



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102265138 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 200980152617. 2
 (22) 申请日 2009. 07. 30
 (30) 优先权数据
 2008-331531 2008. 12. 25 JP
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2011. 06. 24
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/JP2009/063581 2009. 07. 30
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02010/073770 JA 2010. 07. 01
 (73) 专利权人 住友电气工业株式会社
 地址 日本大阪府
 (72) 发明人 稻田博史 永井阳一
 (74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
 责任公司 11219
 代理人 孙志湧 穆德骏
 (51) Int. Cl.
 G01N 21/3504(2014. 01)

G01N 21/359(2014. 01)
 G01J 1/02(2006. 01)
 G01J 5/28(2006. 01)
 H01L 31/10(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101021474 A, 2007. 08. 22, 全文.
 WO 2007/120931 A1, 2007. 10. 25, 全文.
 CN 101330123 A, 2008. 12. 24, 全文.
 JP 特开 2007-201432 A, 2007. 08. 09, 全文.

审查员 李鹏飞

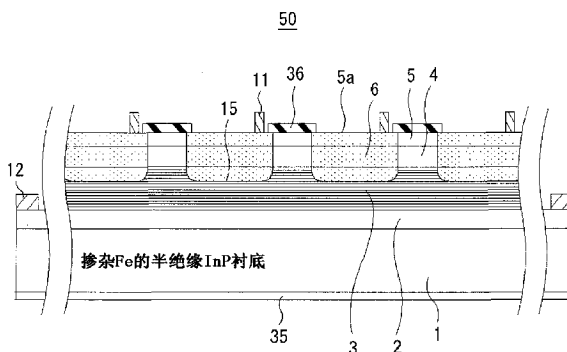
权利要求书2页 说明书19页 附图12页

(54) 发明名称

气体监测装置、燃烧状态监测装置、长期变化监测装置和杂质浓度监测装置

(57) 摘要

公开了一种气体监测装置,所述气体监测装置能够在没有冷却机构的情况下减小暗电流并且能够使用具有的光接收敏感性扩展到不小于1.8 μm波长的InP基光电二极管以高敏感性来监测气体。该气体监测装置的特征在于,该气体监测装置包括光接收层(3),其具有由III-V族半导体的多量子阱结构;pn结(15),其通过在光接收层中选择性地扩散杂质元素来形成,该光接收层中的杂质浓度不大于 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$,以及该气体监测装置接收具有不大于3 μm的至少一个波长的光以检测气体中所包含的气体成分等。



1. 一种气体监测装置,其用于使用具有 $3\mu\text{m}$ 以下的波长范围的近红外区中的光来监测气体,所述气体监测装置包括:

光接收元件,所述光接收元件包括设置在 InP 衬底上并且具有以下结构的半导体堆叠结构:InP 衬底/InP 缓冲层/具有由 InGaAs 和 GaAsSb 构成的多量子阱结构的吸收层/InGaAs 扩散浓度分布控制层/InP 窗口层,用于接收在近红外区中的光,

其中,所述光接收元件包括:

所述吸收层,所述吸收层形成在 InP 衬底上并且具有多量子阱结构,所述吸收层具有 $1.8\mu\text{m}$ 以上且 $3\mu\text{m}$ 以下的带隙波长;以及

所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层,所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层由 InGaAs 制成并且与所述吸收层相接触地设置在所述吸收层的表面侧上,该表面侧位于所述 InP 衬底的相反侧,

所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层具有比 InP 的带隙小的带隙,

在所述光接收元件中,通过经由所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层来选择性地扩散杂质元素来形成 pn 结以至到达所述吸收层,

在所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层中选择性地扩散的杂质元素的浓度在所述吸收层侧被降低至 $5\times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下,并且

所述光接收元件从所述气体接收具有至少一个 $3\mu\text{m}$ 以下的波长的光,以检测所述气体中包含的气体成分。

2. 根据权利要求 1 所述的气体监测装置,其中,

在位于和所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层的与所述吸收层相接触的表面相反的表面侧的所述杂质元素的浓度为 $1\times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上。

3. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,

在所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层和所述吸收层之间的边界处存在堆积的选择性扩散的杂质元素。

4. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,

所述吸收层具有 II 型量子阱结构。

5. 根据权利要求 4 所述的气体监测装置,其中,

所述吸收层具有由 InGaAs/GaAsSb 构成的多量子阱结构。

6. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,

所述 InP 衬底是相对于 (100) 沿 [111] 方向或 [11-1] 方向倾斜 5° 至 20° 的偏离角衬底。

7. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,

所述杂质元素是锌 (Zn),并且所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层由 InGaAs 构成。

8. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,还包括:

InP 窗口层,所述 InP 窗口层设置在所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层上。

9. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,

在所述 InP 衬底、所述吸收层和所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层中的任意两者中,晶格匹配度是 0.002 以下,其中所述晶格匹配度为 $|\Delta a/a|$, a 表示晶格参数, Δa 表示所述两者之间的晶格参数的差。

10. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,
一维或二维地布置多个所述光接收元件。
11. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,还包括:
成像装置,所述成像装置包括所述光接收元件的二维阵列,其中,利用所述成像装置来形成在所述气体中的预定范围内的所述气体成分的浓度分布和温度分布的图像。
12. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,
在所述光接收元件中,外延层顶侧用作光入射表面,其中所述外延层顶侧与所述 InP 衬底侧相反并且所述吸收层位于该外延层顶侧和该 InP 衬底侧之间,或者
所述 InP 衬底侧用作所述光入射表面,并且去除所述 InP 衬底或者将该 InP 衬底的厚度减小至与所述吸收层相同的厚度以下的厚度。
13. 一种燃烧状态监测装置,其包含根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,对于燃料或垃圾一类物质的燃烧状态进行监测。
14. 一种长期变化监测装置,其包含根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,对于仪器中的伴随长期变化而产生的气体成分进行监测。
15. 一种杂质浓度监测装置,其包含根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的气体监测装置,其中,对于从外部引入的气体中所含的杂质的气体成分的浓度进行监测。
16. 一种气体监测装置,其用于使用具有 $3\mu\text{m}$ 以下的波长范围的近红外区中的光来监测气体,所述气体监测装置包括:
光接收元件,所述光接收元件包括布置在 InP 衬底上并且具有以下结构的半导体堆叠结构:InP 衬底 / InP 缓冲层 / 具有由 GaInNAs (P, Sb) / GaAsSb 构成的多量子阱结构的吸收层 / InGaAs 扩散浓度分布控制层 / InP 窗口层,用于接收在近红外区中的光,
其中,所述光接收元件包括:
所述吸收层,所述吸收层形成在 InP 衬底上并且具有 II 型多量子阱结构,所述吸收层具有 $1.8\mu\text{m}$ 以上且 $3\mu\text{m}$ 以下的带隙波长;以及
所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层,所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层由 InGaAs 制成并且与所述吸收层相接触地设置在所述吸收层的表面侧上,该表面侧位于所述 InP 衬底的相反侧,
所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层具有比 InP 的带隙小的带隙,
在所述光接收元件中,通过经由所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层来选择性地扩散杂质元素来形成 pn 结以至到达所述吸收层,
在所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层中选择性地扩散的杂质元素的浓度在所述吸收层侧被降低至 $5\times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下,并且
所述光接收元件从所述气体接收具有至少一个 $3\mu\text{m}$ 以下的波长的光,以检测所述气体中包含的气体成分。
17. 根据权利要求 16 所述的气体监测装置,其中,
在位于和所述 InGaAs 扩散浓度分布控制层的与所述吸收层相接触的表面相反的表面侧的所述杂质元素的浓度为 $1\times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上。

气体监测装置、燃烧状态监测装置、长期变化监测装置和杂质浓度监测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及气体监测装置、燃烧状态监测装置、长期变化监测装置和杂质浓度监测装置,其通过使用对包括近红外区域的光敏感的半导体光接收元件来监测诸如燃烧器的工业设备或基础设施中的气体所包含的气体成分等(气体成分、诸如煤烟的漂浮物等)。

背景技术

[0002] 在诸如锅炉、燃烧器等设施中,检测根据操作状况变化的火焰或气体的状态,在操作过程中反应检测结果,以及另外,检验设施的劣化状态,以保持设施的维护。由于气体比固体更容易允许电磁波从其穿过,因此气体适于光学监测。具体来讲,近红外区域中的光适于监测由有机物质产生的气体,这是因为碳氢化合物等的气体的吸收光谱位于近红外区域内。然而,在通过近红外光谱法进行分析中,输出信号包括由于光接收元件导致的大量噪声。因此,为了在不完全依赖传感器(光接收元件)性能的改进的情况下提取关于输出信号的必要信息,使用分光计法、化学计量法等作为重要的方法。

[0003] 在近红外区域中,广义上,以上提及的传感器(光接收元件)分为作为固态组件的电子管和光电二极管(PD)。在这些传感器之中,PD具有小尺寸并且可以容易地高度集成,以形成一维阵列、二维阵列等,并因此,已广泛执行了对PD的研究和开发(非专利文献(NPL)1)。本发明的目标是用于生物成分的检测装置,所述检测装置包括PD。当前,使用的是下面的一个或多个PD阵列。(1)所述一个或多个PD阵列的实例是具有的敏感性达到红外区域并且在近红外区域中也具有敏感性的PD或其阵列。这种PD的具体实例包括锗(Ge)基PD、硫化铅(PbS)基PD、HgCdTe基PD、其一维阵列和其二维阵列。(2)所述一个或多个PD阵列的另一个实例是在近红外区域中的 $1.7\mu\text{m}$ 以下的波长处具有敏感性的InP基PD、包括在InP基PD种类中的InGaAs基PD及其阵列。本文中,InP基PD是指包括由III-V族化合物半导体组成并且形成在InP衬底上的吸收层的PD,并且InGaAs基PD也包括在InP基PD中。

