

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101320745 B

(45) 授权公告日 2011.07.27

(21) 申请号 200810110369.2

(22) 申请日 2008.06.04

(30) 优先权数据

148165/07 2007.06.04 JP

(73) 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 户田淳

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 彭久云

(51) Int. Cl.

H01L 27/146(2006.01)

H01L 21/82(2006.01)

审查员 王曦

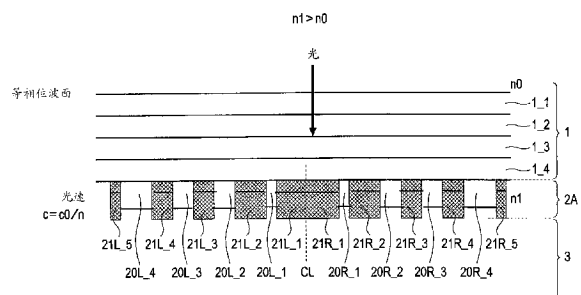
权利要求书 2 页 说明书 35 页 附图 48 页

(54) 发明名称

光学构件、固态成像装置及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种光学构件、固态成像装置及其制造方法,该光学构件包括具有大折射率的高折射率层和具有小折射率的低折射率层,它们与光程相比都相对薄,在相对光轴的横向上交替设置。高折射率层和低折射率层每一个的宽度都等于或小于入射光的波长量级。



1. 一种光学构件,其中在相对光轴的横向上交替地设置有具有大折射率的高折射率层和具有小折射率的低折射率层,所述高折射率层和所述低折射率层与光学长度相比都相对地薄;

并且其中所述高折射率层和所述低折射率层的每一个宽度都等于或者小于入射光的波长量级,

所述高折射率层每一个都对称设置,以在所述构件的机械中心非密集设置,而远离所述中心密集设置。

2. 根据权利要求 1 所述的光学构件,其中所述高折射率层设置为使得所述高折射率层的每一个宽度朝着所述构件的机械中心逐渐减小;

并且其中所述低折射率层设置为使得所述低折射率层的每一个宽度朝着所述构件的机械中心逐渐增加。

3. 根据权利要求 1 所述的光学构件,其中所述高折射率层设置为使得所述高折射率层的每一个宽度朝着所述构件的机械中心逐渐减小;

并且其中所述低折射率层设置为具有相等的宽度。

4. 根据权利要求 1 所述的光学构件,其中所述低折射率层设置为使得所述低折射率层的每一个宽度朝着所述构件的机械中心逐渐增加;

并且其中所述高折射率层设置为具有相等的宽度。

5. 一种固态成像装置,包括:

光学构件,其中具有大折射率的高折射率层和具有小折射率的低折射率层在相对光轴的横向上交替设置,所述高折射率层和所述低折射率层每一个与光学长度相比都相对地薄,并且所述高折射率层和所述低折射率层的每一个宽度等于或者小于入射光的波长量级,所述高折射率层每一个都对称设置,以在所述构件的机械中心非密集设置,而远离所述中心密集设置;以及

光接收部分,构造为接收通过所述光学构件的光。

6. 根据权利要求 5 所述的固态成像装置,还包括:

像素阵列单元,其中多个所述光接收部分以一维或者二维方式排列;

其中对于对应于所述光接收部分的所述光学构件,采用所述高折射率层的每一个宽度在所述横向上对称设置的光学构件,以及所述高折射率层和所述低折射率层中至少一种层的每一个宽度在所述横向上非对称设置的另一光学构件;

并且其中对称设置的所述光学构件在所述像素阵列单元的中心使用,而非对称性越强的所述另一光学构件在越靠近所述像素阵列单元的端部的位置使用。

7. 根据权利要求 5 所述的固态成像装置,还包括:

像素阵列单元,其中多个所述光接收部分以一维或者二维方式排列;

其中对于对应于所述光接收部分的所述光学构件,采用所述高折射率层的每一个宽度在所述横向上对称设置的光学构件,以及所述高折射率层和所述低折射率层中至少一种层的每一个宽度在所述横向上非对称设置的另一光学构件;

并且其中对称设置的所述光学构件在所述像素阵列单元的中心使用,且光学重心位置设置为越靠近所述像素阵列单元的端部的位置从所述光接收部分的中心向所述像素阵列单元的中心方向偏移。

8. 一种光学构件的制造方法,包括步骤:

形成具有大折射率的高折射率层和具有小折射率的低折射率层中任何一种的膜;

形成多个开口部分,所述多个开口部分在所述膜的横向上排列;并且

以所述高折射率层和所述低折射率层中另一种埋入所述开口部分的每一个;

由此制造光学构件,其中所述高折射率层和所述低折射率层在相对光轴的横向上交替设置,所述高折射率层每一个都对称设置,以在所述构件的机械中心非密集设置,而远离所述中心密集设置。

9. 一种固态成像装置的制造方法,包括步骤:

在形成有光接收部分的半导体基板上形成具有小折射率的低折射率层;

在所述低折射率层上形成具有大折射率的高折射率层;

在所述高折射率层对应于所述光接收部分的位置处形成多个开口部分,并且排列所述多个开口部分;以及

以所述低折射率层埋入所述开口部分的每一个;

由此制造与所述半导体基板一体的光学构件,在所述光学构件中所述高折射率层和所述低折射率层在相对光轴的横向上交替设置,所述高折射率层每一个都对称设置,以在所述构件的机械中心非密集设置,而远离所述中心密集设置。

光学构件、固态成像装置及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光学构件和采用该光学构件的固态成像装置及其制造方法。

背景技术

[0002] 关于包括电荷耦合器件 (CCD, Charge Coupled Device) 和互补金属氧化物半导体 (CMOS, Complementary Metal-oxide Semiconductor) 传感器的固态成像装置, 通常是提供光学构件, 例如芯片上透镜 (OCL: On Chip Lens, 也称为微型透镜) 或内透镜等, 并且将入射光聚集到光接收部分中。这里, 对于光学构件, 采用这样的构件, 该构件具有利用斯涅耳定律 (Snell's law) 的折射型透镜构造。

[0003] 然而, 应当注意的是, 对于利用斯涅耳定律的折射型透镜构造, 透镜自身很厚, 例如约 $1\ \mu\text{m}$ 或者更厚, 从而该构造应用到固态成像装置的芯片上透镜或者内部聚光透镜时, 装置上层变得很厚。因此, 来自相邻像素的不希望的光入射 (也称为倾斜入射光) 增加, 由倾斜入射光引起的颜色混合增加, 并且因此色彩再现性变差。

[0004] 而且, 已有的芯片上透镜和内透镜的制造工艺包括大量的工序, 例如回流抗蚀剂 (reflowing resist) 等, 并且该制造工艺复杂, 且成本高。另外, 当通过回流制造这样的透镜时, 只可以制造球面透镜, 不能制造非对称的透镜形状, 例如在横向方向上变形的透镜形状。

[0005] 此外, 当减少外部图像形成系统透镜的 F 值时, 倾斜入射光增加, 上层变厚, 从而相对理想灵敏度的变差变得突出, 并且因此不能获得原有的灵敏度 (F 值光灵敏度变差)。

[0006] 而且, 关于已有的芯片上透镜, 聚光效率根据入射角而变差。就是说, 垂直入射到芯片上透镜的光可以以高效率聚光, 而倾斜入射光的聚光效率降低。关于由以二维方式排列的多个像素构造的固态成像装置, 在入射光具有扩散角 (spread angle) 的情况下, 在固态成像装置中心附近的像素与在固态成像装置周边上的像素之间入射角不同, 并且因此这样的现象 (阴影, shading) 变得明显, 其中与固态成像装置中心附近的像素相比较, 固态成像装置周边上的像素的聚光效率变差, 也就是, 与装置的中心相比较, 装置端部的灵敏度降低。

[0007] 关于由倾斜入射光引起的色彩再现性变差, 可以考虑进行用于恢复色彩再现性的计算处理, 但是这会导致其中引起额外噪声的负面影响, 并且图像质量变差。

[0008] 此外, 当减小外部图像形成系统透镜的 F 值时, 引起其中倾斜入射光增加的 F 值光灵敏度变差的现象, 从而上层变厚, 并且从理想灵敏度的变差变得突出, 因此, 不能获得原有的灵敏度。

[0009] 另一方面, 作为用于解决其中上层变厚的问题以及灵敏度变差的一项技术, 已经提出了采用菲涅耳透镜的配置 (例如, 见日本未审查专利申请公开 No. 2005-011969 和日本未审查专利申请公开 No. 2006-351972)。

[0010] 例如, 关于日本未审查专利申请公开 No. 2005-011969 所描述的配置, 基于菲涅耳透镜构造了内部聚光透镜, 该内部聚光透镜用于进一步会聚在上部透镜例如芯片上透镜会

聚的光,并且使其进入光电转换单元。该透镜的特征在于,该透镜是折射型透镜,但是可以通过形成为波型而减少厚度。

[0011] 而且,关于日本未审查专利申请公开 No. 2006-351972 所描述的配置,聚光元件由多个具有同中心构造的分区区域 (zone region) 的结合构造,该分区区域用等于或者小于入射光的波长的线宽分割。其特征在于,聚光元件构造有具有两级同心圆构造为基础的分布折射率透镜 (例如菲涅耳透镜)。

[0012] 然而,应当注意的是,日本未审查专利申请公开 No. 2005-011969 中描述的配置基于菲涅耳透镜的概念,并且因此该菲涅耳透镜是折射型,从而与波长量级 (wavelength order) 相比,其厚度的减少存在限制。

[0013] 而且,为了制造这样的波型,甚至需要比通常的折射型透镜工艺更复杂的工艺,还提高成本。而且,只能制造球面透镜,从而设计中不能引入非对称。

[0014] 另外,日本未审查专利申请公开 No. 2005-011969 和日本未审查专利申请公开 No. 2006-351972 的每个配置都基于菲涅耳透镜,从而倾斜进入一定区域的光没有聚集在某些情况下原本要聚集的点 (详细情况稍后描述)。这降低了聚光效率,并且在散射的光进入相邻像素中的情况下还引起颜色混合。

发明内容

[0015] 已经认识到需要提供新的光学构件配置。在与光学长度 (透镜长度) 相比相对薄的高折射率层和低折射率层在光学构件的横向 (垂直于光轴的平面上的任意方向) 交替排列的情况下,当高折射率层和低折射率层每一个的宽度充分大于入射光的波长量级时,穿过光学构件的光的等相位波面 (equiphase wave surface) 以与在入射侧的介质的等相位波面相同的方式形成,并且不被弯曲。

[0016] 然而,应当注意的是,当高折射率层和低折射率层每一个的宽度都等于或者小于入射光的波长量级时,根据波函数的连续性,低折射率层内的波面和高折射率层内的波面相连,并且因此引起整个等相位波面弯曲的现象。

[0017] 根据本发明实施例的光学构件基于上述评论进行构造。就是说,关于根据本发明的光学构件的实施例,具有大折射率的高折射率层和具有小折射率的低折射率层与光学长度相比都相对薄,它们在相对光轴的横向上交替设置。这里,高折射率层和低折射率层每一个的宽度都等于或者小于入射光的波长量级。

[0018] 如果通过排列都具有等于或小于波长量级的宽度的低折射率层和高折射率层来提供光学构件的功能,则等相位波面的弯曲情形可以通过调整在构件的中心和端部每一个高折射率层的密度的位置关系来调整。

[0019] 因此,如果可以提供凸透镜功能 (聚光特性),则可以提供凹透镜功能 (散射特性)。而且,还可以提供将倾斜入射光转换成垂直入射光的功能 (倾斜光纠正功能)。因此,可以实现具有新配置的光学构件 (光学透镜),由此通过调整低折射率层和高折射率层每一个的排列宽度可以控制等相位波面 (波面) 的弯曲状态。

[0020] 例如,高折射率层每一个都可以对称设置以在构件的机械中心上密集设置,而在远离该中心非密集设置,由此用作凸透镜功能 (聚光特性)。从低折射率层的角度看,低折射率层每一个都对称设置以在构件的机械中心上非密集设置,而在远离该中心密集设置,

由此用作凸透镜功能（聚光特性）。

[0021] 高折射率层每一个都对称设置以在构件的机械中心上非密集设置，而在远离该中心密集设置，由此用作凹透镜功能（散射特性）。从低折射率层的角度看，低折射率层每一个都对称设置以在构件的机械中心上密集设置，而在远离该中心非密集设置，由此用作凹透镜功能（散射特性）。

[0022] 高折射率层和低折射率层的至少一种层的每一个的宽度可以在横向上非对称设置，由此用作倾斜光纠正功能。

[0023] 这样的光学构件可以用作独立的构件替代激光扫描光学系统等采用的现有普通光学透镜。

[0024] 然而，应当注意的是，对于与固态成像装置的结合，所希望的是形成与半导体基板一体化的光学构件，像素阵列单元等形成在该半导体基板。

[0025] 固态成像装置可以构造为单芯片（one-chip）装置，或者可以构造为具有成像功能的模块，其中成像单元和信号处理单元或者光学系统封装在一起。

[0026] 而且，本发明不仅可以应用到固态成像装置而且可以应用到成像装置。在此情况下，作为成像装置，可以获得与固态成像装置中相同的优点。这里，成像装置意味着例如照相机（或者照相机系统）或者具有成像功能的便携式装置。而且，术语“成像（imaging）”不限于普通照相机拍摄时的图像捕获，而也包括广泛意义上的指纹检测。

[0027] 根据本发明的实施例，光学构件通过在相对光轴的横向上交替地排列高折射率层和低折射率层来构造，该高折射率层和低折射率层等于或者小于入射光的波长量级，比透镜长度更薄，由此当入射光通过光学构件时，等相位波面可以根据高折射率层和低折射率层每一个的宽度的排列状态弯曲。因此，光学构件显示出对应于高折射率层和低折射率层每一个的宽度的排列状态的光学特性（例如，聚集功能、散射功能或者入射角转换功能）。

[0028] 因此，关于高折射率层和低折射率层在横向上交替排列的光学构件，可以采用比光学长度短且薄的构件，并且与具有采用现有斯涅耳定律的折射型透镜构造的构件相比可以采用薄的构件。因此，可以减轻或者消除具有相对厚构造的透镜例如现有透镜中引起的问题。

[0029] 例如，成像装置的上层变薄，并且颜色混合减少，由此改善了色彩再现性。无需提供由于计算处理对颜色混合的测量，由此减少额外的噪声发生。而且，可以防止F值光灵敏度的变差，并且可以纠正倾斜入射光为垂直入射光，由此提供对于阴影的措施。

[0030] 而且，该构件由交替排列的薄低折射率层和薄高折射率层构造，由此不提供具有大折射率的台阶，例如菲涅耳透镜，并且减少对于倾斜入射光由于折射或者反射引起的散射光。因此，可以改善聚光效率，并且也可以解决由倾斜入射光引起的颜色混合的问题。

[0031] 在横向上交替地简单排列薄低折射率层和薄高折射率层能够根据半导体工艺制造，并且用简单的制造工艺可以降低成本。

[0032] 通过调整低折射率层和高折射率层每一个的排列宽度可以控制光学特性，并且因此提供了这样的优点，其中与球形透镜相比，可以光学地扩展设计宽度。

附图说明

[0033] 图 1A 是图解等相位波面的示意图（部分 1），用于描述根据第一实施例的光学透镜

的基本原理；

[0034] 图 1B 是图解等相位波面的示意图（部分 2），用于描述根据第一实施例的光学透镜的基本原理；

[0035] 图 1C 至 1F 是根据第一实施例的光学透镜的平面示意图；

[0036] 图 2A 是用于描述应用根据第一实施例的光学透镜的固态成像装置的第一实例（应用实例 1）的截面示意图；

[0037] 图 2B 是根据第一实施例（应用实例 1）的固态成像装置的更具体的截面图；

[0038] 图 2C 是图解第一实施例（应用实例 1）的模拟结果的示意图（在程序的中间）；

[0039] 图 2D 是图解第一实施例（应用实例 1）的模拟结果的示意图（ $\lambda = 780,640\text{nm}$ ）；

[0040] 图 2E 是图解第一实施例（应用实例 1）的模拟结果的示意图（ $\lambda = 540,480\text{nm}$ ）；

[0041] 图 3A 是用于描述应用根据第一实施例的光学透镜的固态成像装置的第二实例（应用实例 2）的截面示意图；

[0042] 图 3B 是图解第一实施例（应用实例 2）的模拟结果的示意图（ $\lambda = 780,640\text{nm}$ ）；

[0043] 图 3C 是图解第一实施例（应用实例 2）的模拟结果的示意图（ $\lambda = 540,480\text{nm}$ ）；

[0044] 图 4A 是用于描述应用根据第一实施例的光学透镜的固态成像装置的第三实例（应用实例 3）的截面示意图；

[0045] 图 4B 是图解第一实施例（应用实例 3）的模拟结果的示意图（ $\lambda = 780,640\text{nm}$ ）；

[0046] 图 4C 是图解第一实施例（应用实例 3）的模拟结果的示意图（ $\lambda = 540,480\text{nm}$ ）；

[0047] 图 5A 是用于描述应用根据第一实施例的光学透镜的固态成像装置的第四实例（应用实例 4）的截面示意图；

[0048] 图 5B 是根据第一实施例（应用实例 4）的固态成像装置的更具体的截面图；

[0049] 图 5C 是图解第一实施例（应用实例 4）的模拟结果的示意图（ $\lambda = 780,640\text{nm}$ ）；

[0050] 图 5D 是图解第一实施例（应用实例 4）的模拟结果的示意图（ $\lambda = 540,480\text{nm}$ ）；

[0051] 图 6A 是用于描述关于根据第一实施例的交替设置层的凸透镜的第一比较实例的示意图；

[0052] 图 6B 是用于描述关于根据第一实施例的交替设置层的凸透镜的第二比较实例的示意图；

[0053] 图 6C 是用于描述关于根据第一实施例的交替设置层的凸透镜的第三比较实例的示意图；

[0054] 图 7A 是用于描述根据修改 1 的固态成像装置的截面示意图，该修改 1 的固态成像装置应用了根据第一实施例的光学透镜的修改 1；

[0055] 图 7B 是图解修改 1 的模拟结果的示意图（ $\lambda = 540\text{nm}$ ）；

[0056] 图 8A 是用于描述根据修改 2 的固态成像装置的截面示意图，该修改 2 的固态成像装置应用了根据第一实施例的光学透镜的修改 2；

[0057] 图 8B 是图解修改 2 的模拟结果的示意图（ $\lambda = 540\text{nm}$ ）；

[0058] 图 9 是图解当倾斜光以第一实施例的构造（例如，图 2A 中的应用实例 1）进入时的模拟结果的示意图；

[0059] 图 10A 是图解等相位波面的示意图，用于描述根据第二实施例的光学透镜的基本原理；

- [0060] 图 10B 是用于描述固态成像装置的光接收光学系统的示意图；
- [0061] 图 10C 是等同于根据第二实施例的单一光学透镜的平面示意图；
- [0062] 图 10D 是在根据第二实施例的光学透镜应用到固态成像装置的像素阵列单元的情况下的平面示意图；
- [0063] 图 11A 是用于描述应用根据第二实施例的光学透镜的固态成像装置的截面示意图；
- [0064] 图 11B 是图解根据第二实施例的固态成像装置的模拟结果的示意图 ($\lambda = 540$)；
- [0065] 图 12A 是图解等相位波面的示意图,用于描述根据第三实施例的光学透镜的基本原理；
- [0066] 图 12B 是用于描述透镜重心 (center of gravity) 的示意图；
- [0067] 图 12C 至 12F 是应用根据第三实施例的光学透镜的固态成像装置的平面示意图 (部分 1)；
- [0068] 图 12G 至 12H 是应用根据第三实施例的光学透镜的固态成像装置的平面示意图 (部分 2)；
- [0069] 图 13A 是用于描述应用根据第三实施例的光学透镜的固态成像装置的第一实例 (应用实例 1) 的截面示意图；
- [0070] 图 13B 是图解第三实施例 (应用实例 1) 的模拟结果的示意图 ($\lambda = 540\text{nm}$)；
- [0071] 图 14A 和 14B 是用于描述应用根据第三实施例的光学透镜的固态成像装置的第二实例 (应用实例 2 :CMOS 响应) 的电路图；
- [0072] 图 14C 是应用到根据第三实施例 (应用实例 2) 的固态成像装置的像素阵列单元上的交替设置层的平面示意图；
- [0073] 图 15A 和 15B 是用于描述应用根据第三实施例的光学透镜的固态成像装置的第三实例 (应用实例 3 :CCD 响应) 的电路图；
- [0074] 图 15C 是根据第三实施例 (应用实例 3) 的固态成像装置的基板表面附近的截面构造图；
- [0075] 图 15D 是应用到根据第三实施例 (应用实例 3) 的固态成像装置的像素阵列单元上的交替设置层的平面示意图；
- [0076] 图 16 是图解等相位波面的示意图,用于描述根据第四实施例的光学透镜的基本原理；
- [0077] 图 17A 是用于描述根据本实施例的制造工艺的概念性示意图,其中根据第一至第四实施例的交替设置层与固态成像装置一体化；
- [0078] 图 17B 是用于描述关于根据本实施例的制造工艺的比较实例 (在形成内透镜的情况下) 的概念性示意图 ;和
- [0079] 图 17C 是用于描述关于根据本实施例的制造工艺的比较实例 (在形成芯片上透镜的情况下) 的概念性示意图。

具体实施方式

[0080] 下面,将参照附图关于本发明实施例进行描述。

[0081] < 第一实施例 :凸透镜的基本原理 >

[0082] 图 1A 至 1F 是用于描述光学透镜的第一实施例的基本原理的示意图。这里,图 1A 和 1B 是图解等相位波面的示意图,而图 1C 至 1F 是根据第一实施例的光学透镜的平面示意图。

[0083] 本实施例以及稍后描述的其它实施例的每个光学透镜,通过在相对光轴的横向上交替地排列具有大折射率的矩形层和具有小折射率的矩形层来基本上包括透镜功能,每个矩形层的宽度构造为等于或者小于波长量级 (wavelength order)。

[0084] 例如,“宽度等于或者小于波长量级的构造”可以通过采用具有亚波长的周期结构的聚光元件 (亚波长透镜, SWLL) 的配置形成,该亚波长的周期结构通过使用以光学光刻和电子光刻为代表的平面工艺技术形成。

[0085] SWLL 用作固态成像装置的聚光元件,由此用通常的半导体工艺可以形成芯片上透镜,并且透镜的形状可以得到控制而不受限。

[0086] 这里,第一实施例涉及具有聚光作用的凸透镜。因此,以板状对称地构造高折射率层,以在中心 (透镜的机械中心:在本实施例中与光轴相同) 密集地设置,并且在远离中心非密集地设置。对于具有小折射率的层的方面,对称地构造低折射率层,以在构件的机械中心非密集地设置,而在远离中心更密集地设置。第一实施例与稍后描述的第二和第三实施例不同之处在于透镜是对称的 (具有对称构造)。

[0087] 为了通过采用密度朝着中心增加而远离中心减少的构造提供凸透镜功能,例如,希望的是采用第一凸透镜提供方法、第二凸透镜提供方法和第三凸透镜提供方法之一,在第一凸透镜提供方法中,高折射率层的宽度朝着透镜的中心逐渐增加;在第二凸透镜提供方法中,低折射率层的宽度朝着透镜的中心逐渐减少;而在第三凸透镜提供方法中,同时采用第一凸透镜提供方法和第二凸透镜提供方法。从聚光效率的观点看,最有效的是采用第三凸透镜提供方法。

[0088] 首先,如图 1A 所示,假设只具有折射率 n_0 的板状单一材料层存在,并且与其相邻地 (具体地讲,等相位波面 14 侧) 提供板状层 (称为交替设置层) 2A,其中在横向上交替地排列折射率为 n_0 的矩形层 (称为低折射率层) 20 和折射率为 n_1 (其中 $n_1 > n_0$) 的矩形层 (称为高折射率层) 21,折射率 n_1 高于 (大于) 折射率 n_0 。假设只具有折射率 n_0 的板状单一材料层 3 还提供在交替设置层 2A 的后面。尽管详细情况将稍后描述,但是交替设置层 2A 用作具有聚光效率的光学透镜 (凸透镜)。

[0089] 关于交替设置层 2A,光学中心 CL 右侧的部件用“R”表示,而其左侧的部件用“L”表示。当不需要区别右侧和左侧时,将省略“R”和“L”进行描述。在稍后描述的其它实施例中,这些是相同的。

[0090] 关于如图所示的第一实施例的基本实例的构造,具有大折射率的五个矩形高折射率层 21 关于中心 CL 对称地提供,而其间提供具有小折射率的四个低折射率层 20。高折射率层 21R_1 至 21R_5 和 21L_1 至 21L_5 的宽度构造为朝着中心 CL 逐渐增加,而低折射率层 20R_1 至 20R_4 和 20L_1 至 20L_4 的宽度构造为朝着中心 CL 逐渐减少。就是说,关于第一实施例的基本实例,采用第三凸透镜提供方法,其中同时采用第一和第二凸透镜提供方法。

[0091] 总体上讲,交替设置层 2A 具有这样的构造,其中具有大折射率的高折射率层 21R_k 和 21L_k (在本实例中, $k = 1$ 至 5) 设置成板状,在中心密集设置,而远离中心非密集设置。当关注高折射率层 21 时,其宽度在透镜的中心上宽,而在周边窄。

[0092] 现在,如图 1A 所示,假设光从具有折射率 n_0 的单一材料层 1 侧进入。此时,光速 c 由 $c = c_0/n_1$ 获得。这里, c_0 是真空中光速。因此,关于板状交替设置层 2A 的每个高折射率层 21,可以设想光速在其中降低,并且因此形成作为单一材料层 1 的相同等相位波面(波面),如图 1A 所示。然而,应当注意的是,此时具有高折射率 n_1 的高折射率层 21 和与其相邻的具有小折射率的低折射率层 20 的横向长度(即宽度)大于波长量级。

[0093] 另一方面,在具有高折射率 n_1 的高折射率层 21 和与其相邻的具有小折射率的低折射率层 20 的横向长度(宽度)等于或者小于波长量级的情况下,不形成作为单一材料层 1 的相同等相位波面(波面),并且波面根据高折射率层 21 和与其相邻的低折射率层 20 的宽度如何排列而被弯曲。

[0094] 具体地讲,根据波函数的连续性,低折射率层 20_j 内的波面和高折射率层 21_k 内的波面连续地连接,并且因此弯曲了所有的等相位波面。如图 1A 所示,在具有大折射率的高折射率层 21_k 构造为板状以在中心密集设置而远离中心非密集设置的情况下,等相位波面变为如图 1C 至 1F 所示。其原因是具有大折射率的位置(高折射率层 21)的光速与具有小折射率的位置(低折射率层 20)的光速不同。

[0095] 正如从图上可以理解的,光的波面根据交替设置层 2A 变为凹入表面,并且它通过在其后侧中设置的仅有折射率 n_0 的单一材料层 3。因此,如图所示,产生了这样的功能,其中入射光的路径在以透镜重心为其边界的左侧和右侧转入中心侧,由此可以提供聚光特性。通过结合具有大折射率的高折射率层 21 的光速与具有小折射率的低折射率层 20 的光速之差和波函数的连续性,可以获得凸透镜的作用。

[0096] 正如上面的描述可以理解的,通过在横向上以宽度构造成等于或小于波长量级的矩形形状交替地排列具有大折射率的高折射率层 21_k 和具有小折射率的低折射率层 20_j,并此时提供其中具有大折射率的高折射率层 21_k 在中心密集设置而远离中心非密集设置的构造,从而根据第一实施例的光学透镜可以用作具有聚光特性的凸透镜。

[0097] 波面根据具有高折射率 n_1 的高折射率层 21 和具有低折射率的低折射率层 20 的宽度如何排列而被弯曲,从而光的波面的弯曲水平可以通过调整如何排列每个宽度来控制,并且因此可以控制凸透镜的聚光特性。就是说,可以这样考虑,根据第一实施例的交替设置层 2A 是采用波面控制配置的聚光透镜(即凸透镜)。

[0098] 正如从图 1B 所示的构造可以理解的,其透镜厚度是交替设置层 2A 的厚度,在交替设置层 2A 中在横向上交替地排列具有大折射率的高折射率层 21_k 和具有小折射率的低折射率层 20_j,由此可以获得极薄的凸透镜。例如,关于采用现有斯涅耳定律的折射型透镜构造,透镜的厚度等于或者大于 $1\ \mu\text{m}$,而采用根据本实施例的配置的光学透镜,透镜的厚度可以减小为等于或者小于 $0.5\ \mu\text{m}$ 。

[0099] 如果透镜厚度可以变薄,则在该透镜应用到固态成像装置的情况下,上层变薄,由此颜色混合减少,并且因此色彩再现性得以改善。而且,颜色混合减少了,也就不需要提供用于恢复色彩再现性的计算处理,并且由计算处理引起的额外噪声也减少。而且,透镜厚度薄,从而即使在外部图像形成系统透镜的 F 值减小的情况下,倾斜入射光也不增加,不引起 F 值光灵敏度变差的问题。

[0100] 不言而喻,还有平面构造,交替设置层 2A 需要具有这样的构造,其中中心的密度高,而远离中心密度变低,并且只有在此情况下,才可以采用各种平面构造。至于具有大折

射率的高折射率层 21_k 和具有小折射率的低折射率层 20_j 的每一个的形状,可以采用任意形状,例如圆形、椭圆形、正方形、矩形或三角形等。随后,这些形状中的形状可以看作它们被转换成环形,或者不同形状结合并且转换成环形,从而每个环的宽度垂直和水平相同。

[0101] 例如,如图 1C 所示,高折射率层 21_k 和低折射率层 20_j 可以每个是圆或者圆环形状,每一个自身封闭。如图 1D 所示,高折射率层 21_k 和低折射率层 20_j 可以每个是椭圆或者椭圆环形状,每个自身封闭。如图 1E 所示,高折射率层 21_k 和低折射率层 20_j 可以每个是正方形或者正方形环形状,每个自身封闭。如图 1F 所示,高折射率层 21_k 和低折射率层 20_j 可以每个是矩形或者矩形环形状,每个自身封闭。

[0102] 尽管图中没有示出,但是高折射率层 21_k 和低折射率层 20_j 每个都可以是三角形或者三角形环形状,每个自身封闭。同样,尽管图中没有示出,但是例如可以进行这样的设置,其中在中心和外围部分采用不同的形状,使得在中心采用圆或者圆环形状,而在外围采用矩形环形状,并且这些被结合,由此每个自身封闭。

[0103] 然而,应当注意的是,作为凸透镜的聚光作用受交替设置层 2A 的平面构造的影响,即如何排列高折射率层 21 和低折射率层 20 的平面构造,从而在上述形状应用到固态成像装置的情况下,所希望的是图 1C 至 1F 中示范的平面构造,特别是在中心部分的高折射率层 21₁ 的形状与光接收部分的平面形状相匹配。

[0104] < 第一实施例 :凸透镜的应用实例 1 >

[0105] 图 2A 至 2E 是用于描述应用根据第一实施例的光学透镜的固态成像装置的第一实例 (应用实例 1) 的示意图。这里,图 2A 是根据应用实例 1 的固态成像装置的截面示意图,图 2B 是根据第一实施例 (应用实例 1) 的固态成像装置的更具体的截面图,而图 2C 至 2E 是图解其光学特性的模拟结果的示意图。

[0106] 根据第一实施例 (应用实例 1) 的固态成像装置 100A 包括由氮化硅 Si₃N₄ (在下文,称为 SiN) 制成的薄膜层 130 (厚度 = 0.1 μm),其折射率 n₁ 为 2.0,该薄膜层 130 在半导体基板 (在下文,也称为硅基板) 102 上,该半导体基板 102 由硅 Si 制造且折射率 n₃ 为 4.1 以及消光系数 (涉及光吸收的系数) k 为 0.04,并且在其上层上包括具有参照图 1A 至图 1F 描述的构造 (交替设置层 112A) 作为主要部分的光学透镜 110A。

[0107] 薄膜层 130 提供为对硅基板 102 的抗反射膜。因此,光可以有效地进入光接收部分,例如光敏二极管。例如,如果硅 Si、氮化硅 SiN 和氧化硅 SiO₂ 的折射率分别为 n_{Si}、n_{SiN} 和 n_{SiO₂},则保持 n_{Si} > n_{SiN} > n_{SiO₂} 的关系。在此情况下,薄膜层 130 的厚度 d 具有 $d \neq \lambda \times (m/2 + 1/4) / n_{SiN}$ 的关系,从而可以有效地进行抗反射膜的功能。这里,λ 是光的波长,而 m 是等于或者大于 0 的整数。

[0108] 如图 2B 所示,由 PN 结制造的光电转换单元 (光接收部分) 104 以预定的像素间距设置在硅基板 102 的光学透镜 110A 侧上的边界附近 (基板表面) 上。固态成像装置 100A 包括像素阵列单元,该像素阵列单元通过垂直地和水平地或者在倾斜方向上规则排列多个 (例如,几百万) 光电转换单元 104 形成。

[0109] 如果必要,滤色器 106 和芯片上透镜 108 提供在光学透镜 110A 的光入射表面的上层上。芯片上透镜 108 是具有利用斯涅耳定律的折射型透镜构造的透镜。

[0110] 关于图 2B 所示的实例,图解了这样的实例,其中芯片上透镜 108 用作上层透镜 (表面透镜),并且光学透镜 110A 的交替设置层 112A 用作内部聚光透镜,但是芯片上透镜

108 也可以用交替设置层 112A 置换。在此情况下,交替设置层 112A 没有埋入在装置上层内,而是作为透镜构造设置在装置的最上层上,并且其表面与空气接触。

[0111] 芯片上透镜 108 是具有利用斯涅耳定律的折射型透镜构造的透镜,该透镜自身约为 $1\mu\text{m}$ 厚,从而装置上层变厚,并且可以引起由倾斜入射光造成的颜色混合的问题,但是该问题可以通过用交替设置层 112A 置换芯片上透镜 108 来减少。

[0112] 图 2B 所示的实例图解了像素阵列单元外围部分的状态,其中芯片上透镜 108 的中心和等同于光学透镜 110A 的一个周期的交替设置层 112A 的中心被移动和设置,使得通过芯片上透镜 108 的倾斜入射光通过交替设置层 112A 的中心。然而,这样的设置在像素阵列单元的中心部分是不必要的,从而芯片上透镜 108 的中心和等同于光学透镜 110A 的一个周期的交替设置层 112A 的中心设置为相同。

[0113] 尽管这里将省略详细的描述,但是配线层 109 提供在交替设置层 112A 和硅基板 102 的表面(薄膜层 130 侧)之间。关于配线层 109,用于控制每个光电转换单元 104 的电荷存储操作和信号读出操作的铝配线提供为不妨碍光电转换单元 104 的光程。

[0114] 光学透镜 110A 包括作为介质的氧化硅 SiO_2 的厚层(称为氧化硅层),该氧化硅的厚层的折射率 n_1 为 1.46,并且包括在表面附近上其光入射侧的交替设置层 112A,该交替设置层 112A 具有与参照图 1A 至 1F 描述的交替设置层 2A 相同的构造。从交替设置层 112A 的光入射侧用作单一材料层 111,该单一材料层 111 类似于参照图 1A 至 1F 描述的单一材料层 1,并且从交替设置层 112A 的硅基板 102 用作单一材料层 113,该单一材料层 113 类似于参照图 1A 至 1F 描述的单一材料层 3。

[0115] 光学透镜 110A 的一个周期(即透镜尺寸)调整为 $3.6\mu\text{m}$ 的像素尺寸(=像素间距)。从硅基板 102 和薄膜层 130 之间的边界表面到交替设置层 112A 的距离(厚度:实质的透镜长度)设定为 $3.6\mu\text{m}$,并且交替设置层 112A 的厚度(实质的透镜厚度)设定为 $0.5\mu\text{m}$ 。从此也可理解,由高折射率层 21_k 和低折射率层 20_j 构造的交替排列的交替设置层 112A 设定成比光程(透镜长度)薄得多。

[0116] 关于交替设置层 112A,折射率 n_0 为 1.46 的氧化硅 SiO_2 的矩形低折射率层 120 和折射率 n_1 为 2.0 的氮化硅 SiN 的矩形高折射率层 121 设置为使得高折射率层 121 的宽度朝着透镜的中心逐渐增加,而低折射率层 120 朝着透镜的中心逐渐减少,由此构造板状的高折射率层 121,以在中心密集设置,而远离中心非密集设置。

