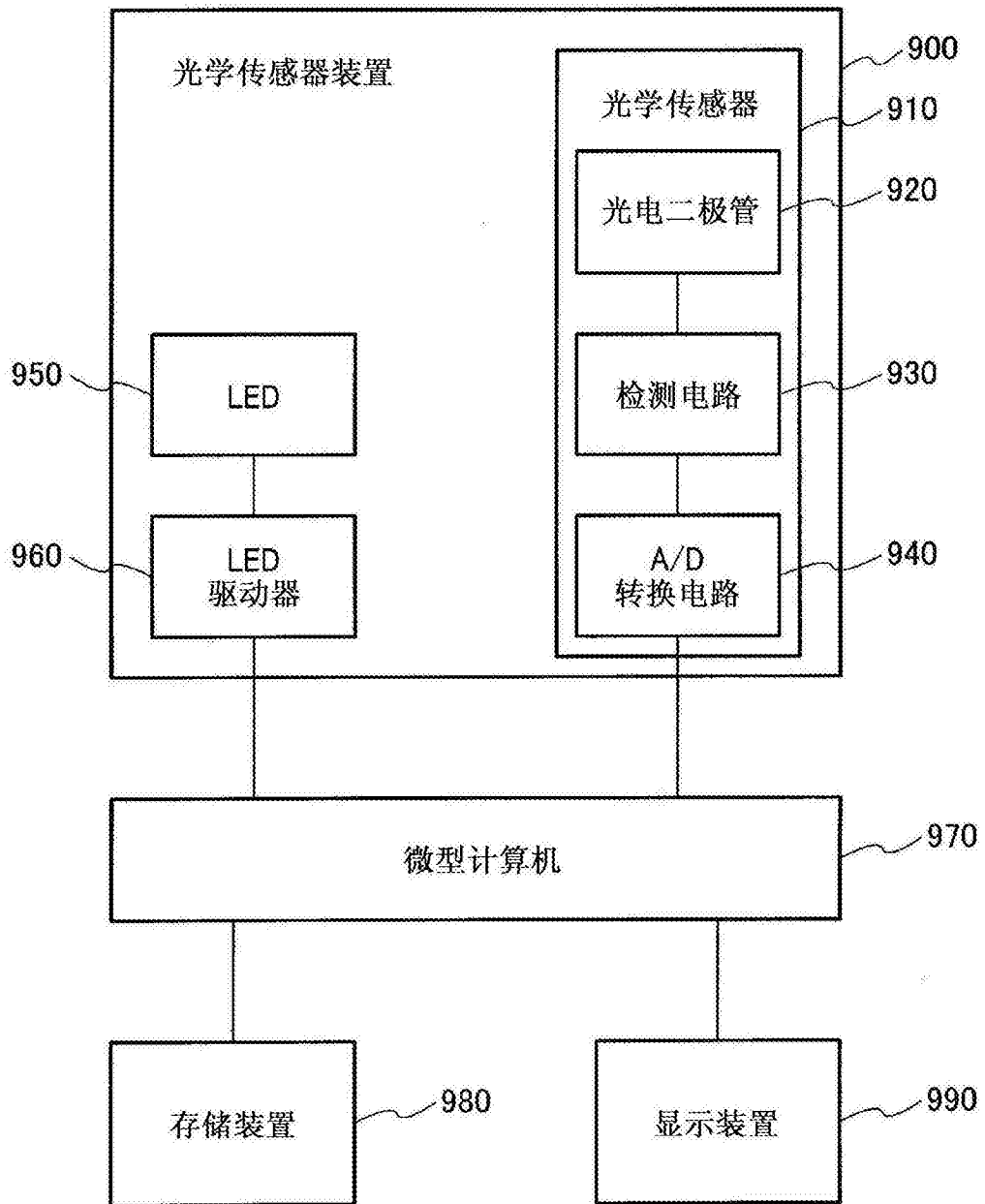


图12