[0004] 在以上的光电二极管之中,为了降低噪声,通常冷却(1)中描述的光电二极管。例如,大部分光电二极管在操作的同时在液氮温度(77K)下冷却或者通过用Peltier装置进行冷却。因此,包括这类光电二极管的装置具有大尺寸,并且装置成本增加。虽然这类装置可以在室温下使用,但是这些装置的问题在于,在 $2.5\mu\text{m}$ 以下的波长范围下的暗电流高并且检测能力低。另一方面,(2)中描述的InP基PD具有以下优点:(I)在与InP晶格匹配的InGaAs中,虽然暗电流小,但是PD的敏感性限于近红外区域中的 $1.7\mu\text{m}$ 以下的波长范围。(II)在延伸的InGaAs中,其中可以接收到光的波长区域被延伸至 $2.6\mu\text{m}$,暗电流高并且冷却是必要的。因此,在InP基PD中,不能使用对于提高气体监测的精度是重要的具有 $2.0\mu\text{m}$ 以上波长的光,或者,为了使用这种光必须对PD进行冷却。

[0005] 关于使用近红外光进行光学监测的实例,在维持其内的含有绝缘油的充油器械(如,充油(OF)线缆)中,通过检测油中溶解的气体所含有的多个碳氢化合物的成分比来检

验充油器械的劣化(专利文献(PTL)1 和 PTL2)。具体来讲,PTL2 提出了一种装置,该装置被构造成用于检测碳氢化合物气体的浓度和氢气的浓度,这些气体由于其双原子分子导致在红外区域中没有吸收光谱。在这种光学监测装置中,使用的光接收元件在 1.5 至 1.6 μm 的波长范围内具有敏感性。

[0006] 作为另一个实例,为了抑制诸如锅炉的燃烧装置中的氮氧化物、煤烟、一氧化碳的产生,提出了一种被构造成用于监测燃烧状态的光学监测装置(PTL3)。在这种装置中,使用多层光接收元件,在该元件中堆叠了硅光电二极管和 PbS 光电导元件。另外,也提出了一种包括组合的硅光电二极管和 Ge 光电二极管的多层光接收元件和包括组合的硅光电二极管和 PbSe 光电导元件的多层光接收元件。使用硅光电二极管的原因在于接收波长在可见光区域中的光或波长靠近可见光区域的光。

[0007] 此外,提出了一种红外照相机,其检测燃烧器中焚烧炉的整个部分的温度分布(PTL4)。这种红外照相机的光接收部分的内容是未知的。

[0008] 在制造大规模集成电路(LSI)等的制造过程中,在沉积外延膜中使用高纯度气体。然而,这些气体包含微量水分,这对 LSI 等的耐久性产生不利影响。为了监测气体所包含的这种微量水分,提出了一种装置,该装置被构造成用于使用以近红外区域中单波长振荡的激光光源来接收气体所发射的光并且用于通过锁定检测(lock-in detection)来检测数量级为 0.1 至 1ppm 的水分浓度(NPL2)。锗光电二极管用作在这种装置中的光接收元件。

[0009] 在用于检测气体成分的光接收装置和其他一般近红外光接收装置中,使用包括多级台阶缓冲层的 InGaAs、PbS、Ge、HgCdTe、延伸的 InGaAs 等的单个元件或元件阵列。对所有以上提及的气体监测装置共同的光接收波长范围是 1 至 1.8 μm 。然而,一些装置确定光接收波长范围的上限为约 2.0 μm 或 2.5 μm 。

[0010] 如上所述,至于 InGaAs,必须将敏感性延伸到近红外区域的长波长侧。为了提高敏感性,已提出了以下的方法。

[0011] (K1)增加 InGaAs 吸收层中的铟(In)比例,以及通过将 In 比例改变为阶梯状的阶梯缓冲层插入在吸收层和 InP 衬底之间,来吸收吸收层和 InP 衬底之间的晶格失配(PTL5)。

[0012] (K2)将氮(N)并入在 InGaAs 吸收层中以形成 GaInNAs 吸收层(PTL6)。通过并入大量 N 来满足与 InP 衬底形成晶格匹配。

[0013] (K3)通过提供由 GaAsSb 和 InGaAs 组成的 II 型多量子阱结构,来实现到长波长侧的光接收波长范围的延伸(NPL3)。满足与 InP 衬底的晶格匹配。

[0014] (K4)通过采用湿法蚀刻在光接收元件(像素)之间形成元件分离沟槽,来实现二维阵列的形成(PTL7)。

[0015] NPL1 :Masao Nakayama “Technology trend of infrared detecting elements”, Sensor Technology, 1989 March issue (Vol. 9, No. 3), p. 61-64。

[0016] NPL2 :Shang-Qian Wu, et al., “Detection of trace moisture in gas with diode laser absorption spectroscopy”, Journal of the Japan Society of Infrared Science and Technology, vol. 11, p. 33-40 (2001)。

[0017] NPL3 :R. Sidhu, “A Long-Wavelength Photodiode on InP Using Lattice-Matched GaInAs-GaAsSb Type-II Quantum Wells”, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 17, No. 12 (2005), pp. 2715-2717。

- [0018] PTL1 :日本未经审查的专利申请公布 No. 2007-120971
[0019] PTL2 :日本未经审查的专利申请公布 No. 09-304274
[0020] PTL3 :日本未经审查的专利申请公布 No. 05-79624
[0021] PTL4 :日本未经审查的专利申请公布 No. 05-196220
[0022] PTL5 :日本未经审查的专利申请公布 No. 2002-373999
[0023] PTL6 :日本未经审查的专利申请公布 No. 9-219563
[0024] PTL7 :日本未经审查的专利申请公布 No. 2001-144278

发明内容

[0025] 技术问题

[0026] 在上述光接收元件中,总而言之,已提出了其中使用了具有的波长达到最大2500nm的近红外光的元件。只要敏感性良好,波长的上限就优选为大的,这是因为可以得到大量信息。然而,为了如上所述使用包含PbS、HgCdTe等的光接收元件来接收具有的波长超过 $1.7\mu\text{m}$ 的光,必须解决诸如高暗电流和低检测能力的问题,并且必须增强检测分辨率。此外,在使用这种光接收元件同时进行冷却以便增强检测能力的情况下,气体监测装置具有大尺寸。

[0027] 虽然与InP衬底晶格匹配的InGaAs光接收元件在检测能力方面是优良的,但是与元件敏感性相对应的波长为 $1.7\mu\text{m}$ 以下。因此,光接收元件不适于检测(例如)在比此更长的波长范围中具有大量吸收光谱的气体成分。具体来讲,如在由有机物质产生的碳氢化合物气体中一样,在大量成分混合的情况下,为了提高分辨率,所期望的是使用可归因于气体成分的两个或更多个吸收带来全面检测作为检测目标的单个气体分量。然而,在使用两个或更多个吸收带的这种检测气体分量中, $1.7\mu\text{m}$ 或更少的敏感波长范围是非常不充分的。

[0028] 同时,如以上方法(K1)至(K4)中所描述的,存在不需要冷却并且在近红外区域的长波长侧处具有敏感性的光接收元件和光接收元件阵列的一些候选物。然而,这些候选物均具有以下问题。

[0029] (K1):由于InP衬底和吸收层没有完全彼此晶格匹配,因此由于高晶格缺陷密度导致的暗电流非常高。因此,不能实现足够高的动态范围(S/N比)并且噪声高。因此,暗点的数目(图像遗漏)增加。

[0030] 另外,为了实现晶格匹配,InP不能用作构成层压体顶层的窗口层,并且必须提供InAsP窗口层。因此,从近红外区域到较短波长侧的范围中的敏感度降低,其中,重要的吸收带位于一些生物成分中。

[0031] (K2):当N的数量约为10原子百分比,以便将带隙波长延伸到较长波长侧同时实现与InP的晶格匹配时,得到由良好晶体构成的GaInNAs是非常困难的。此外,为了充分增大敏感度,得到具有的厚度约为 $2\mu\text{m}$ 的GaInNAs是非常困难的并且几乎是不可能的。也就是说,不能得到清晰图像。

[0032] (K3):当通过普通方法将杂质引入到具有多量子阱结构的吸收层中时,多量子阱结构的晶体质量劣化。因此,制造成品率降低,由此提高了制造成本,并且不容易得到良好的晶体质量。因此,虽然光接收波长范围可以延伸到约 $2.5\mu\text{m}$ 的较长波长,但是不能得到清晰图像。

[0033] (K4):为了采用通过湿法蚀刻进行的元件分离来形成阵列,必须的是蚀刻剂足够深并均匀地进入沟槽。然而,蚀刻剂没有足够深并且均匀地进入沟槽,并且这种控制是困难的。因此,制造成品率降低。另一方面,当采用干法蚀刻时,光接收元件被损坏。具体来讲,接收根据波长衍射的光的装置,例如气体监测装置的情况下,以上损坏不能被接受。

[0034] 如果可以容易地使用在不利用冷却机制的情况下抑制暗电流的光电二极管来以高敏感性执行近红外光谱技术,则还可以在气体监测中检测到微量气体成分和非常少量的温度变化,并因此可以增加可用性。

[0035] 本发明的目的在于提供气体监测装置、包括气体监测装置的燃烧状态监测装置、长期变化监测装置和杂质浓度监测装置,该气体监测装置能够通过使用在不提供冷却机制的情况下暗电流减小并且敏感性延伸到 $1.8\mu\text{m}$ 以上的波长的 InP 基光电二极管来执行气体监测。