[0117] 关于第一实施例(应用实例 1),一个周期内的交替设置层 112A 内的低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k(图中都未示出)的宽度和边界距离(在本实施例中,相邻低折射率层 120R₅ 和 120L₅ 的合成宽度)设定如下。

[0118] 高折射率层 121R₁+ 高折射率层 121L₁: $0.45\mu\text{m}$

[0119] 高折射率层 121R₂, 高折射率层 121L₂: $0.25\mu\text{m}$

[0120] 高折射率层 121R₃, 高折射率层 121L₃: $0.20\mu\text{m}$

[0121] 高折射率层 121R₄, 高折射率层 121L₄: $0.15\mu\text{m}$

[0122] 高折射率层 121R₅, 高折射率层 121L₅: $0.10\mu\text{m}$

[0123] 低折射率层 120R₁, 低折射率层 120L₁: $0.10\mu\text{m}$

[0124] 低折射率层 120R₂, 低折射率层 120L₂: $0.15\mu\text{m}$

[0125] 低折射率层 120R₃, 低折射率层 120L₃: $0.20\mu\text{m}$

[0126] 低折射率层 120R_4, 低折射率层 120L_4 :0.225 μm

[0127] 低折射率层 120R_5+ 低折射率层 120L_5 :0.40 μm

[0128] 从附图可以理解, 光学透镜 110A 的交替设置层 112A 是具有 SWLL 构造的聚光元件, 其中入射光用低折射率层 120 和高折射率层 121 的周期结构弯曲, 低折射率层 120 由折射率为 1.46 的氧化硅 SiO_2 制造, 而高折射率层 121 由折射率为 2.0 的氮化硅 SiN 制造。在本实例中, 关于具有氮化硅 SiN 和氧化硅 SiO_2 的周期结构的交替设置层 112A, 低折射率层 120 和高折射率层 121 都构造为使得横向上的最小线宽为 0.1 μm , 并且透镜厚度为 0.5 μm 。

[0129] 图 2C 图解了关于波长 λ 为 540nm 的绿光通过图 2A 所示的光学透镜 110A 的模拟结果。附图中, 光速 c 乘以时间 T 获得 cT , cT 表示光在真空中行进的距离 (累计: μm)。这里, 这可以看作模拟所占的时间。

[0130] 首先, (1) 图 2C 中展示了在光通过图 2A 所示的光学透镜 110A 的交替设置层 112A 后的即时模拟结果。从该结果可以理解的是, 通过交替设置层 112A 的绿光的前方波面 (硅基板 102 侧) 是凹入表面。

[0131] 在图 2C 中, (2) 展示了当光通过交替设置层 112A 时的模拟结果, 并且通常进一步到达硅基板 102 的表面 (即光电转换元件)。从该结果可以理解的是, 绿光聚集到每个光学透镜 110A 的中心, 并且对于绿光 ($\lambda = 540\text{nm}$) 具有凸透镜的作用。尽管附图中省略了, 但是对于近红外光 ($\lambda = 780\text{nm}$)、红光 ($\lambda = 640\text{nm}$) 和蓝光 ($\lambda = 460\text{nm}$) 具有类似的透镜作用。

[0132] 图 2D 和 2E 是图解关于根据第一实施例 (应用实例 1) 的固态成像装置 100A 的模拟结果的示意图, 其光学透镜具有与根据图 2A 所示根据第一实施例 (应用实例 1) 的光学透镜 110A 相同的构造, 并且分别表示出近红外光 ($\lambda = 780\text{nm}$)、红光 ($\lambda = 640\text{nm}$)、绿光 ($\lambda = 540\text{nm}$) 和蓝光 ($\lambda = 460\text{nm}$) 的结果。由此可以理解的是, 用光学透镜 110A 聚集任何波长的光, 由此提供凸透镜的作用。

[0133] < 第一实施例 : 凸透镜的应用实例 2 >

[0134] 图 3A 至 3C 是用于描述应用根据第一实施例的光学透镜的固态成像装置的第二实施例 (应用实例 2) 的示意图。这里, 图 3A 是根据第一实施例 (应用实例 2) 的固态成像装置的截面示意图, 而图 3B 和 3C 是图解其光学特性的模拟结果的示意图。

[0135] 根据第一实施例 (应用实例 2) 的固态成像装置 100A 基本上以与根据第一实施例 (应用实例 1) 的固态成像装置 100A 相同的方式构造, 除了横向上的最小线宽设定为 0.2 μm 而不是 0.1 μm 。随同横向上最小线宽的该修改, 关于交替设置层 112A 内的每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度、边界距离进行调整。

[0136] 具体地讲, 关于第一实施例 (应用实例 2), 光学透镜 110A 的一个周期内的交替设置层 112A 内的低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k (附图中均未示出) 的宽度以及边界距离 (在本实例中, 相邻高折射率层 121R_4 和 121L_4 的合成宽度) 设定如下。

[0137] 高折射率层 121R_1+ 高折射率层 121L_1 :0.75 μm

[0138] 高折射率层 121R_2, 高折射率层 121L_2 :0.25 μm

[0139] 高折射率层 121R_3, 高折射率层 121L_3 :0.25 μm

[0140] 高折射率层 121R_4+ 高折射率层 121L_4 :0.20 μm

[0141] 低折射率层 120R_1, 低折射率层 120L_1 :0.20 μm

[0142] 低折射率层 120R_2, 低折射率层 120L_2 :0.25 μm

[0143] 低折射率层 120R_3, 低折射率层 120L_3 :0.375 μm

[0144] 图 3B 和 3C 是图解根据图 3A 所示的第一实施例 (应用实例 2) 的光学特性的模拟结果的示意图, 并且分别表示出近红外光 ($\lambda = 780\text{nm}$)、红光 ($\lambda = 640\text{nm}$)、绿光 ($\lambda = 540\text{nm}$) 和蓝光 ($\lambda = 460\text{nm}$) 的结果。

[0145] 由此可以理解的是, 即使在横向上的最小线宽从 0.1 μm 变为 0.2 μm 的情况下, 交替设置层 112A 内的每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度、边界距离适当设定, 由此用交替设置层 112A 可以聚集任何波长的光, 并且可以提供凸透镜的作用。

[0146] < 第一实施例 : 凸透镜的应用实例 3 >

[0147] 图 4A 至 4C 是用于描述应用根据第一实施例的光学透镜的固态成像装置的第三实施例 (应用实例 3) 的示意图。其中, 图 4A 是根据第一实施例 (应用实例 3) 的固态成像装置的截面示意图, 而图 4B 和 4C 是图解其光学特性的模拟结果的示意图。

[0148] 根据第一实施例 (应用实例 3) 的固态成像装置 100A 基本上以与根据第一实施例 (应用实例 1) 的固态成像装置 100A 相同的方式构造, 除了交替设置层 112A 的厚度 (实质的透镜厚度) 设定为 0.3 μm 而不是 0.5 μm 。随同透镜厚度的该修改, 关于交替设置层 112A 内的每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度、边界距离进行调整。关于本实例, 进行了与第一实施例 (应用实例 1) 完全相同的调整。

[0149] 具体地讲, 关于第一实施例 (应用实例 3), 一个周期内的交替设置层 112A 内的低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k (附图中都未示出) 的宽度以及边界距离 (在本实例中, 相邻低折射率层 120R_5 和 120L_5 的合成宽度) 设定如下。如上所述, 关于第一实施例 (应用实例 1), 垂直方向上的厚度尺寸从 0.5 μm 变化到 0.3 μm , 但是横向上的宽度尺寸相同。

[0150] 高折射率层 121R_1+ 高折射率层 121L_1 :0.45 μm

[0151] 高折射率层 121R_2, 高折射率层 121L_2 :0.25 μm

[0152] 高折射率层 121R_3, 高折射率层 121L_3 :0.20 μm

[0153] 高折射率层 121R_4, 高折射率层 121L_4 :0.15 μm

[0154] 高折射率层 121R_5, 高折射率层 121L_5 :0.10 μm

[0155] 低折射率层 120R_1, 低折射率层 120L_1 :0.10 μm

[0156] 低折射率层 120R_2, 低折射率层 120L_2 :0.15 μm

[0157] 低折射率层 120R_3, 低折射率层 120L_3 :0.20 μm

[0158] 低折射率层 120R_4, 低折射率层 120L_4 :0.225 μm

[0159] 低折射率层 120R_5+ 低折射率层 120L_5 :0.40 μm

[0160] 图 4B 和 4C 是图解根据展示在图 4A 中的第一实施例 (应用实例 3) 的光学特性模拟结果的示意图, 并且分别表示出近红外光 ($\lambda = 780\text{nm}$)、红光 ($\lambda = 640\text{nm}$)、绿光 ($\lambda = 540\text{nm}$) 和蓝光 ($\lambda = 460\text{nm}$) 的结果。

[0161] 由此可以理解的是, 即使在交替设置层 112A 的厚度 (实质的透镜厚度) 从 0.5 μm 变为 0.3 μm 的情况下, 交替设置层 112A 内的每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度、边界距离适当设定, 由此用交替设置层 112A 可以聚集任何波长的光, 并且可以提供凸透镜的作用。

[0162] <第一实施例：凸透镜的应用实例 4>

[0163] 图 5A 至 5D 是用于描述应用根据第一实施例的光学透镜的固态成像装置的第四实施例（应用实例 4）的示意图。这里，图 5A 是根据第一实施例（应用实例 4）的固态成像装置的截面示意图，图 5B 是进一步的示意性截面图，而图 5C 和 5D 是图解其光学特性的模拟结果的示意图。

[0164] 根据第一实施例（应用实例 4）的固态成像装置 100A 基本上以与根据第一实施例（应用实例 1）的固态成像装置 100A 相同的方式构造，除了像素尺寸或者透镜尺寸设定到小于 $1.4\ \mu\text{m}$ 而不是 $3.6\ \mu\text{m}$ 。随同像素尺寸或者透镜尺寸的该修改，关于从硅基板 102 和薄膜层 130 之间的边界表面到交替设置层 112A 的距离（厚度：实质的透镜长度）、交替设置层 112A 的厚度（实质的透镜厚度）、以及交替设置层 112A 内的每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度、边界距离进行调整。

[0165] 具体地讲，关于第一实施例（应用实例 4），首先，交替设置层 112A 的厚度（实质的透镜厚度）设定到 $0.5\ \mu\text{m}$ 。光学透镜 110A 的一个周期（即透镜尺寸）调整到 $1.4\ \mu\text{m}$ 的像素尺寸（=像素间距）。

[0166] 在光学透镜 110A 的一个周期内的交替设置层 112A 内的低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k（附图中都未示出）的宽度，以及边界距离（在本实例中，相邻低折射率层 120R₃ 和 120L₃ 的合成宽度）设定如下。

[0167] 高折射率层 121R₁+ 高折射率层 121L₁ : $0.25\ \mu\text{m}$

[0168] 高折射率层 121R₂, 高折射率层 121L₂ : $0.15\ \mu\text{m}$

[0169] 高折射率层 121R₃, 高折射率层 121L₃ : $0.10\ \mu\text{m}$

[0170] 低折射率层 120R₁, 低折射率层 120L₁ : $0.10\ \mu\text{m}$

[0171] 低折射率层 120R₂, 低折射率层 120L₂ : $0.13\ \mu\text{m}$

[0172] 低折射率层 120R₃+ 低折射率层 120L₃ : $0.19\ \mu\text{m}$

[0173] 而且，交替设置层 112A 的由氮化硅 SiN 制成的每个高折射率层 121_k 组成光学透镜 110A 的主要部分，关于每个高折射率层 121_k 的上和下侧，提供用折射率 n_4 为 1.7 的 SiON 制造的薄膜（厚度 = $0.08\ \mu\text{m}$ ）作为抗反射膜 124，其宽度与每个高折射率层 121_k 相同。抗反射膜 124 是由氮化硅 SiN 和氧化硅 SiO₂ 之间的中间折射率材料（在本实例中为折射率为 1.7 的 SiON）制造的薄膜，并且用于减少由反射引起的光学损失。

[0174] 抗反射膜 124 是薄膜，并且不影响交替设置层 112A 自身的透镜作用，与其厚度和宽度无关，与它们是否提供到每个高折射率层 121_k 无关。不言而喻，抗反射膜 124 不仅可以提供到第一实施例（应用实例 4），而且可以提供第一实施例（应用实例 1 至 3）。

[0175] 在提供抗反射膜 124 的情况下，透镜长度为从硅基板 102 和薄膜层 130 之间的边界表面到抗反射膜 124 的距离，并且在本实例中设定到 $2.3\ \mu\text{m}$ 。

[0176] 图 5C 和 5D 是图解根据图 5A 所示的第一实施例（应用实例 4）的光学特性的模拟结果，并且分别表示出近红外光（ $\lambda = 780\text{nm}$ ）、红光（ $\lambda = 640\text{nm}$ ）、绿光（ $\lambda = 540\text{nm}$ ）和蓝光（ $\lambda = 460\text{nm}$ ）的结果。

[0177] 由此可以理解的是，即使在像素尺寸或者透镜尺寸从 $3.6\ \mu\text{m}$ 变为 $1.4\ \mu\text{m}$ 的情况下，透镜长度以及交替设置层 112A 内的每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度、边界距离适当设定，由此用交替设置层 112A 可以聚集任何波长的光，并且可以提

供凸透镜的作用。

[0178] < 第一比较实例 >

[0179] 图 6A 是用于描述第一比较实例的示意图,其相对于使用包括在根据第一实施例的光学透镜 110A 中的交替设置层 112A(包括交替设置层 2A 作为单一材料)的凸透镜 110A。

[0180] 根据第一比较实例的固态成像装置 100A 包括在硅基板 102 之上的配线层 109、在其配线层 109 的上层上的内部聚光透镜 105 和在其内部聚光透镜 105 的上层上的滤色器 106 和芯片上透镜 108。

[0181] 内部聚光透镜 105 和芯片上透镜 108 都是具有利用斯涅耳定律的折射型透镜构造的透镜。因此,透镜自身厚,例如约为 $1\mu\text{m}$,并且因此用作硅基板 102 的光入射侧的装置上层变厚。因此,来自相邻像素的不希望的倾斜入射光增加。由该倾斜入射光引起的颜色混合增加,并且因此色彩再现性变差。

[0182] 也可以考虑进行计算处理,例如矩阵计算,以恢复色彩再现性,但是产生额外的噪声,并且图像质量变差。

[0183] 当减少外部图像形成系统透镜的 F 值时,由于由配线层 109 的金属配线引起的遮蔽,倾斜入射光增加,从而从理想灵敏度的变差因上层变厚而变得突出,并且因此引起 F 值光灵敏度的变差,其中不能获得原始的灵敏度。

[0184] 所谓的阴影现象也变得突出,其中与以二维方式设置的光电转换单元 104 的像素阵列单元的中心相比,端部上的灵敏度减少。这是因为主光线倾斜进入,并且因此例如椭圆影响 (influence of ellipse) 增加。

[0185] 也可以考虑每个透镜制造成在横向上变形的非对称透镜形状,以便将倾斜入射光纠正为垂直入射光。然而,应当注意的是,从制造工艺的角度看,例如,当用回流 (reflow) 制造每个透镜时,其制造受重力或者表面张力的影响,从而每个透镜仅可以制造成球形。换言之,球形透镜用回流制造,从而不能制造具有横向上变形构造的透镜,并且因此不能制造纠正倾斜入射光为垂直入射光的透镜。

[0186] 另一方面,关于根据第一实施例的每个光学透镜 110A,交替设置层 112A 构造为主要部分,因此用极薄的透镜可以实现具有聚光作用的凸透镜功能。因此,装置的上层可以变薄,并且颜色混合减少,从而改善色彩再现性,并且由计算处理产生的额外噪声也减少,而且, F 值光灵敏性上的变差减少。

[0187] 此外,用作光学透镜 110A 的主要部分的交替设置层 112A 具有这样的构造,其中低折射率层 120 和高折射率层 121 以预定的宽度交替地排列,并且可以用简单易行的加工技术制造,例如光刻技术或反应离子蚀刻 (RIE, Reactive Ion Etching) 等技术 (稍后详细描述),由此可以用简单易行的制造工艺来抑制成本。

[0188] 同样,由应用实例 1 至 4 可以理解的是,利用交替设置层 112A 的凸透镜作用必要时可以通过调整每个矩形低折射率层 120 和高折射率层 121 的排列的宽度和数量来修改,并且因此与球形透镜相比可以光学地扩展设计宽度。

[0189] < 第二比较实例 >

[0190] 图 6B 是用于描述第二比较实例的示意图,其相对于使用包括在根据第一实施例的光学透镜 110A 中的交替设置层 112A(包括交替设置层 2A 作为单一材料)的凸透镜。

[0191] 在日本未审查专利申请公开 No. 2005-011969 中描述了根据第二比较实例的固态

成像装置 100A。简言之,内部聚光透镜以菲涅耳透镜为基础构造,其使得由上部透镜例如芯片上透镜聚集的光进一步经受聚集,以使聚焦的光进入对应的光电转换单元。

[0192] 具体地讲,该透镜是折射型透镜,但是构造成波形,由此透镜可以变薄。然而,应当注意的是,该透镜为折射型,从而将透镜制造成比波长量级薄受到限制。而且,制造该折射型使得制造工艺比普通折射型透镜工艺复杂,并且需要更多的成本。而且,该透镜仅可以以球形表面制造,从而非对称不能提供到该透镜。

[0193] 另外,在菲涅耳透镜的情况下,倾斜进入一定区域的光不能聚集到原本在某些情况下要聚集到的点上。例如,在图 6B 中,在光如实线所示进入透镜的表面部分中的情况下,该光被聚集,但是在光如虚线所示进入台阶壁 (stepwise wall) 中的情况下,该光被折射或者反射,并且因此该光没有聚集而是如图所示被散射。这引起聚光效率变差,而且,在散射的光进入相邻像素的情况下,引起颜色混合。

[0194] < 第三比较实例 >

[0195] 图 6C 是用于描述第三比较实例的示意图,其相对于使用包括在根据第一实施例的光学透镜 110A 中的交替设置层 112A (包括交替设置层 2A 作为单一材料) 的凸透镜。

[0196] 在日本未审查专利申请公开 No. 2006-351972 中描述了根据第三比较实例的固态成像装置 100A。聚光元件 (即凸透镜) 通过结合多个分区区域构造,该多个分区区域具有由等于或者短于入射光波长的线宽分割的同心构造。这里,在该多个分区区域中,至少一个分区区域包括下级 (lower stage) 光传输膜和上级 (upper stage) 光传输膜,下级光传输膜具有第一线宽和第一膜厚的同心构造,而上级光传输膜具有第二线宽和第二膜厚的同心构造,上级光传输膜构造在该下级光传输膜之上。简言之,聚光元件用具有两级同心构造 (即菲涅耳透镜) 为基础的分布折射率透镜构造。

[0197] 因此,根据日本未审查专利申请 No. 2006-351972 中描述的第三比较实例的聚光元件 (凸透镜) 是折射率透镜,但是以菲涅耳透镜为基础构造,并且因此产生如根据日本未审查专利申请公开 No. 2005-011969 中描述的第二比较实例的内部聚光透镜相同的情形。该情形如图 6C 所示,其中当倾斜入射光进入围绕每个区域边界的折射率台阶时,光在壁上反射或折射,并且因此光被折射或者反射,因此,光没有聚集而是如图所示被散射。这引起聚光效率变差,而且在散射的光进入相邻像素中时,引起颜色混合。

[0198] 另一方面,关于根据第一实施例的交替设置层 2A (交替设置层 112A),具有大折射率的高折射率层 121 和具有小折射率的低折射滤层 120 的宽度在波长量级内逐渐变化,从而没有大折射率的台阶例如菲涅耳透镜,并且即使是倾斜入射光也很少有反射或者折射引起的散射光。因此,聚光的变差降低,从而光可以有效聚集。

[0199] 而且,与根据日本未审查专利申请公开 No. 2005-011969 中描述的第二比较实例的内部聚光透镜和根据日本未审查专利申请公开 No. 2006-351972 中描述的第三比较实例的聚光元件的工艺相比,根据第一实施例的交替设置层 112A (交替设置层 2A) 的制造工艺易于使用。例如,由图 6C 所示的构造可以理解的是,以两级完成蚀刻,从而工艺数量增加,并且因此成本增加。而且,这样复杂的蚀刻影响再现性和均匀性,并且容易引起制造的不规则。

[0200] 关于根据第一实施例的交替设置层 112A (交替设置层 2A),高折射率层 21 (高折射率层 121) 和低折射率层 20 (低折射率层 120) 在横向上交替排列,从而基本上所有必需的

是高折射率层 21(高折射率层 121)的沉积及一次性蚀刻,以及随后的低折射率层 20(低折射率层 120)的沉积及简单易行的工艺技术,例如光刻技术或 RIE 法等,由此减少工艺数量,减少成本并改进再现性和均匀性。

[0201] 由上面的描述可以理解的是,根据第一实施例的交替设置层 2A(交替设置层 112A)与根据第二比较实例(日本未审查专利申请公开 No. 2005-011969)的内部聚光透镜或者根据第三比较实例(日本未审查专利申请公开 No. 2006-351972)的聚光元件之间的原理完全不同,根据第一实施例的交替设置层 2A(交替设置层 112A)可以这样考虑,采用利用波面控制配置的聚光透镜(即凸透镜)作为内部聚光透镜(或表面透镜)。关于根据第二比较实例的内部聚光透镜和根据第三比较实例的聚光元件,不能产生根据第一实施例的交替设置层 2A(交替设置层 112A)所提供的优点。

[0202] <第四比较实例>

[0203] 尽管附图中没有示出,但是就日本未审查专利申请公开 No. 2005-252391 而言,已经揭示了这样的构造,其中具有折射率的散射体(scatterer)提供在像素内的上层上(称为第四比较实例)。然而,应当注意的是,第四比较实例的配置不同于根据第一实施例的交替设置层 2A(交替设置层 112A)的配置,根据第一实施例的交替设置层 2A(交替设置层 112A)是这样的构造,其中以板状设置了具有大折射率的高折射率层 121,在中心密集而远离中心非密集,且具体地讲是这样的构造,其中具有大折射率的高折射率层 121 的宽度朝着透镜的中心增加,即这样的构造,其中中心宽阔,而周边狭窄。

[0204] 另外,第四比较实例的配置不是透镜功能,而是采用散射效应或者 MTF 控制功能的低通滤波器(low-pass filter)的功能。在这一点上,关于根据第一实施例的交替设置层 2A(交替设置层 112A),结合了在具有大折射率的高折射率层 21(高折射率层 121)和具有小折射率的低折射率层 20(低折射率层 120)之间的光速不同的特征与波函数的连续性,由此产生了凸透镜的作用,从而其原理和目标与第四比较实例的配置完全不同。

[0205] <第五比较实例>

[0206] 尽管附图中没有示出,但是就日本未审查专利申请公开 No. 2005-203526 而言,已经描述了这样的构造,其中折射率分布型透镜埋设在对应于透镜基板上的像素形成的通孔中,其折射率在通孔的直径方向上变化(称为第五比较实例)。然而,应当注意的是,第五比较实例的配置是这样的,折射率分布在通孔的直径方向即横向上逐渐变化,并且其基本构造概念与第一实施例的配置不同,在第一实施例中凸透镜作用使用交替设置层 2A(交替设置层 112A)产生,其结合了在具有大折射率的高折射率层 21(高折射率层 121)和具有小折射率的低折射率层 20(低折射率层 120)之间的光速不同的特征与波函数的连续性。

[0207] 关于第五比较实例的配置,同时进行了这样的描述,其中具有大折射率的层和具有小折射率的层在横向上依次设置,但是实际上,不仅从横向上而且从下面进行了沉积,从而没有实现根据第一实施例的构造,并且因此不易于制造其中折射率仅在横向上不同的多层构造。

[0208] 另一方面,关于根据第一实施例的交替设置层 112A(交替设置层 2A),高折射率层 21(高折射率层 121)和低折射率层 20(低折射率层 120)交替地排列在横向上,从而基本上所有必需的是高折射率层 21(高折射率层 121)的沉积及一次性蚀刻,以及在垂直方向上的多层构造,例如随后的低折射率层 20(低折射率层 120)的沉积工艺,例如光刻技术或 RIE

法等,由此提供以简单易行且少量工艺可以进行制造的优点。

[0209] <第一实施例:凸透镜的修改 1>

[0210] 图 7A 和 7B 是用于描述根据第一实施例的光学透镜的第一修改(修改 1)的示意图。这里,图 7A 是用于描述根据修改 1 的固态成像装置的截面示意图,该固态成像装置应用了根据修改 1 的光学透镜。图 7B 是图解其光学特性的模拟结果的示意图($\lambda = 540\text{nm}$)。

[0211] 关于第一实施例的基本实例,为了通过采用其中朝着中心密度增加而远离中心密度减少的构造来提供凸透镜功能,已经采用了第三凸透镜提供方法,其中一起采用第一和第二凸透镜提供方法,但是对于修改 1,只采用第一凸透镜提供方法,其中具有大折射率的层(高折射率层 121_k)的宽度朝着透镜的中心逐渐增加。相对于具有小折射率的层(低折射率层 120_j),所有的都构造为具有相等的宽度。

[0212] 假设从硅基板 102 与薄膜层 130 之间的边界表面到交替设置层 112A 的距离(厚度:实质的透镜长度)是 $3.6\ \mu\text{m}$,并且交替设置层 112A 的厚度(实质的透镜厚度)是 $0.5\ \mu\text{m}$ 。光学透镜 110A 的一个周期(例如,透镜尺寸)调整到 $3.25\ \mu\text{m}$ 的像素尺寸(像素间距)。这与第一实施例(应用实例 1)中透镜尺寸或者像素尺寸设定到 $3.6\ \mu\text{m}$ 稍微不同。像素尺寸与前面的实例稍有变化,但是这是为了如果当高折射率层 121 设定到合适尺寸(以 $0.05\ \mu\text{m}$ 的增量)时,低折射率层 120 以合适的尺寸(以 $0.05\ \mu\text{m}$ 的增量)设定为相等的宽度时的调整。可以进行这样的设置,其中当像素尺寸尽可能设定到在后面的实例中的像素尺寸时,低折射率层 120 部分设定为相等的宽度。

[0213] 根据第一实施例(修改 1)的固态成像装置 100A 基本上以与根据第一实施例(应用实例 1)的固态成像装置 100A 相同的方式构造,除了低折射率层 120_j 的宽度设定为相等的宽度。随同改变低折射率层 120_j 到相等的宽度的该修改,对于交替设置层 112A 内每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度和边界距离进行调整。

[0214] 具体地讲,关于第一实施例(修改 1),在一个周期内交替设置层 112A 内的低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k(附图中都未示出)的宽度以及边界距离(在本实例中为相邻低折射率层 120R₄ 和 120L₄ 的合成宽度)设定如下。

[0215] 高折射率层 121R₁+ 高折射率层 121L₁: $0.65\ \mu\text{m}$

[0216] 高折射率层 121R₂, 高折射率层 121L₂: $0.25\ \mu\text{m}$

[0217] 高折射率层 121R₃, 高折射率层 121L₃: $0.20\ \mu\text{m}$

[0218] 高折射率层 121R₄, 高折射率层 121L₄: $0.15\ \mu\text{m}$

[0219] 低折射率层 120R₁, 低折射率层 120L₁: $0.20\ \mu\text{m}$

[0220] 低折射率层 120R₂, 低折射率层 120L₂: $0.20\ \mu\text{m}$

[0221] 低折射率层 120R₃, 低折射率层 120L₃: $0.20\ \mu\text{m}$

[0222] 低折射率层 120R₄+ 低折射率层 120L₄: $0.20\ \mu\text{m}$

[0223] 由上面的设定可以理解的是,具有小折射率的低折射率层 120_j 的宽度是 $0.2\ \mu\text{m}$ 的相等宽度,并且具有大折射率的高折射率层 121_k 的宽度从中心朝着端部逐渐减少,例如 $0.65\ \mu\text{m}$ 、 $0.25\ \mu\text{m}$ 、 $0.2\ \mu\text{m}$ 和 $0.15\ \mu\text{m}$ 。

[0224] 由附图可以理解的是,还关于第一实施例(修改 1),光学透镜 110A 的交替设置层 112A 是具有 SWLL 构造的聚光元件,其中入射光通过由折射率为 1.46 的氧化硅 SiO_2 制造的低折射率层 120 和由折射率为 2.0 的氮化硅制造的高折射率层 121 之间的周期结构弯曲。

关于本实例,交替设置层 112A 构造为使得低折射率层 120 的横向上的最小线宽为 $0.20\ \mu\text{m}$,高折射率层 121 的横向上的最小线宽为 $0.15\ \mu\text{m}$,而透镜的厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$ 。

[0225] 图 7B 是图解图 7A 所示第一实施例(修改 1)的光学特性模拟结果的示意图,这是绿光($\lambda = 540\text{nm}$)的结果。由此可以理解的是,即使以其中当对于具有小折射率的层(低折射率层 120_j)的所有宽度设定为相等时,高折射率层 121 的宽度朝着透镜中心逐渐增加这样的构造,通过适当设定交替设置层 112A 内每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度、边界距离,用交替设置层 112A 可以聚集绿光($\lambda = 540\text{nm}$),由此提供凸透镜作用。

[0226] 尽管附图中没有示出,但是对于近红外光($\lambda = 780\text{nm}$)、红光($\lambda = 640\text{nm}$)和蓝光($\lambda = 460\text{nm}$)也提供相同的凸透镜的作用。

[0227] 因此,采用第一实施例(修改 1),第一实施例(修改 1)具有这样的构造,其中具有小折射率的低折射率层 120_j 的宽度相等,并且高折射率层 121_k 的宽度朝着透镜的中心逐渐增加,由此可以实现这样的构造,其中具有大折射率的高折射率层 121_k 设置为板状,中心密集设置而远离中心非密集设置,并且因此可以发现与第一实施例(其基本实例和应用实例 1 至 4)一样存在聚光特性。

[0228] 关于第一实施例(修改 1)的构造,提供便利透镜制造的优点。就是说,在此情况下,关于埋设低折射率层 120 的工艺,由于光刻分辨率的不足,存在埋设宽度不能变窄,或者埋设宽度变窄时由于空位(void)的产生而使埋设变差的困难。对于修改 1,可以通过设定低折射率层 120 为可以使用光刻埋设的相等的宽度进行制造。特别是,当可埋设的宽度恰为波长量级时,这变为有效的手段,如果宽度再扩大,则损失等相位波面(波面)的连续性。

[0229] <第一实施例:凸透镜的修改 2>

[0230] 图 8A 和 8B 是用于描述根据第一实施例的光学透镜的第二修改(修改 2)的示意图。这里,图 8A 是用于描述根据修改 2 的固态成像装置的截面示意图,其应用根据修改 2 的光学透镜。图 8B 是图解其光学特性的模拟结果的示意图($\lambda = 540\text{nm}$)。

[0231] 关于第一实施例的基本实例,为了通过采用朝着中心密度增加而远离中心密度减少的构造来提供凸透镜功能,已经采用了第三凸透镜提供方法,其中一起采用第一和第二凸透镜提供方法,但是对于修改 2,只采用第二凸透镜提供方法,其中具有小折射率的层(低折射率层 120_j)的宽度朝着透镜的中心逐渐减少。关于具有大折射率的层(高折射率层 121_k),所有的构造为具有相等的宽度。

[0232] 假设从硅基板 102 与薄膜层 130 之间的边界表面到交替设置层 112A 的距离(厚度:实质的透镜长度)是 $3.6\ \mu\text{m}$,并且交替设置层 112A 的厚度(实质的透镜厚度)是 $0.5\ \mu\text{m}$ 。光学透镜 110A 的一个周期(例如,透镜尺寸)调整到 $3.85\ \mu\text{m}$ 的像素尺寸(像素间距)。这与第一实施例(应用实例 1)中透镜尺寸或者像素尺寸设定到 $3.6\ \mu\text{m}$ 稍微不同。像素尺寸与前面的实例稍有变化,但是这是为了如果当低折射率层 120 设定到合适尺寸($0.05\ \mu\text{m}$ 的增量),高折射率层 121 以合适的尺寸(以 $0.05\ \mu\text{m}$ 的增量)设定为相等的宽度时的调整。可以进行这样的配置,其中当像素尺寸尽可能设定到在前面的实例中的像素尺寸,但是高折射率层 121 部分设定为相等的宽度。

[0233] 根据第一实施例(修改 2)的固态成像装置 100A 基本上以与根据第一实施例(应

用实例 1) 的固态成像装置 100A 相同的方式构造,除了高折射率层 121_k 的宽度设定为相等的宽度。随同改变高折射率层 121_k 到相等的宽度的该修改,关于交替设置层 112A 内每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度和边界距离进行调整。

[0234] 具体地讲,关于第一实施例(修改 2),在一个周期内交替设置层 112A 内的低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k(附图中都未示出)的宽度以及边界距离(在本实例中为相邻低折射率层 120R₅ 和 120L₅ 的合成宽度)设定如下。

[0235] 高折射率层 121R₁+ 高折射率层 121L₁:0.15 μm

[0236] 高折射率层 121R₂,高折射率层 121L₂:0.15 μm

[0237] 高折射率层 121R₃,高折射率层 121L₃:0.15 μm

[0238] 高折射率层 121R₄,高折射率层 121L₄:0.15 μm

[0239] 高折射率层 121R₅,高折射率层 121L₅:0.15 μm

[0240] 低折射率层 120R₁,低折射率层 120L₁:0.10 μm

[0241] 低折射率层 120R₂,低折射率层 120L₂:0.20 μm

[0242] 低折射率层 120R₃,低折射率层 120L₃:0.30 μm

[0243] 低折射率层 120R₄,低折射率层 120L₄:0.40 μm

[0244] 低折射率层 120R₅+ 低折射率层 120L₅:0.50 μm

[0245] 由上面的设定可以理解的是,具有大折射率的高折射率层 121_k 的宽度是 0.15 μm 的相等宽度,并且具有小折射率的低折射率层 120_j 的宽度从中心朝着端部逐渐增加,例如 0.10 μm、0.20 μm、0.30 μm、0.40 μm 和 0.50 μm。

[0246] 由附图可以理解的是,关于第一实施例(修改 2),光学透镜 110A 的交替设置层 112A 也是具有 SWLL 构造的聚光元件,其中入射光被由折射率为 1.46 的氧化硅 SiO₂ 制造的低折射率层 120 和由折射率为 2.0 的氮化硅制造的高折射率层 121 之间的周期结构弯曲。关于本实例,交替设置层 112A 构造为使得低折射率层 120 的横向上的最小线宽为 0.10 μm,高折射率层 121 的横向上的最小线宽为 0.15 μm,而透镜的厚度为 0.5 μm。

[0247] 图 8B 是图解图 8A 所示第一实施例(修改 2)的光学特性模拟结果的示意图,这是绿光($\lambda = 540\text{nm}$)的结果。由此可以理解的是,即使以其中当关于具有大折射率层(高折射率层 121_k)的所有宽度设定为相等,低折射率层 120 的宽度朝着透镜的中心逐渐减少时,通过适当设定交替设置层 112A 内每个低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k 的数量、宽度、边界距离,用交替设置层 112A 可以聚集绿光($\lambda = 540\text{nm}$),由此提供凸透镜作用。

[0248] 尽管附图中没有示出,但是对于近红外光($\lambda = 780\text{nm}$)、红光($\lambda = 640\text{nm}$)和蓝光($\lambda = 460\text{nm}$)也提供相同的凸透镜的作用。

[0249] 因此,采用第一实施例(修改 2),该第一实施例(修改 2)具有这样的构造,其中具有大折射率的高折射率层 121_k 的宽度相等,并且低折射率层 120_j 的宽度朝着透镜的中心逐渐减少,由此可以实现这样的构造,其中具有小折射率的低折射率层 120_j 设置为板状,中心非密集而远离中心密集,并且因此可以发现与第一实施例(其基本实例和应用实例 1 至 4)一样存在聚光特性。

[0250] 关于第一实施例(修改 2)的构造,其提供便利透镜制造的优点。就是说,在此情况下,关于使用光刻来蚀刻高折射率层 121 的工艺,由于光刻分辨率的不足,难于进行窄宽度光刻或者蚀刻工艺使得宽度不能变窄,或者在蚀刻工艺时由于侧蚀刻的产生而宽度控制能