[0036] 问题的解决方法

[0037] 本发明的气体监测装置是一种使用波长范围为 $3\mu\text{m}$ 以下的近红外区域中的光来监测气体的装置。所述气体监测装置包括:接收在所述近红外区域中的光的光接收元件,并且所述光接收元件包括形成在 InP 衬底上并具有多量子阱结构的吸收层。所述吸收层具有 $1.8\mu\text{m}$ 以上且 $3\mu\text{m}$ 以下的带隙波长,并且在所述吸收层的表面侧上设置扩散浓度分布控制层,所述表面侧与所述 InP 衬底相对。所述扩散浓度分布控制层具有的带隙小于 InP 的带隙。在所述光接收元件中,通过经由所述扩散浓度分布控制层选择性地扩散杂质元素以便到达所述吸收层来形成 pn 结。所述吸收层中的所述杂质元素的浓度为 $5\times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下。所述光接收元件从所述气体接收光以检测气体中包含的气体成分等(气体成分、诸如细小颗粒的漂浮物等),所述光具有的波长为 $3\mu\text{m}$ 以下中的至少一种。

[0038] 根据以上构造,通过将杂质元素的浓度降低为 $5\times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下,可以形成具有的带隙能量对应于近红外区域的多量子阱结构,而不会破坏多量子阱结构,也就是说,不会使晶体质量受损。此外,选择性地扩散用于形成光接收元件的 pn 结的杂质,也就是说,通过扩散将杂质引入到光接收元件的外周部的内部,使得外周部中的扩散在二维方向上受限制。因此,引入杂质,使得光接收元件彼此分离。因此,可以采用高精度容易地形成光接收元件中的每个,并且不需要设置元件分离沟槽。因此,可以形成具有低暗电流的光接收元件。因此,在 $3\mu\text{m}$ 以下的波长中,在不进行冷却的情况下能够以高敏感性接收光。在 0.9 至 $3\mu\text{m}$ 的波长范围中,存在气体包含的气体成分(分子)的多个吸收带。因此,可以同利用以上使用多个吸收带的气体监测装置来执行检测。因此,可以提高检测精度。

[0039] 通过将扩散浓度分布控制层的带隙控制成小于 InP 的带隙,即使当扩散浓度分布控制层的吸收层侧处的厚度范围的杂质元素浓度降低时,电阻也可以被抑制为低。因此,可以防止响应时间的缩短。更具体来讲,扩散浓度分布控制层的带隙被控制为小于 InP 衬底的带隙的原因如下:

[0040] (1) 当近红外区域的吸收层由 III-V 族化合物半导体形成时,在某些情况下,具有的带隙能量大于吸收层的带隙能量的材料用作窗口层。在这种情况下,考虑到晶格匹配等,与半导体衬底相同的材料通常用作窗口层。假设扩散浓度分布控制层的带隙能量小于窗口层的带隙能量并且大于吸收层的带隙能量。这是因为,如果扩散浓度分布控制层的带隙能量小于吸收层的带隙能量并且采用了其中外延层的顶表面用作入射表面的结构,则扩散浓

度分布控制层吸收应该由吸收层吸收的光,由此降低吸收层的敏感性。

[0041] (2) 通过使用具有的带隙能量小于通常用作窗口层的材料的大带隙能量的材料,即使当杂质浓度降低时,也可以抑制电阻的增大或者电气传导率的减小。结果,如上所述,在施加电压的状态下,可以抑制响应时间的缩短。

[0042] 这里,“检测”可以是指预定成分的校准曲线(预定成分的浓度和所述波长处的光的强度或吸收率之间的关系)被预先准备,并且预定成分的浓度或含量被确定。可替代地,“检测”可以是指其中没有使用这种校准曲线的方法。注意的是,以上的 pn 结应该如下广义理解。在吸收层中,当与通过选择性扩散引入杂质元素的表面相反的表面侧上的区域是其中杂质浓度低得足以使杂质区域被视为本征半导体的杂质区域(也称作“i 区域”)时,该 i 区域和通过选择性扩散形成的杂质区域之间形成的结也包括在 pn 结中。也就是说,以上提及的 pn 结可以是 pi 结、ni 结等。此外, pn 结还包括其中 pi 结中的 p 浓度或 ni 结中的 n 浓度非常低的情况。

[0043] 在所述扩散浓度分布控制层中,所述杂质元素的浓度分布可以从与所述吸收层相反侧上的约 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上的高浓度降低至所述吸收层侧上的 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下。在这种情况下,可以确保多量子阱结构的良好晶体质量,同时减小在顶表面侧上设置的电极的界面电阻或者允许形成电极的欧姆接触。可以通过控制扩散浓度分布控制层的带隙能量使其小于如上所述的对应于 InP 的带隙能量的带隙能量,来减小由于扩散浓度分布控制层的一部分中杂质浓度低造成电阻增大或电气传导率减小的问题。

[0044] 所述吸收层可以具有 II 型量子阱结构。在这种情况下,在电磁波的吸收中,可以执行电子从高价带的层到低导带的层的跃迁。因此,可以容易地得到对较长波长中的光的敏感性。

[0045] 所述吸收层可以具有由(InGaAs/GaAsSb)组成的多量子阱结构或由(GaInNAs(P, Sb)/GaAsSb)组成的多量子阱结构。这里,(GaInNAs(P, Sb)/GaAsSb)意味着(GaInNAsP/GaAsSb)、(GaInNAsSb/GaAsSb)、(GaInNAsPSb)/GaAsSb)或(GaInNAs/GaAsSb)。在这种情况下,可以通过使用迄今为止积累的材料和技术容易地得到具有良好晶体质量和低暗电流的光接收元件。

[0046] 所述 InP 衬底可以是在 [111] 方向或 [11-1] 方向上相对于(100)倾斜 5° 至 20° 的偏离角衬底。在这种情况下,可以得到包括吸收层的层压体,所述吸收层具有其中缺陷密度低并且具有良好晶体质量的多量子阱结构。因此,可以得到其中暗电流被抑制并且暗点数目少的吸收层。

[0047] 所述杂质元素可以是锌(Zn),并且所述扩散浓度分布控制层可以由 InGaAs 组成。在这种情况下,扩散浓度分布控制层可以由电阻对杂质浓度依赖小的材料形成,即使在低杂质浓度下,所述材料具有的电阻也没有显著增大。通过抑制电阻增大来防止响应时间的劣化。另外,用作杂质的锌迄今为止广泛用于选择性扩散中,并且能够以高精度形成扩散区域。因此,可以防止扩散浓度分布控制层下侧上的电阻增大,同时在扩散浓度分布控制层中上侧(即,扩散引入侧)的高杂质浓度向着下侧(即,吸收层侧)减少。因此,可以防止在具有多量子阱结构的吸收层中形成具有高杂质浓度的区域。结果,可以在不降低响应性的情况下,得到具有良好晶体质量且具有量子阱结构的光接收元件。注意的是, InGaAs 的带隙能量为 0.75eV。

[0048] InP 窗口层可以设置在所述扩散浓度分布控制层上。由 InP 组成的窗口层的形成没有降低内部设置的半导体堆叠结构的晶体质量。因此,当采用其中外延层设置在入射表面侧上的结构时,InP 窗口层还有效地用于抑制暗电流,同时防止例如在比吸收层更靠近入射侧的位置处的近红外光的吸收。此外,与用于在其他晶体表面上形成钝化膜的技术,例如用于在 InGaAs 表面上形成钝化膜的技术)相比,已经积累并且在技术上建立了用于在 InP 晶体表面上形成钝化膜的技术。因此,可以容易地抑制表面上的电流泄漏。

[0049] 在 InP 衬底、构成吸收层的量子阱结构的各个层和扩散浓度分布控制层中的任两者中,晶格匹配度($|\Delta a/a'|$; 其中, a 代表晶格参数并且 Δa 代表两者之间的晶格参数差)可以是 0.002 以下。通过采用这种构造,可以通过使用共同可利用的 InP 衬底来得到具有良好晶体质量的吸收层。因此,在具有的波长为 $1.8\mu\text{m}$ 以上的近红外光的光接收元件或光接收元件阵列中,可以显著抑制暗电流。

[0050] 可以一维排列或二维地排列多个光接收元件。在光接收元件阵列中,多个光接收元件包括公共的半导体堆叠结构,通过选择性扩散将杂质元素引入到用于光接收元件中的每个的吸收层,并且光接收元件被布置成一维或二维。根据这种构造,由于光接收元件形成在各个杂质扩散区域中,因此不需要设置元件分离沟槽。因此,可以形成以高精度容易形成并且其中暗电流可以减小的光接收元件阵列。

[0051] 所述气体监测装置可以包括所述光接收元件的二维阵列,并且可以利用所述成像装置来形成所述气体中的所述气体成分浓度分布和温度分布的图像。在这种情况下,可以得到目标对象中包含的预定成分分布图像,容易在视觉上理解所述分布图像。

[0052] 在所述光接收元件中,所述外延层顶侧可以用作光入射表面,所述外延层顶侧与所述 InP 衬底侧相反并且所述吸收层位于其间,或者所述 InP 衬底侧可以用作所述光入射表面并且可以去除 InP 衬底或者所述 InP 衬底的厚度可以减小成与所述吸收层的厚度相同的厚度以下。在这种情况下,可以防止可见区域至近红外区域中的光由 InP 衬底吸收,并且可以提高比近红外区域的波长短的波长处的敏感性。结果,可以监测从火焰发射光的颜色、燃烧期间的垃圾、煤烟、变色传感器等,并且可以实现所检测内容的延伸和检测精度的提高。至于来自气体的光,可以监测气体成分等(气体成分、气体中的漂浮物等)的吸收光谱和/或发射光谱。因此,除了气体成分浓度之外,还可以监测气体的温度等。

[0053] 本发明的燃烧状态监测装置包括上述气体监测装置中的任何一种,其中诸如燃料或垃圾的物质的燃烧状态被监测。通过采用这种构造,例如,可以保持合适的燃烧状态,同时抑制诸如 NO_x 的有害气体的产生。