力变差,对于修改 2 可以通过将高折射率层 121 的宽度设定为可以使用光刻蚀刻的相等的宽度来进行制造。特别是,当可使用光刻蚀刻的宽度恰为波长量级时,这变为有效的手段,如果宽度再扩大,则损失等相位波面(波面)的连续性。

[0251] <第二实施例:凸透镜+倾斜入射光的纠正(分离类型)>

[0252] 图 9 至 10D 是用于描述根据第二实施例的光学透镜的基本原理的示意图。这里,图 9 是图解当倾斜入射光以第一实施例的构造(例如图 2A 所示的应用实例 1)时的模拟结果的示意图。图 10A 是图解等相位波面的示意图,用于描述根据第二实施例的光学透镜的基本原理。图 10B 是用于描述固态成像装置 100A 的光接收光学系统的示意图。图 10C 是根据第二实施例的单一光学透镜的平面示意图。图 10D 是根据第二实施例的光学透镜应用到固态成像装置的像素阵列单元的情况下的平面示意图。应当注意的是,在图 10D 中,关于根据每个像素的交替设置层的透镜形状,通过从整个像素阵列单元提取和放大单独图解代表的位置。

[0253] 根据第二实施例的透镜构造,其特征在于,提供关于倾斜入射光的入射的纠正机构。与稍后描述的第三实施例的不同点在于,具有倾斜入射光纠正功能的光学构件作为分离构件(设置在另一层中)添加到具有凸透镜功能的交替设置层 112A。

[0254] 关于第一实施例(例如,图 2A 中的应用实例 1)的构造,当倾斜入射光进入时,如图 9 所示,可以发现聚光位置在横向上相对于透镜中心稍微偏移。这与即使以普通的球面透镜引起的现象是共同的。因此,关于根据第一实施例的光学透镜的构造,存在这样的可能性,在图像传感器中引起由从相邻像素进入的不希望的倾斜入射光引起的颜色混合问题,或者像素阵列单元的端部的灵敏度变差的阴影问题。

[0255] 关于根据第二实施例的光学透镜的构造,为了减少倾斜入射光的入射引起的问题,提供了用于转换倾斜入射光为垂直入射光的纠正功能。如图 10A 所示,其纠正功能的配置的特征在于,以透镜的中心作为分界线,在一侧上(在所图解的实例中的左侧),按比率存在具有大折射率的很多高折射率层 21,并且在相对侧上(在所图解的实例中的右侧),按比率存在很少的高折射率层 21。不言而喻,本实施例不同于上述的第一实施例在于透镜的左右是非对称的。

[0256] 为了通过采用这样的构造对倾斜入射光的入射提供纠正功能,在该构造中以透镜中心为分界线,在一侧上(在所图解的实例中的左侧),按比率存在具有大折射率的很多高折射率层 21,并且在相对侧上(在所图解的实例中的右侧),按比率存在很少的高折射系数层 21,例如,当聚焦在高折射率层 21 上时,假定具有大折射率的高折射率层 21 的宽度在光学透镜的一个周期上(即透镜尺寸)沿一个方向(在图解实例的左侧)逐渐增加,则可以采用第一倾斜入射光纠正方法。相反,当聚焦在低折射率层 20 上时,假定具有小折射率的第折射率层 20 的宽度在光学透镜的一个周期上(即透镜尺寸)沿一个方向(在图解实例中的右侧)逐渐增加,则还可以采用第二倾斜入射光纠正方法。此外,还可以采用第三倾斜入射光纠正方法,其中一起采用第一和第二倾斜入射光纠正方法。从纠正效率的角度看,最有效的是采用第三倾斜入射光纠正方法。

[0257] 根据第二实施例的光学透镜具有转变倾斜入射光为垂直入射光的功能(称为入射角转变功能),从而与稍后描述的第三实施例不同之处在于,非对称的重心变为光学透镜的端部(在图 10A 中的左端的高折射率层 21L₄ 的中心)。应当注意的是,关于“重心”的

定义将在第三实施例中进行描述。

[0258] 换言之,考虑到稍后描述的第三实施例的构造描述,第一倾斜入射光纠正方法是假定这样构造的方法,其中具有大折射率的高折射率层 21 的宽度从构件(透镜:交替设置层 2B)的一端侧朝着光学重心位置(在本实例中的透镜的另一端侧)逐渐增加。同样,换言之,考虑到稍后描述的第三实施例的构造描述,第二倾斜入射光纠正方法是假定这样构造的方法,其中具有小折射率的低折射率层 20 的宽度从构件(透镜:交替设置层 2B)的一端侧朝着光学重心位置(在本实例中的透镜的另一端侧)逐渐减少。由此描述可以理解的是,对于入射角转变功能的基本方针,第二和第三实施例之间没有差别。

[0259] 首先,如图 10A 所示,假设提供有几个(附图中的 1_1 至 1_6 六个)仅具有折射率 n_0 的板状单一材料层 1 存在于光输出侧,以及与其(具体地讲,1_6 层)相邻的是板状层(称为交替设置层)2B,其中在横向上交替地排列具有折射率 n_0 的矩形层(称为低折射率层)20 和具有高于(大于)折射率 n_0 的折射率 n_1 ($n_1 > n_0$) 的矩形层(称为高折射率层)21。尽管附图中没有示出,但是可以考虑仅具有折射率 n_0 的板状单一材料层提供在交替设置层 2B 的光入射侧。尽管详细情况将稍后描述,但是交替设置层 2B 用作用于将倾斜入射光转换为垂直入射光的光学透镜功能。

[0260] 关于附图所示第二实施例的基本实例的配置,采用了这样的构造,其中在关于中心 CL 的左侧,按比率存在很多具有大折射率的高折射率层 21,而在右侧,按比率存在很少的高折射率层 21,左侧的高折射率层 21L_1 至 21L_4 的宽度构造为朝着中心 CL 逐渐减小,而右侧的高折射率层 21R_1 至 21R_4 的宽度构造为朝着中心 CL 逐渐增加,并且具有大折射率的高折射率层 21 的宽度构造为沿从右到左的一个方向上逐渐增加。

[0261] 另外,左侧的低折射率层 20L_1 至 20L_3 的宽度构造为朝着中心 CL 逐渐增加,而右侧的低折射率层 20R_1 至 20R_3 的宽度构造为朝着中心 CL 逐渐减小,并且具有小折射率的低折射率层 20 的宽度构造为沿从右到左的方向上逐渐减小。

[0262] 就是说,关于第二实施例的基本实例,采用上述的第三倾斜入射光纠正方法,其中一起采用上述的第一和第二倾斜入射光纠正方法。因此,如附图所示,倾斜入射光能够转换成垂直入射光。

[0263] 关于与根据图 1B 所示第一实施例的交替设置层 2A 的比较,以交替设置层 2A 的透镜中心为边界,只采用左、右构造中的一个构造(仅附图所示实例中的右侧)相当于根据第二实施例的交替设置层 2B。关于根据第一实施例的交替设置层 2A,在以透镜中心为边界在左右激活了转变入射光的路径为中心侧的功能,并且可以考虑只采用其功能的一侧相当于根据第二实施例的交替设置层 2B。

[0264] 交替设置层 2B 可以通过设置在交替设置层 2A 的光入射侧或光发出侧或其两侧来应用到固态成像装置 100A,由此可以实现这样的功能,其中凸透镜功能的聚光点以可靠的方式移动到像素的中心或者光电转换单元 104 之上。

[0265] 关于根据第二实施例的透镜构造,具有这种入射角转换功能用于将倾斜入射光转变为垂直入射光的交替设置层 2B 层叠在用作具有聚光作用的光学透镜功能的根据第一实施例的交替设置层 2A 上。此时,可以采用这样的构造,其中交替设置层 2B 设置在光入射侧,即这样的构造,其中具有入射角转变功能的交替设置层 2B 层叠在具有凸透镜功能的交替设置层 2A 之上。

[0266] 作为选择,可以采用这样的构造,其中交替设置层 2A 设置在光入射侧,即这样的构造,其中具有入射角转变功能的交替设置层 2B 层叠在具有凸透镜功能的交替设置层 2A 之下。此外,可以采用这样的构造,交替设置层 2B 设置在光入射侧和光发出侧,即这样的构造,其中具有入射角转变功能的交替设置层 2B 层叠在具有凸透镜功能的交替设置层 2A 之上和之下。

[0267] 如果倾斜入射光可以转换成垂直入射光,则可以解决其中光从相邻像素进入的颜色混合问题和其中在像素阵列单元的端部灵敏性变差变得突出的阴影问题。

[0268] 例如,如果该作用应用到固态成像装置 100A,如图 10B 所示,当入射位置靠近像素阵列单元的端部时,来自图像形成透镜的主光线呈现为倾斜入射,从而通过弱化在像素阵列单元中心的倾斜纠正功能,并且朝着像素阵列单元的端部增强纠正功能,该作用变得更为有效。例如,入射位置越靠近像素阵列单元的端部,具有大折射率的高折射率层 21 的非对称率越高。

[0269] 由图 10A 所示的构造可以清楚理解的是,其透镜的厚度是交替设置层 2B 的厚度,在交替设置层 2B 具有大折射率的矩形高折射率层 21_k 和具有小折射率的矩形低折射率层 20_j 在横向上交替排列,由此可以提供极薄的入射角转变透镜(倾斜光纠正透镜)。例如,透镜的厚度可以减少到 0.5 μm 或者更小。

[0270] 关于平面构造,交替设置层 2B 也需要具有这样的构造,其中,以透镜中心为边界,一侧上按比率存在具有大折射率的很多高折射率层 21,而相对侧上按比率存在很少高折射率层 21,并且只要满足这一点,可以采用各种类型的平面构造。

[0271] 例如,如图 10C 所示,可以采用这样的构造,其中通过以预定的宽度向一侧偏移排列线性的低折射率层 20 和线性的高折射率层 21。而且,尽管附图中没有示出,但是可以采用弯曲的低折射率层 20 和弯曲的高折射率层 21。

[0272] 在交替设置层 2B 与用作凸透镜的交替设置层 2A 结合应用到固态成像装置 100A 的像素阵列单元的情况下,倾斜入射光的入射在像素阵列单元的中心不引起问题,从而不需要在其中心提供交替设置层 2B。另一方面,在越靠近像素阵列单元的端部的入射位置倾斜入射光的入射引起问题。因此,如图 10D 所示,例如,设置交替设置层 2B 使得光轴面对像素阵列单元的中心,该交替设置层 2B 具有这样的构造,其中线性的低折射率层 20 和线性的高折射率层 21 通过以预定的宽度偏移向一侧进行排列,如图 10C 所示。

[0273] 此时,需要进行这样的配置,其中越靠近像素阵列单元的端部的入射位置增强入射角转换功能,并且在越靠近像素阵列单元的端部的入射位置提高低折射率层 20 与高折射率层 21 比率的变化水平。就是说,希望提供这样的构造,其中在像素阵列单元的中心没有非对称性,而在越靠近像素阵列单元的端部的入射位置提高非对称性。

[0274] 这里,展示了在这种情况下的实例,其中光电转换元件(光接收部分)以二维方式排列,但是这也可以应用到这样的情况,其中光电转换元件(光接收部分)以一维方式排列。

[0275] 因此,在越靠近像素阵列单元的端部的入射位置纠正了主光线的倾斜入射,由此根据交替设置层 2A 的每个凸透镜的聚光点可以进入像素的中心。这样的透镜形状提供在固态成像装置 100B 内(即与固态成像装置 100B 一体化),由此可以减少在像素阵列单元的端部引起的灵敏度变差(阴影),而不提供出瞳孔纠正机构(pupil correction

mechanism), 并且可以减少颜色混合, 并因此可以改善色彩再现性。

[0276] < 第二实施例: 入射角转变功能的应用实例 >

[0277] 图 11A 和 11B 是用于描述应用根据第二实施例的光学透镜的固态成像装置的示意图。其中, 图 11A 是应用具有入射角转变功能的交替设置层 2B 的固态成像装置的截面示意图, 而图 11B 是图解其光学特性的模拟结果的示意图。

[0278] 如图 11A 所示, 根据第二实施例的固态成像装置 100B 以根据如图 2A 所示第一实施例的交替设置层 2A 的根据应用实例 1 的固态成像装置 100A 为基础提供, 并且还包括光学透镜 110B, 其中具有入射角转变功能 (倾斜纠正功能) 的交替设置层 112B 设置在具有凸透镜功能的交替设置层 112A 的光入射侧 (下面的空间)。因此, 根据第二实施例的光学透镜 110B 构造为分别包括交替设置层 112A 的凸透镜功能和交替设置层 112B 的倾斜纠正功能。

[0279] 在光从空间的右下角侧进入的情况下, 图解了图 11A 所示的交替设置层 112A 和交替设置层 112B 之间的设置关系。应当注意的是, 根据交替设置层 112B 的入射角转变透镜 (倾斜光纠正透镜) 的中心相对于根据交替设置层 112A 的凸透镜的中心稍微偏移到空间的右侧。

[0280] 关于光学透镜 110B 的第二实施例 (应用实例), 在一个周期 (像素尺寸 = 3.6 μm) 内, 交替设置层 112B 内的低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k (附图中都没有示出) 的宽度设置如下。

[0281] 高折射率层 121R₄: 0.45 μm

[0282] 高折射率层 121R₃: 0.35 μm

[0283] 高折射率层 121R₂: 0.25 μm

[0284] 高折射率层 121R₁+ 高折射率层 121L₁: 0.20 μm

[0285] 高折射率层 121L₂: 0.15 μm

[0286] 高折射率层 121L₃: 0.11 μm

[0287] 高折射率层 121L₄: 0.10 μm

[0288] 低折射率层 120R₃: 0.10 μm

[0289] 低折射率层 120R₂: 0.12 μm

[0290] 低折射率层 120R₁: 0.185 μm

[0291] 低折射率层 120L₁: 0.235 μm

[0292] 低折射率层 120L₂: 0.260 μm

[0293] 低折射率层 120L₃: 0.345 μm

[0294] 低折射率层 120L₄: 0.745 μm

[0295] 图 11B 是图解图 11A 所示第二实施例 (应用实例) 的光学特性的模拟结果的示意图, 这是绿光 ($\lambda = 540\text{nm}$) 倾斜入射光进入固态成像装置 100B 的结果。由此还可以理解的是, 设置交替设置层 112B 以重叠在交替设置层 112A 上, 该交替设置层 112B 具有这样的构造, 其中以透镜中心为分界线, 在一侧按比率存在具有大折射率的很多高折射率层 121, 而在相对侧按比率存在很少高折射率层 121, 由此绿光倾斜入射光通常可以聚集在根据交替设置层 112A 的凸透镜的中心。这意味着根据入射角转变功能的倾斜纠正功能起到有效作用。

[0296] 虽然在附图中进行了省略,但是对于近红外光 ($\lambda = 780$)、红光 ($\lambda = 640\text{nm}$) 和蓝光 ($\lambda = 460\text{nm}$),也有类似的倾斜纠正功能的效果,其中倾斜入射光通常聚集在根据交替设置层 112A 的凸透镜的中心。

[0297] 根据交替设置层 112A 的凸透镜功能和根据交替设置层 112B 的入射角转变功能(倾斜纠正功能)包括在固态成像装置 100B 中,由此倾斜入射光可以转变成垂直入射光,可以减少阴影和颜色混合,并且可以获得高图像质量。

[0298] <第三实施例:凸透镜+倾斜入射光纠正(一体型)>

[0299] 图 12A 至 12H 是用于描述根据第三实施例的光学透镜的基本原理的示意图。其中,图 12A 是图解等相位波面的示意图,用于描述根据第三实施例的光学透镜的基本原理。图 12B 是用于描述透镜重心的示意图,而图 12C 至 12H 是根据第三实施例的光学透镜的平面示意图。

[0300] 根据第三实施例的透镜构造的特征在于,提供关于倾斜入射光入射的纠正机构,并且在这点上与第二实施例是共同的。对于上述实施例的不同点在于,采用了结合凸透镜功能和倾斜入射光纠正功能的交替设置层。

[0301] 如图 12A 所示,根据第三实施例的交替设置层 2C 的基本概念是以具有对称构造的交替设置层 2A 为基础应用根据第二实施例具有非对称构造的交替设置层 2B 的配置,在该非对称构造中,以透镜中心为边界线,在一侧按比率存在具有高折射率的很多高折射率层,而在相对侧按比率存在很少高折射率层;在该对称构造中,具有大折射率的层设置成板状,在中心密集而远离中心非密集设置。

[0302] 就是说,根据第三实施例的交替设置层 2C 的特征在于,通过包括这样的构造,其中宽度等于或者小于波长量级的具有大折射率的层设置为板状,在中心密集而远离中心非密集设置,并且相对于透镜中心的横向上包括非对称构造,从而同时包括凸透镜功能和入射角转换功能(倾斜入射光纠正功能)。

[0303] 包括这样的构造,其中具有大折射率的高折射率层 21 的宽度从重心的两侧看朝着非对称重心逐渐增加。而且,包括这样的构造,其中具有小折射率的低折射率层 20 的宽度朝着非对称重心逐渐减小。相对于第一实施例的区别在于,在左右侧的一侧上,低折射率层 20 和高折射率层 21 的阵列设置为非密集,而相对于透镜的重心的另一侧上设置为密集。

[0304] 为了应用非对称构造到具有对称构造的交替设置层 2A,例如,可以采用采取这样的构造的第一非对称方法,在该构造中具有大折射率的高折射率层 21 的宽度从构件(透镜:交替设置层 2C)的一端部侧朝着光学重心位置逐渐增加,即这样的构造,其中具有大折射率的高折射率层 21 的宽度朝着非对称重心逐渐增加。

[0305] 作为选择,可以采用采取这样的构造的第二非对称方法,在该构造中具有小折射率的低折射率层 20 的宽度从构件(透镜:交替设置层 2C)的一端部侧朝着光学重心位置逐渐减少,即这样的构造,其中具有小折射率的低折射率层 20 的宽度朝着非对称重心逐渐减小。作为选择,可以采用其中一起采用第一和第二非对称方法的第三非对称方法。从非对称效率的观点看,采用第三非对称方法最为有效。

[0306] 现在,将参照图 12B 进行有关“重心(center of gravity)”的描述。在像素矩阵或者一定区域面内,假设具有大折射率的高折射率层 21 的折射率为 n_1 ,并且具有小折射率的低折射率层 20 的折射率为 n_0 。在此情况下,关于平面内的 (x, y) 坐标,下面的表达式 (1)

成立,其位置 (x_1, y_1) 定义为光学重心。

$$[0307] \quad \iint_D (x_1 - x)(y_1 - y)f(x, y)dx dy = 0 \quad \cdots(1)$$

[0308] 这意味着在重心位置上对周围折射率的主力矩 (primary moment) 的积分为 0。图 12B 图解了在一维的情况下重心位置的概念图,但是事实上,重心位置是二维的,从而变为 (x, y) 坐标,并且一个位置同时满足 (x, y) 的积分为 0 的条件就是二维的重心。

[0309] 在第一实施例的情况下,包括这样的对称构造,其中具有大折射率的高折射率层 21 在中心密集设置,而远离中心非密集设置,从而重心等同于透镜的机械中心。在第二实施例的情况下,可以考虑只采用具有对称构造的第一实施例的左和右中的一侧,并且因此光学透镜的端部为重心,即非对称重心。

[0310] 另一方面,在第三实施例的情况下,第二实施例应用到具有对称构造的第一实施例,使得具有大折射率的高折射率层 21 的比率在其左右侧上是非对称的,从而重心相对于透镜的机械中心偏移,并且变为非对称重心。这从图 12C 至 12H 所示的平面示意图也是明显易懂的。

[0311] 就是说,不言而喻,关于平面构造,这里根据第三实施例的交替设置层 2C 也采用第二实施例应用到第一实施例的构造。例如,在采用类似于根据第一实施例的交替设置层 2A 的圆形构造的情况下,对于具有大折射率的高折射率层 21_k 和具有小折射率的低折射率层 20_j 的每一个的形状,可以采用任意形状,比如圆形、椭圆形、正方形、矩形和三角形等。随后,关于这些形状,环形形状由可以看作相同的形状或者不同的形状形成,使得每个环的宽度在以重心而不是透镜中心作为边界线的左右侧之间逐渐不同。

[0312] 例如,图 12C 对应于图 1C,在图 12C 中采用了非对称的圆或者圆环形状,使得高折射率层 21_k 和低折射率层 20_j 的每一个具有圆或者圆环形状,并且对于每个环的宽度,以透镜中心为边界线,在左侧,低折射率层 20 朝着透镜中心逐渐减小,而高折射率层 21 朝着重心逐渐增加,并且在右侧,低折射率层 20 朝着重心逐渐减小,而高折射率层 21 朝着透镜中心逐渐增加,且其每个宽度和变化水平在两侧上不同。

[0313] 图 12D 对应于图 1D,在图 12D 中采用非对称椭圆或者椭圆环形形状。图 12E 对应于图 1E,在图 12E 中采用非对称正方形或者正方环形形状。图 12F 对应于图 1F,在图 12F 中采用非对称的矩形或者矩形环形形状。

[0314] 不言而喻,各透镜的总聚光效果受交替设置层 2A 即关于如何排列高折射率层 21 和低折射率层 20 的平面构造的影响,从而在将其应用到固态成像装置的情况下,所希望的是将图 12C 至 12F 所示例的平面构造的形状,特别是重心的高折射率层 21₁ 的形状调整到光接收部分的平面形状。

[0315] 而且,在相对于重心的两侧具有将倾斜入射光转换为垂直光的功能,从而可以采用采取相对于重心的任何一侧的构造。例如,如图 12G 所示,可以采用这样的构造,其中对于图 12C 所示的平面布置,具有小折射率的环形低折射率层 20_j 或者具有大折射率的环形高折射率层 21_k 的一部分去掉,从而不能形成环形。作为选择,如图 12H 所示,可以采用这样的构造,其中对于图 12E 所示的平面布置,具有小折射率的矩形低折射率层 20_j 或者具有大折射率的矩形高折射率层 21_k 的一部分去掉,从而不能形成环形。

[0316] 在应用到固态成像装置 100C 的像素阵列单元的情况下,没有由于在像素阵列单

元的中心倾斜入射光的入射而引起的问题,从而在其中心不需要提供倾斜光纠正功能。另一方面,倾斜入射光的入射在越靠近像素阵列单元的端部的入射位置引起问题。因此,需要提供这样的配置,使得在越靠近像素阵列单元的端部的入射位置提高入射角转换功能,并且在越靠近像素阵列单元的端部的入射位置提高低折射率层 20 和高折射率层 21 的比率的变化水平。

[0317] 就是说,所希望的是采用这样的构造,其中在像素阵列单元的中心没有非对称性,而在靠近像素阵列单元的端部的入射位置提高非对称性。另一方面是希望采用这样的构造,其中非对称重心位置的位置在越靠近像素阵列单元的端部的入射位置在像素阵列单元的中心方向上从像素(光电转换单元、光接收部分)的中心偏移。

[0318] 这里,实例展示为其中光电转换元件(光接收部分)以二维方式排列的情况,但是这也可以应用到其中光电转换元件(光接收部分)以一维方式排列的情况。

[0319] 因此,与第二实施例相类似,在越靠近像素阵列单元的端部的入射位置纠正主光线的倾斜入射,由此根据交替设置层 2A 的每个凸透镜的聚光点可以移到像素的中心。这样的透镜形状提供在固态成像装置 100C 内(即与固态成像装置 100C 一体化),由此可以减少在像素阵列单元的端部引起的灵敏度(阴影)的变差,减少颜色混合,并且因此可以改善色彩再现性。另外,凸透镜作用和倾斜光纠正作用由单一交替设置层 2C 实现,由此构造可以在尺寸上减小。

[0320] <第三实施例:凸透镜功能+入射角转换功能的应用实例 1>

[0321] 图 13A 和 13B 是用于描述应用根据第三实施例的光学透镜的固态成像装置的第一实例(应用实例 1)的示意图。这里,图 13A 是根据第三实施例(应用实例 1)的固态成像装置的截面示意图,而图 13B 是图解其光学特性的模拟结果的示意图。

[0322] 如图 13A 所示,根据第三实施例(应用实例 1)的固态成像装置 100C 以图 5A 所示根据第一实施例的交替设置层 2A 的应用实例 4 的固态成像装置 100A 为基础提供,其中像素尺寸和透镜尺寸为 $1.4 \mu\text{m}$ 。

[0323] 关于光学透镜 110C 的第三实施例(应用实例),在一个周期内交替设置层 112C 内的低折射率层 120_j 和高折射率层 121_k(附图中都未示出)的宽度设定如下。

[0324] 高折射率层 121R₁+ 高折射率层 121L₁: $0.25 \mu\text{m}$

[0325] 高折射率层 121R₂: $0.10 \mu\text{m}$

[0326] 高折射率层 121L₂: $0.15 \mu\text{m}$

[0327] 高折射率层 121L₃: $0.10 \mu\text{m}$

[0328] 低折射率层 120R₁: $0.14 \mu\text{m}$

[0329] 低折射率层 120L₁: $0.155 \mu\text{m}$

[0330] 低折射率层 120L₂: $0.195 \mu\text{m}$

[0331] 而且,对于制造光学透镜 110C 的主要部分的交替设置层 112C 的由氮化硅 SiN 制造的每个高折射率层 121_k 的上下侧,提供折射率 n_4 为 1.7 的 SiON 制造的薄膜(厚度 = $0.08 \mu\text{m}$) 作为抗反射膜 124,该抗反射膜 124 与每个高反射率层 121_k 的宽度相同。这一点类似于第一实施例的应用实例 4。

[0332] 图 13B 是图解图 13A 所示第三实施例(应用实例 1)的光学特性的模拟结果的示意图,这是绿光($\lambda = 540\text{nm}$) 倾斜入射光进入固态成像装置 100C 的结果。由此也可以理

解的是,即使采用包括具有凸透镜功能的根据第一实施例的交替设置层 112A 的配置和具有倾斜入射角转换功能(光纠正功能)的根据第二实施例的交替设置层 112B 的配置的单一交替设置层 112C 的情况下,绿光倾斜入射光通常也可以聚集在根据交替设置层 112C 的凸透镜的中心上。这意味着根据入射角转换功能的倾斜纠正功能在有效工作。

[0333] 尽管在附图上进行了省略,但是相对于近红外光($\lambda = 780$)、红光($\lambda = 640\text{nm}$)和蓝光($\lambda = 460\text{nm}$),也有类似的倾斜纠正功能的作用,其中倾斜入射光通常聚集在根据交替设置层 2C 的凸透镜的中心上。

[0334] 包括凸透镜功能和入射角转换功能(倾斜纠正功能)的交替设置层 112C 包括在固态成像装置 100C 中,由此倾斜入射光可以转换成垂直入射光,可以减少阴影和颜色混合,并且可以获得高图像质量。

[0335] 当前,用于传感器的通常的透镜用回流制造,但是透镜的形状总是由表面张力而成为球形,并且因此不能制造非对称的透镜。因此,不能获得这样的效果。

[0336] <第三实施例:应用实例 2(CMOS 响应)>

[0337] 图 14A 至 14C 是用于描述应用根据第三实施例的光学透镜的固态成像装置的第二实例(应用实例 2)的示意图。这里,图 14A 和 14B 是根据第三实施例(应用实例 2)的固态成像装置的电路图。图 14C 是应用到根据第三实施例(应用实例 2)的固态成像装置中的像素阵列单元的交替设置层的平面示意图。应当注意的是,图 14C 中,关于根据每个像素的交替设置层的透镜形状,通过从整个像素阵列单元提取并放大单独图解代表性的位置。

[0338] 根据第三实施例(应用实例 2)的固态成像装置是应用到 CMOS 传感器的固态成像装置,并且在下文将称为 CMOS 固态成像装置 201。在此情况下,提供这样的构造,其中对于像素阵列单元内的每个像素(具体地讲,光电转换元件)提供单一单元放大器。像素信号在对应单元放大器放大,然后通过噪声消除电路等输出。

[0339] 如图 14A 所示,CMOS 固态成像装置 201 是所谓典型的列型(column type),其包括像素阵列单元 210,这里以矩阵方式排列包括光接收元件(电荷产生单元的实例)的多个像素 211,用于对应于入射光的量输出信号,其中来自每个像素 211 的信号输出是电压信号,并且在列中平行地提供相关双采样(Correlated Double Sampling, CDS)处理功能单元和数字转换单元(模拟数字转换器,ADC)等。

[0340] 具体地讲,如图所示,CMOS 固态成像装置 201 包括以矩阵方式排列多个像素 211 的像素阵列单元 210、提供在像素阵列单元 210 的外部上的驱动控制单元 207、列处理单元 226 和输出电路 228。

[0341] 驱动控制单元 207 具有用于接续地读出像素阵列单元 210 的信号的控制电路功能。例如,作为驱动控制单元 207,提供用于控制列地址和列扫描的水平扫描电路(列扫描电路)212、用于控制行地址和行扫描的垂直扫描电路(行扫描电路)214、具有例如对于外部装置接口(interface)功能和用于产生内部时钟功能的通信和时钟控制单元 220。

[0342] 水平扫描电路 212 具有读出扫描单元的功能,用于从列处理单元 226 读出计数值。驱动控制单元 207 的各个部件与像素阵列单元 210 一起,采用与半导体集成电路相同的制造技术,与半导体区域例如单晶硅一体形成,并且构造为用作半导体系统的实例的固态成像装置(成像装置)。

[0343] 在图 14A 中,为了简便从附图中省略了部分行和列,但是事实上,几十到几千个像

素 211 设置在每行和每列。该像素 211 由光电转换元件 212 和像素内放大器（单元放大器；像素信号产生单元）205 构造，光电转换元件 212 也称为光接收元件（电荷产生单元），而像素内放大器 205 具有用于放大的半导体装置（例如，晶体管）。至于像素内放大器 205，例如，采用具有浮置扩散放大器构造（floating diffusion amplifier configuration）的放大器。

[0344] 像素 211 分别经由用于选择行的行控制线 215 连接到垂直扫描电路 214 并经由垂直信号线 219 连接到列处理单元 226。这里行控制线 215 表示从垂直扫描电路 214 进入像素的总配线（overall wiring）。

[0345] 水平扫描电路 212 和垂直扫描电路 214 构造为包括例如移位寄存器或者解码器，并且响应于从通信和时钟控制单元 220 提供的控制信号开始地址选择操作（扫描）。因此，用于驱动像素 211 的不同脉冲信号（例如，重置脉冲 RST、转移脉冲 TRF 和 DRN 控制脉冲 DRN 等）包括在行控制线 215 中。

[0346] 尽管附图中没有示出，但是通信和时钟控制单元 220 包括为每个部件的运行提供必要时钟以及提供预订定时脉冲信号的定时发生器 TG（读出地址控制装置的实例）功能模块，以及通信接口功能模块，该通信接口功能模块用于经由端子 220a 接收主时钟 CLK0、用于经由端子 220b 指令运行模式等接收数据 DATA 并且还经由端子 220c 输出包括 CMOS 固态成像装置 201 信息的数据。

[0347] 像素以二维矩阵方式排列，从而所希望的是经由垂直信号线 219 在列方向上通过存取和捕获模拟像素信号输出进行垂直扫描读取，该模拟像素信号由像素内放大器（像素信号发生单元）205 以行为增量产生（以列并行），然后通过垂直于列排列方向的行方向上存取以读出像素信号（例如，数字化像素数据）到输出侧来进行水平扫描读取，由此实现加速像素信号和像素数据。不言而喻，通过直接选址希望的像素 211 不仅可以进行扫描读取而且可以进行随机读取，以仅读出必要像素 211 的信息。

[0348] 通信和时钟控制单元 220 提供与经由端子 220a 输入的主时钟 CLK0 具有相同频率的时钟 CLK1、通过将时钟 CLK1 分为两个获得的时钟或者通过进一步分割时钟 CLK1 获得的低速时钟到装置内的每个部件，例如水平扫描电路 212、垂直扫描电路 214 和列处理单元 226 等。

[0349] 垂直扫描电路 214 选择像素阵列单元 210 的行，并且给该行提供必要的脉冲。垂直扫描电路 214 包括例如垂直解码器和垂直驱动电路，垂直解码器用于在垂直方向上规定读出行（选择像素阵列单元 210 的行），而垂直驱动电路用于提供脉冲到对应于垂直解码器规定的读出地址（行方向）上的像素 211 的行控制线 215 以对其驱动。应当注意的是，垂直解码器选择电子快门等的行以及读取信号的行。

[0350] 水平扫描电路 212 接续地在与低速时钟 CLK2 同步地选择列处理单元 226 内未示出的列电路，并且引导其信号到水平信号线（水平输出线）218。例如，水平扫描电路 212 包括例如水平解码器和水平驱动电路，水平解码器用于在水平方向上规定读出列（选择列处理单元 226 内的每个列电路），而水平驱动电路用于按照由水平解码器规定的读出地址使用选择开关 227 引导列处理单元 226 的每个信号到水平信号线 218。应当注意的是，对于水平信号线 218 的数量，例如，由列 AD 电路处理的 n 个字节（ n 为正整数），具体地讲，例如，如果 $10 (= n)$ 个字节，则对应于其字节的数量设置十个水平信号线 218。

[0351] 关于具有这样构造的 CMOS 固态成像装置 201, 来自像素 211 的像素信号输出经由垂直信号线 219 以垂直列为增量提供到列处理单元 226 的列电路。

[0352] 列处理单元 226 的每个列电路接收像素信号的一个列值 (one columnworth), 并处理其信号。例如, 每个列电路具有 ADC (模拟数字转换器) 电路, 用于使用低速时钟 CLK2 将模拟信号转换成 10 字节数字数据。

[0353] 列处理单元 226 通过设计其电路构造可以具有噪声消除功能, 由此经由垂直信号线 219 输入的电压模式的像素信号可以经受处理, 以获得像素重置后的即刻信号水平 (噪声水平) 与真实 (对应于光接收量) 信号水平 V_{sig} 之间的差别。因此可以去除称为固定图案噪声 (FPN) 或者重置噪声的噪声信号成分。

[0354] 在列处理单元 226 处理的模拟像素信号 (或者数字像素数据) 经由来自水平扫描电路 212 的水平选择信号驱动的水平选择开关 217 传输到水平信号线 218, 并且进而输入到输出电路 228。应当注意的是, 上述 10 字节是实例, 可以采用其它数目的字节, 例如少于 10 字节 (例如, 8 字节), 或者超过 10 字节的数目 (例如, 14 字节) 等。

[0355] 根据这样的构造, 从用作电荷产生单元的像素 211 以矩阵方式设置的像素阵列单元 210, 对于每个行的每个垂直列依次输出像素信号。随后, 一个图像, 即对应于以矩阵方式设置光接收元件的像素阵列单元 210 的一帧图像用整个像素阵列单元 210 的像素信号组表示。

[0356] 图 14B 图解了采用 CMOS 固态成像装置 201 的成像装置 200 的构造实例。例如, 包括成像功能等的照相机 (或者照相机系统) 或者便携式装置采用成像装置 200。这也类似于稍后描述的成像装置 300。

[0357] 从输出电路 228 获得的像素信号作为 CMOS 输出 (V_{out}) 输入到图 14B 所示的图像信号处理单元 240。来自中央处理单元 (CPU)、只读存储器 (ROM) 和随机存取存储器 (RAM) 等构造的中央控制单元 242 的控制信号输入到 CMOS 固态成像装置 201 的驱动控制单元 (驱动单元的实例) 207 和提供在 CMOS 固态成像装置 201 的后续阶段的图像信号处理单元 240。驱动控制单元 207 基于来自中央控制单元 242 的控制信号决定驱动时间。CMOS 固态成像装置 201 的像素阵列单元 210 (具体地讲, 制造像素 211 的晶体管) 基于来自驱动控制单元 207 的驱动脉冲来驱动。

[0358] 中央控制单元 242 控制驱动控制单元 207, 并且还控制在图像信号处理单元 240 的信号处理和图像输出处理等。

[0359] 图像信号处理单元 240 进行下面的各项处理, 例如, AD 转换处理, 用于数字化每个像素的成像信号 R、G 和 B; 同步化处理, 用于同步化数字化的成像数据 R、G 和 B; 垂直带条噪声纠正处理, 用于纠正由拖尾现象 (smear phenomenon) 和模糊现象 (blooming phenomenon) 引起的垂直带条噪声成分 (vertical banding noise component); WB 控制处理, 用于控制白平衡 (WB) 调整; 伽玛 (gamma) 纠正处理, 用于调整等级水平; 动态范围扩展处理, 用于采用具有不同电荷存储时间的两个屏幕的像素信息扩展动态范围; YC 信号产生处理, 用于产生亮度数据 (Y) 和颜色数据 (3), 或类似处理。因此, 可以获得基于红 (R)、绿 (G) 和蓝 (B) (每一段 R、G 和 B 的像素数据) 的主颜色成像数据的图像。

[0360] 由此产生的每个图像传输到未示出的显示单元, 并且呈现给操作者作为可视图像, 或者被存储和保存在存储装置比如硬盘装置等中, 或者传输到另一个功能单元作为被

处理的数据。

[0361] 现在,关于根据第三实施例(应用实例2)的CMOS固态成像装置201,交替设置层2提供在像素阵列单元210之上,从而透镜中心对应于每个像素211。其平面状态设定为如图14C所示。

[0362] 就是说,首先,对于交替设置层2,基于采用圆形或者圆环形高折射率层21_k和低折射率层20_j,例如图1C和12C所示。随后,交替设置层2设置为使得其光轴面对像素阵列单元210的中心。此时,需要这样的配置,其中提高入射角转换功能在越靠近像素阵列单元210的端部的入射位置增强入射角转换功能,并且在越靠近像素单元210的端部的入射位置提高低折射率层20和高折射率层21比率的改变水平。就是说,所希望的是提供这样的构造,其中在像素阵列单元210的中心采用如图1C所示不具有非对称性的交替设置层2A,并且在其它部分采用如图12C所示的交替设置层2C,并且在越靠近像素阵列单元210的端部的入射位置增强其非对称性。简而言之,采用这样的构造,其中在像素阵列单元210的中心提供对称的圆或者圆环形,并且在越靠近像素阵列单元210的端部的入射位置提供越非对称的形状。

[0363] 此时,非对称重心位置在像素阵列单元210的中心方向上偏移,并且偏移量设定为随着入射位置靠近像素阵列单元210的端部而增加。因此,在靠近像素阵列单元210的端部的入射位置纠正了主光线的倾斜入射,由此每个透镜的聚光点可以移到对应像素211的中心。我们发现,在CMOS固态成像装置201内(在像素阵列单元210之上)提供这样的透镜形状,由此减少了像素阵列单元210的端部引起的灵敏度的变差(阴影),以及颜色混合减少,并且因此色彩再现性得以改善。

[0364] <第三实施例:应用实例3(CCD响应)>

[0365] 图15A至15D是用于描述应用根据第三实施例的光学透镜的固态成像装置的第三实例(应用实例3)的示意图。这里,图15A和15B是根据第三实施例(应用实例3)的固态成像装置的电路图。图15C是根据第三实施例(应用实例3)的固态成像装置的基板表面周围的截面结构结构。图15D是应用到根据第三实施例(应用实例3)的固态成像装置中的像素阵列单元的交替设置层的平面示意图。应当注意的是,在图15D中,关于根据每个像素的交替设置层的透镜形状,通过从整个像素阵列单元提取和放大单独图解了代表性的位置。

[0366] 根据第三实施例(应用实例3)的固态成像装置是应用到采用内线转移法(interline transfer method)的CCD固态成像装置(IT-CCD图像传感器)的固态成像装置,并且在下文将称为CCD固态成像装置301。

[0367] 如图14A所示,CCD固态成像装置301包括以矩阵方式(即二维矩阵方式)排列多个像素311的像素阵列单元310,像素311包括光接收元件(电荷产生单元的实例),用于对应于入射光量输出信号。像素阵列单元310具体地包括光电转换元件312,也称为光接收元件(电荷产生单元),用于对应于入射光量输出信号。

[0368] 而且,在垂直转移方向上提供多个垂直转移CCD322,用于垂直转移在光电转换元件312产生的信号电荷。垂直转移CCD322的电荷转移方向,即像素信号的读出方向是垂直方向(附图中的X方向)。

[0369] 关于图15A所示的CCD固态成像装置301的构造,仅图解了几个像素311,但是事

实上,这在横向上是重复的,并且其所得结构在垂直方向上还是重复的。

[0370] 此外,组成读出栅极 324 的 MOS 晶体管设置在垂直转移 CCD 322 和每个光电转换元件 312 之间,并且未示出的沟道停止 (channel stop) 提供在每个单元 (增量部件) 的边界部分。

[0371] 用作成像区域的像素矩阵单元 310 由多个垂直转移 CCD 322 构造,为像素 311 的每个垂直行提供垂直转移 CCD 322,用于垂直转移由读出栅极 324 从每个像素 311 读出的信号电荷。

[0372] 积聚在像素 311 的光电转换元件 312 中的信号电荷由对应于施加到读出栅极 324 的读出脉冲 ϕ_{ROG} 的驱动脉冲 ϕ_{ROG} 读出到相同垂直行的垂直转移 CCD 322。垂直转移 CCD 322 例如由基于垂直转移时钟 V_x 例如三阶段 (phrase) 至八阶段的驱动脉冲 ϕ_{V_x} 转移驱动 (transfer-driven),并且在水平空白周期 (blanking period) 的部分期间的在一时间依次在垂直方向上转移相当于读出信号电荷的一条扫描线 (一条线) 的部分 (称为线转移)。

[0373] 而且,关于 CCD 固态成像装置 301,以一条线提供的水平转移 CCD 326 (H 寄存器部分、水平转移部分),其相邻于多个垂直转移 CCD 322 的每个转移目标侧端部,即最后行的垂直转移 CCD 322,该水平转移 CCD 326 在预定 (例如水平) 方向上延伸。水平转移 CCD 326 例如基于两阶段水平转移时钟 H1 和 H2 由驱动脉冲 ϕ_{H1} 和 ϕ_{H2} 转移驱动,并且在水平消隐周期 (horizontal blanking period) 后的水平扫描期间在水平方向上依次转移从多个垂直转移 CCD 322 转移到一线值的信号电荷。因此,提供对应于两阶段驱动的多个水平转移电极。

[0374] 关于水平转移 CCD 326 的转移目标的端部,例如,提供输出放大器 328,该输出放大器 328 包括具有浮置扩散放大器 (FDA) 的电荷电压转换单元。输出放大器 328 在电荷电压转换单元依次将由水平转移 CCD 326 水平转移的信号转换为电压信号,将其放大到预定水平,并且将其输出。像素信号源自于作为根据来自物体的光入射量的 CCD 输出 (V_{out}) 的该电压信号。因此,构造了采用线间转移 (interline transfer) 方法的 CCD 固态成像装置 301。

[0375] 源自输出放大器 328 的像素信号作为 CCD 输出 (V_{out}) 输入到图 15B 所示的图像信号处理单元 340。来自中央控制单元 342 的图像开关控制信号用作信号开关控制单元的实例输入到图像信号处理单元 340。CCD 固态成像装置 301 基于来自驱动控制单元 (驱动单元的实例) 307 的驱动脉冲被驱动。

[0376] 图 15B 图解了当采用 CCD 固态成像装置 301 时成像装置 300 的构造实例。该构造基本上与图 14B 所示的构造相同,除了成像装置从 CMOS 固态成像装置 201 替换到 CCD 固态成像装置 301。

[0377] 现在,关于根据第三实施例 (应用实例 3) 的 CCD 固态成像装置 301,交替设置层 2 设置在像素阵列单元 310 上,从而透镜中心对应于每个像素 311 的中心。就是说,采用交替设置层 2 的透镜构造存在于成像装置内。

[0378] 例如,图 15C 图解了基板表面和附近的截面结构图。关于用于接收入射光的像素 311,由交替设置层组成的光学透镜提供为内部聚光透镜,对应于由 PN 结制造的光电转换元件 312,并且在其上提供滤色器和芯片上透镜。

[0379] 图 15D 图解了其平面状态。基本上应用了与图 14C 所示的 CMOS 固态成像装置 201

的情况相同的概念。首先,对于交替设置层 2,基本上采用矩形或者矩形环状的高折射率层 21_k 和低折射率层 20_j,例如图 1E 和 12E 所示。随后,交替设置层 2 设置为使得其光轴面对像素阵列单元 310 的中心。此时,所希望的是提供这样的构造,其中在像素阵列单元 310 的中心采用图 1E 所示没有非对称的交替设置层 2A,并且在其它部分采用图 12E 所示的交替设置层 2C,且在靠近像素阵列单元 310 的端部的入射位置提高其非对称性。简言之,采用这样的构造,其中在像素阵列单元 310 的中心提供对称的矩形或者矩形环形,并且在越靠近像素阵列单元 310 的端部的入射位置提供更加非对称的形状。

[0380] 此时,非对称重心位置在像素阵列单元 310 的中心方向上偏移,并且偏移量设定为在越靠近像素阵列单元 310 的端部的入射位置增加。因此,在越靠近像素阵列单元 310 的端部的入射位置纠正了主光线的倾斜入射,由此每个透镜的聚光点可以移到对应像素 311 的中心。我们已经发现,在 CCD 固态成像装置 301 内(在像素阵列单元 310 之上)提供这样的透镜形状,由此减少在像素阵列单元 310 的端部引起的灵敏度的变差(阴影),且颜色混合减少,并且因此色彩再现性得以改善,且可以获得高图像质量。

[0381] <第三实施例:凸透镜的修改+入射角转换>

[0382] 关于第三实施例的基本实例,为了将非对称构造应用到具有对称构造的交替设置层 2A,已经采用了第三非对称方法,其中一起采用第一和第二非对称方法,但是可以仅采用其中之一。这一点对于第一实施例是共同的,其中凸透镜提供方法不限定到一起采用第一和第二凸透镜提供方法的第三凸透镜提供方法,并且可以仅由第一和第二凸透镜提供方法之一构造。

[0383] 例如,尽管附图中没有示出,但是修改 1 可以通过仅应用采取这样构造的第一非对称方法提供,在该构造中大折射率层(高折射率层 21_k)的宽度朝着非对称重心增加。在此情况下,对于小折射率层,所有的宽度需要设定到相等的宽度。也是在此情况下,即使从重心的两侧看,提供这样的构造,其中具有大折射率的高折射率层 21_k 的宽度朝着非对称重心逐渐增加。

[0384] 而且,尽管附图中没有示出,但是修改 2 可以仅通过采取这样构造的第二非对称方法提供,在该构造中小折射率层(低折射率层 20_j)的宽度朝着非对称重心减少。在此情况下,对于大折射率层(高折射率层 21_k),所有的宽度需要设定为相等的宽度。还是在此情况下,提供这样的构造,其中具有小折射率的低折射率层 20_j 的宽度朝着非对称重心逐渐减少。

[0385] <第四实施例:凹透镜的基本原理>

[0386] 图 16 是用于描述光学透镜的第四实施例的基本原理的示意图。这里,图 16 是图解等相位波面的示意图,用于描述第四实施例的基本原理。

[0387] 关于上述的第一至第三实施例,具有聚光作用的凸透镜功能包括在交替设置层 2A 至 2C 中,但是该第四实施例的特征在于,具有散射作用的凹透镜功能包括在交替设置层 2D 中。

[0388] 关于第四实施例,为了在交替设置层 2D 中包括具有散射作用的凹透镜功能,采用这样的对称构造,其中宽度等于或者小于波长量级的大折射率层设置为板状,在中心非密集而远离中心密集设置。就是说,大折射率层的宽度和小折射率层的宽度之间的关系与第一实施例相反,由此凹透镜功能可以包括在交替设置层 2D 中。

[0389] 为了通过提供密度在中心低而远离中心增加的构造而包括凹透镜功能,例如,所希望的是采用第一凹透镜提供方法、第二凹透镜提供方法和第三凹透镜提供方法之一,在第一凹透镜提供方法中大折射率层的宽度朝着透镜的中心逐渐减小,在第二凹透镜提供方法中小折射率层的宽度朝着透镜的中心逐渐增加,而在第三凹透镜提供方法中一起采用第一凹透镜提供方法和第二凹透镜提供方法。

[0390] 从散射效率的观点看,最为有效的是采用第三凹透镜提供方法。在此情况下,波面是凹面,由此可以包括光的散射性。

[0391] 而且,在这样的情况下,其中关于埋设低折射率层的工艺,存在着由于不足的光刻分辨率埋设宽度不能变窄,或者在埋设宽度变窄时由于空位的产生埋设变差的困难,制造可以这样进行,设定低折射率层的宽度为可以采用类似第四实施例(修改1)的光刻来埋设的相等的宽度。特别是,当该可以埋设的宽度恰好在波长量级时,这变为有效的手段,这里如果宽度进一步扩展,则损失等相位波面(波面)的连续性。

[0392] 而且,在这样的情况下,其中关于采用光刻蚀刻高折射率层的工艺,难于进行窄宽度光刻或者蚀刻工艺,从而由于不足的光刻分辨率宽度不能变窄,或者由于在蚀刻工艺时侧蚀刻的发生而使宽度控制能力变差,制造可以这样进行,设定高折射率层的宽度到可以使用类似第四实施例(修改2)的光刻来蚀刻的相等的宽度。特别是,当可以采用光刻的蚀刻的宽度恰好为波长量级时,这变为有效的手段,这里如果宽度进一步扩展,则损失等相位波面(波面)的连续性。

[0393] 对于该凹透镜的优点,例如,将在包括多条配线的配线层上蚀刻高折射率层 21_K 形成的凹入部分用低折射率层 20_j 埋设,由此对于每个光电转换单元(光接收部分)可以形成内部散射透镜(凹透镜),并且因此可以在合适的位置而不依赖于配线的不规则来设置内部散射透镜。因此,入射光可以以最合适的方式在光电转换单元聚集。

[0394] 当内部散射透镜的中心形成为从光电转换单元的中心朝着像素阵列单元(成像区域)的中心侧偏移时,改善了由倾斜入射光引起的阴影,并且可以进行出瞳孔纠正(pupil correction)。多个透镜的至少一个是形成在内部散射透镜之上的芯片上透镜,由此结合用作聚光透镜的芯片上透镜和内部散射透镜入射光可以聚集在光接收部分。

[0395] 还是关于第四实施例,与第二实施例类似,具有入射角转换功能(倾斜光纠正功能)的交替设置层 2B 可以与具有凹透镜功能的交替设置层 2D 结合。而且,与第三实施例相类似,包括凹透镜功能和倾斜入射光纠正功能的交替设置层 2D 可以通过应用根据第二实施例具有非对称构造的交替设置层 2B 的配置来提供,在交替设置层 2D 中,以透镜中心作为边界线,在一侧,按比率存在具有大折射率的很多高折射率层,而在相对侧,按比率存在很少高折射率层。

[0396] 由上面的描述可以理解的是,当通过在横向上排列宽度等于或者小于波长量级的低折射率层 20_j 和高折射率层 21_k 来提供作为光学构件的功能时,调整在透镜中心和端部的高折射率层 21_k 的密度的每一个的布置关系,由此可以提供凸透镜功能(聚光性),并且可以提供凹透镜功能(扩展性)。本实施例通过提供聚光性和扩展性可以应用到光学装置,例如固态成像装置 100 和显示器等。

[0397] < 制造工艺 >

[0398] 图 17A 是用于描述根据本实施例在这样的情况下的制造工艺的概念性示意图,在

该情况中根据第一至第四实施例的交替设置层 2(2A 至 2D) 与固态成像装置一体形成。图 17B 和 17C 是用于描述相对根据本实施例的制造工艺的比较实例的概念性示意图。其中,图 17B 图解了内部透镜制造工艺,而图 17C 图解了芯片上透镜的制造工艺。

[0399] 在根据第一至第四实施例的交替设置层 2(2A 至 2D) 与固态成像装置一体形成的情况下,首先,用作光学透镜 110 的介质的制造单一材料层 3 的氧化硅 SiO_2 (折射率 $n_1 = 1.46$) 以预定的厚度形成在已经形成像素单元的硅基板(附图中未示出)的上层上。制造薄膜层 130 的氮化硅 SiN 薄膜根据需要形成在硅基板(附图中未示出)的上层上,并且在其中上层上,以预定厚度形成用作光学透镜 110 的介质的制造单一材料层 3 的氧化硅 SiO_2 。现在,预定厚度意味着从硅基板的表面到制造交替设置层 2 的稍后描述的氮化硅 SiN 的距离。

[0400] 随后,如图 17A 中的 (1) 所示,制造交替设置层 2 的氮化硅 SiN 以预定厚度层叠在由氧化硅 SiO_2 制造的单一材料层 3 的上层上。现在,预定厚度意味着交替设置层 2 的厚度,即透镜厚度。

[0401] 随后,关于图 17A 中的 (2) 所示的抗蚀剂涂敷工艺,抗蚀剂膜形成在由氮化硅 SiN 制造的交替设置层 2 的上层上。此外,类似图 17A 中 (3) 所示的曝光和显影工艺,利用抗蚀剂图案曝光抗蚀剂膜,从而具有逐渐变化的预定宽度的低折射率层 20_j 和高折射率层 21_k 的每一个以预定的顺序排列,并且对应于用作低折射率层 20_j 的部分的部分从抗蚀剂膜去除(蚀刻)。不言而喻,每个低折射率层 20_j 和高折射率层 21_k 的排列位置设定到对应于像素(具体地讲,光接收部分)的位置的位置。

[0402] 在制造交替设置层 2 的氮化硅和未示出的硅基板之间提供具有对应于透镜长度的厚度的由氧化硅 SiO_2 制造的单一材料层 3,从而不引起通过蚀刻到硅基板表面附近而由于损坏造成的问题。

[0403] 随后,关于图 17A 中的 (4) 所示的开口(RIE 加工)工艺,采用反应离子蚀刻(RIE)通过对应于用作低折射率层 20_j 的部分的抗蚀剂膜的开口部分进行蚀刻,由此在交替设置层 2 的氮化硅 SiN 上提供开口部分,其到达最下层的 SiO_2 膜。

[0404] 随后,关于图 17A 中的 (5) 所示的抗蚀剂去除工艺,去除制造交替设置层 2 的氮化硅 SiN 上的抗蚀剂膜。因此,在由氧化硅 SiO_2 制造的单一材料层 3 的上层上形成交替设置层 2,在交替设置层 2 中开口部分形成在用作低折射率层 20_j 的部分。

[0405] 此外,在应用内透镜的情况下,为了平坦化等,对于图 17A 中 (6) 所示的埋设工艺,例如再次使用化学气相沉积(CVD)等,在由氧化硅 SiO_2 制造的单一材料层 3 的上层上的交替设置层 2 的在用作低折射率层 20_j 部分形成开口部分处,以预定的厚度形成用作低折射率层 20_j 和用作交替设置层 2 的保护的氧化硅 SiO_2 膜。因此,由氮化硅 SiN 制造的交替设置层 2 的形成开口部分的用作低折射率层 20_j 的部分埋入氧化硅 SiO_2 ,并且用作介质的氧化硅 SiO_2 的单一材料 1 以预定的厚度形成在光入射侧。

[0406] 尽管附图中没有示出,但是还可以在其上形成滤色器或微型透镜以对应于像素。

[0407] 另一方面,在应用到芯片上透镜设置在滤色器上的情况下,图 17A 中 (6) 所示的埋入工艺是不必要的。

[0408] 应当注意的是,关于在此所示的制造工艺,对于埋入工艺,不仅用作低折射率层 20_j 的部分由氧化硅 SiO_2 埋入,而且氧化硅 SiO_2 膜形成在交替设置低折射率层 20_j 和高折射率层 21_k 的交替设置层 2 的上层上,由此形成单一材料层 1,但是形成单一材料层 1 并

不是必不可少的。而且,在极端的情况下,可以省略整个埋入工艺。在此情况下,提供在氮化硅 SiN 中的开口部分没有由氧化硅 SiO₂ 埋入,从而低折射率层 20_j 是空气。

[0409] 在任何情况下,采用交替设置层 2 的配置的芯片上透镜形成在成像装置的最上层上。在此情况下,事实上,其表面与空气接触。

[0410] 因此,根据本实施例的制造工艺不包括回流工艺,并且可以仅由光刻和蚀刻的简单易行的工艺技术进行制造,由此可以提供没有复杂的工艺例如回蚀刻 (etchback) 等的易行的工艺,并且不仅实现了减少工艺数量和降低成本,而且可以获得再现性、均匀性和批量生产的优点。

[0411] 此外,具有逐渐变化的预定宽度的每个低折射率层 20_j 和高折射率层 21_k 通过光致抗蚀剂掩模的设计可以以预定的顺序排列。通过调整每个矩形低折射率层 20_j 和每个矩形高折射率层 21_k 排列的宽度和数量可以适当地改变根据交替设置层 2 的透镜作用。非对称的构造可以在平面内方向上易于制造,并且因此与制造现有球形透镜的情况相比,可以光学地扩展设计宽度。

[0412] 另一方面,关于图 17B 所示的比较实例的制造工艺,在形成内透镜的情况下,首先,如图 17B 中的 (1) 所示,用作透镜介质的氮化硅 SiN 以预定的厚度形成在氧化硅 SiO₂ 上。预定的厚度是比最终的内透镜的厚度稍微厚的水平。

[0413] 接下来,关于图 17B 中 (2) 所示的抗蚀剂涂敷工艺,抗蚀剂膜形成在透镜介质层的上层上。此外,关于图 17B 中的 (3) 所示的曝光和显影,采用抗蚀剂图案例如以预定顺序排列的透镜来曝光该抗蚀剂膜,并且去除对应于相当于抗蚀剂膜和相邻透镜之间的部分 (蚀刻)。

[0414] 随后,关于图 17B 中 (4) 所示的回流工艺,溶解抗蚀剂以形成透镜形状。例如,通过设定后烘焙到 150°C 溶解 (回流) 抗蚀剂,由此形成透镜形状。因此,对于抗蚀剂,必须是弱抗热材料。

[0415] 随后,关于图 17B 中的 (5) 所示的回蚀刻 (RIE 加工) 工艺,采用反应离子蚀刻 (RIE) 方法进行蚀刻,由此去除抗蚀剂。因此,如图 17B 中的 (6) 所示,凸透镜形成在透镜介质层上。此时,存在引起过量进入 (形成存积膜 (depository film)) 以使透镜之间的间隙变窄的问题的可能性。

[0416] 随后,为了平坦表面,用图 17B 中的 (7) 所示的埋入工艺,氧化硅 SiO₂ 膜以预定的厚度形成。尽管附图中没有示出,但是还可以在其上形成滤色器和微型透镜以对应于像素。

[0417] 另一方面,在形成设置在滤色器上的芯片上透镜的情况下,首先,如图 17C 中 (1) 所示,用作透镜介质的聚合物材料例如 OPV 等以预定的厚度形成在滤色器的上层上,该滤色器进一步形成在硅基板 102 之上的上层上。预定厚度是比最终内透镜的厚度稍微厚的水平。

[0418] 其后,以与形成上述内透镜的情况相同的方式,进行直到图 17C 中 (5) 所示的回蚀刻 (RIE 加工) 工艺的工艺,由此形成凸透镜,如图 17C 中的 (6) 所示。

[0419] 在应用到芯片上透镜的情况下,根据内透镜形成的如图 17B 中 (6) 所示的埋入工艺不是必需的。然而,应当注意的是,为了表面保护等,还可以根据情况埋入具有低折射率的聚合物材料。