[0054] 本发明的长期变化监测装置包括上述气体监测装置中的任何一种,其中,由器械中的长期变化而产生的气体成分被监测。通过采用这种构造,例如,可以检测用于电力传输的 OF 线缆的长期劣化,以防止发生事故。

[0055] 本发明的杂质浓度监测装置包括上述气体监测装置中的任何一种,其中从外部引入的气体中包含的杂质的气体成分的浓度被监测。通过采用这种构造,例如,在使用高纯度工艺气体的半导体制造中,监测诸如水分的微量有害杂质,并且因此可以采取迅速的动作。结果,可以保持所得到产品的质量。

[0056] 本发明的有益效果

[0057] 根据本发明的气体监测装置和包括该气体监测装置的燃烧状态监测装置等,可以

通过使用 InP 基光接收元件以高敏感性来检测气体中包含的气体成分,其中,在不提供冷却机制的情况下暗电流减小并且敏感性延伸到 $1.8\mu\text{m}$ 以上的波长。

附图说明

- [0058] [图 1] 图 1 是示出根据本发明的实施例 1 的光接收元件的横截面图。
- [0059] [图 2] 图 2 是示出图 1 所示的光接收元件中的 Zn 浓度分布的图。
- [0060] [图 3] 图 3 是示出根据本发明的实施例 1 的光接收元件阵列的横截面图。
- [0061] [图 4] 图 4 是与本发明不同的参考实例 1 的光接收元件的横截面图。
- [0062] [图 5] 图 5 是示出图 4 所示的光接收元件中的 Zn 浓度分布的图。
- [0063] [图 6] 图 6 是与本发明不同的参考实例 2 的光接收元件的横截面图。
- [0064] [图 7] 图 7 是示出图 6 所示的光接收元件中的 Zn 浓度分布的图。
- [0065] [图 8] 图 8 是示出根据本发明的实施例 2 的成像装置概况的视图。
- [0066] [图 9] 图 9 是示出图 8 所示的成像装置的光接收元件阵列的视图。
- [0067] [图 10] 图 10 是示出图 9 所示的光接收元件阵列中的一个光接收元件的视图。
- [0068] [图 11] 图 11 是外延面朝上安装的光接收元件的横截面图。
- [0069] [图 12] 图 12 是外延面朝下(倒装芯片)安装的光接收元件的横截面图。
- [0070] [图 13] 图 13 是示出根据本发明的实施例 3 的气体监测装置(1)的视图。
- [0071] [图 14] 图 14 是示出图 13 所示气体监测装置(1)附着到 OF 线缆的油中气体分离单元的状态的视图。
- [0072] [图 15] 图 15 是示出氢传感器和穿过氢传感器设置的光纤维的视图。
- [0073] [图 16] 图 16 是示出 OF 线缆的长期劣化水平和气体成分之间关系的实例的曲线图。
- [0074] [图 17] 图 17 是示出适于除了近红外区域中的敏感性之外的可见范围中的敏感性是必须的这种情况的本发明的光接收元件实例的视图。
- [0075] [图 18] 图 18 是示出图 13 所示的气体监测装置(1)的修改形式的视图。
- [0076] [图 19] 图 19 是示出图 19 所使用的氢传感器的视图。
- [0077] [图 20] 图 20 是示出根据本发明的实施例 4 的气体监测装置(2)的燃烧状态监测装置的视图。
- [0078] [图 21] 图 21 是示出火焰光的光谱实例的视图。
- [0079] [图 22] 图 22 是示出根据本发明的实施例 5 的气体监测装置(3)的温度分布测量装置的视图。
- [0080] [图 23] 图 23 是示出图 22 所示的气体监测装置(3)中的成像装置的视图。
- [0081] [图 24] 图 24 是示出用于说明图 22 所示的气体监测装置(3)原理的水的发射光谱的曲线图。
- [0082] [图 25] 图 25 是示出用于说明图 22 所示的气体监测装置(3)原理的水的吸收光谱的曲线图。
- [0083] [图 26] 图 26 是示出根据本发明的实施例 6 的气体监测装置(4)的杂质监测装置的视图。
- [0084] [图 27] 图 27 是实例中使用的光接收元件阵列的局部横截面图。

[0085] [图 28] 图 28 是示出元件之间距离和实例中测量的暗电流之间的关系的曲线图。

[0086] [图 29] 图 29 是示出实例中的在深度方向上的 Zn 浓度分布的曲线图。

具体实施方式

[0087] (实施例 1- 半导体光接收元件阵列的结构)

[0088] 图 1 是示出根据本发明实施例的光接收元件 10 的横截面图。参照图 1, 光接收元件 10 包括设置在 InP 衬底 1 上并且具有以下结构的 III-V 族半导体堆叠结构(外延晶片)。

[0089] (InP 衬底 1/InP 缓冲层 2/ 具有由 InGaAs 或 GaInNAs 和 GaAsSb 组成的多量子阱结构 /InGaAs 扩散浓度分布控制层 4/InP 窗口层 5)

[0090] 通过从由 SiN 膜组成的选择性扩散掩模图案 36 的开口选择性地扩散作为 p 型杂质的 Zn, 来形成从 InP 窗口层 5 延伸到具有多量子阱结构的吸收层 3 的 p 型区域 6。通过使用由 SiN 膜组成的选择性扩散掩模图案 36 来执行扩散, 可以通过扩散将 p 型杂质引入到光接收元件 10 的外周部的内部中, 使得外周部中的扩散被二维地限制。

[0091] 由 AuZn 组成的 p 侧电极 11 和由 AuGeNi 组成的 n 侧电极 12 分别设置在 p 型区域 6 和 InP 衬底 1 的反面上, 以便形成欧姆接触。在这种情况下, InP 衬底 1 被掺杂 n 型杂质, 以便具有预定水平的电气传导率。在 InP 衬底 1 的反面上还设置由 SiON 组成的抗反射膜 35, 使得当光从 InP 衬底的反面侧入射时还可以使用光接收元件 10。

[0092] 在与 p 型区域 6 的边界前部相对应的位置处具有多量子阱结构的吸收层 3 中, 形成 pn 结。通过在 p 侧电极 11 和 n 侧电极 12 之间施加反向偏置电压, 在其中 n 型杂质浓度低(n 型杂质本底)的侧上更大范围地产生耗尽层。具有多量子阱结构的吸收层 3 中的本底具有约 $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 以下的 n 型杂质浓度(载流子浓度)。pn 结的位置 15 由具有多量子阱的吸收层 3 的本底(n 型载流子浓度)和用作 p 型杂质的 Zn 浓度分布之间的交点来确定。也就是说, pn 结 15 位于图 2 所示的位置处。

[0093] 在扩散浓度分布控制层 4 中, 从 InP 窗口层 5 的表面 5a 选择性扩散的 p 型杂质的浓度从 InP 窗口层侧的高浓度区域急剧地降低到吸收层侧。因此, 在吸收层 3 中, 可以实现 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下的 Zn 浓度作为杂质浓度。在图 2 中, 在吸收层 3 中实现约 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下的较低 Zn 浓度。

[0094] 由于本发明针对的光接收元件 10 的目标在于在从近红外区域至其长波长侧的范围中具有敏感性, 因此窗口层优选地由具有的带隙能量大于吸收层 3 的带隙能量的材料组成。为此, 通常使用 InP 作为窗口层, InP 是具有的带隙能量大于吸收层的带隙能量并具有良好晶格匹配度的材料。可替代地, 还可以使用 InAlAs, 其具有的带隙能量基本上等于 InP 的带隙能量。

[0095] (本实施例的光接收元件阵列的要点)

[0096] 本实施例的特征在于包括以下的因素。

[0097] 1. 当通过选择性地扩散来将高浓度杂质引入到多量子阱结构时, 多量子阱结构被破坏。因此, 必须的是将通过选择性地扩散引入的杂质量抑制为低。总的来说, 必须的是将通过扩散引入的 p 型杂质浓度控制为 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下。

[0098] 2. 为了在实际生产过程中以良好的可重复性稳定地实现以上低浓度的 p 型杂质, 在吸收层 3 上设置由 InGaAs 组成的扩散浓度分布控制层 4。如果在扩散浓度分布控制层

4 中,吸收层侧处的厚度范围具有以上提及的低杂质浓度,则低杂质浓度范围中的导电特性降低或者低杂质浓度范围中的电阻增大。当扩散浓度分布控制层 4 中的低杂质浓度范围的导电特性降低时,响应性降低,以及例如,不能得到良好的运动图像。然而,在扩散浓度分布控制层由具有的带隙能量比与 InP 的带隙能量相对应的带隙能量小的材料来形成,具体来讲,由具有的带隙能量小于 1.34eV 的 III-V 族半导体材料形成的情况下,即使杂质浓度低,导电特性不会非常明显地降低。满足以上扩散浓度分布控制层要求的 III-V 族半导体材料的实例是 InGaAs。

[0099] 将更详细地描述将吸收层的杂质浓度控制为 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下的原因。如果吸收层 3 中的 Zn 浓度超过 $5 \times 10^{17}\text{cm}^3$,则因为例如 p 型杂质(Zn)的选择性地扩散的深度增加,所以在具有 Zn 浓度大于 $1 \times 10^{17}\text{cm}^3$ 的所得的高浓度部分中,构成量子阱层的 InGaAs 和 GaAsSb 的原子彼此混乱,由此超晶格结构被破坏。破坏部分的晶体质量劣化,由此元件特性劣化,例如,暗电流增大。这里,通常通过二次离子质谱仪(SIMS)来测量 Zn 浓度。然而,难以分析数量级为 10^{17}cm^{-3} 或 10^{16}cm^{-3} 的浓度,并且产生相对大的测量误差。以上的详细描述涉及讨论关于具有双倍精度或一半精度的 Zn 浓度值,并且这是由测量精度的这种粗糙度所导致的。因此,例如,因为测量精度低,所以讨论 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 和 $6 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 之间的差是困难的,并且不是非常明显的。