[0420] 因此,关于根据比较实例的制造工艺,凸透镜由回流和回蚀刻形成,而与是否形成

内透镜或者芯片上透镜无关。关于用作透镜形状起源的抗蚀剂的回流,为了采用表面张力制造球形形状,在表面内不能提供非对称构造。而且,工艺数量增加,并且成本增加。

[0421] 本领域的技术人员应当理解的是,在所附权利要求限定的范围或其等同特征的范围内,根据设计需要和其它因素,可以进行各种修改、结合、部分结合和替换。

[0422] 本发明包含 2007 年 6 月 4 日提交日本专利局的日本专利申请 JP2007-148165 的相关主题,将其全部内容引用结合于此。

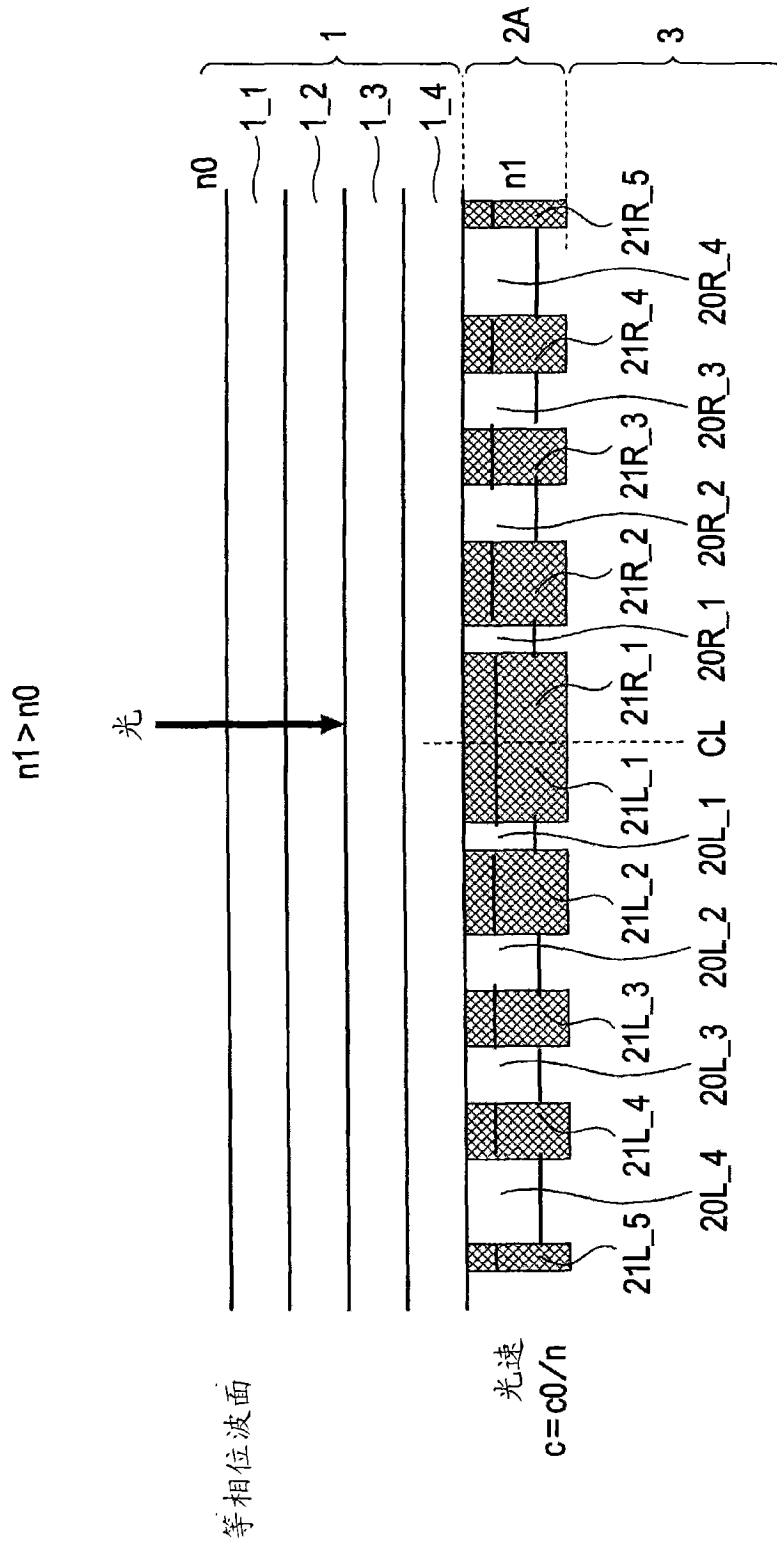


图 1A

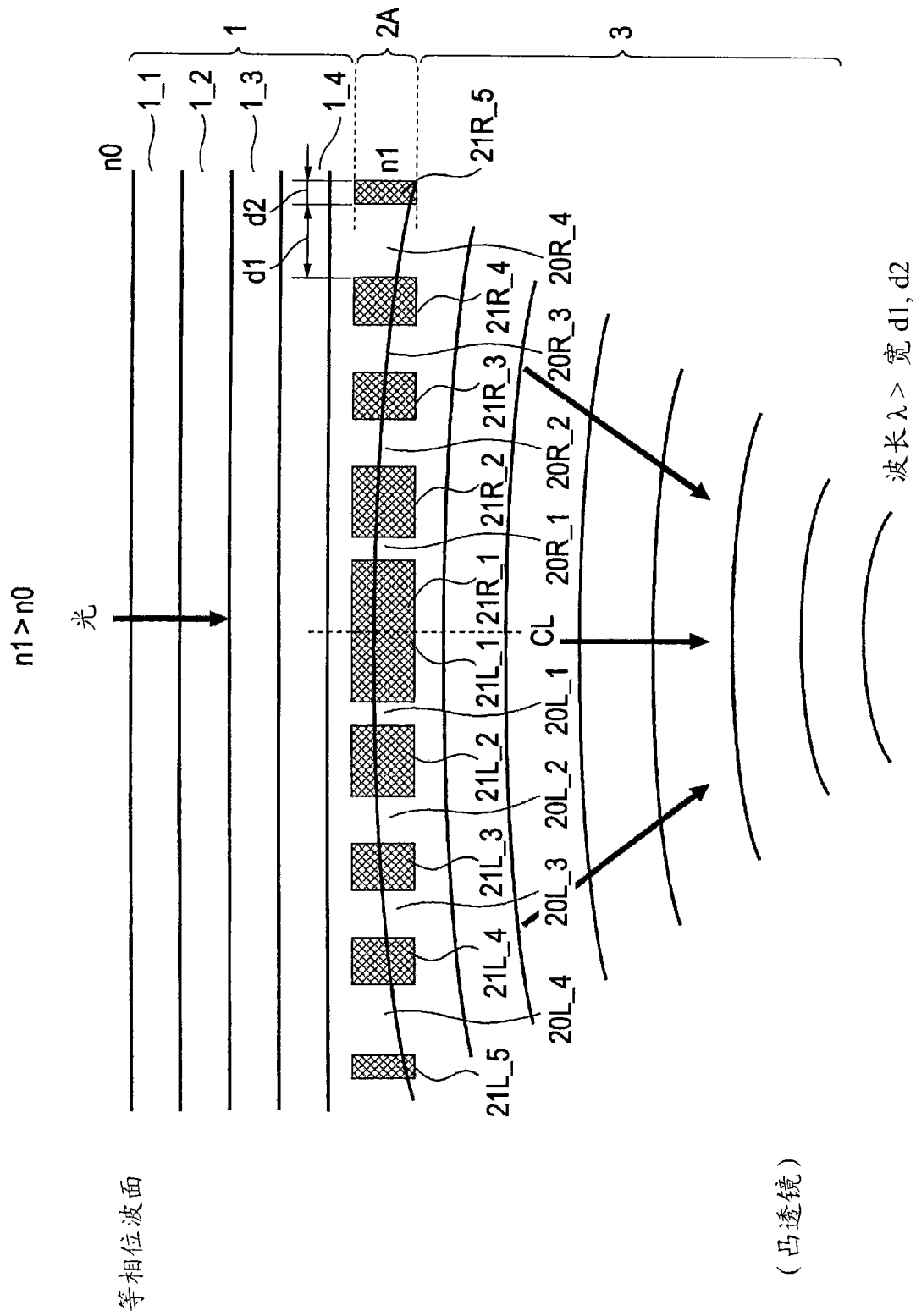


图 1B

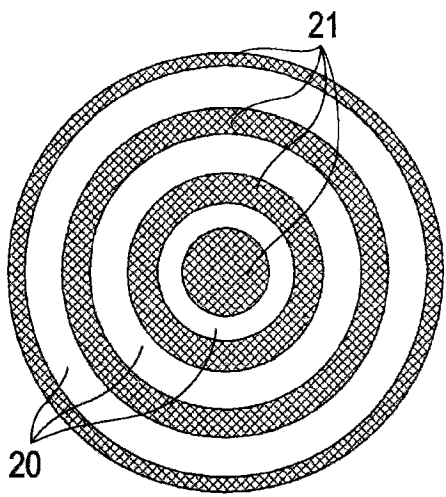


图 1C

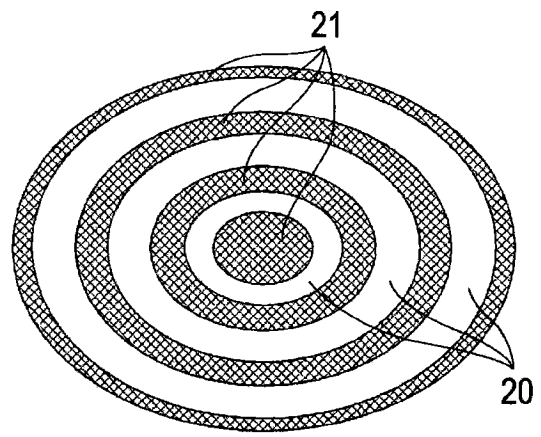


图 1D

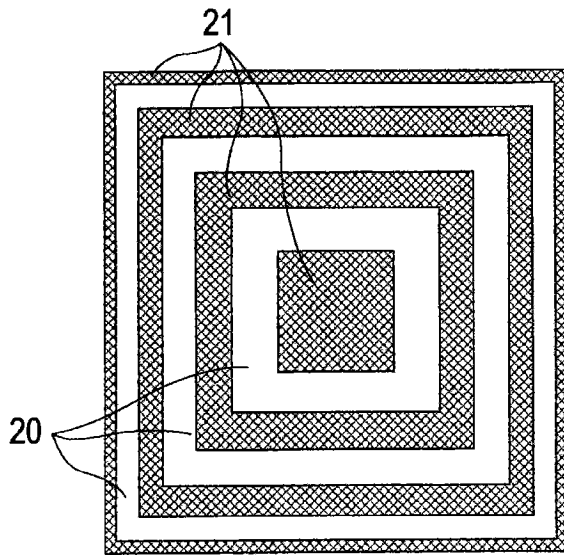


图 1E

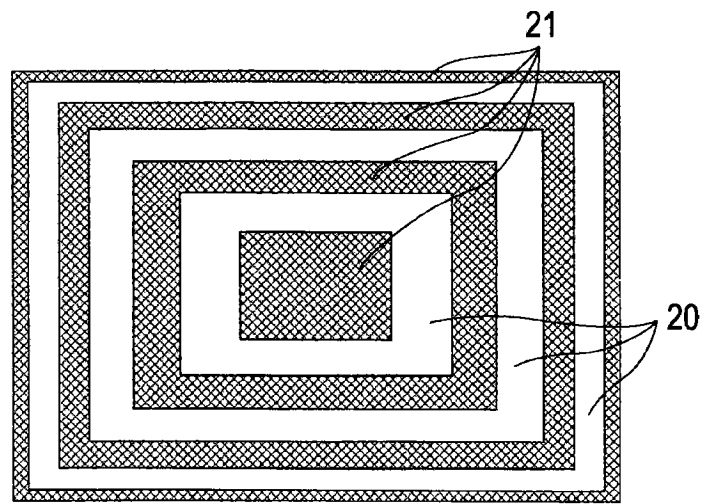


图 1F

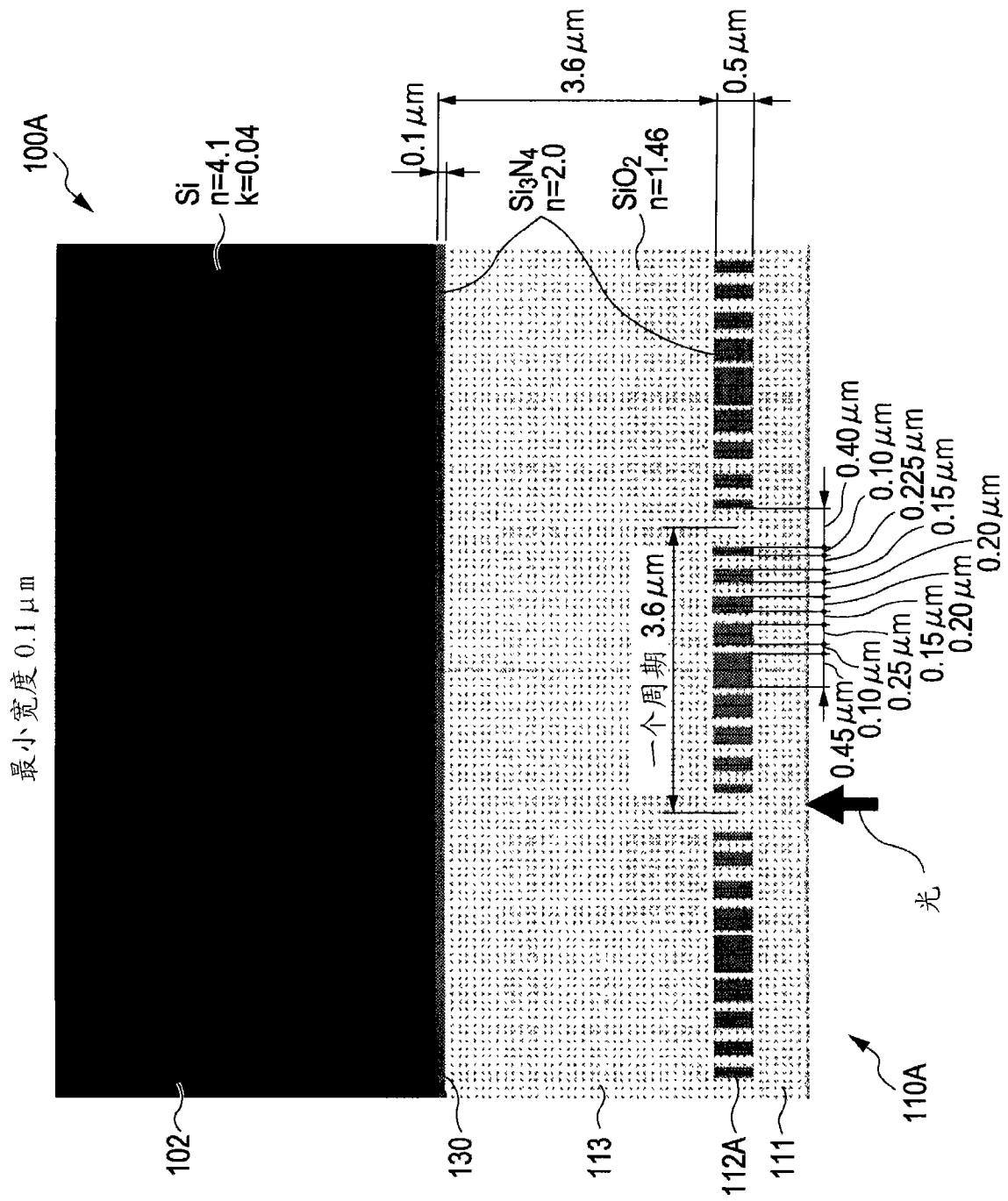


图 2A

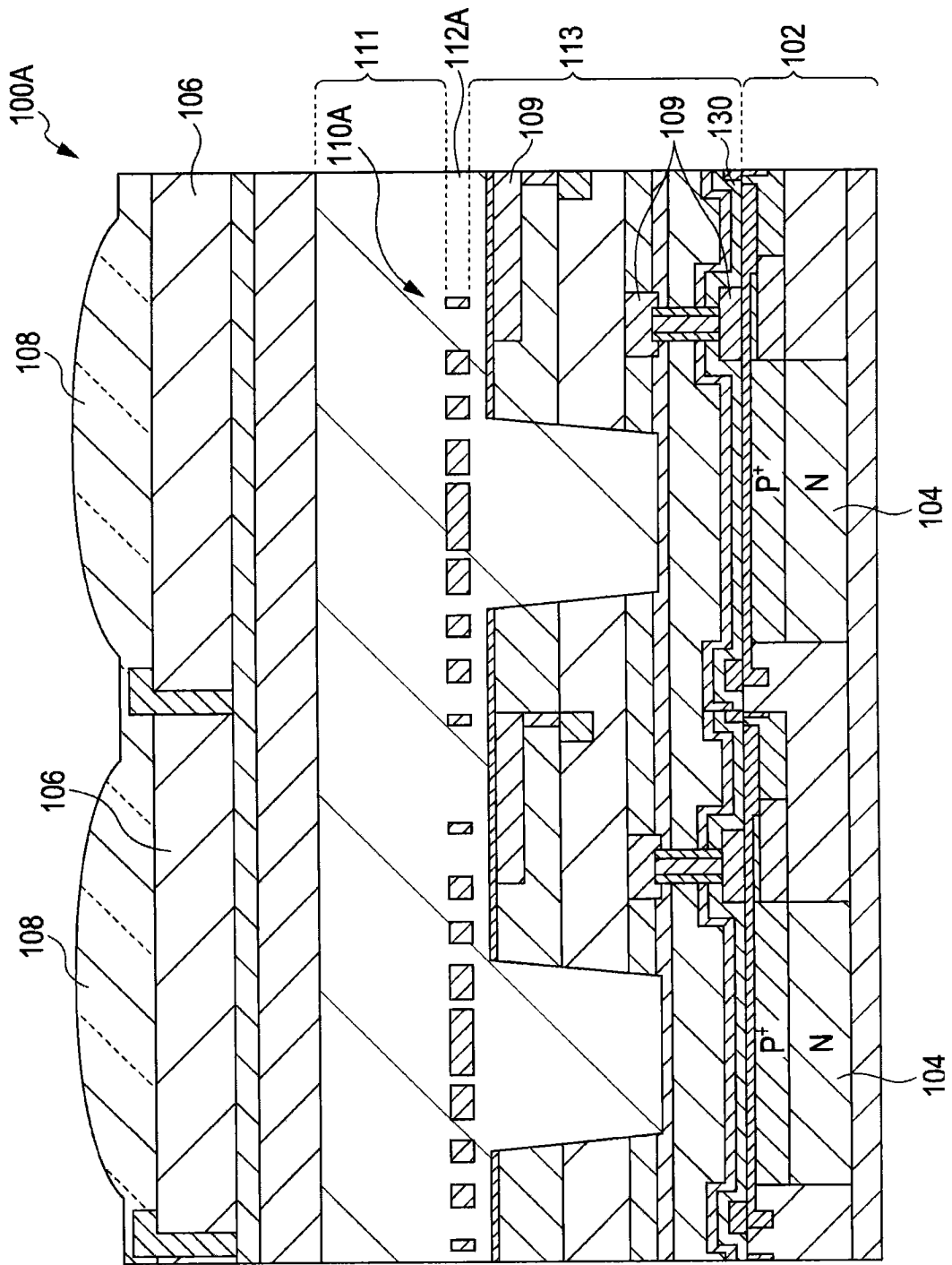


图 2B

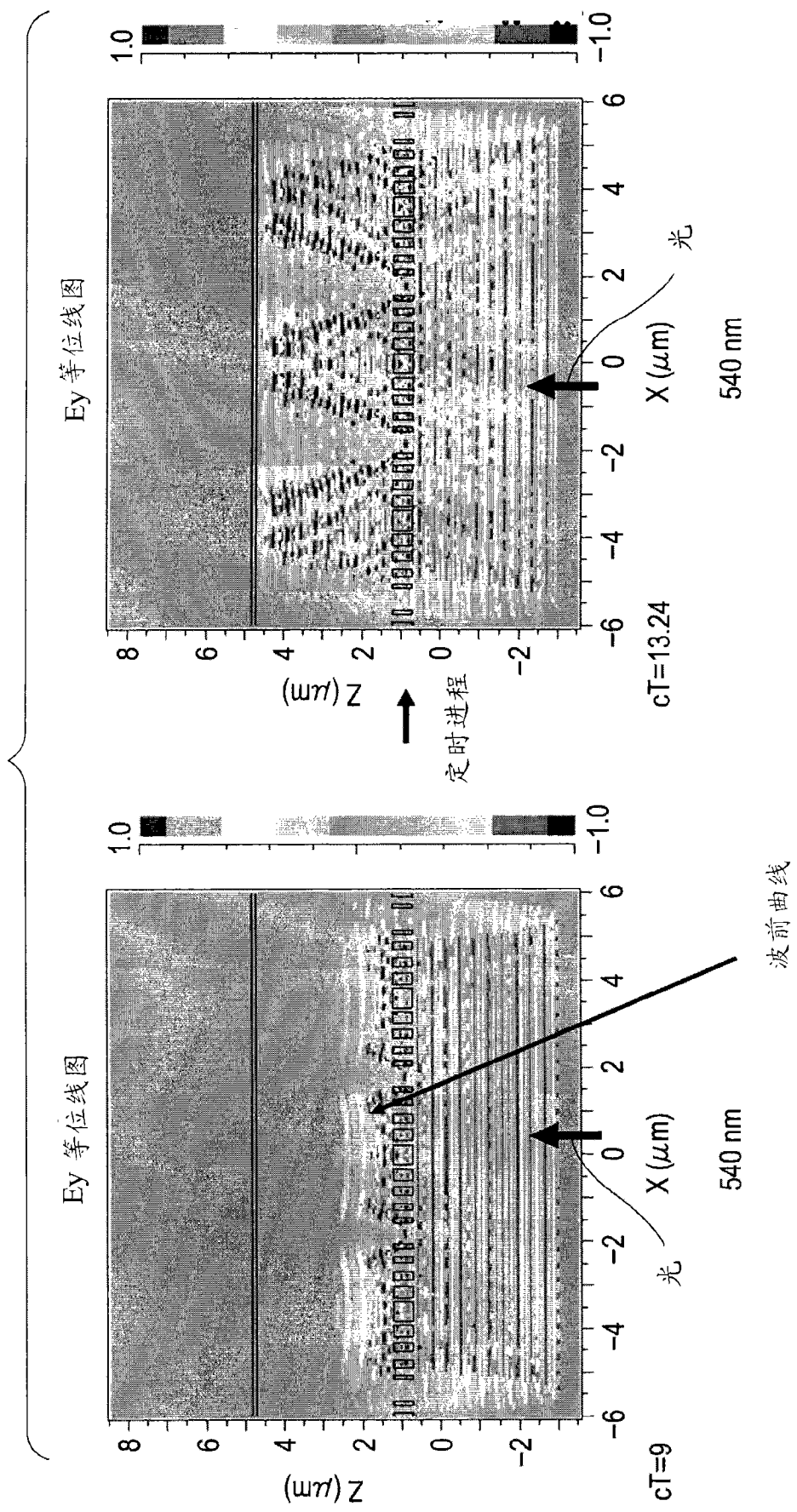


图 2C

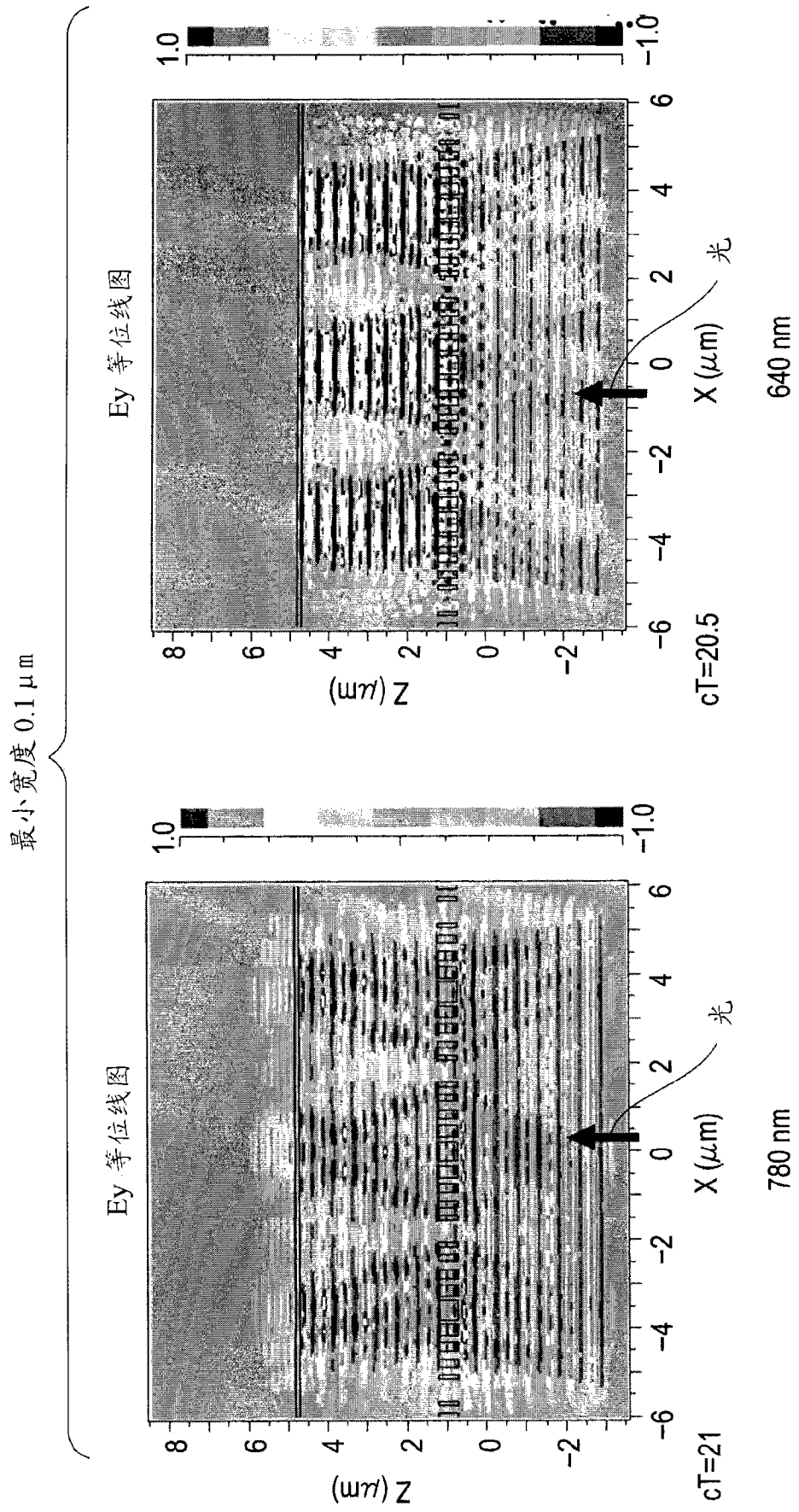


图 2D

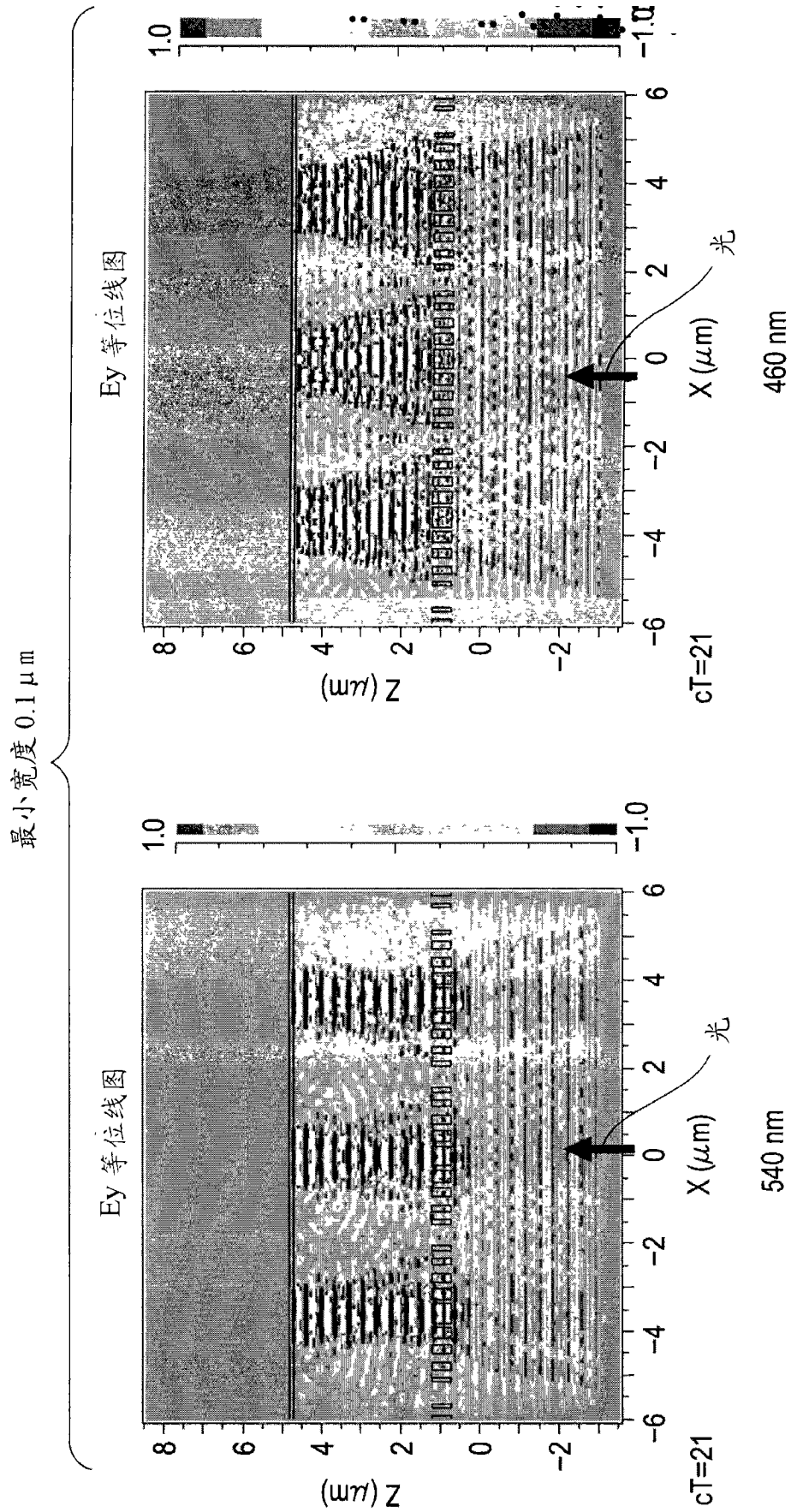


图 2E

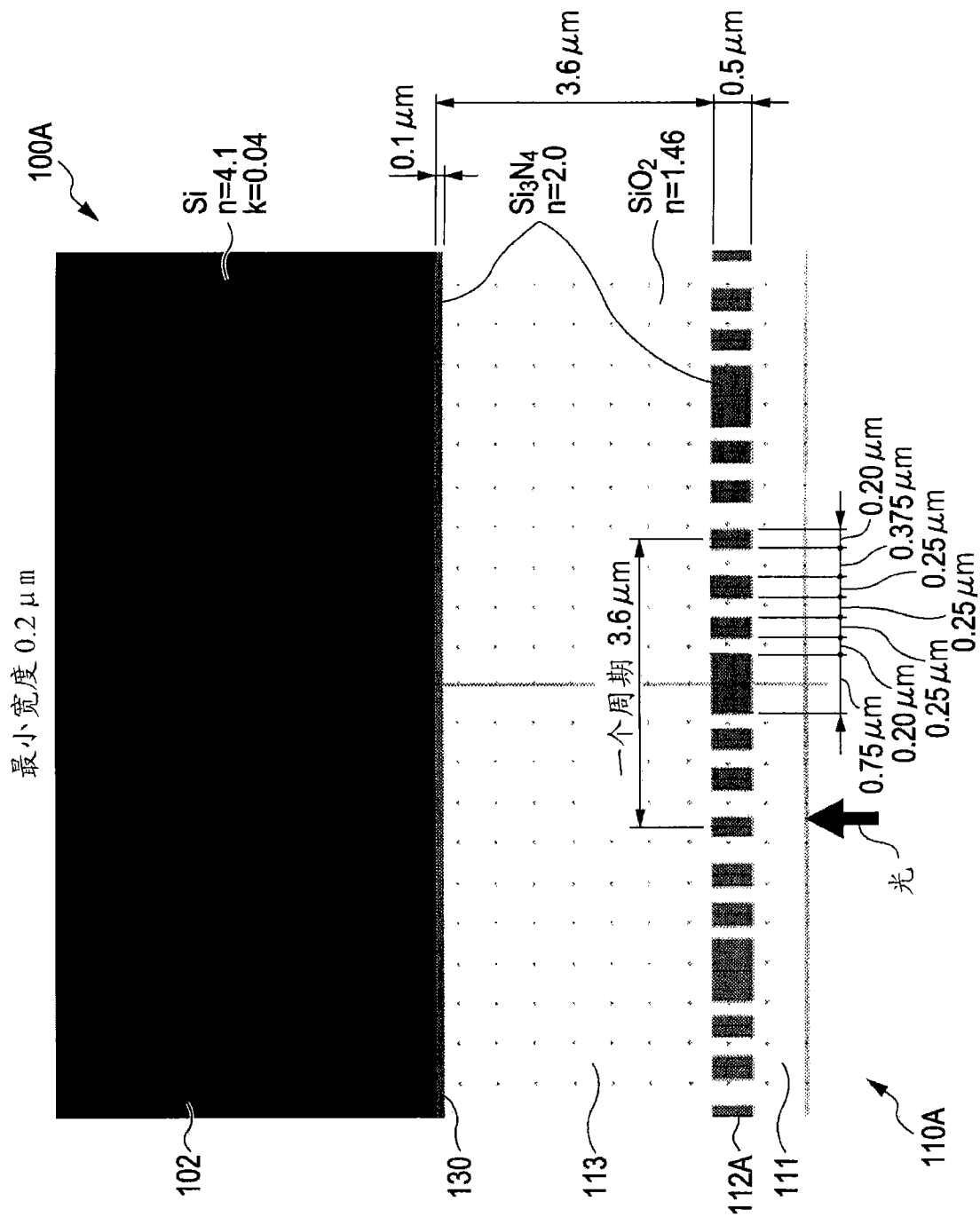


图 3A

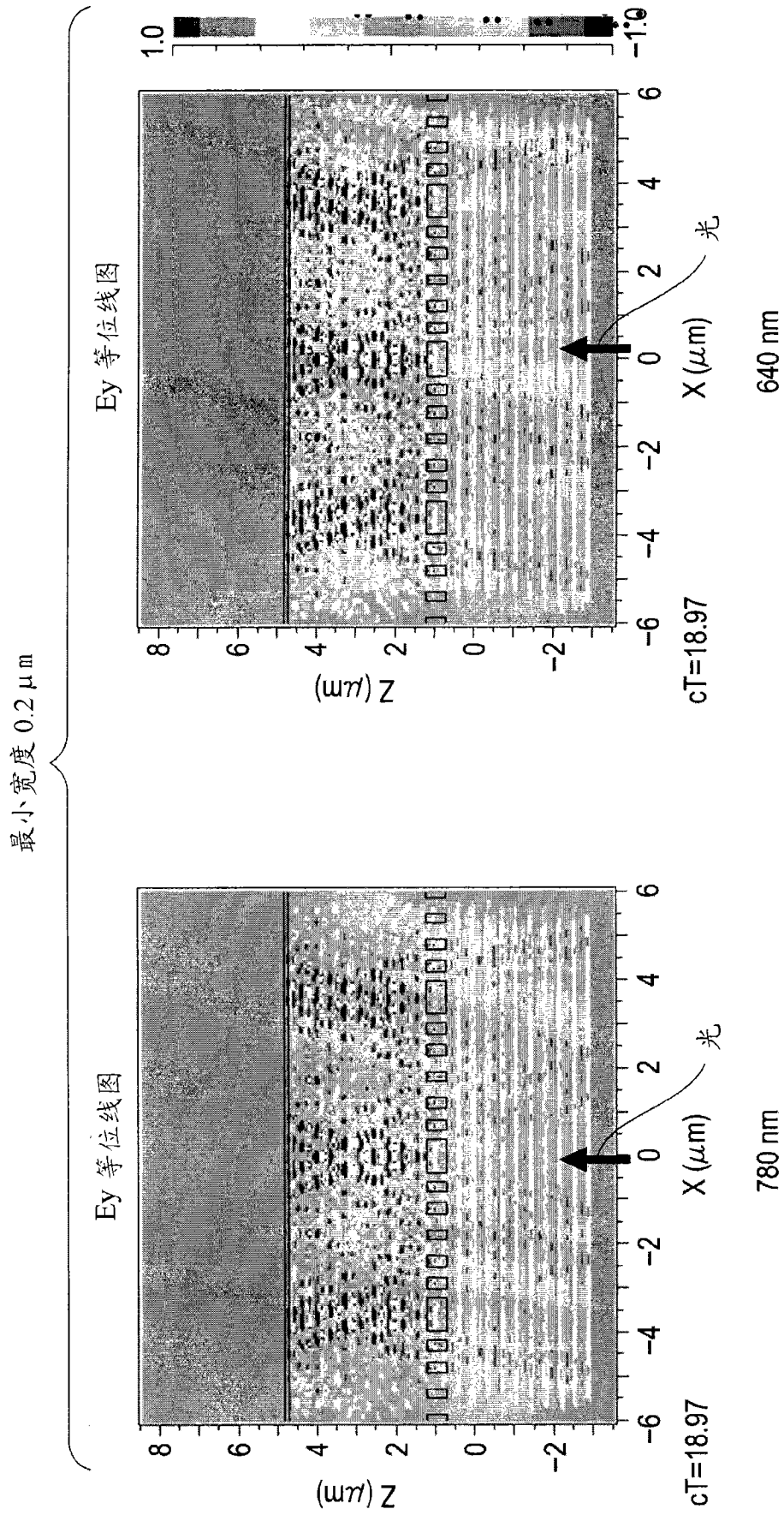


图 3B

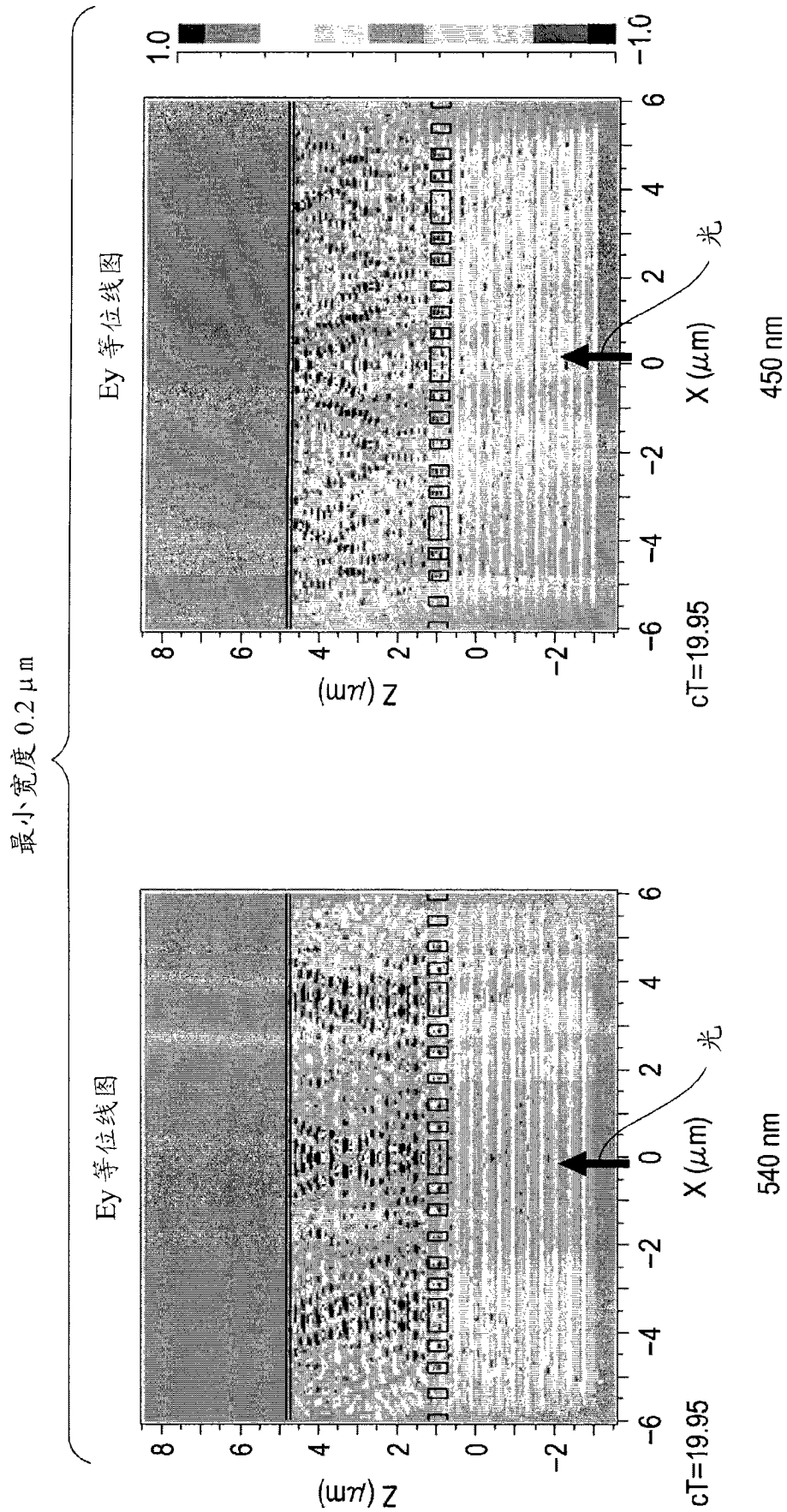


图 3C

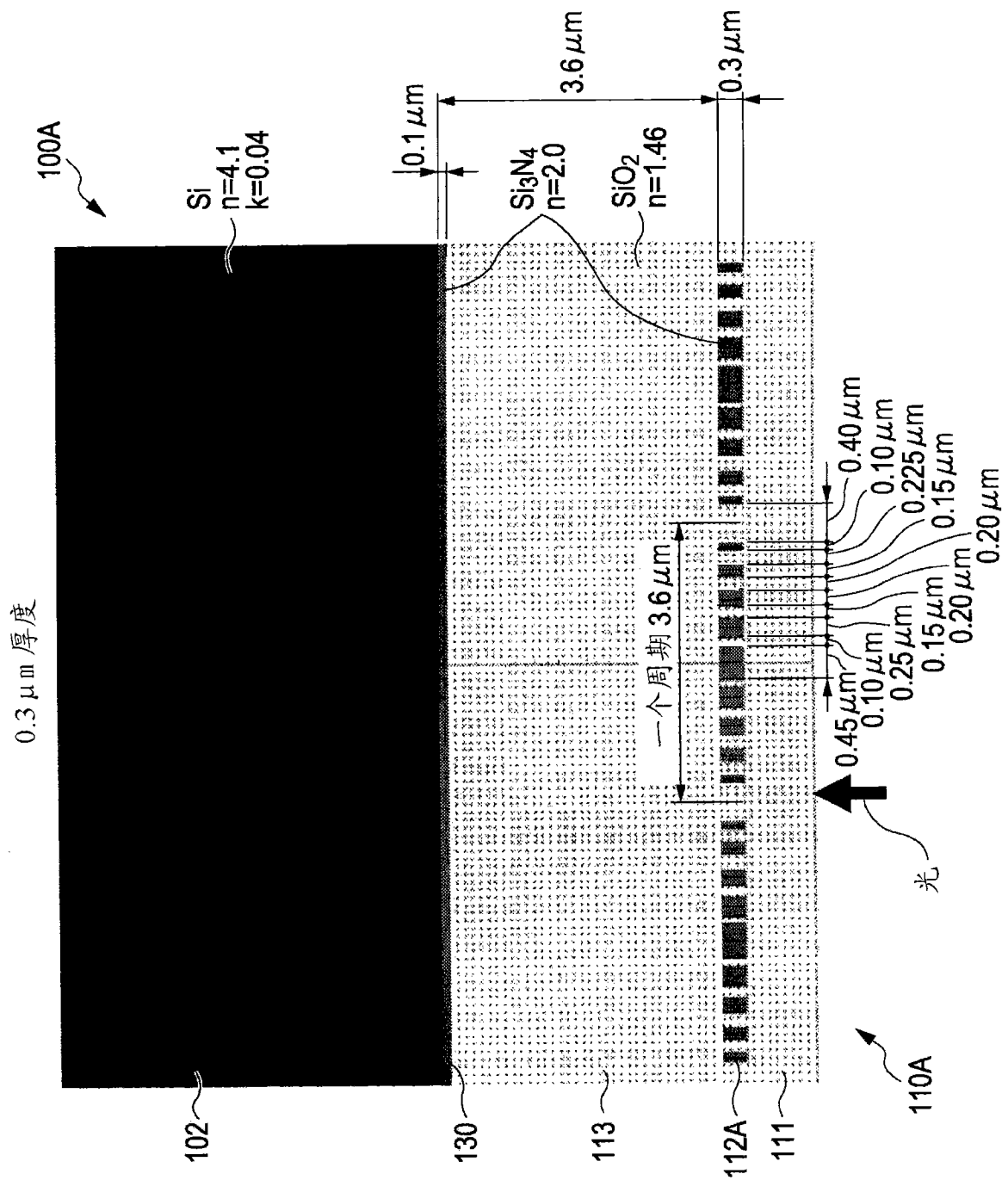


图 4A

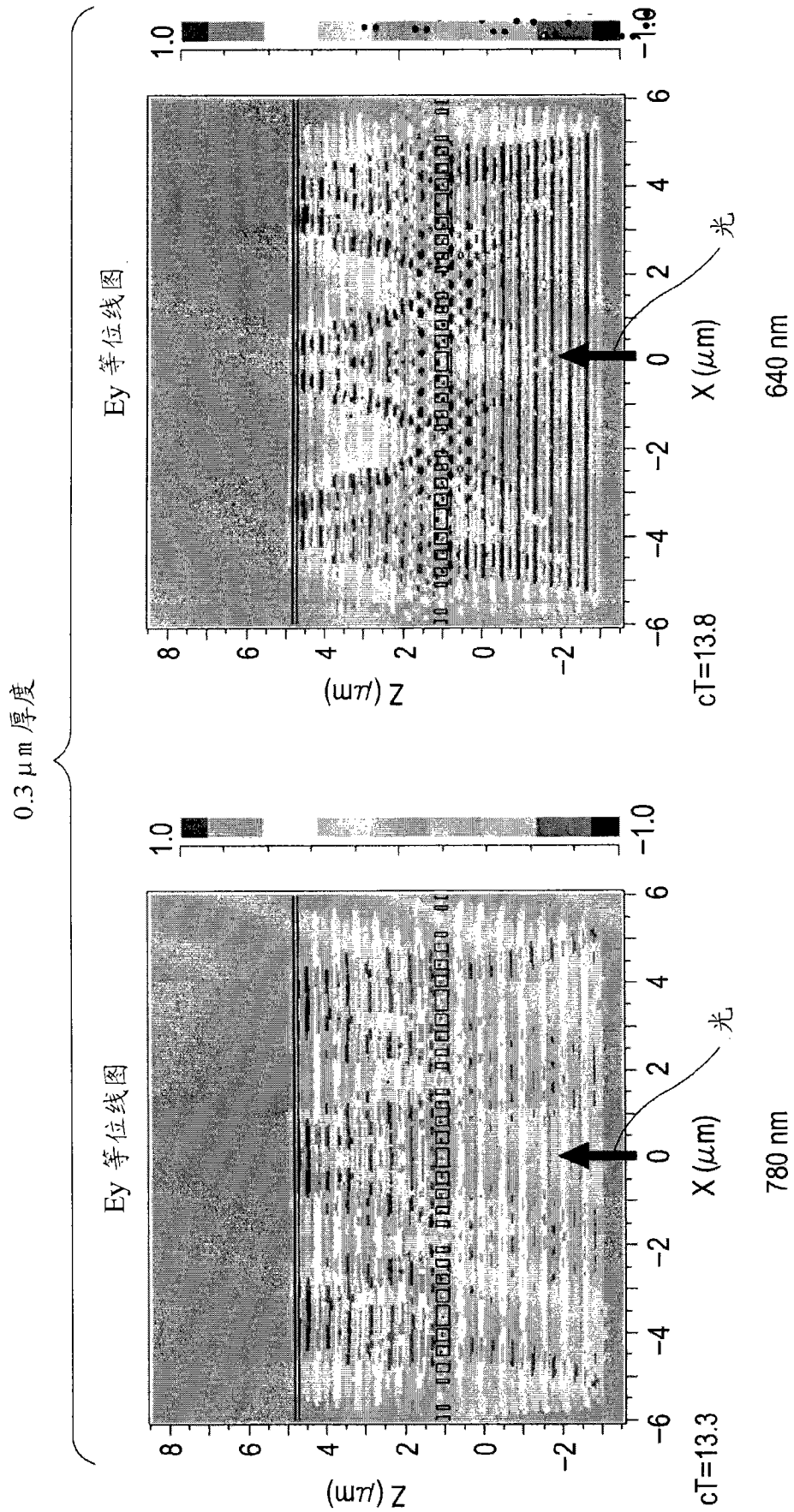


图 4B

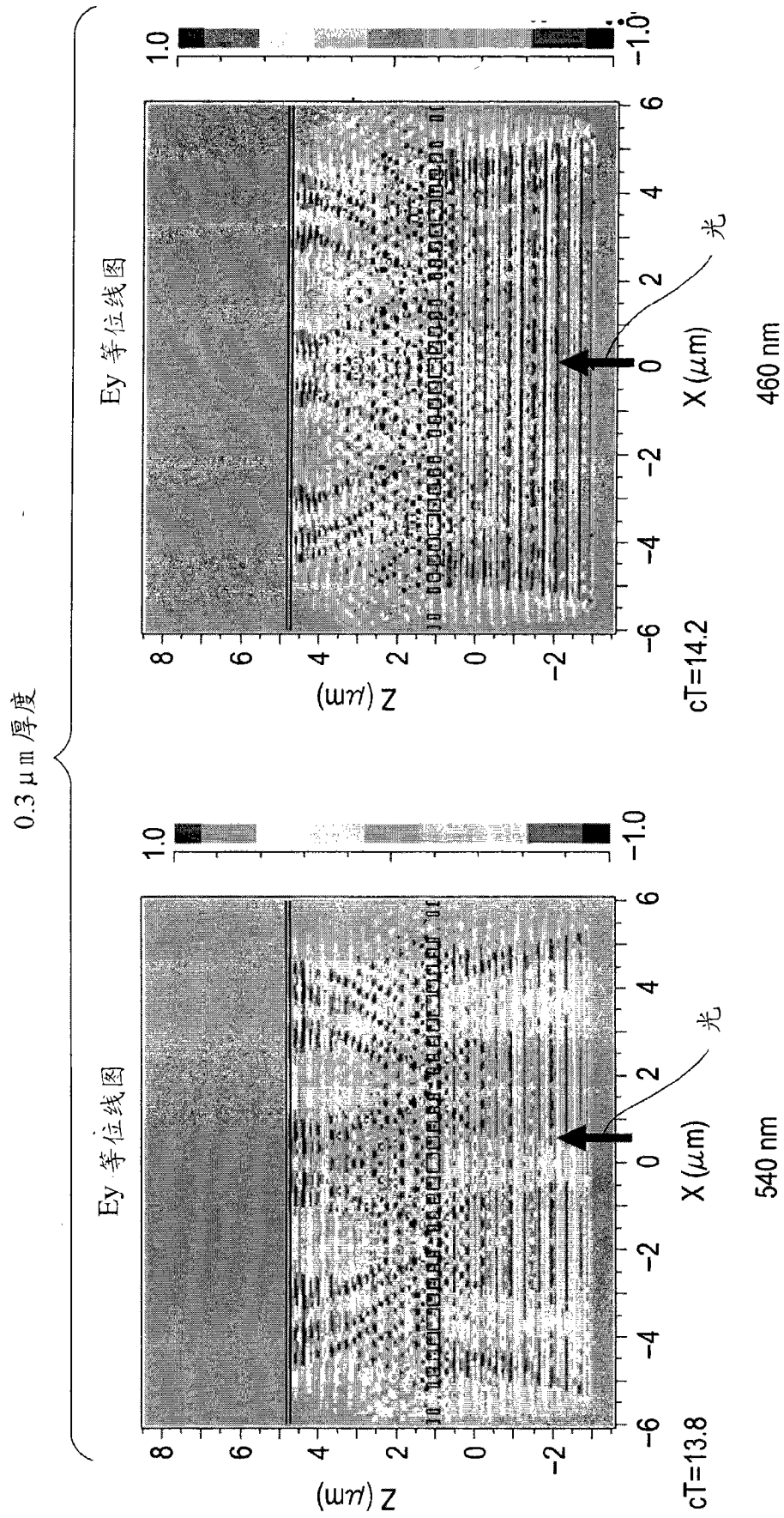


图 4C

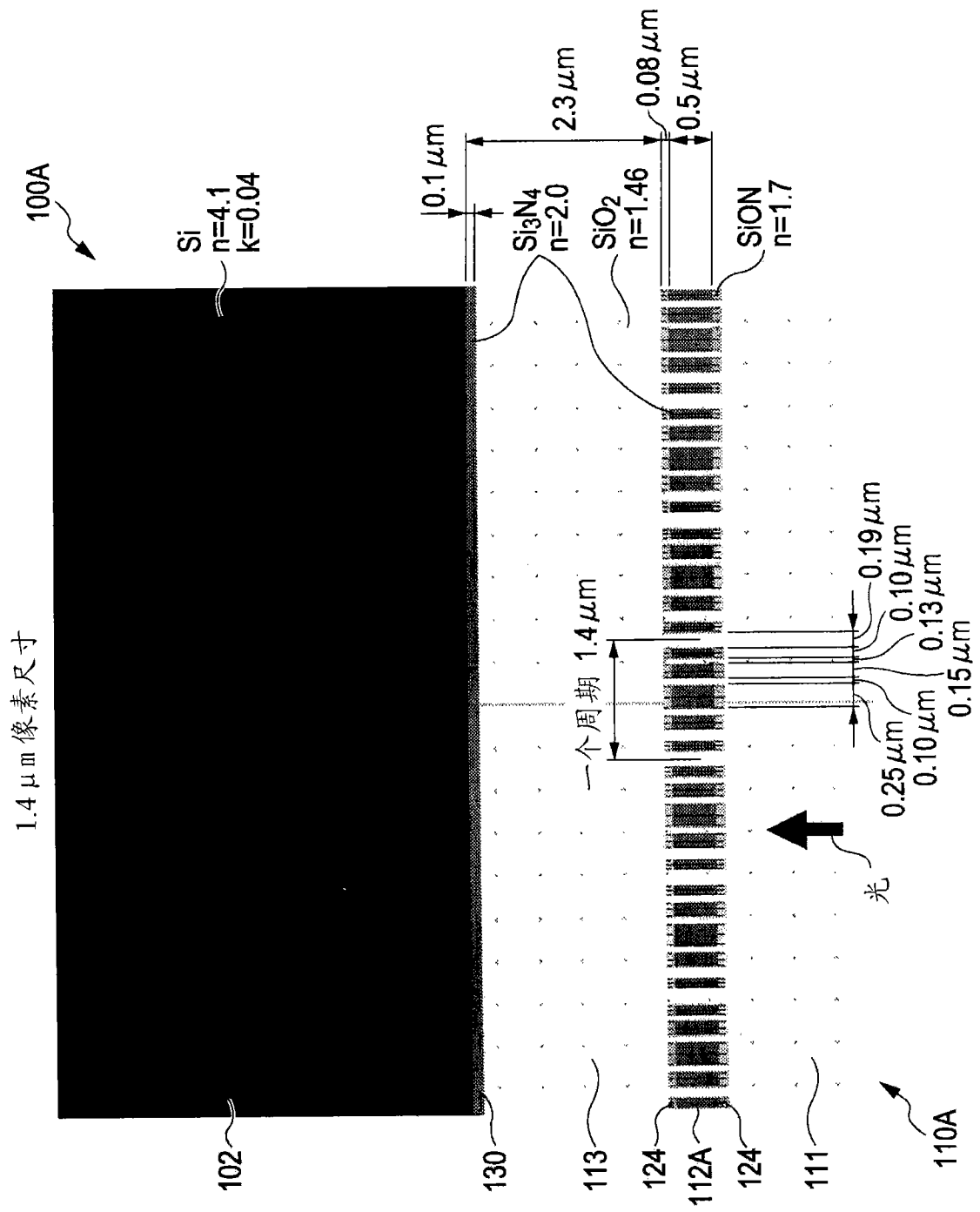
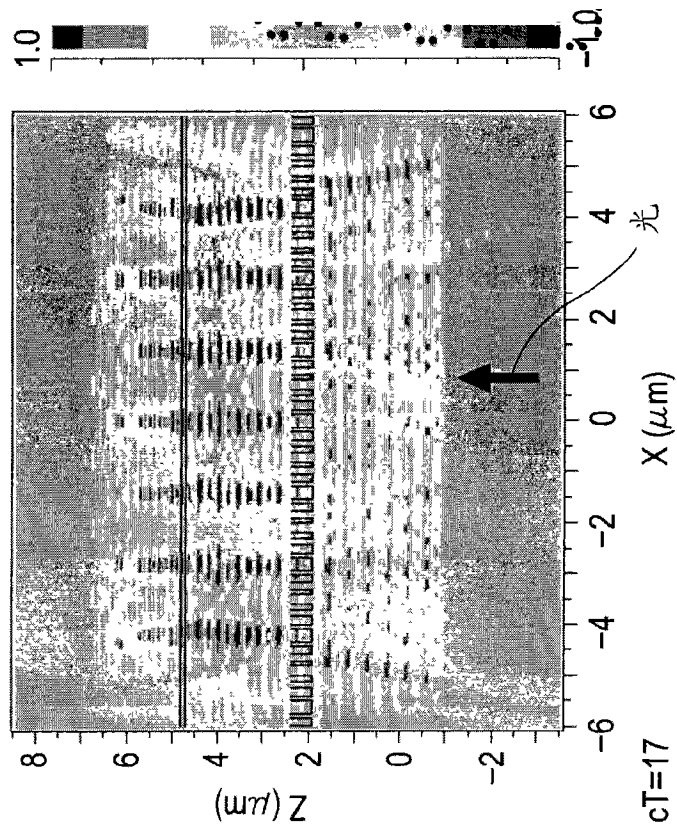


图 5A

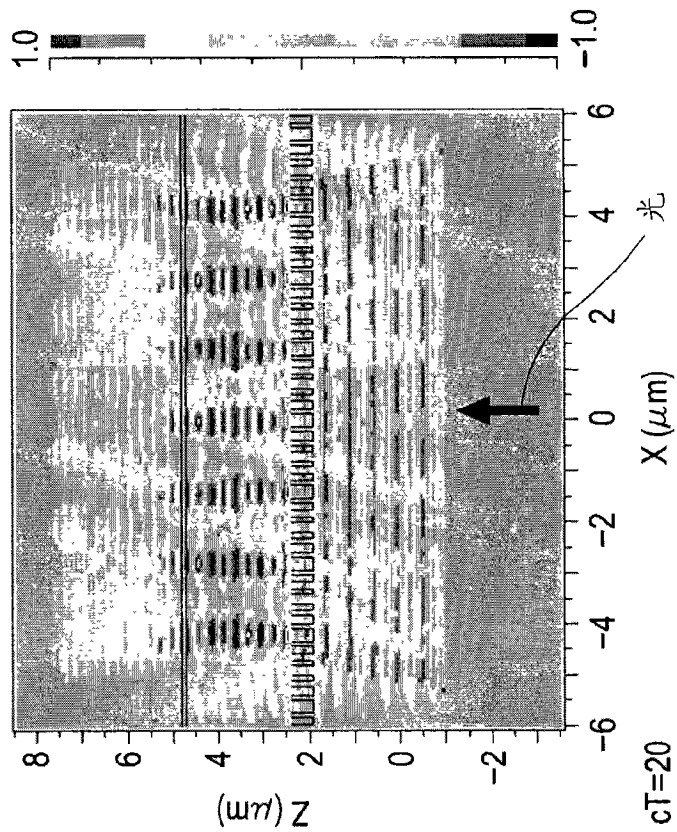
1.4 μm 像素尺寸

Ey 等位线图



640 nm

Ey 等位线图

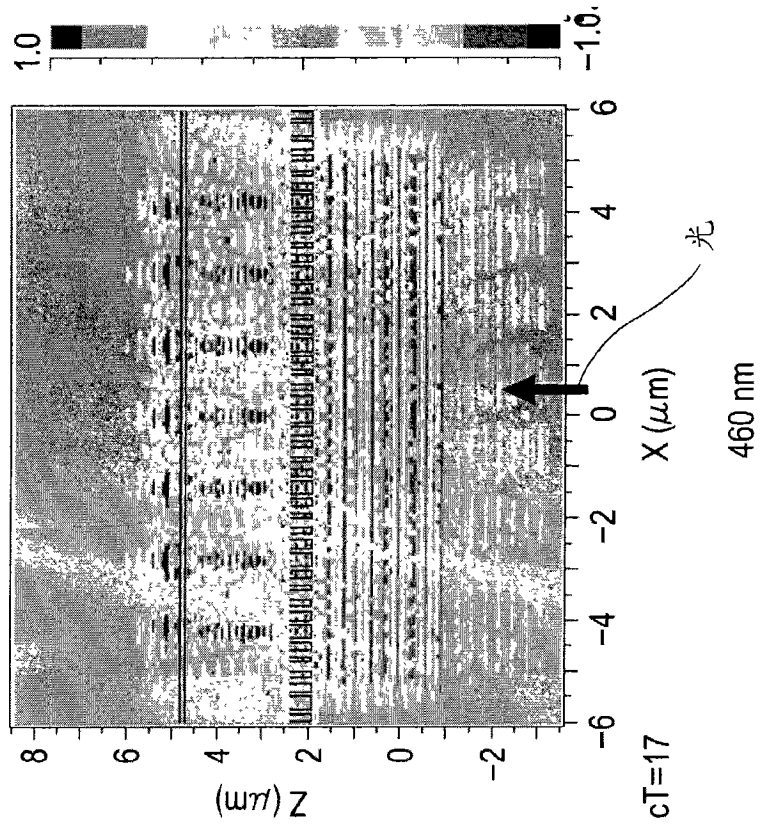


780 nm

图 5C

1.4 μm 像素尺寸

Ey 等位线图



Ey 等位线图

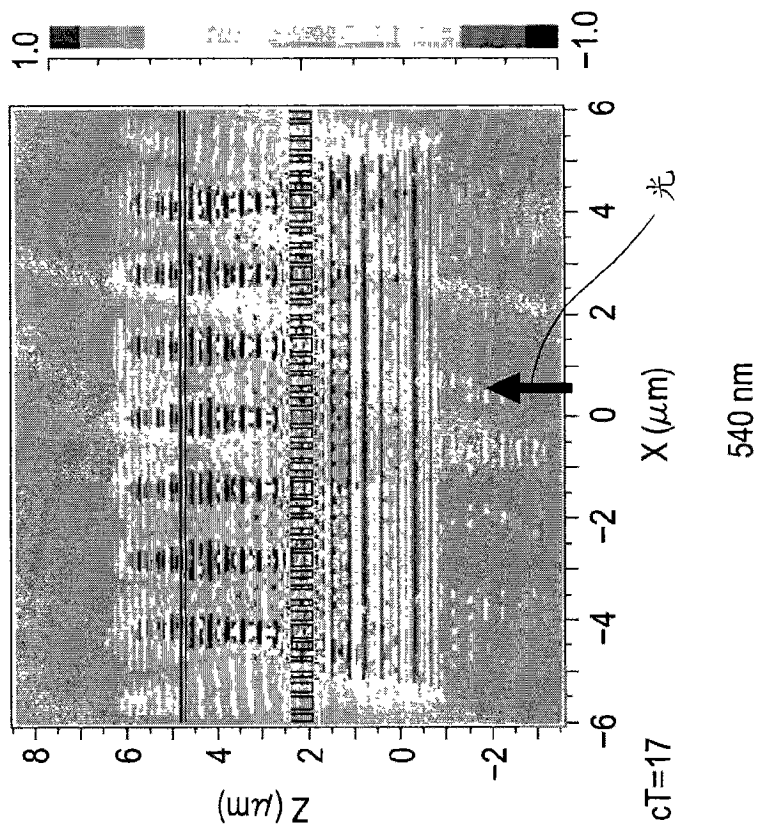
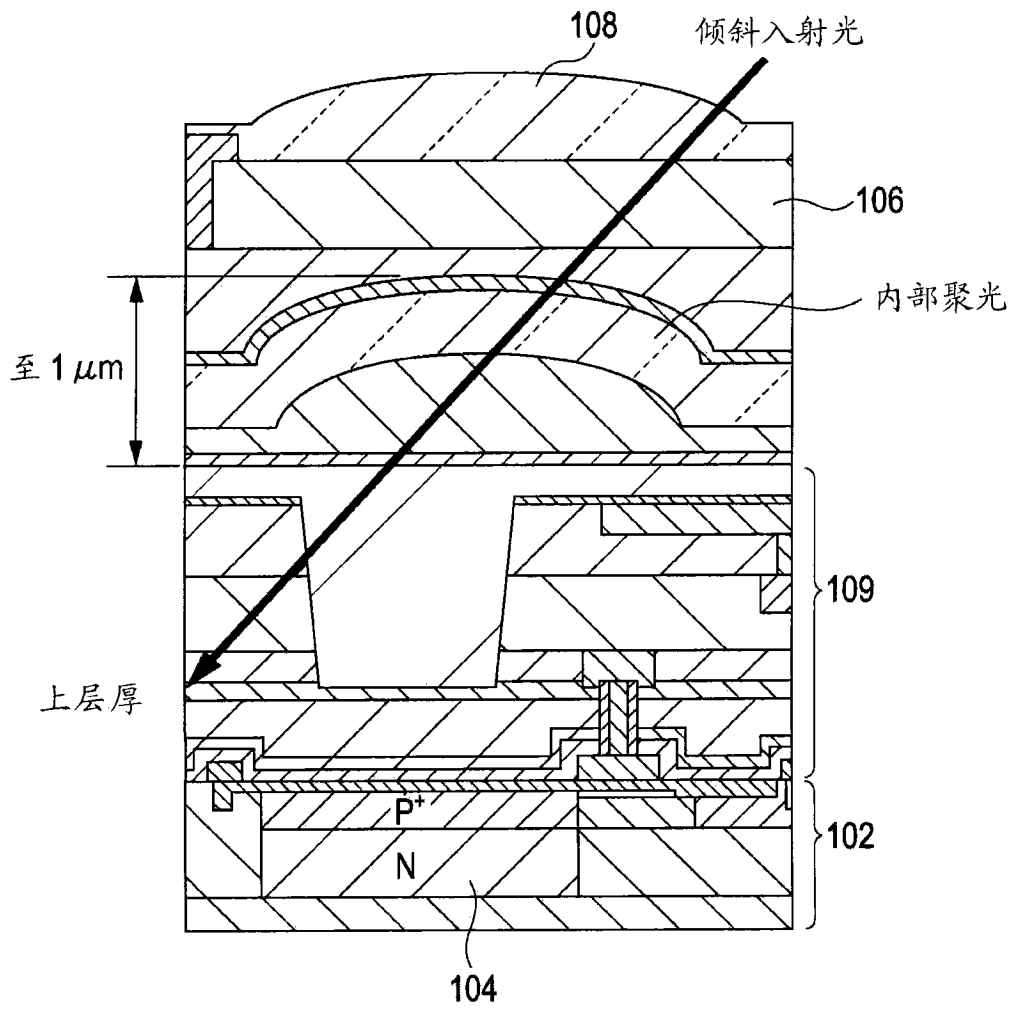