[0100] 通过使用具有窄带隙能量的材料作为扩散浓度分布控制层,即使在低杂质浓度处,也可以抑制电阻的增加。相信的是,通过由电容和电阻确定的 CR 时间常数来确定对施加反向偏置电压等的响应时间。因此,可以通过抑制如上所述的电阻 R 增加来缩短响应时间。

[0101] 3. 在本实施例中,多量子阱结构具有 II 型结构。在 I 型量子阱结构中,在包括其中具有小带隙能量的半导体层夹在具有大带隙能量的半导体层之间以便提供近红外区域中的敏感性的结构的光接收元件的情况下,通过具有小带隙能量的半导体层的带隙来确定敏感性的波长(截止波长)的上限。也就是说,由光引起的电子和空穴的跃迁在具有小带隙能量的半导体层中执行(直接跃迁)。在这种情况下,在 III-V 族化合物半导体之中,将截止波长延伸至长波长范围的材料是非常有限的。相比之下,在 II 型量子阱结构中,当具有相同费米能量的两种不同类型的半导体层交替堆叠时,第一半导体的导带和第二半导体的价带之间的能量差确定敏感性的波长(截止波长)的上限。也就是说,在第二半导体的价带和第一半导体的导带之间执行由光造成的电子或空穴的跃迁(间接跃迁)。因此,通过控制第二半导体的价带能量使其高于第一半导体的价带的能量,并且控制第一半导体的导带的能量使其低于第二半导体的导带的能量,与单个半导体中执行直接跃迁的情况相比,敏感性能够容易地延伸到长波长侧。

[0102] 4. 如上所述,通过扩散将 p 型杂质引入到光接收元件的外周部的内部中,使得通过使用选择性地扩散掩模图案来执行选择性扩散,使外周部中的扩散被二维地受限。因此,上述 pn 结没有暴露在光接收元件的边缘上。结果,光电流的泄漏被抑制。

[0103] 图 3 是示出其中上述多个光接收元件 10 被布置在包括公共 InP 衬底的外延晶片上的光接收元件阵列 50 的横截面图。这种光接收元件阵列 50 的特征在于在没有元件分离沟槽的情况下布置多个光接收元件 10。如以上的第 4 项所描述的,p 型区域 6 被限制在光接收元件中的每个内,并且与相邻的光接收元件可靠地分离。吸收层 3 被形成为具有多量

子阱结构,扩散浓度分布控制层 4 布置在吸收层 3 上,并且吸收层 3 中的 p 型杂质浓度被控制为 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下。这些要点等与图 1 所示的光接收元件 10 的要点相同。

[0104] 接着,将描述用于制造图 1 所示的光接收元件 10 的方法。具有的厚度为 $2 \mu\text{m}$ 的 InP 缓冲层 2 或 InGaAs 缓冲层 2 被沉积在 n 型 InP 衬底 1 上。随后,形成具有由(InGaAs/GaAsSb) 或(GaInNAs/GaAsSb) 组成的多量子阱结构的吸收层 3。形成单元量子阱结构的 InGaAs 层(或 GaInNAs 层)的厚度为 5nm,并且对的数目(单元量子阱的重复数目)是 300。随后,作为用于通过扩散引入 Zn 的扩散浓度分布控制层 4,具有的厚度为 $1 \mu\text{m}$ 的 InGaAs 层在吸收层 3 上外延地生长。最后,接着外延生长具有的厚度为 $1 \mu\text{m}$ 的 InP 窗口层 5。优选地,通过分子束外延(MBE)法来外延地生长吸收层 3 和扩散浓度分布控制层 4。可以通过 MBE 法来外延生长 InP 窗口层 5。可替代地,可以在生长扩散浓度控制层 4 之后从 MBE 设备中取出 InP 衬底 1,并且可以通过金属有机气相外延(MOVPE)法来外延生长 InP 窗口层 5。

[0105] InP 缓冲层 2 或 InGaAs 缓冲层 2 可以不被掺杂或者可以被掺杂有浓度为约 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 的诸如硅(Si)的 n 型掺杂剂。具有由 InGaAs/GaAsSb (或 GaInNAs/GaAsSb) 组成的多量子阱结构的吸收层 3、由 InGaAs 组成的扩散浓度分布控制层 4 和 InP 窗口层 5 优选地不被掺杂。然而,这些层可以被掺杂有极微量(例如,约 $2 \times 10^{15}/\text{cm}^3$)的诸如 Si 的 n 型掺杂剂。此外,用于形成 n 侧电极的高浓度 n 侧电极形成层、被掺杂有约 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的 n 型掺杂剂的 n 侧电极形成层可以被插入在 InP 衬底 1 和缓冲层 2 之间。InP 衬底 1 可以是掺杂 Fe 的半绝缘 InP 衬底。在这种情况下,掺杂有约 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的 n 型掺杂剂的 n 侧电极形成层被插入在半绝缘 InP 衬底 1 和缓冲层 2 之间。

[0106] 使用包括上述 InP 衬底 1 的堆叠结构(外延晶片)来生产光学装置。从形成在 InP 窗口层 5 的表面 5a 上的 SiN 掩模图案 36 的开口,执行对 Zn 的选择性扩散。因此,p 型区域 6 被形成为在具有 InGaAs/GaAsSb (或 GaInNAs/GaAsSb) 多量子阱结构的吸收层 3 中延伸。P 型区域 6 的前端部形成 pn 结 15。在这种情况下,具有约 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上的 Zn 浓度的高浓度区域被限制在 InGaAs 扩散浓度分布控制层 4 中。也就是说,以上的高浓度杂质分布从 InP 窗口层 5 的表面 5a 在深度方向上继续到 InGaAs 扩散浓度分布控制层 4 的内部,并且在扩散浓度分布控制层 4 中的较深位置处降低至 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下。pn 结 15 附近的 Zn 浓度分布示出渐变型结。

[0107] 至于光接收元件 10 的一维或二维布置,也就是说,图 3 所示的光接收元件阵列,通过执行 Zn 的选择性扩散(被二维限制使得扩散部分设置在每个光接收元件的外周部内的扩散),相邻的光接收元件彼此分离,而不用执行用于元件分离的台面蚀刻。具体来讲,Zn 选择性扩散区域 6 构成一个光接收元件 10 的主要部分并且形成一个像素,并且其中不扩散 Zn 的区域将各个像素彼此分开。因此,光接收元件阵列没有经受(例如)由于台面蚀刻造成的晶体损伤,并因此可以抑制暗电流。

[0108] PTL7 所描述的关注是,在通过杂质的选择性扩散而形成 pn 结的情况下,元件之间的距离不能降低到特定尺度以下,这是因为杂质不仅在深度方向上扩散,而且在横向方向(与深度方向正交的方向)上扩散。然而,根据 Zn 的选择性扩散的实验结果,确认的是,在其中 InP 窗口层 5 布置在顶表面上且 InGaAs 扩散浓度分布控制层 4 布置在 InP 窗口层 5 下方的结构中,在横向方向上的扩散面积基本上等于或小于在深度方向上的扩散面积。也就是说,在 Zn 的选择性扩散中,虽然 Zn 在横向方向上扩散使得扩散区域的直径大于掩模图

案的开口直径,但是横向扩散的程度小并且区域仅略微从掩模图案的开口扩张,如例如图 1 和图 3 所示意性示出的。

[0109] 图 4 是与本发明不同的参考实例 1 的光接收元件 110 的横截面图。参考实例 1 的光接收元件 110 具有以下的堆叠结构。

[0110] (InP 衬底 10/InP 或 InGaAs 缓冲层 102/ 具有(GaInNAs/GaAsSb)多量子阱结构的吸收层 103/InP 窗口层 105)

[0111] 这种堆叠结构与本发明实施例的堆叠结构的不同之处在于,不提供扩散浓度分布控制层。也就是说,具有多量子阱结构的吸收层 103 被设置在 InP 窗口层 105 正下方。

[0112] 当不提供扩散浓度分布控制层时,如图 5 中所示,例如,关于 Zn 浓度分布,高浓度区域延伸到具有多量子阱结构的吸收层 103。具体来讲,在多量子阱结构中形成具有 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ (其超过 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$) 的浓度的高浓度杂质区域。当在多量子阱结构中引入高浓度杂质时,结构被破坏,并且暗电流显著增加。为了防止在多量子阱结构中形成这种高浓度杂质区域,形成扩散浓度分布控制层,然后执行选择性扩散。

[0113] 然而,存在用于实现以下关于 Zn 的选择性扩散的想法的可能性。

[0114] (1) 通过扩散进行引入所需的时间被限制为短时间,使得高浓度区域没有达到多量子阱结构 103。

[0115] (2) InP 窗口层 105 的厚度增大,使得 InP 窗口层 105 具有扩散浓度分布控制层的功能。

[0116] 图 6 是示出用于检验上述的(1)和(2)情况的参考实例 2 的光接收元件 110 的横截面图。参考实例 2 的光接收元件 110 具有与参考实例 1 的光接收元件的堆叠结构基本相同的堆叠结构,但是 InP 窗口层 105 的厚度大于参考实例 1 的厚度。参考实例 2 的光接收元件 110 对应于以上(2)的情况,但是还可以用于检验以上(1)的情况。在图 6 所示的堆叠结构中,执行选择性扩散,使得在多量子阱结构 103 中不形成 Zn 的高浓度区域。因此,得到图 7 所示的 Zn 浓度分布。在图 7 所示的 Zn 浓度分布的情况下,在 InP 窗口层 105 中,Zn 浓度从高浓度急剧减少至低浓度,并且具有浓度为约 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 的低浓度杂质区域被形成在吸收层侧处的 InP 窗口层 105 中。