图 5D



- 多颜色混合
- 对于小 F 值光, 灵敏性比理论灵敏性下降
- 因为球形透镜由回流制造, 所以不能生成横向上变形的构造
- 在像素矩阵单元的端部上引起阴影

图 6A

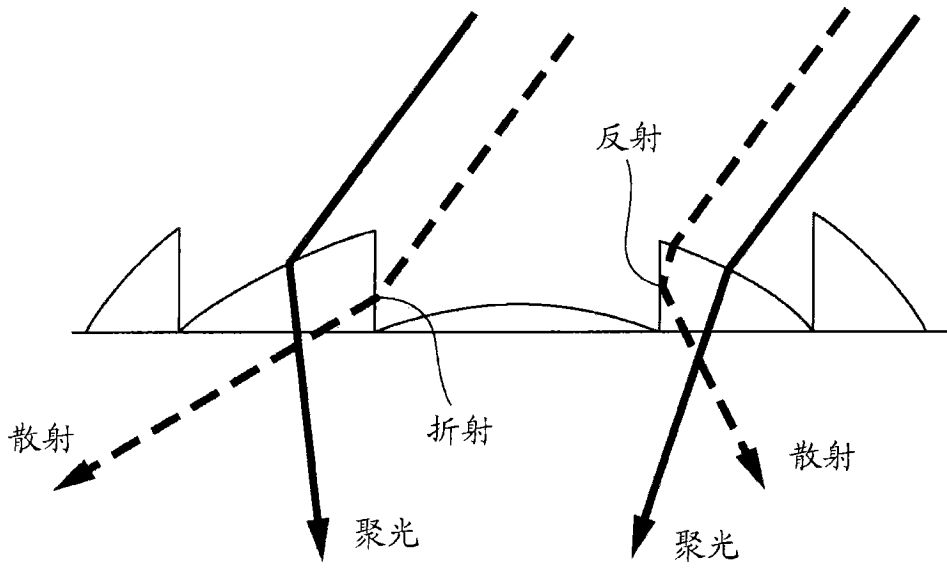


图 6B

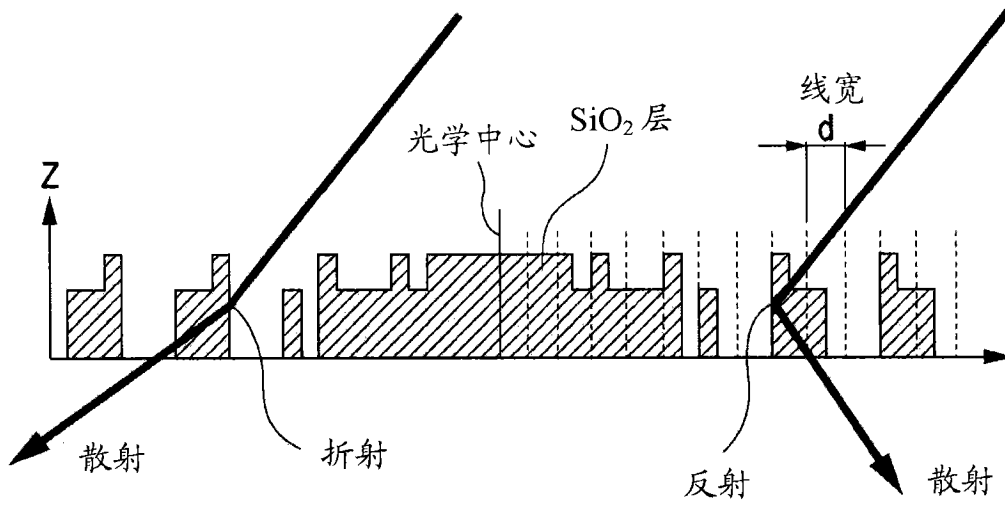


图 6C

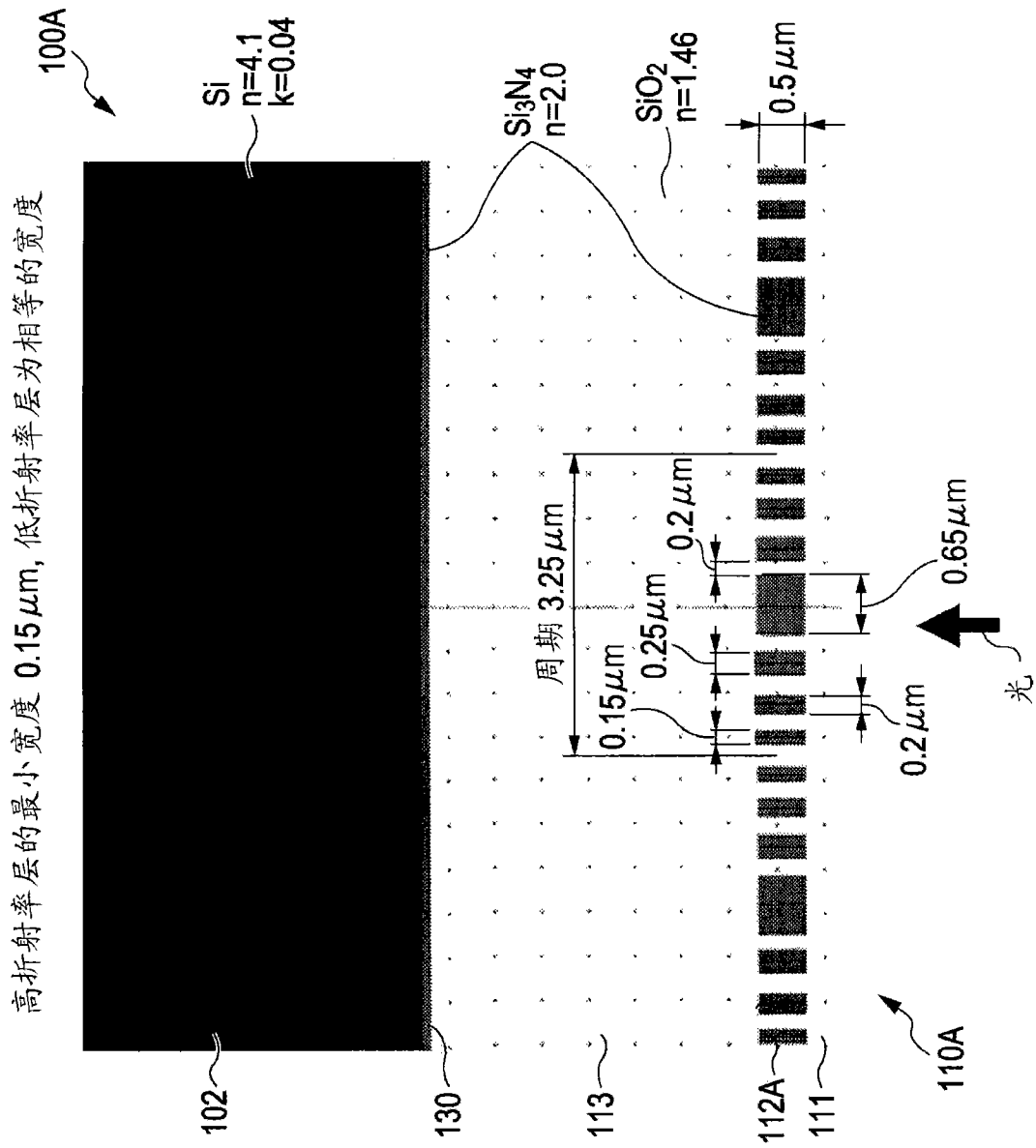


图 7A

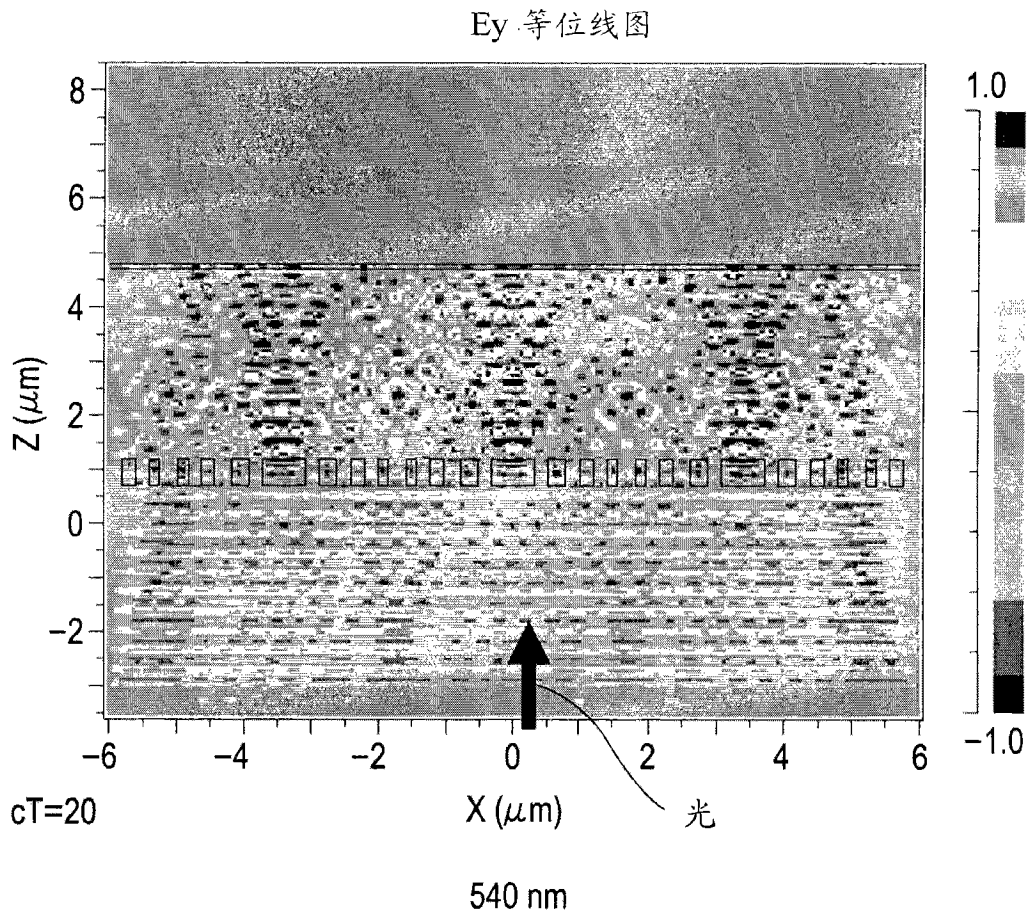


图 7B

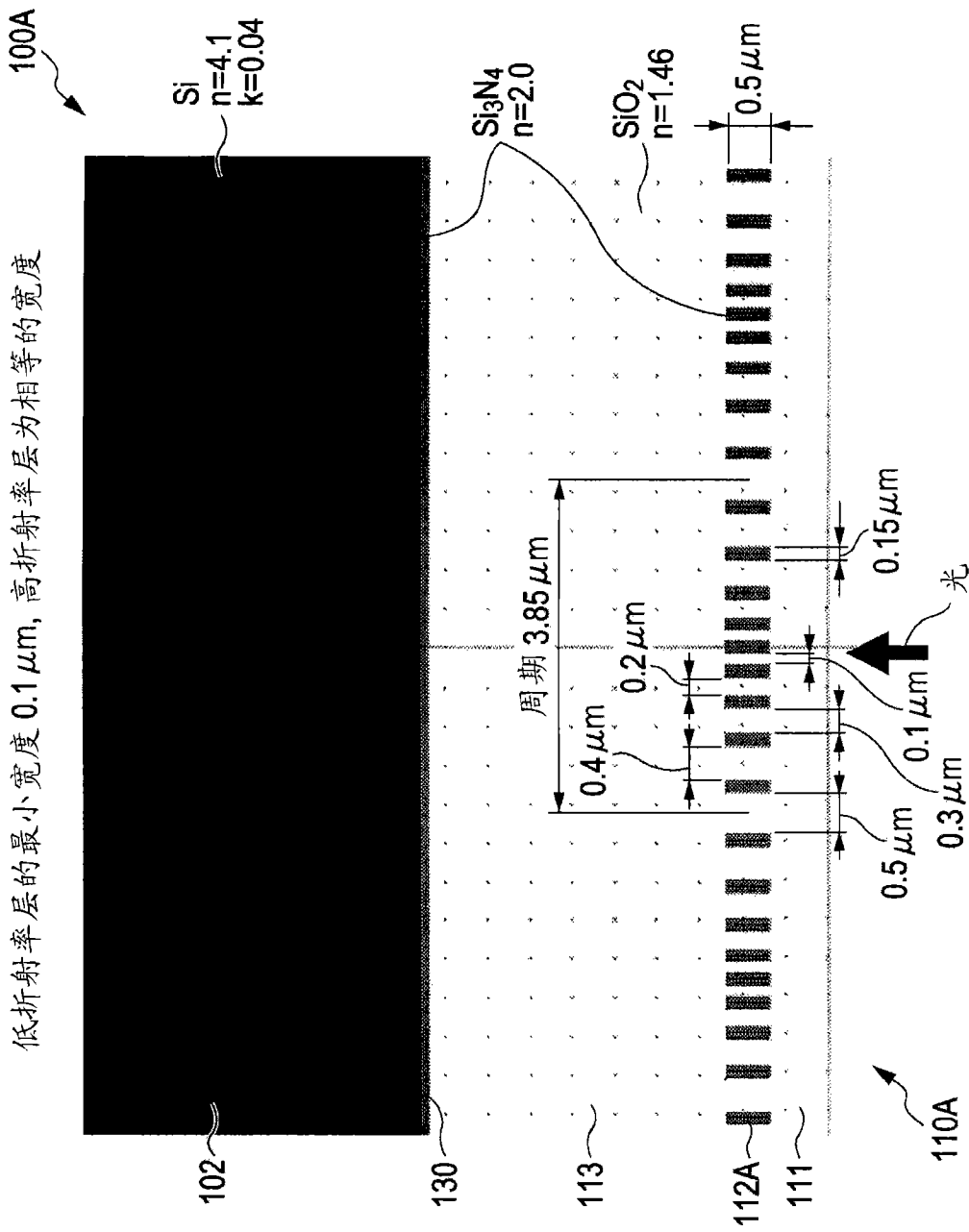


图 8A

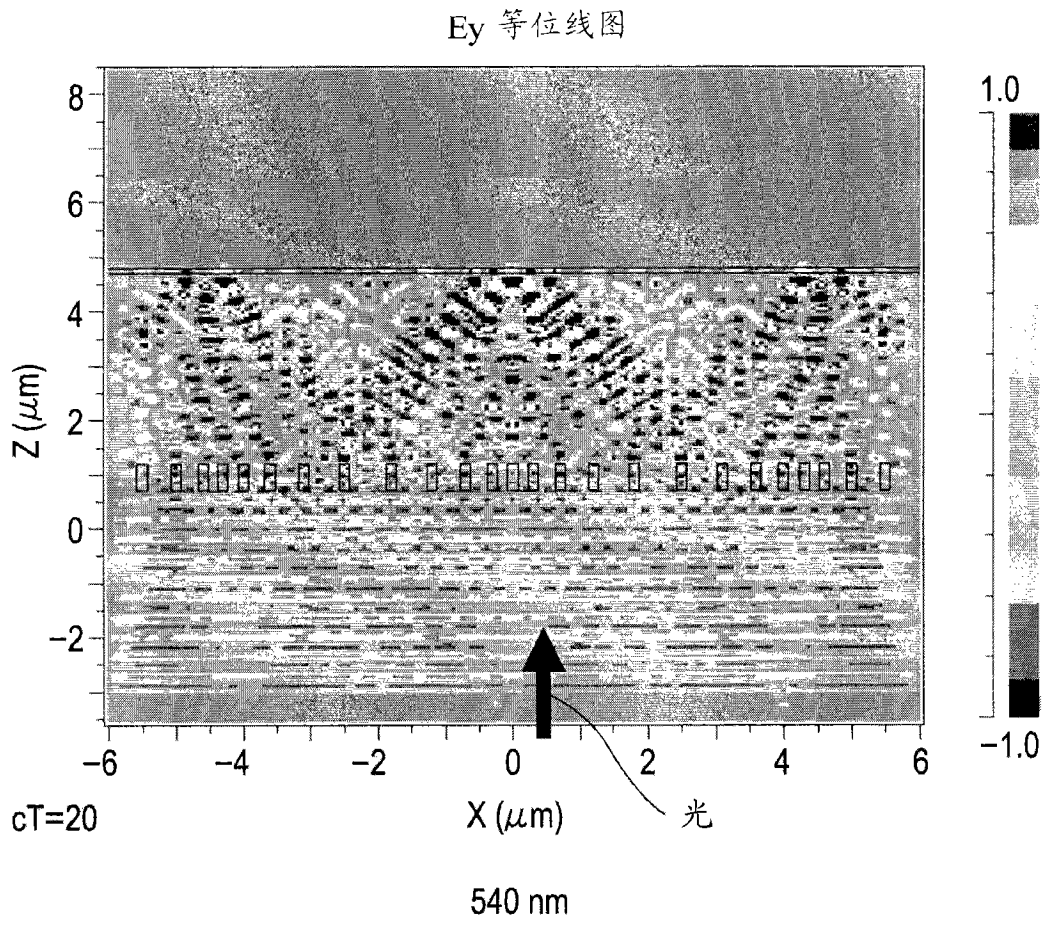


图 8B

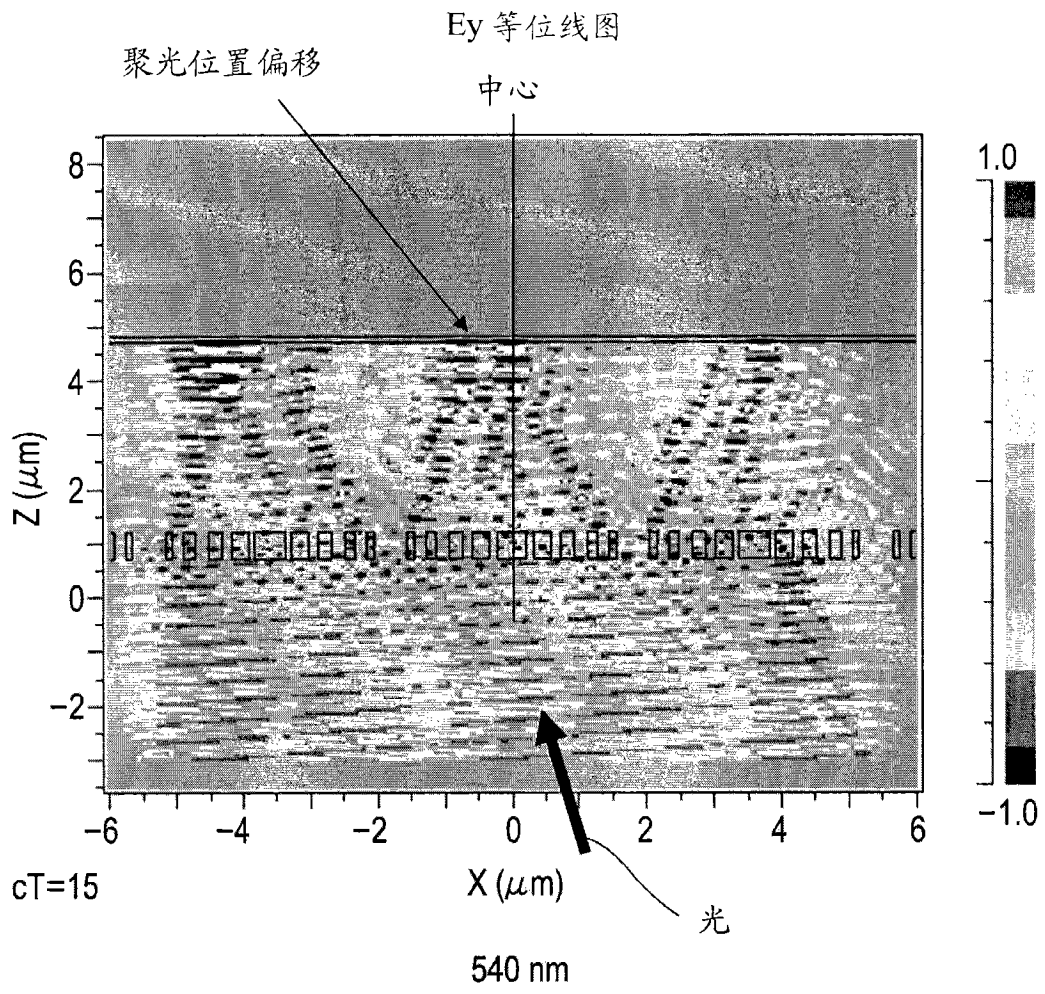


图 9

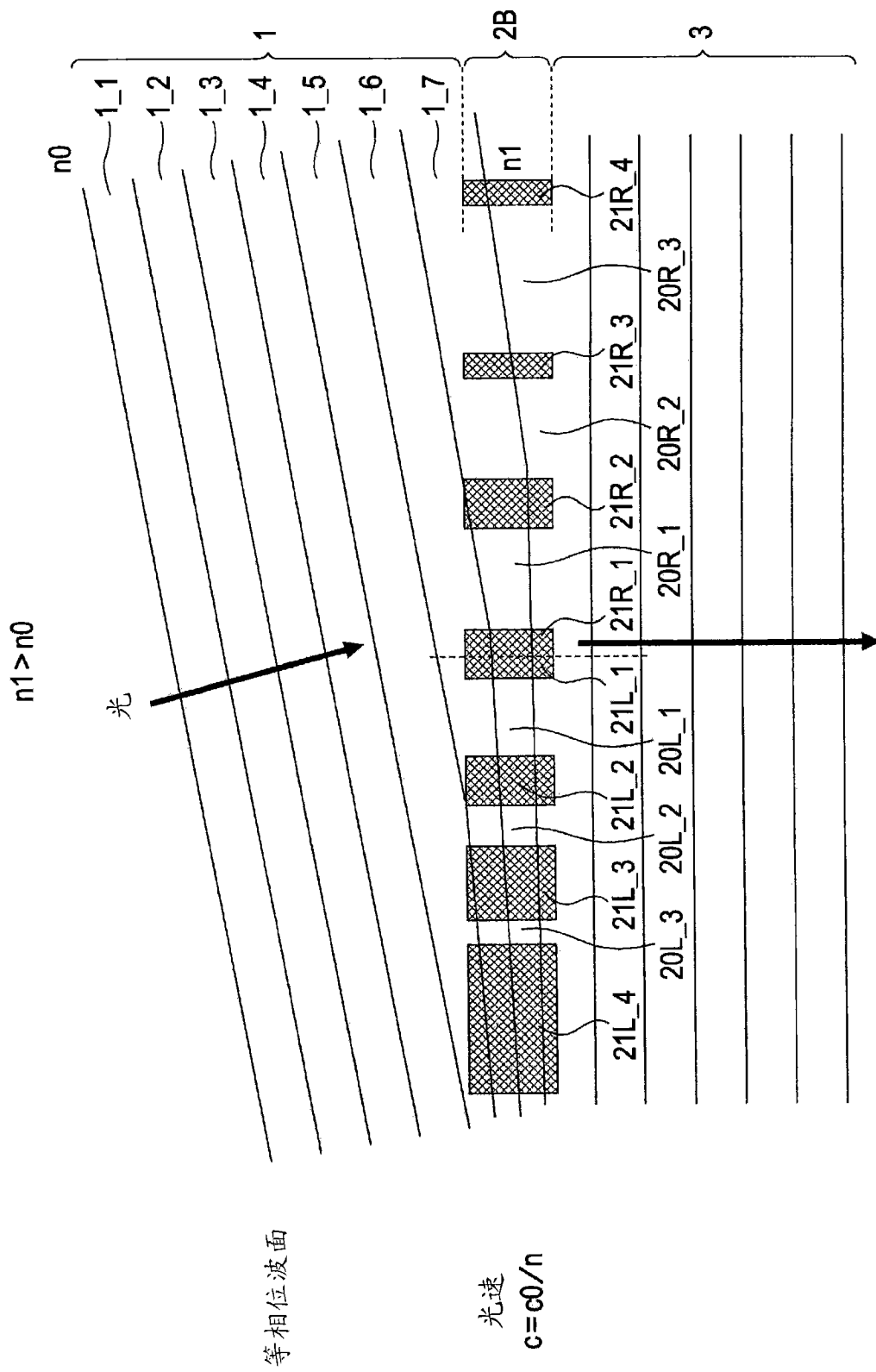


图 10A

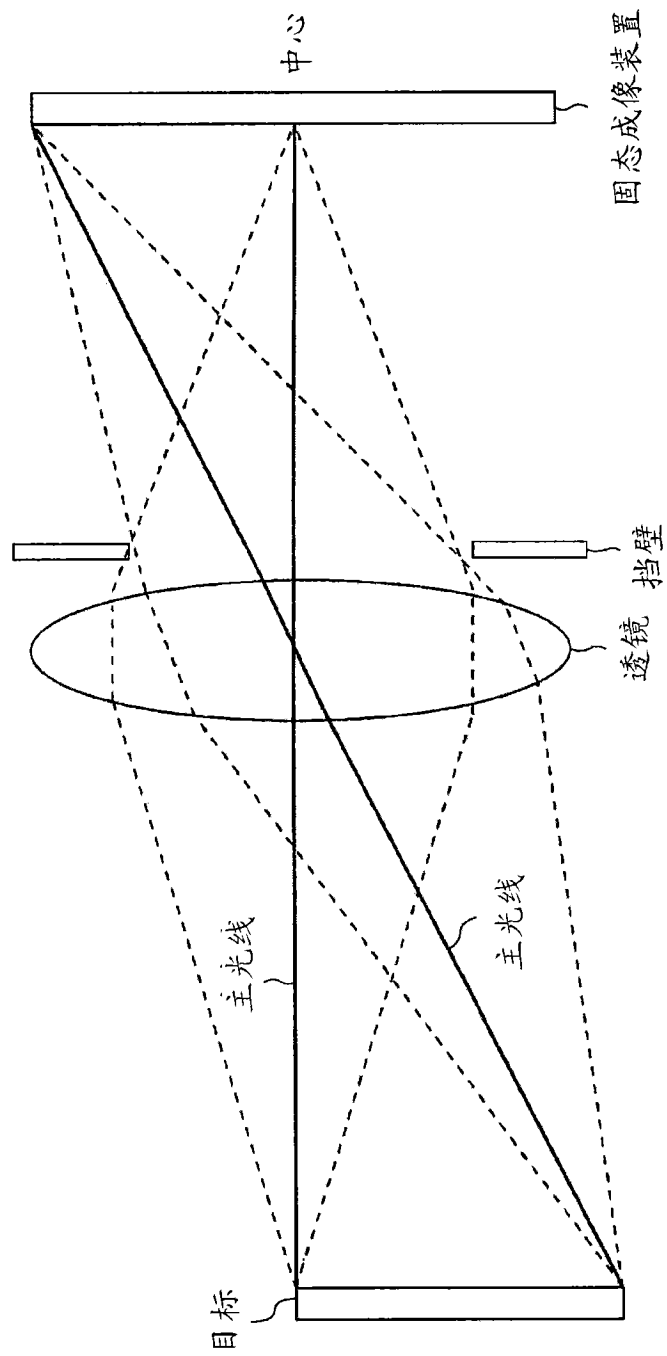


图 10B

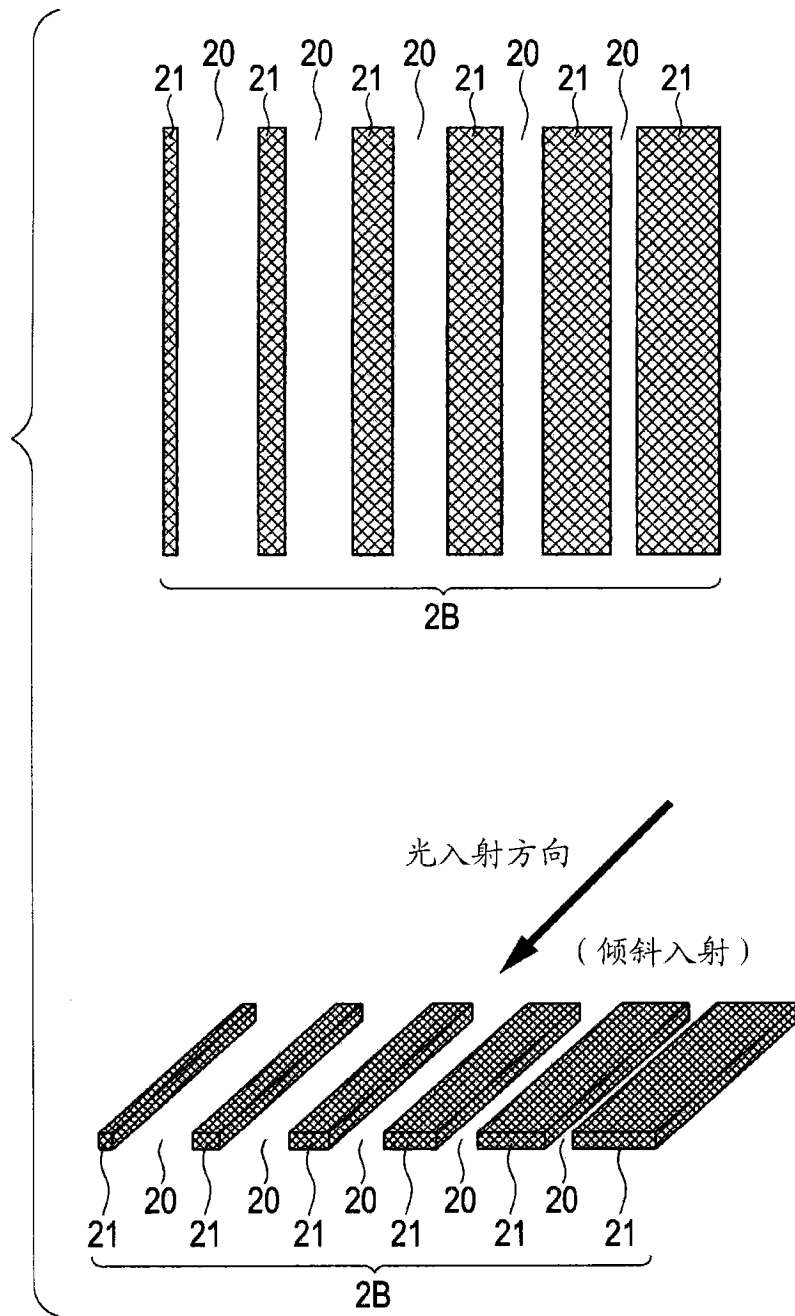


图 10C

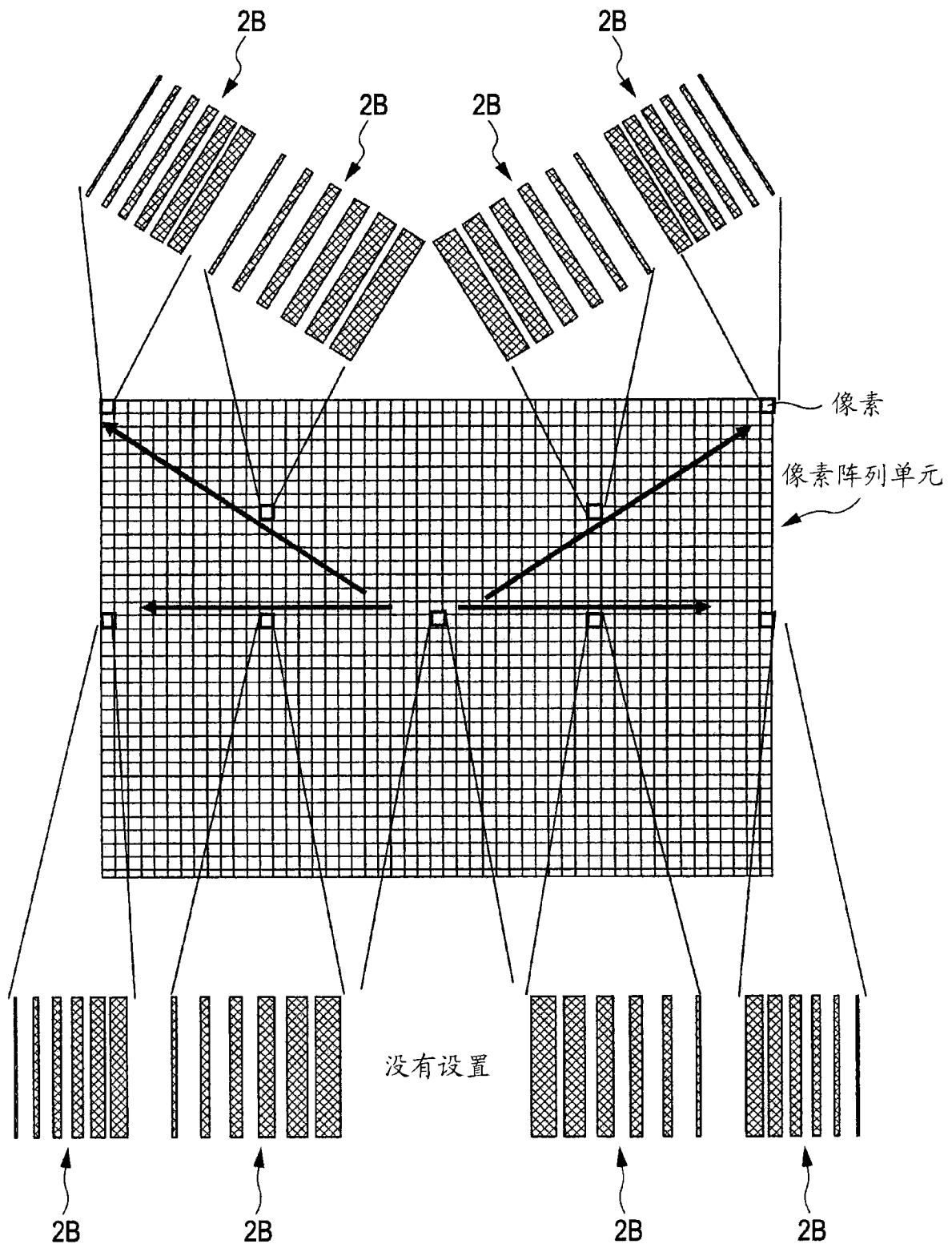


图 10D

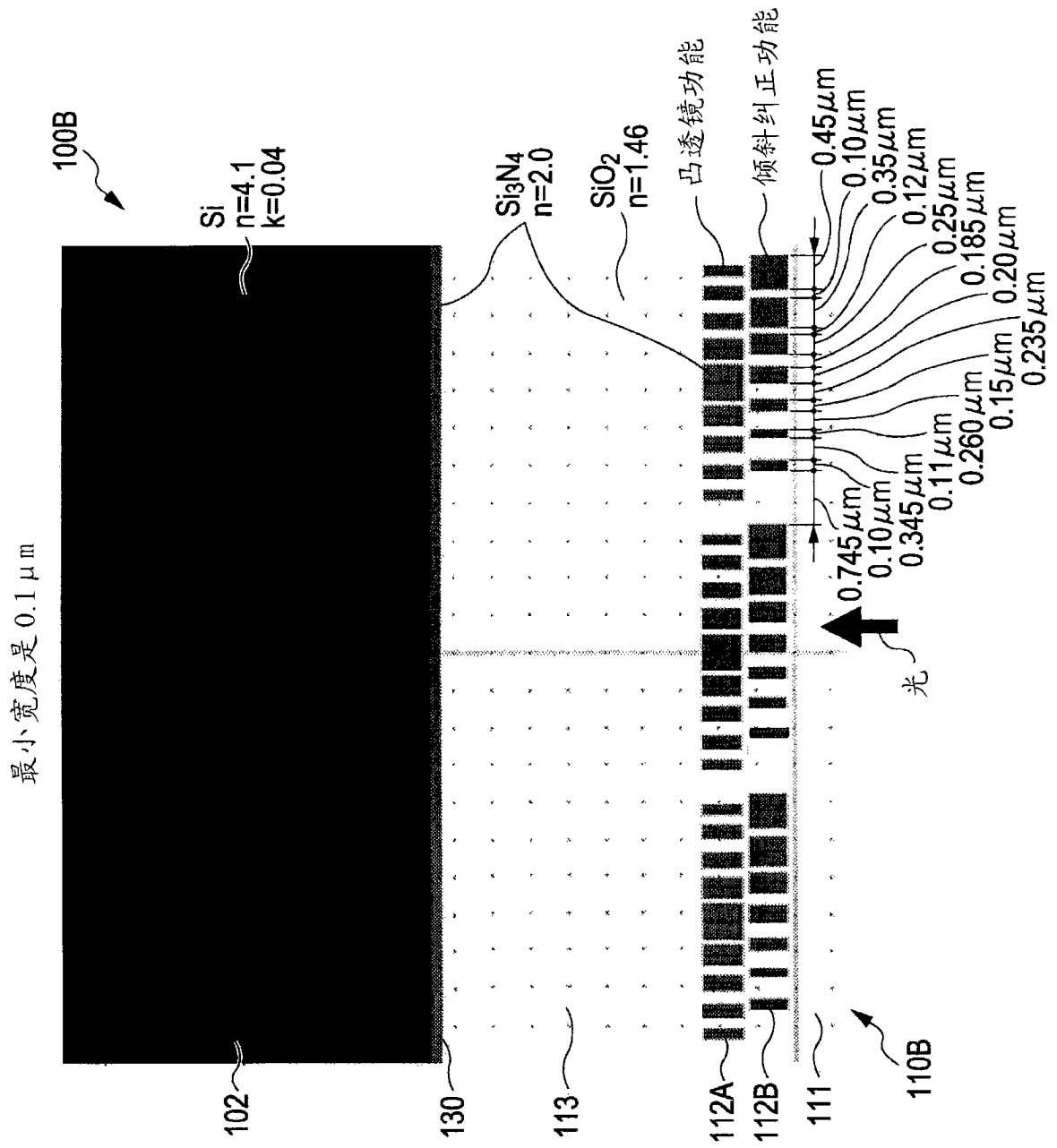


图 11A

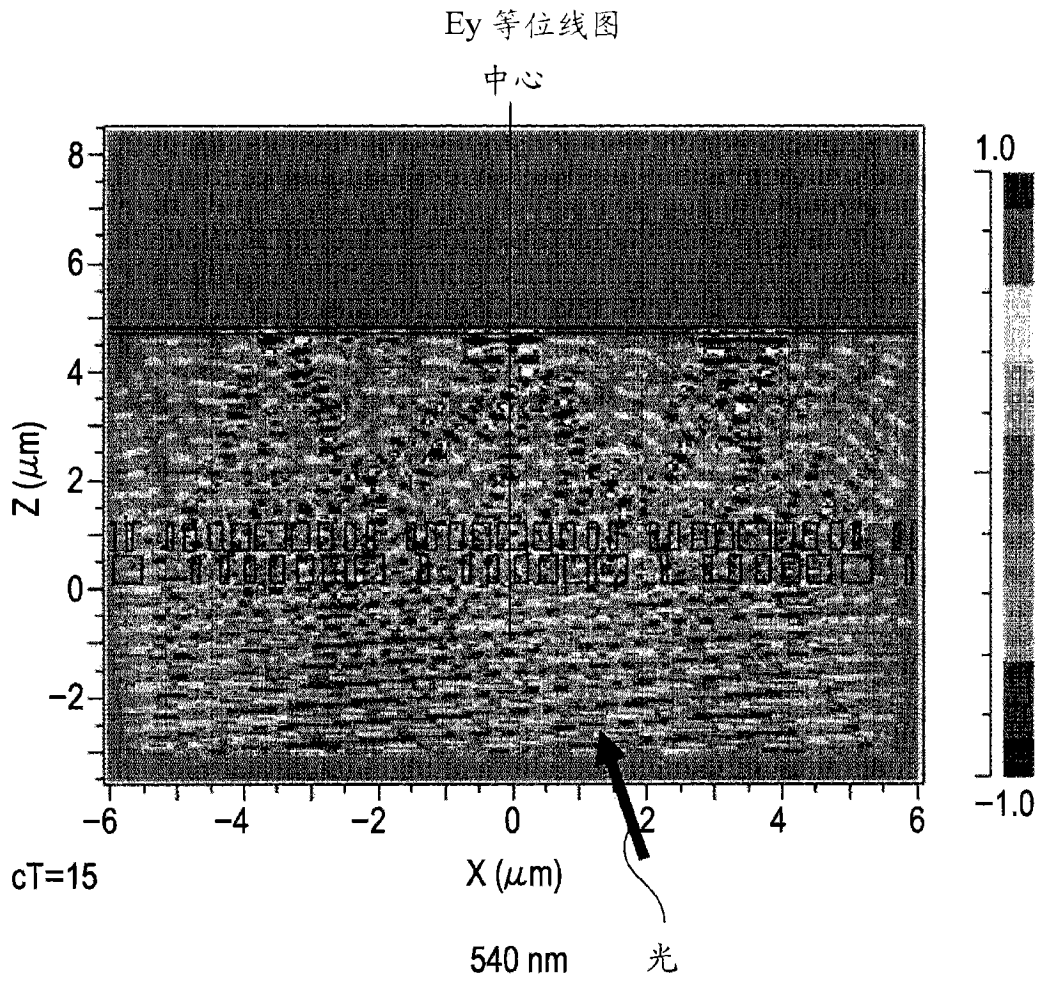


图 11B

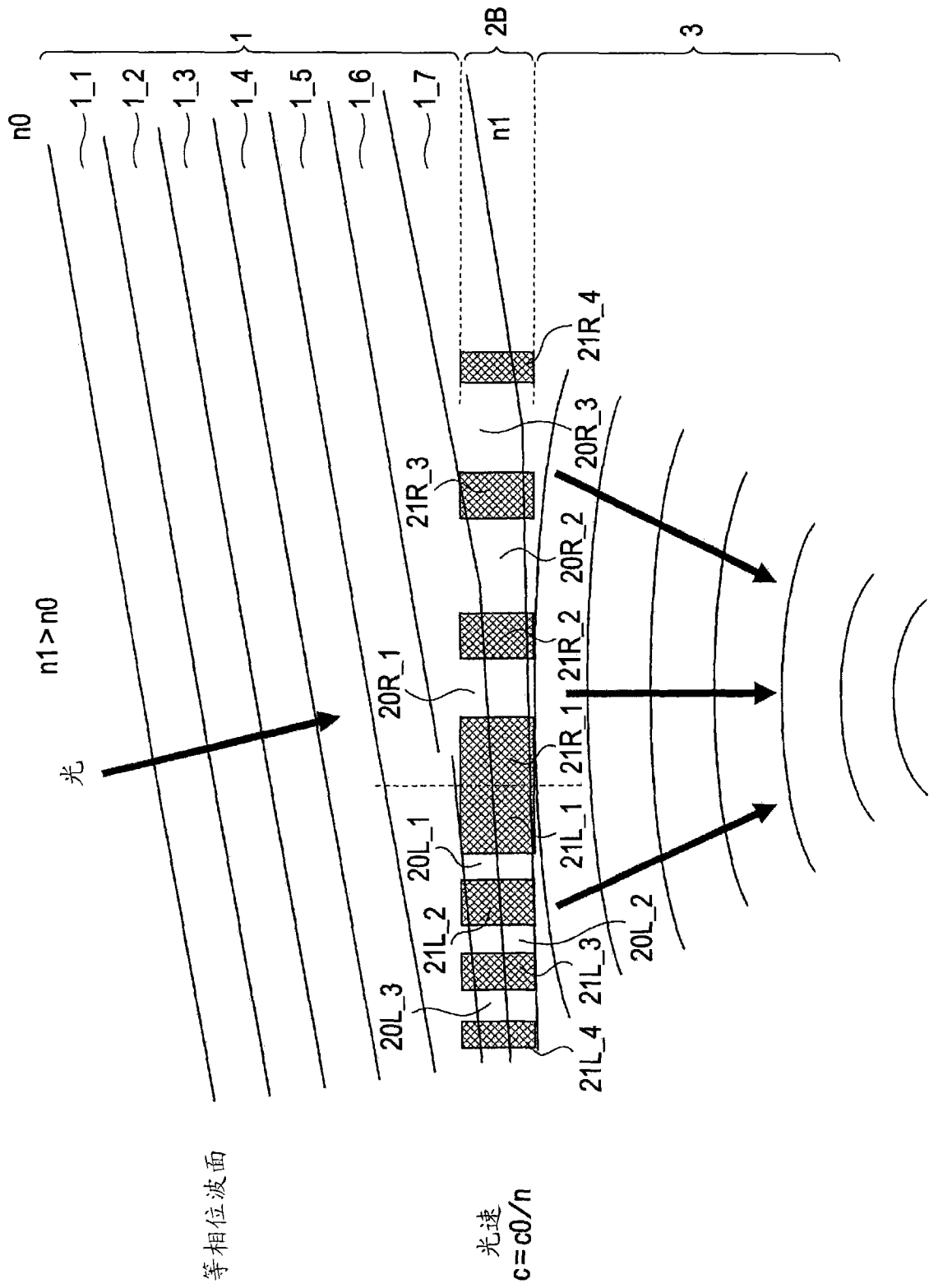
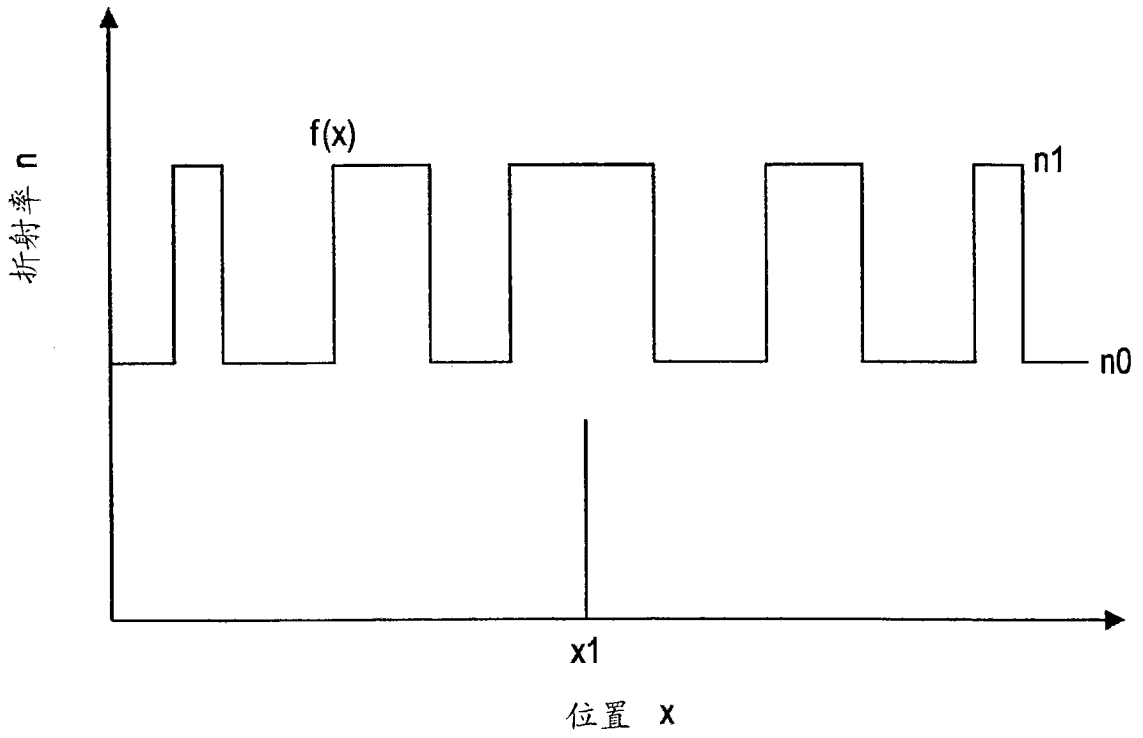