[0117] 当在 InP 窗口层 105 中形成具有浓度为约 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 的这种低浓度杂质区域时,区域中的电阻增大,由此响应时间降低,如以上重复描述的。因此,扩散浓度分布控制层的功能不能被提供到具有带隙能量的材料,所述带隙能量大得足以形成由这类典型材料构成的窗口层,具体来讲,形成 InP 窗口层 105。这适用于以上(1)和(2)的情况。因此,优选地,使用具有的带隙能量对应于 InP 的带隙能量以下的材料,具体来讲,满足带隙能量小于 1.34eV 的材料作为扩散浓度控制层。也就是说,必须的是使用诸如 InGaAs 的材料,在该材料中,即使在低浓度杂质区域中,电气传导率的降低也相对小并且电阻的增大也相对小。

[0118] (实施例 2—用于气体监测的成像装置的结构)

[0119] 图 8 是示出根据本发明的实施例 2 的用于气体监测的成像装置(光接收元件阵列)的概况的视图。省略了聚焦于预定范围中气体上的、诸如透镜的光学构件。图 9 是示出成像装置的光接收元件阵列的视图。图 10 是示出图 9 所示的光接收元件阵列 50 中的单个光接收元件的视图。在图 8 中,在成像装置 70 中,形成在公共 InP 衬底 51 上的光接收元件 10 被外延面朝下地安装,使得光接收元件 10 的外延层侧面对具有安装基板功能的多路复用

器 71。电连接到光接收元件 10 中的每个的外延层的 p 型区域 6 的 p 侧电极 11 以及设置在公共 n 型 InP 衬底 51 (1) 上的 n 侧电极 12 被连接到多路复用器 71 并且将电信号发送到多路复用器 71。多路复用器 71 从光接收元件中的每个接收电信号并且在已对气体执行聚焦的预定范围中执行用于形成整个图像的过程。n 侧电极 12 和 p 侧电极 11 分别经由焊料凸块 12b 和 11b 被电连接到多路复用器 71。入射光通过 InP 衬底 51 的反面上形成的抗反射 (AR) 膜 35 进入并且被接收在 pn 结 15 中, pn 结 15 是 p 型区域 6 和吸收层 3 之间的边界面。从 Zn 扩散掩模 36 的开口引入 p 型区域 6, 该 Zn 扩散掩模 36 由 SiN 组成并且还用作保护膜。将 Zn 扩散掩模图案 36 按原样与用作保护膜并设置在掩模图案 36 上的 SiON 膜图案 43 一起留下。现在, 将分别参照图 9 和图 10 详细描述光接收元件阵列和光接收元件中的每个的结构。

[0120] 在图 9 中, 在公共 InP 衬底 51 (1) 上设置光接收元件阵列 50 的光接收元件 10。将通过在每个光接收元件中接收短波红外 (SWIR) 带中的光而产生的电流信号发送到多路复用器 71 并且经历如上所述用于形成图像的过程, 多路复用器 71 还用作安装基板。通过改变每个光接收元件的尺寸和节距以及阵列的尺寸来改变像素的数目。图 9 中所示的光接收元件阵列 50 具有 90000 个像素。图 10 中所示出的光接收元件 10 包括形成在 InP 衬底 1 上的多个外延膜。用于引入 p 型杂质的扩散掩模 36 留在光接收元件 10 中, 扩散掩模 36 已经用于形成 p 型区域 6。p 部电极 11 连接到 p 型区域 6, 并且经由焊料凸块等例如被连接到诸如多路复用器 71 的安装基板的布线。

[0121] 图 11 是示出与图 8 所示的外延面朝下的光接收元件不同的、被外延面朝上地安装的光接收元件的横截面图。在本发明中, 成像装置中的光接收元件可以是被外延面朝下地安装或者被外延面朝上地安装。在该光接收元件 10 中, 从底部开始, 在 n 型 InP 衬底 1 上, 顺序地设置 n 型 InP 缓冲层 2、吸收层 3、扩散浓度分布控制层 4、InP 窗口层 5、扩散掩模 36 和 AR 膜 35。p 型区域 6 被形成为从 InP 窗口层 5 通过扩散浓度分布控制层 4 延伸到吸收层 3 中的 pn 结 15。另外, n 侧电极 12 设置在 n 型 InP 衬底的反面上。p 侧电极 11 设置在 p 型区域 6 的 InP 窗口层 5 的表面上并且电连接到布线电极 27。在本实施例中, 吸收层 3 接收具有波长范围为 1.0 至 3.0 μm 的光。具体来讲, 吸收层 3 由上述 II 型多量子阱结构来形成。

[0122] 图 11 所示的光接收元件是如上所述被外延面朝上地安装。光从外延层侧, 即, 从 InP 窗口层 5 侧入射。本实施例的光接收元件可以被外延面朝上地安装或者被外延面朝下地安装。如图 12 中所示, 光接收元件 10 可以被外延面朝下地安装, 并且光可以从 InP 衬底 1 的反面侧入射。在图 12 所示的外延面朝下安装的光接收元件 10 的情况下, AR 膜 35 设置在 InP 衬底 1 的反面上。如与外延面朝上安装的情况一样, 设置扩散浓度控制层 4、InP 窗口层 5、p 侧电极 11 和也用作保护膜的 SiN 扩散掩模 36。在图 12 所示的外延面朝下的安装中, 对于 SWIR 带中的光, 构成 InP 衬底等的 InP 是透明的。因此, SWIR 带中的光到达吸收层 3 的 pn 结 15, 而没有被吸收。另外, 在图 12 所示的结构中, 吸收层由上述 II 型多量子阱结构形成。除非另有说明, 这也适用于下述本发明的实施例。

[0123] 如图 11 中所示, p 侧电极 11 和 n 侧电极 12 可以布置在彼此面对的位置处, 并且 InP 衬底 1 位于其间。可替代地, 如图 12 中所示, p 侧电极 11 和 n 侧电极 12 可以布置在 InP 衬底 1 的同一侧上的位置处。在图 12 所示的结构中, 图 9 所示的光接收元件阵列 50 的

各光接收元件 10 通过倒装芯片安装被电连接到集成电路。在具有图 11 和图 12 所示的结构的光接收元件中,入射到 pn 结 15 上的光被吸收,以产生电流信号。通过集成电路,将电流信号中的每个转换成一个像素的图像,如上所述。

[0124] 优选地,InP 衬底 1 是在 [111] 方向或 [11-1] 方向上相对于(100)倾斜 5 度至 20 度的偏离角衬底。更优选地,衬底在 [111] 方向或 [11-1] 方向上相对于(100)倾斜 10 度至 15 度。通过使用具有大偏离角的这种衬底,可以得到 n 型 InP 缓冲层 2、具有 II 型量子阱结构的吸收层 3、InGaAs 扩散浓度分布控制层 4 和 InP 窗口层 5,这些层都具有低缺陷密度和良好的晶体质量。结果,可以得到其中暗电流被抑制并且暗点数目少的吸收层。因此,可以得到吸收层,其能够显著提高接收 SWIR 带中的微弱宇宙光以获得图像的性能。也就是说,使用以上提及的偏离角衬底形成的光接收元件的操作尤其有益于提高接收宇宙光以获得图像的成像装置的质量。

[0125] 迄今为止没有提出以上提及的 InP 衬底的大偏离角度,以及由于使用这种 InP 衬底造成的以上优点已由本发明的发明者首次确认。InP 衬底的大偏离角是在 InP 衬底上生长具有良好晶体特性的外延膜的情况下的重要因素。例如,在具有上述量子阱结构的吸收层 3 的情况下,推测能够发射并接收长波长范围中的光的吸收层 3 包含含氮(N)化合物半导体,例如, GaInNAs,事实上,吸收层 3 不能形成成为可以经受实际使用的令人满意的外延层,除非使用了具有这种大偏离角的 InP 衬底。也就是说,例如 GaInNAs 的含氮化合物半导体不能形成成为其中暗电流被抑制并且暗点的数目减少的吸收层,除非使用了具有上述大偏离角的这种 InP 衬底。因此,不可能使用 SWIR 带中的弱宇宙光得到清晰图像。不仅引用作为以上实例的 GaInNAs 而且 GaInNAsP 和 GaInNAsSb 的共同之处在于,为了得到良好的晶体质量,以上提及的 InP 衬底的大偏离角范围是必须的。

[0126] 图 11 和图 12 所示的每个光接收元件 10 包括被设置成覆盖吸收层 3 的 InGaAs 扩散浓度控制层 4 和 InP 窗口层 5。由于吸收层 3 的晶格参数与 InP 衬底 1 的晶格参数相同,因此能可靠减少暗电流的 InGaAs 扩散浓度控制层 4 和 InP 窗口层 5 可以形成在吸收层 3 上。因此,可以抑制暗电流,以提高元件的可靠性。

[0127] (实施例 3:气体监测装置(1)-OF 线缆的长期劣化的监测装置)

[0128] 图 13 是示出根据本发明的实施例 3 的气体监测装置 100 的视图。气体监测装置 100 监测用于电力等传输的 OF 线缆的长期劣化。如图 14 中所示,气体监测装置 100 检测 OF 线缆中设置的油中气体分离单元 40 中存在的气体成分。图 15 是示出气体监测装置 100 中的波导中的氢传感器 45 的视图。在参照图 13 至图 15 描述气体监测装置 100 的结构之前,将描述可以通过检测 OF 线缆的油中气体分离单元 40 中包含的气体成分来监测长期劣化的原因。

[0129] 图 16 是示出甲烷 CH_4 和乙炔 C_2H_2 的浓度的曲线图,甲烷 CH_4 和乙炔 C_2H_2 是油中气体分离单元 40 中包含的气体成分。可以通过检测甲烷和乙炔的浓度来确定劣化的大致程度。在图 16 中,基于甲烷和乙炔的浓度,结果被分成 A、B、C 和 D 四组。紧接在分析了气体成分之后,将 OF 线缆解体,以检验劣化程度。观察结果和以上四组之间的如下关系。

[0130] 组 A:线缆部分的破裂等

[0131] 组 B:芯的褪色等

[0132] 组 C:连接部分中的电晕放电凹陷等

[0133] 组 D:一些连接片略微变化为蜡的状态,但是也观察到一些常规连接片。

[0134] 这些结果表明,从组 D 至组 A,长期劣化程度增加。为了以较高精度检验长期劣化,除了甲烷 CH_4 和乙炔 C_2H_2 之外,必须检测氢气 H_2 、乙烯 C_2H_4 、乙烷 C_2H_6 和一氧化碳 CO 。为了检测包括氢气 H_2 的这些气体成分,使用图 13 至图 15 所示的装置。

[0135] 近红外区域中的以上气体成分的吸收光谱的峰值波长如下。

[0136] 乙炔 C_2H_2 :1.5201 μm

[0137] 一氧化碳 CO :1.5688 μm

[0138] 乙烯 C_2H_4 :1.6245 μm

[0139] 甲烷 CH_4 :1.6456 μm

[0140] 乙烷 C_2H_6 :1.6816 μm

[0141] 氢气 H_2 在近红外区域中没有吸收光谱,这是因为氢气由双原子分子组成并且不会发生偶极矩的变化。因此,为了检测氢气,通过接触氢气以吸收氢气而使其颜色发生变化的氢传感器 45 被布置成使得氢传感器 45 暴露在气体单元 40 中并且光传播路径穿过氢传感器 45。通过氢传感器由于吸收氢气而变色,光传播路径中的近红外区域中的光衰减。因此,由于近红外区域中发射光的量根据氢气浓度的量值而变化,因此可以通过光量的这种变化来检测氢气。

[0142] 在图 13 中,作为光源 73,例如,可以使用卤素灯,其发射光,所述光具有的波长在近红外区域到可见区域的范围中。光从光引导端 81a 引导到光纤维,并且通过光分路单元 88a 分成测量光和基准光。测量光被引导到光纤维 81。基准光被引导到光纤维 7c 并且进入光路径开关 8。测量光从光纤维 81 的发射端发射到油中气体分离单元或气体单元 40。在气体单元 40 中,由于长期变化,导致含有氢气的以上气体成分混合。经受对应于近红外区域中的以上峰值波长的吸收的光从光引导端传播通过光纤维 82,所述吸收不同于氢气的吸收。采用光分路单元 88b 对包括气体成分的吸收信息并且传播通过光纤维 82 的光进行分路。被分路的光成分之一入射到光路径开关 8 上同时包括所述信息。另一分路的光成分传播通过其颜色已经由氢气而发生变化的氢传感器 45,穿过光纤维 7b,并且入射到光路径开关 8 上。

[0143] 图 15 是示出氢传感器 45 的视图。氢传感器 45 包括作为主要组件的基板 45a、光传播路径 45b、 WO_3 薄膜 45c 和 Pd 薄膜 45d,基板 45a 由 LiNbO_3 组成,光传播路径 45b 通过利用热扩散将钛 Ti 引入到基板中来形成, WO_3 薄膜 45c 通过利用真空蒸发在光传播路径 45b 上沉积 WO_3 形成,Pd 薄膜 45d 通过利用溅射在 WO_3 薄膜 45c 上沉积 Pd 形成。光传播路径 45b 的两端被连接到光纤维 7b (参照图 13)。当该氢传感器 45 放置在含有氢气的气体单元 40 中时,Pd 薄膜 45d 用作催化剂并且 WO_3 薄膜 45c 变色。结果,传播通过光传播路径 45b 的渐消失的光的衰减速率增大,并且近红外区域中透射的光量减少。透射光量的这种变化包括氢气浓度的信息。

[0144] 参照图 13,三个光纤维 7a、7b 和 7c 被连接到光路径开关 8。例如,当穿过光纤维 7a 的光穿过光路径开关 8 时,包括除了氢气之外的气体成分信息的光从发射端 82b 发射。这种光被透镜准直并且入射在衍射光栅 91 上。衍射光栅 91 光谱地分离光并且根据发射角度将具有各个波长的分离的光成分发射到光接收元件阵列 50。光接收元件阵列 50 可以是一维阵列或二维阵列。阵列中的每个光接收元件预先根据其位置而对应于波长。因此,可

以得到除了氢气之外的气体成分的吸收光谱,所述光谱包括基础噪声。不仅对于穿过光纤 7a 的光而且对于穿过光纤 7c 的基准光和穿过光纤 7b 的透射过氢传感器的光,来执行这种光谱测量。通过光路径开关 8 对光纤 7a、7b 和 7c 进行切换。光纤的测量次序没有具体限制。例如,可以如下执行光谱的测量。(1)首先,确定穿过油中气体分离单元 40 中设置的氢传感器 45 和穿过光纤 7c 的光的光谱。在由于氢气而发生变色之前和之后,对穿过氢传感器 45 的光进行这种测量。接着,(2)得到光纤 7c 的基准光的光谱。(3)得到穿过油中气体分离单元 40、然后穿过光纤 7a 的光的光谱。

[0145] 可以通过基于以上光谱确定上述气体分量的吸收峰值波长处的强度来确定各个气体分量的浓度。至于氢气,预先确定近红外区域中的合适波长,并且可以基于氢传感器 45 发生变色之前和之后之间的波长强度变化来确定氢气浓度。

[0146] 至于氢气浓度,可以使用可见光直接测量氢传感器 45 的变色程度。在这种情况下,通过 InP 衬底吸收包括位于近红外区域的短波长侧的可见范围的光。在其中光接收元件 10 布置成行的构造中,如图 11 中所示,优选地使用其中外延层的顶部用作光入射表面(外延面朝上安装)并且 InP 衬底位于安装侧的光接收元件 10。至于设置在公共 InP 衬底上的一维阵列,容易在单个公共 InP 衬底上形成图 11 所示的光接收元件 10 的结构。然而,至于二维阵列的结构,难以提供从各个 p 侧电极延伸的布线,使得布线不干扰光。为此,至于公共 InP 衬底上的二维阵列 50,如图 17 中所示,优选地使用如下结构:外延层的顶部位于安装侧(外延面朝下安装)并且缓冲层 2 侧或吸收层 3 侧用作光入射侧。优选地,去除 InP 衬底,或者 InP 衬底的厚度被减小为与吸收层 3 的厚度基本相同的尺度以下。在图 17 中,去除了 InP 衬底。在这种光接收元件阵列 50 中,公共 n 侧电极 12 连接到用于地电势的电极焊盘 12c,电极焊盘 12c 设置在互补金属氧化物半导体(CMOS)71 上,并且使结合引线 12w 位于其间。此外,p 侧电极 11 中的每个连接到保护膜 43 中设置的相应的电极焊盘 11c。在这种光接收元件阵列 50 中,光接收元件可以被二维地布置在公共 InP 衬底上。因此,能够以良好的敏感性实现可见范围中的光,并且可以直接监测氢传感器 90 的变色。在本发明的该实施例的变形形式和下述的实施例 4 中,还将描述图 17 所示的光接收元件阵列 50 或成像装置 40。

[0147] 根据已知技术(PTL2),在 OF 线缆的长期变化监测过程中,被调节成各个气体成分的吸收峰值波长的五个激光光源被布置成确定各个气体分量的浓度。另外,激光光源被调制,并且通过使用调制光来确定氢气浓度。在图 13 所示的气体监测装置 100 中,上述五个激光光源并不是必需的,并且调制器也不是必需的。结果,可以显著提高经济效率,并且可以显著简化监测装置。因此,为了防止损坏进行维修的需要降低,并且可以降低维修的频率。

[0148] 图 18 和图 19 是示出本发明的实施例 3 的修改形式的视图。这种修改形式与图 13 所示的气体监测装置 100 等的共同之处在于,当在近红外区域中具有吸收带的气体成分和不具有吸收带的氢气共存时,确定氢气浓度和其他气体成分的浓度。这种修改形式与上述气体监测装置 100 的不同之处在于,没有光纤穿过氢传感器 45,并且传播通过气体的光穿过氢传感器 45,以测量穿过氢传感器 45 的光的光谱。具体来讲,如图 17 中所示,氢传感器 45 包括透明玻璃基板 45g 和催化剂薄膜 45f。例如,Pt、Pd、PdWO₃ 或 PtWO₃ 可以用作催化剂。从光引导端 81a 通过光纤 81 和透镜 87 引导到气体单元 40 的光穿过其中气体成分被混合的气体以及氢传感器 45。然后,光通过另一透镜 87 被引导到光纤 82。随后的

路径与图 13 所示的光纤维 7a 相同。

[0149] 在已知技术(PTL1)中,激光光源的振荡频率被调节成氢传感器 45 的吸收带,并且当调制激光光源发射的双倍频率的波长范围被调节成碳氢化合物气体的吸收峰值波长。根据这种方法,可以确定氢气浓度和其他气体成分的浓度,而不会彼此影响。在已知装置的情况下,调制器、用于温度控制的 Peltier 装置、相位灵敏度检测器和其他成分是必须的。相比之下,图 18 和图 19 所示的光监测装置与非常简单的图 13 所示的装置具有相同构造。另外,在图 18 和图 19 所示的装置中,图 11 所示的光接收元件或其一维阵列或图 17 所示的光接收元件阵列 50 可以用作光接收元件 10 或光接收元件阵列 50。从检验氢传感器 45 变色的变化的角度来说,使用短波长范围中的吸收减少的这些光接收元件的使用是相当优选的。

[0150] (实施例 4:气体监测装置(2)-燃烧状态监测装置)