图 12A



$$\iint_D (x_1-x)(y_1-y)f(x, y)dx dy = 0 \dots (1)$$

图 12B

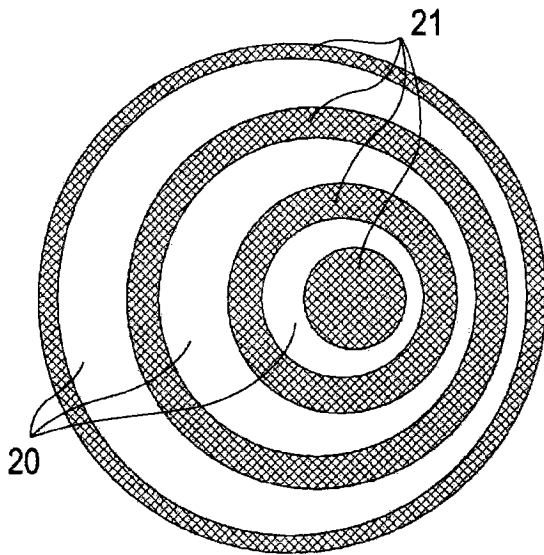


图 12C

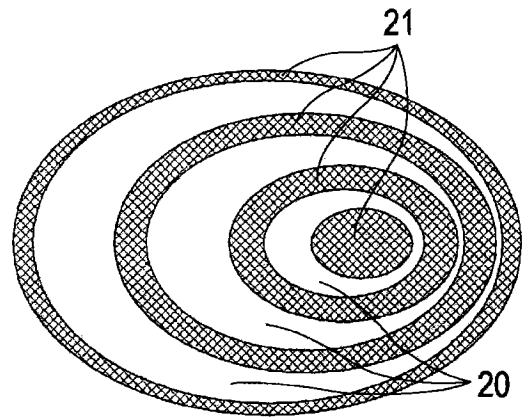


图 12D

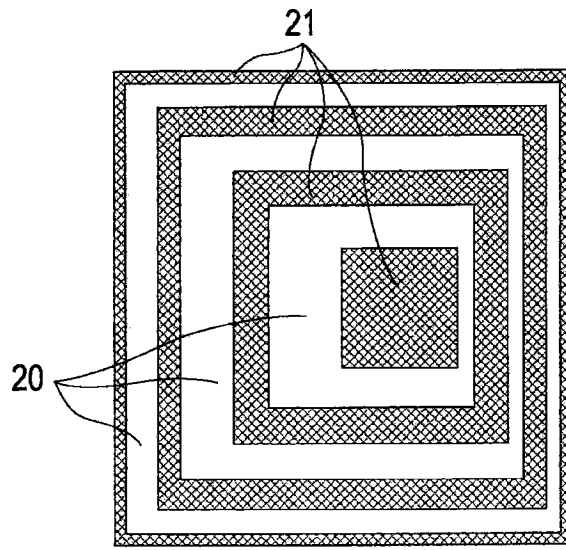


图 12E

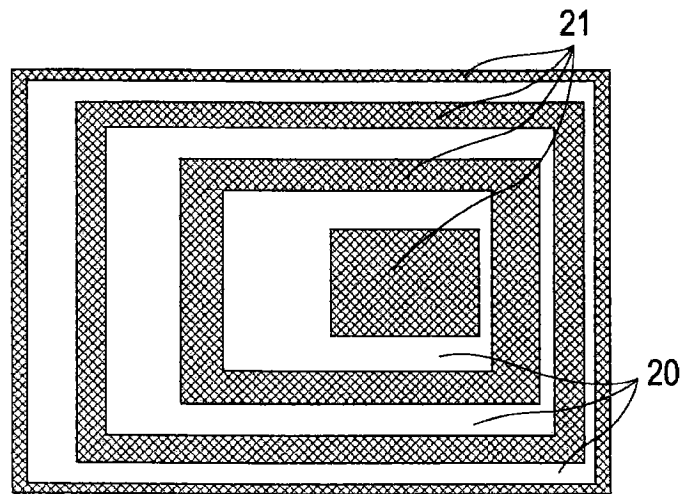


图 12F

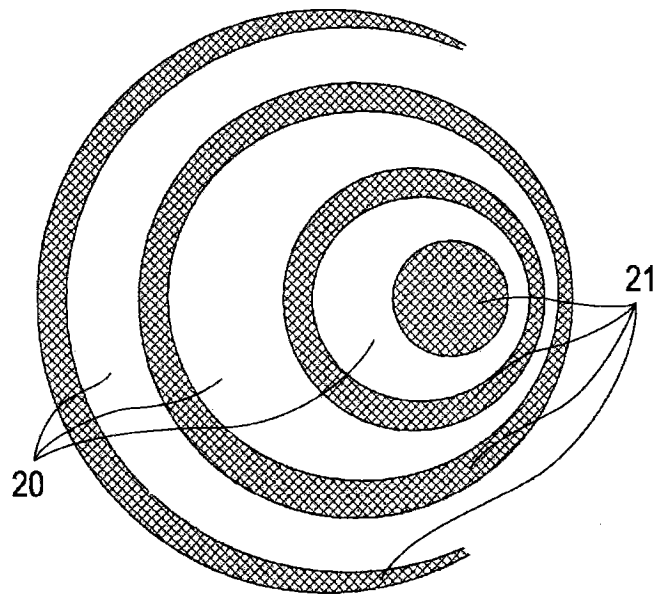


图 12G

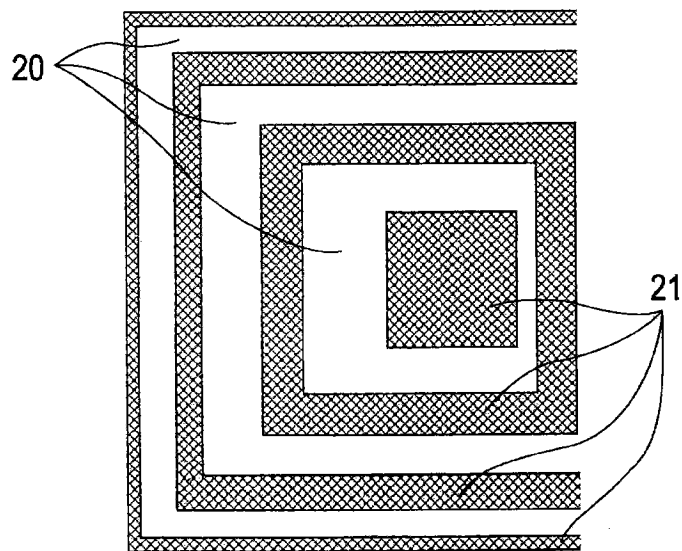


图 12H

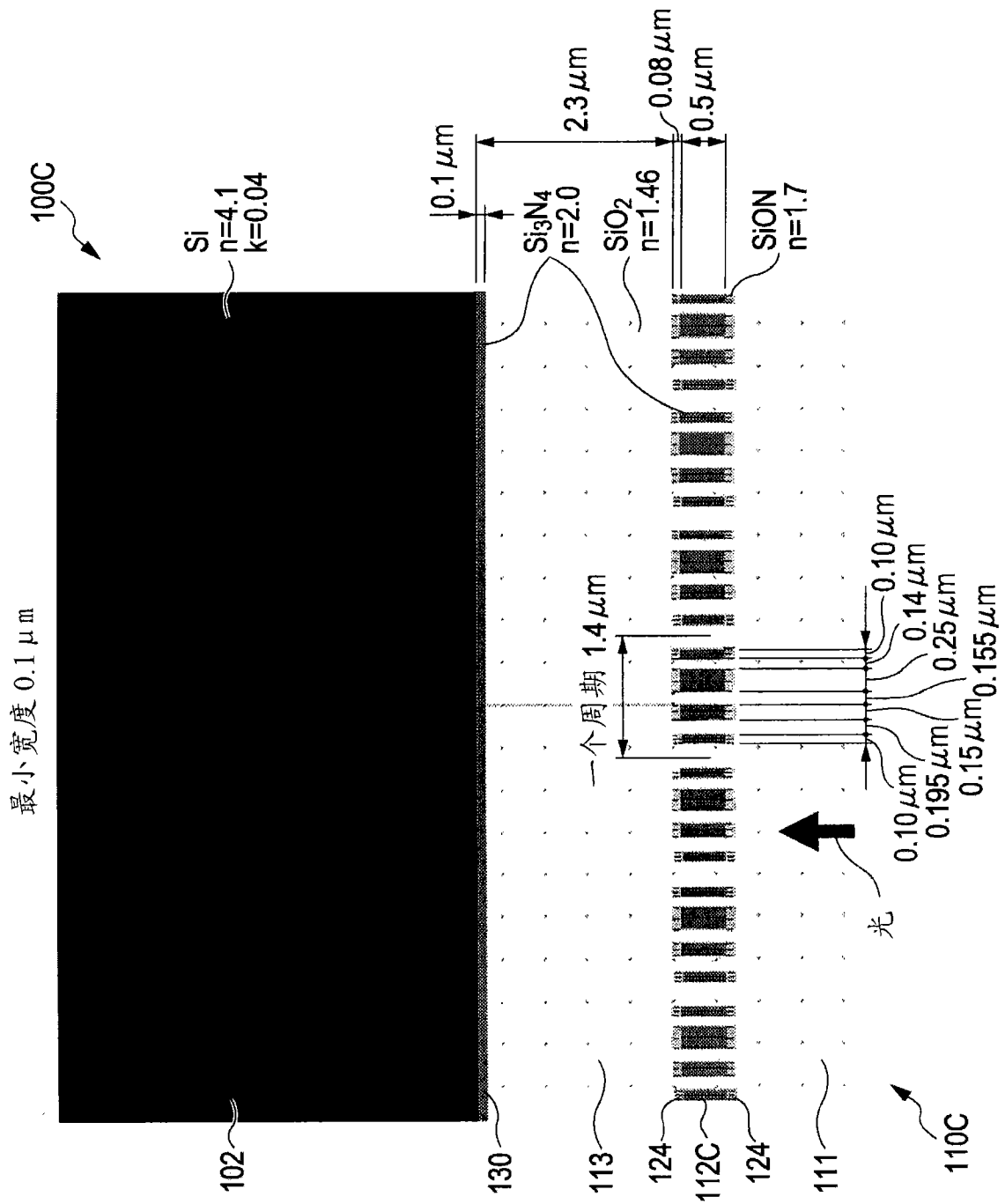


图 13A

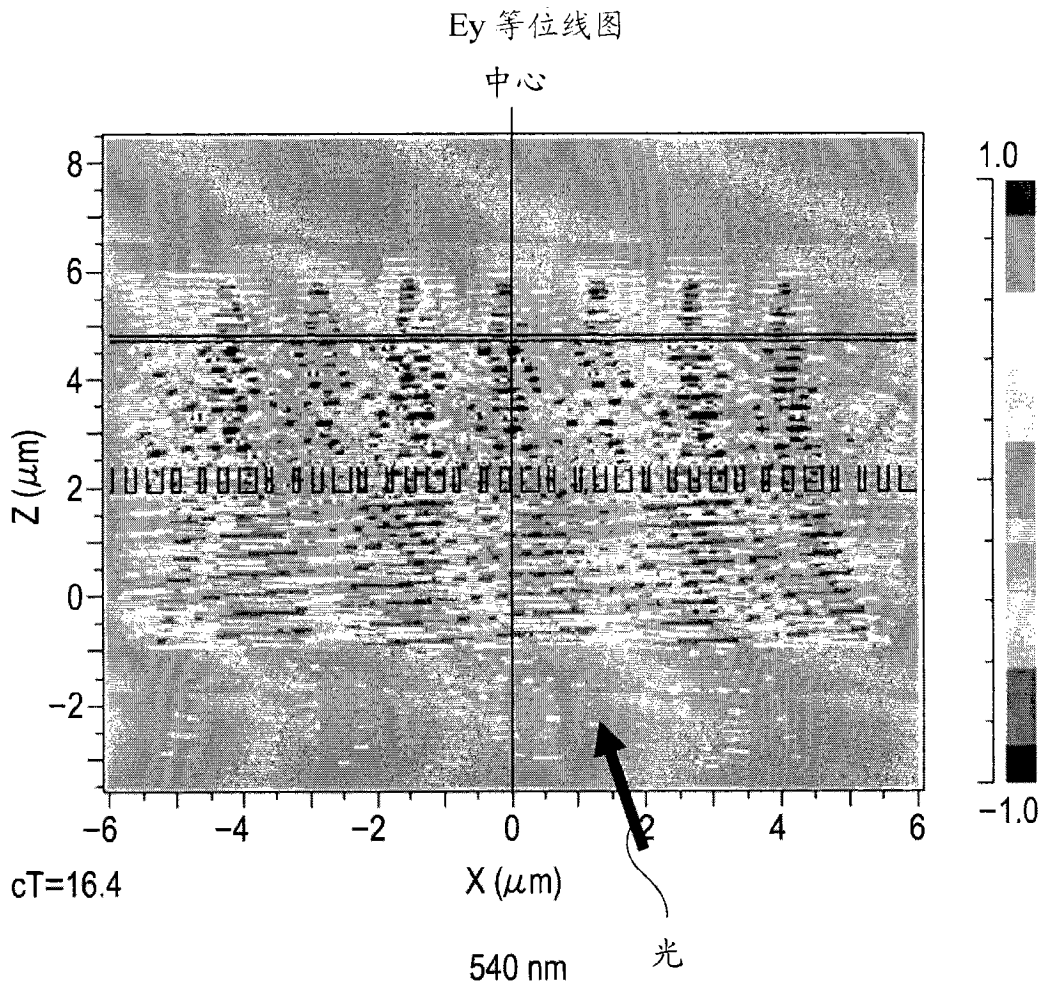


图 13B

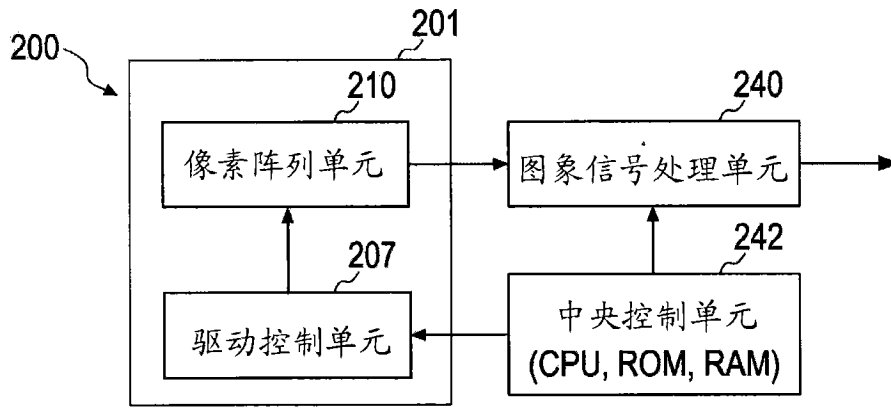


图 14B

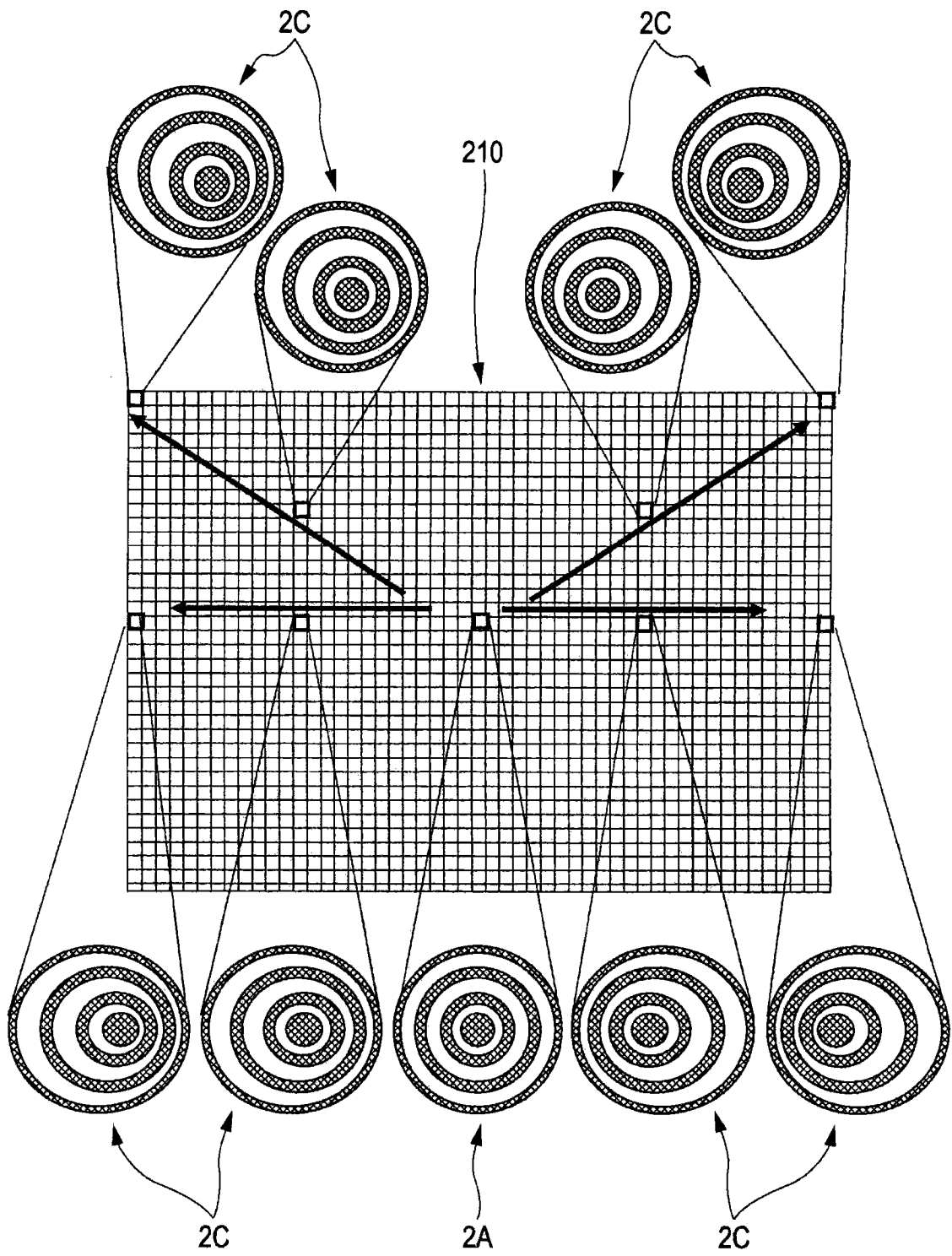


图 14C

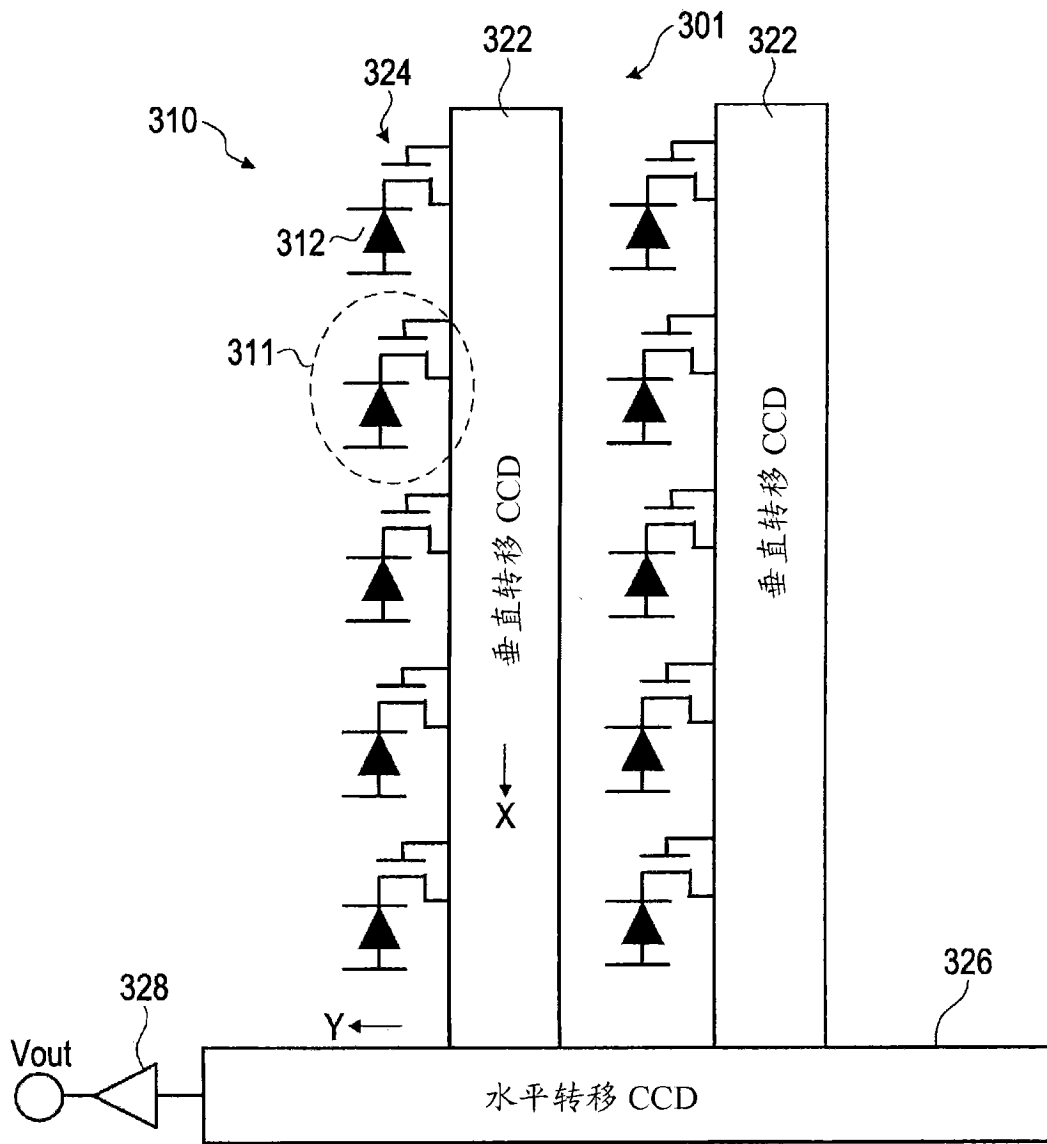


图 15A

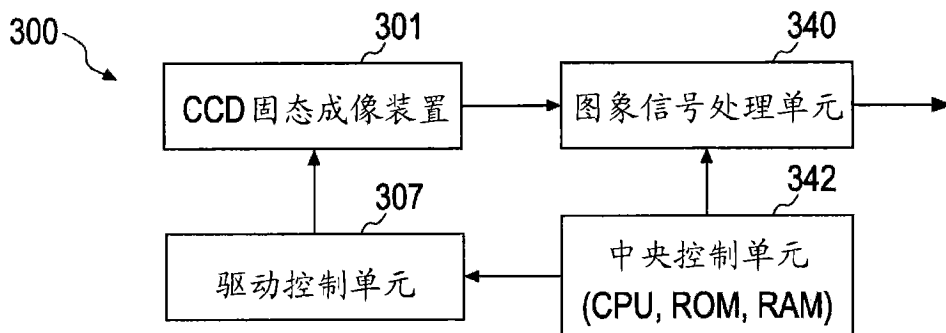


图 15B

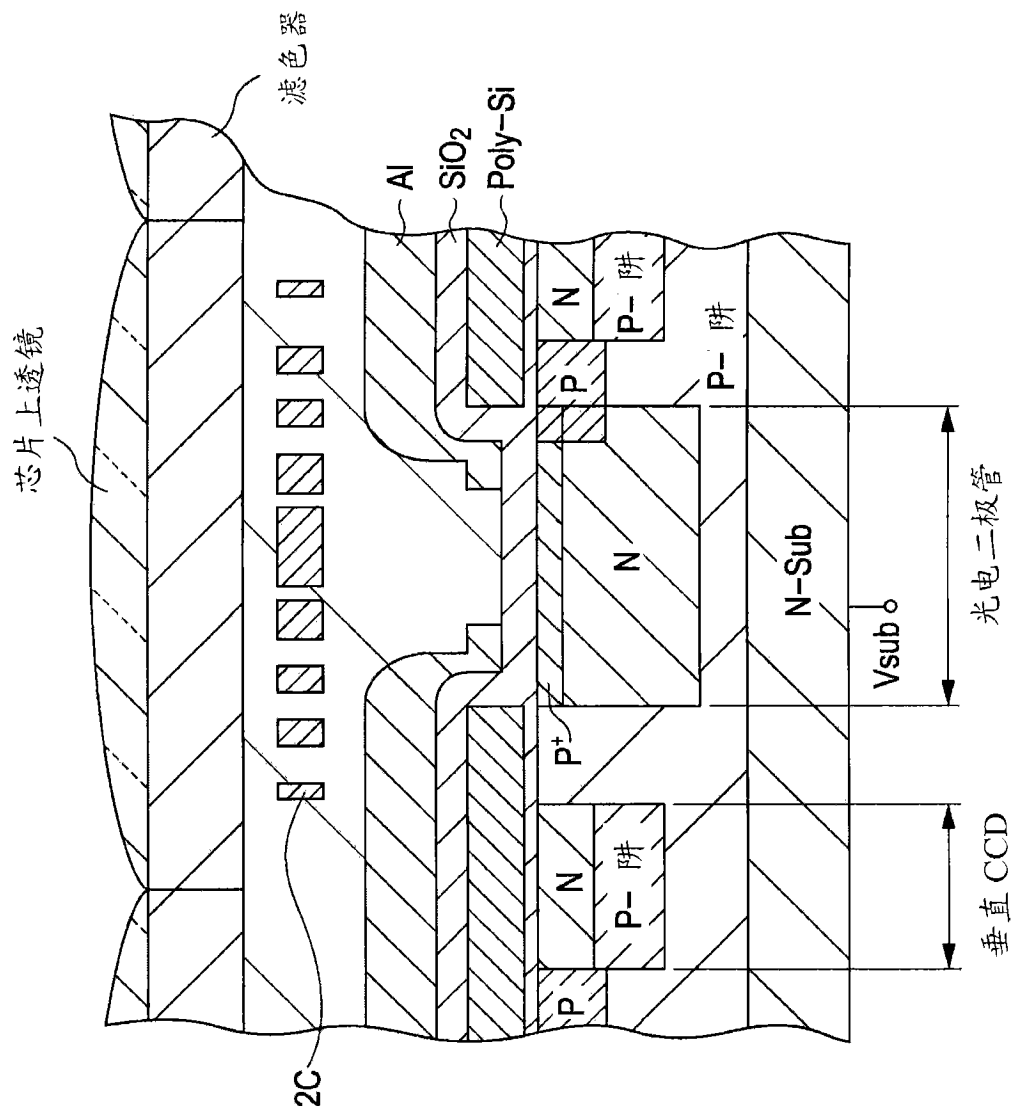


图 15C

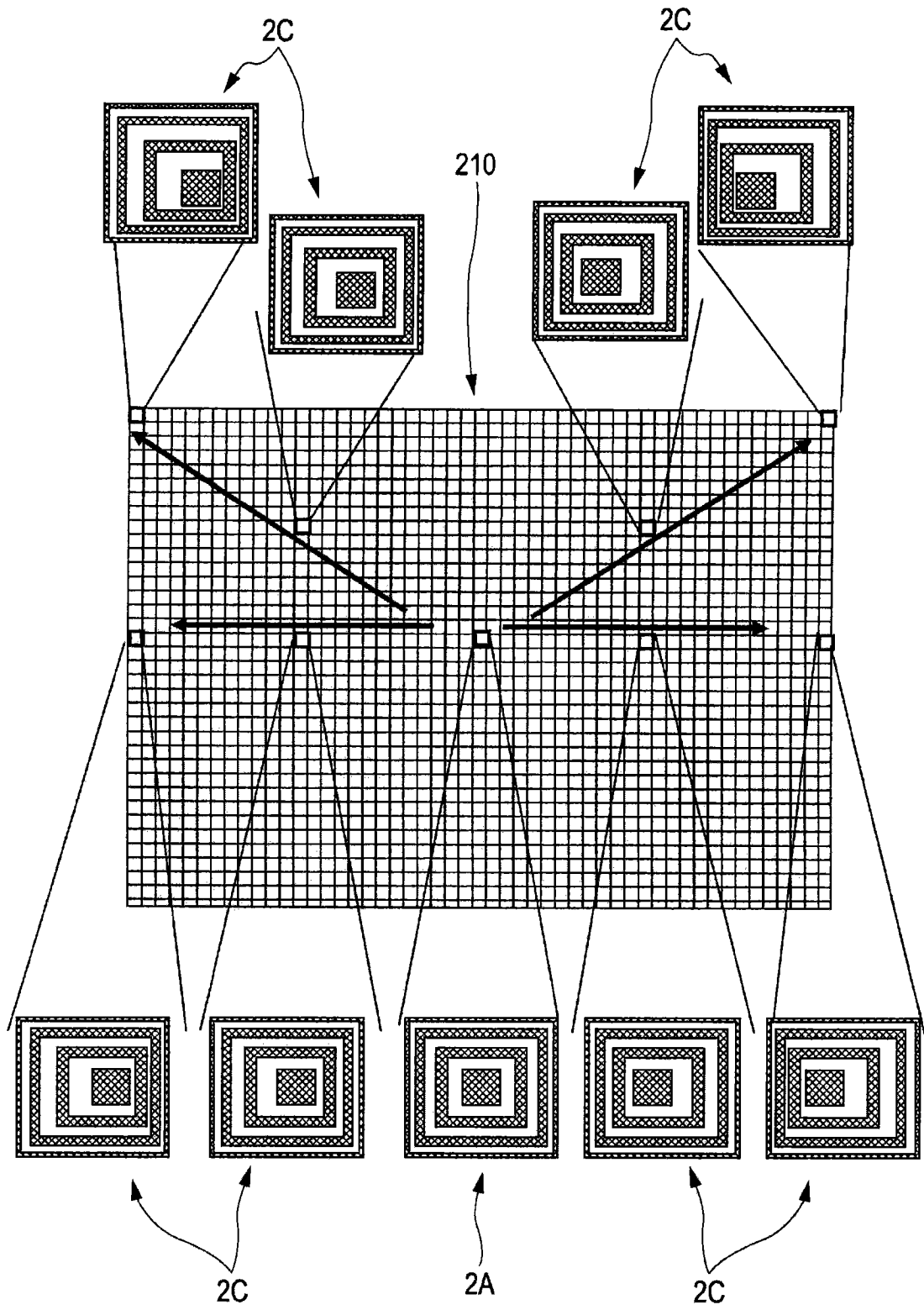


图 15D

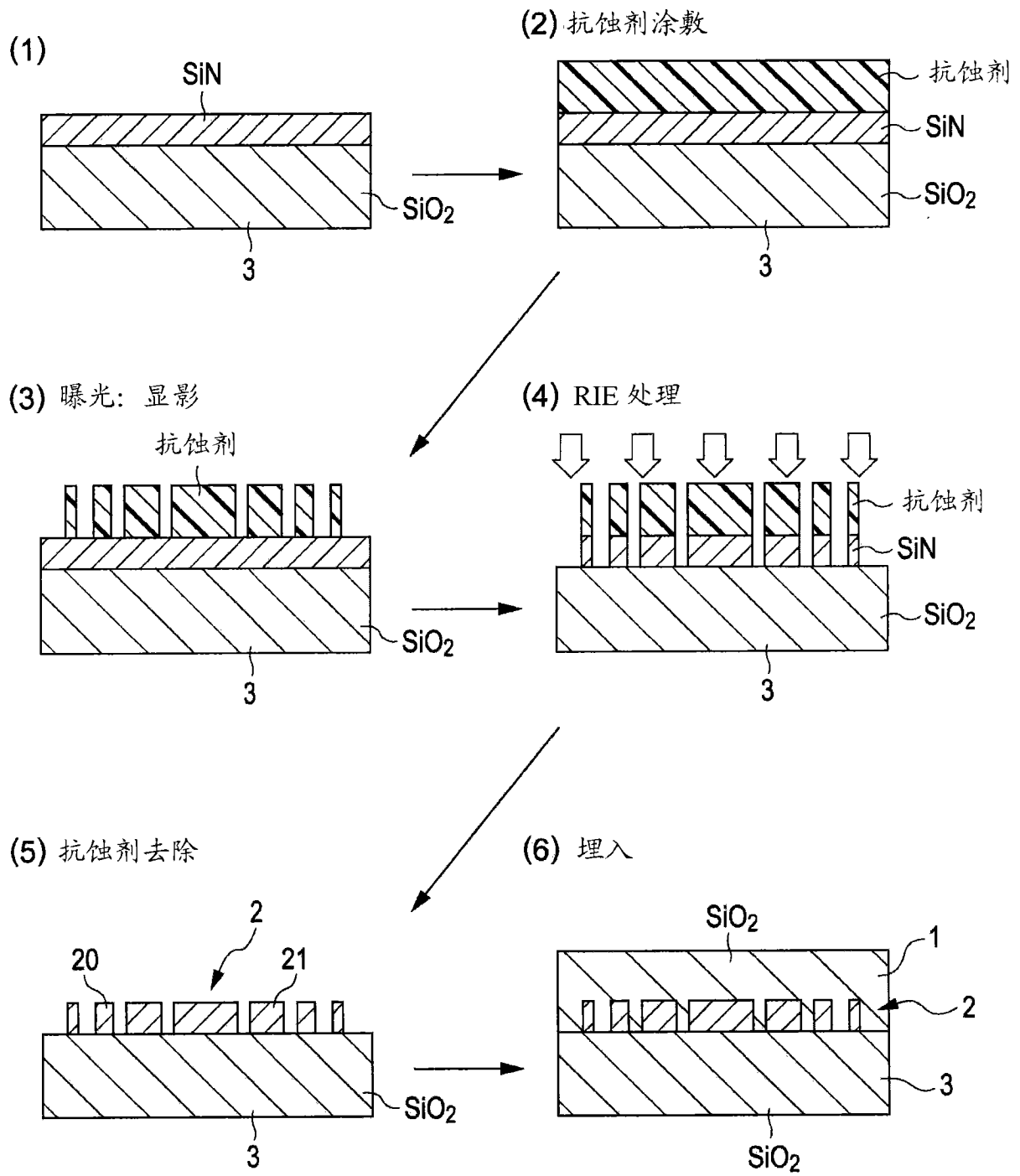


图 17A

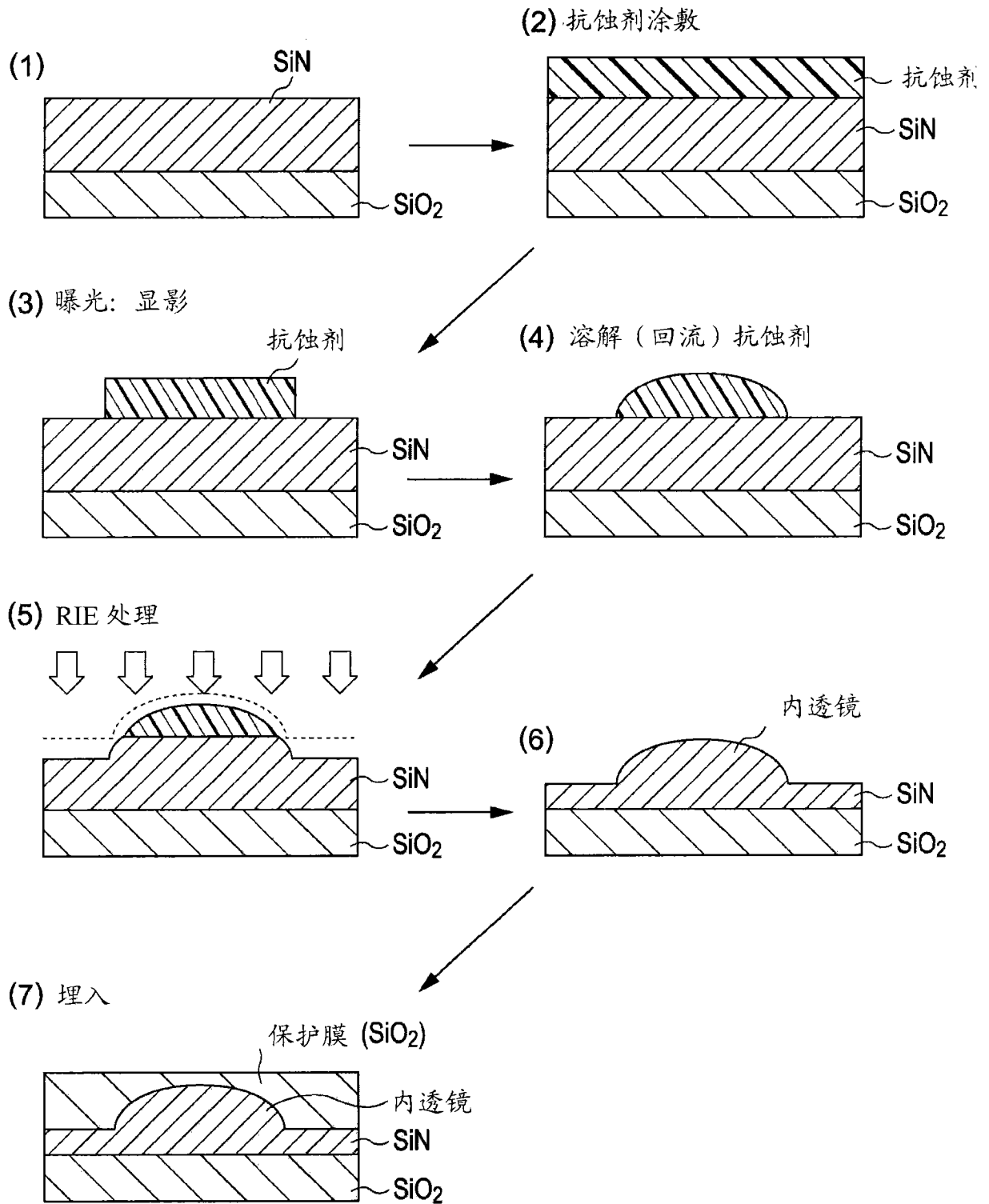


图 17B

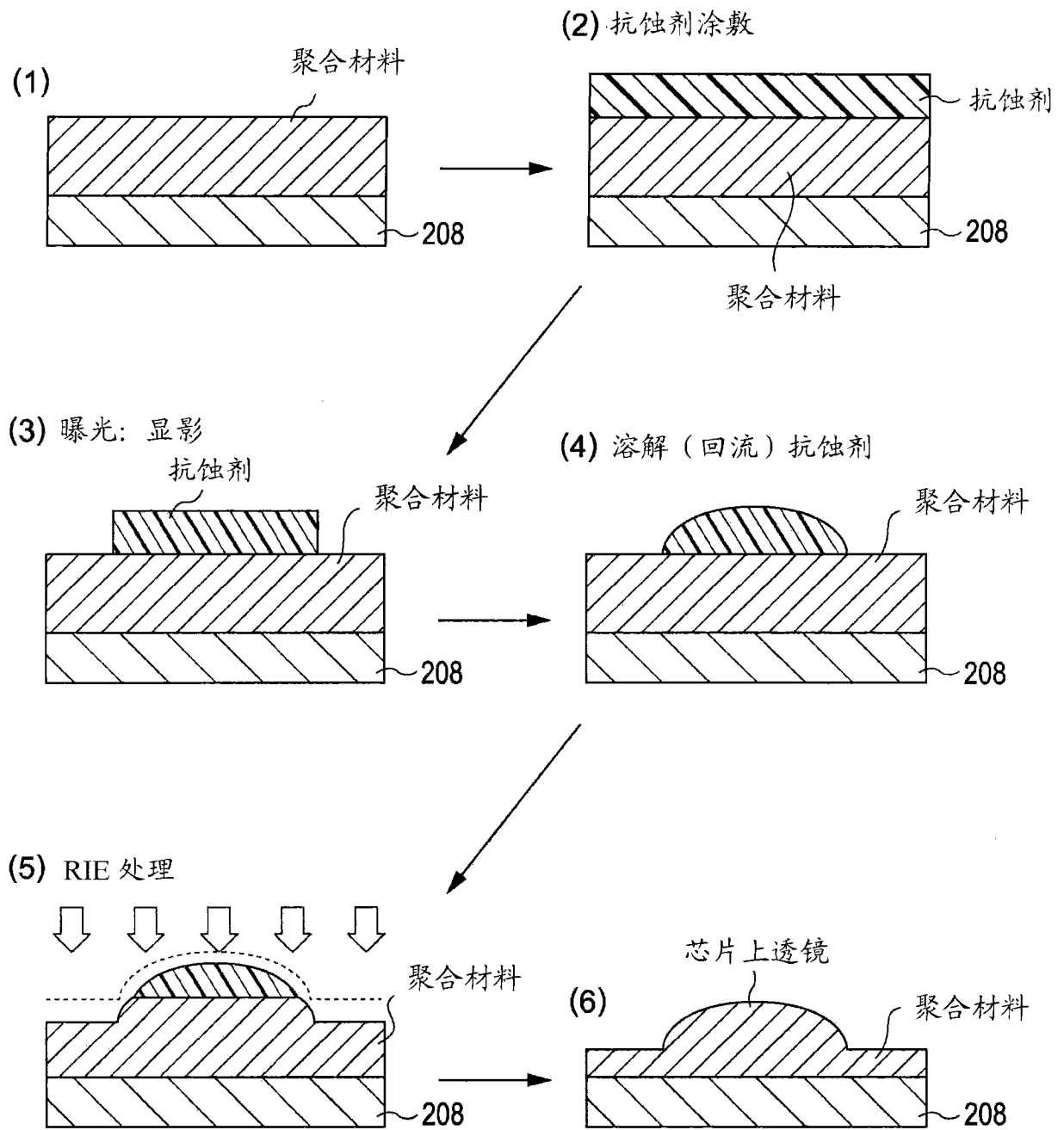


图 17C