[0151] 图 20 是示出根据本发明的实施例 4 的气体监测装置或燃烧状态监测装置 100c 的视图。这种燃烧状态监测装置 100c 是一种被构造成用于诊断燃烧炉中火焰的燃烧状态的装置,其中,从接收火焰光的多个光学探针 P1、P2 等引导的火焰光的光谱被测量以执行高精度的诊断。出于环境污染保护的目的,所期望的是,在诸如锅炉的燃烧装置中不产生氮氧化物、煤烟和一氧化碳。为了形成燃烧状态,在燃烧炉中形成其中燃料和空气适当混合的火焰。必须的是,通过执行这种适当混合,在燃烧炉中没有形成极高温区域并且没有形成极低温区域。用于监测这种燃烧状态的装置实例是一种被构造成用于检测火焰发射光谱并用于基于这种光谱的特性来诊断燃烧状态的装置。根据本实施例的燃烧状态监测装置对应于这种装置。

[0152] 在图 20 所示的燃烧状态监测装置 100c 中,多个探针 P1、P2...和 Pn (或光引导端 82a) 附着到锅炉的炉壁,使得火焰光被引导到多个光纤维 82。光纤维 82 连接到光路径开关 8。只由光路径开关 8 所选择光路径的光纤维变为接通状态,并且光穿过光纤维。在接通状态的光路径的光从光纤维的发射端 82b 发射到透镜 87。由透镜 87 准直的光被衍射光栅 91 衍射,并且每个波长的光被光接收元件阵列 50 接收。光接收元件阵列 50 可以是形成在公共 InP 衬底上的一维阵列或二维阵列,或者其中布置了各个光接收元件 10 的阵列。至于这种光接收元件阵列 50,如图 21 中所示,煤烟的发射光谱延伸到可见范围。因此,如上所述,当各个光接收元件 10 布置成行时,优选地,如图 11 中所示,外延层的顶部用作光入射表面(外延面朝上安装)并且 InP 衬底位于安装侧。至于一维阵列,容易制造如下结构:图 11 所示的光接收元件 10 被一维地布置在单个公共 InP 衬底上。另一方面,为了在公共 InP 衬底上得到二维阵列 50,如图 17 中所示,外延层的顶部位于安装侧并且缓冲层 2 侧和吸收层 3 侧用作光入射表面(外延面朝下安装)。优选地,去除 InP 衬底,或者减少 InP 衬底的厚度。因此,能够以高敏感性接收可见区中的光,并且能够以高敏感性监测煤烟的发射光谱。

[0153] 根据已知技术(PTL3),多个干涉滤光器附着到回转台,并且使用其中堆叠了硅光电二极管和 PbS 光电导元件的双层元件作为光接收元件。所需的双层光接收元件的数目与干涉滤光器的数目相同,并且光接收元件还附着到回转台。图 20 所示的燃烧状态监测装置 100c 不需要回转台、干涉滤光器或双层光接收元件,并且可以比现有装置明显简化。这种明显简化提高了测量精度,降低了用于燃烧状态监测装置所需的维修频率并且降低了装置的生产成本。

[0154] (实施例 5 : 气体监测装置 (3) - 垃圾燃烧中的温度分布测量装置 (温度照相机))

[0155] 图 22 示出用于得到燃烧器中垃圾的温度分布的温度分布测量装置 100d。图 23 是示出温度分布成像装置 55 的视图。在燃烧器中, 碳或碳氢化合物以凝聚状态存在, 并因此其存在形式不适用于燃料。因此, 煤烟的数量小, 并且存在大量水分。图 24 示出燃烧器中的近红外光谱, 并且明显观察到水的发射光谱波长 λ_2 和 λ_3 。在本实施例中, 通过使用水的发射光谱根据温度变化的现象并且结合图 25 所示水的吸收光谱, 来监测水的浓度和温度。在图 25 中, 分别使用具有尺寸为 10mm 和 1mm 的比色管来测量 (K1) 和 (K2)。由于发射光谱的强度还与水的浓度成比例, 因此难以只使用两个发射峰值波长以高精度执行测量。因此, 还使用吸收光谱。

[0156] 在温度分布成像装置 55 中, 干涉滤光器 55 是重要的。干涉滤光器 55 是在以上提及的水的发射峰值波长 λ_2 和 λ_3 处具有发射波长并且具有多个吸收峰值波长的滤光器。例如, 关于吸收峰值波长, 如图 25 中所示, 吸收光谱在近红外区域中具有两个尖峰 M2 和 M3。干涉滤光器 55a 被构造成用于使具有这些波长的光从中穿过。因此, 干涉滤光器 55a 包括总共四种类型的滤光器或具有总共四个发射波长结合以上提及的两个发射峰值波长的滤光器。优选地, 提供自动选择机制, 以通过外部操作来自动地选择这四种类型的干涉滤光器。诸如透镜的光学系统 55c 还优选地包括自动执行聚焦的自动聚焦机构。例如, 根据以上四种类型的干涉滤光器, 相对于具有四个波长的光成分来捕获垃圾或垃圾的稍靠上部的图像。因此, 可以得到与四个波长相对应的图像。

[0157] 以上波长处的光成分的强度可以预先针对空气来确定, 其中, 改变水蒸气温度和水蒸气浓度以确定温度的回归公式。这种温度回归公式被存储在控制单元的微计算机 85b 中。通过以上的成像, 可以得到每个位置处的各个波长的强度。通过使用以上的温度回归公式, 可以确定每个位置处的温度。通过以此方式监测水的温度和浓度这两者, 能够以高精度来检测垃圾的燃烧状态。

[0158] 根据已知技术 (PTL4), 多个温度传感器布置在燃烧器中。然而, 可以通过布置本实施例的装置, 在焚烧炉的上部或顶部来减少温度传感器的数目。

[0159] (实施例 6 : 气体监测装置 (4) - 用于监测工艺气体中杂质的装置)

[0160] 图 26 是示出用于监测气体中包含的杂质的装置 100e, 装置 100e 是根据本发明实施例 6 的气体监测装置。这种装置是 NPL2 中公开的装置。具有发射波长大约为 $1371 \mu\text{m}$ 的半导体激光 (对应于图 25 所示的 M2) 用作光源 73, 并且使用分束器 93 和镜子 94 将光分成两束。一束穿过引入了测量目标的工艺气体的样品管, 以及另一束用作用于取消的光束。为了测量光强度以便去除直流噪声分量, 来执行锁定检测。

[0161] 本实施例的装置和 NPL2 中公开的装置之间的差异是光电检测器 (光接收元件) 10a 和 10b 的内容。具有前置放大器的锗光电二极管用在 NPL2 中, 然而图 10 或图 11 中所示的光接收元件用在本实施例中。因此, 能够以高敏感性来实现其中暗电流小的仅红外区域中的光谱技术。此外, 不仅可以选择单个波长, 而且可以选择图 25 所示的吸收峰值波长中的任一个。因此, 通过与图 25 中的 M1 至 M3 相对应的准备半导体激光器装置, 可以监测三个波长处的水分浓度。因此, 能够以较高精度来监测作为在工艺气体中最不期望的杂质的水分浓度。

[0162] 实例

[0163] - 关于半导体光接收元件阵列的结构实例 -

[0164] 本发明的像素节距或光接收元件阵列的元件之间距离可以降低的程度通过使用图 27 所示的光接收元件阵列的实例来检验。光接收元件之间的距离或像素节距是 SiN 选择性扩散掩模图案 36 的掩模部分的宽度,如图 27 中所示。在选择性扩散 Zn 之后,形成由 AuZn 制成的 p 侧电极 11 和由 AuGeNi 制成的 n 侧电极 12。在图 3 的情况下,由于掺杂 Fe 的半绝缘衬底用作 InP 衬底 1,因此 n 侧电极 12 设置在含有高浓度杂质的缓冲层 2 上。在其中 n 型 InP 衬底 1 用作图 1 所示的情况下,n 侧电极可以设置在衬底的反面上,或者 n 侧电极可以设置在与衬底的顶表面侧的衬底相邻的 n 型半导体层(例如,缓冲层 2)上。在该实例中,在图 3 所示的光接收元件阵列的 p 侧电极 11 和 n 侧电极 12 之间施加 5V 的反向偏置电压,并且测量暗电流。制造了具有 0.6 μm 和 1.6 μm 这两种 InP 窗口层 5 的厚度以及七种范围为 3 至 20 μm 的元件之间距离的光接收元件阵列,并且测量暗电流。扩散浓度分布控制层 4 的厚度为 1 μm 。

[0165] 在图 28 中示出结果。参照图 28,在其中 InP 窗口层 5 具有 0.6 μm 的小厚度的情况下,即使元件之间距离或像素节距减小为 5 μm 时,也可以将暗电流抑制为 $1 \times 10^{-10}\text{A}$ (安培)。在其中 InP 窗口层 5 具有 1.6 μm 的厚度的情况下,Zn 的扩散如上所述地在横向方向上扩张。因此,除非元件之间距离超过 7 μm ,否则不能将暗电流抑制为 $1 \times 10^{-10}\text{A}$ 。然而,在该实例中,确认的是,通过将 InP 窗口层 5 的厚度降低为 0.6 μm 并且布置扩散浓度分布控制层,元件之间距离可以减小为 5 μm 。

[0166] 通过用 SIMS 分析在深度方向上的 Zn 浓度分布,来检验扩散浓度分布控制层 4 的功能。图 29 示出在深度方向上的 Zn 的浓度分布。参照 InGaAs 扩散浓度分布控制层 4 和吸收层 3 之间的边界面处的图 29,Zn 堆积的峰值被抑制为 $5 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 以下。因此,在吸收层 3 的 n 型载流子浓度和 Zn 浓度的本底的交叉位置(由附图中的圆圈表示)处形成的 pn 结中,可以可靠地降低 Zn 浓度,并且可以防止晶体质量等的劣化。另外,通过布置该扩散浓度分布控制层 4,变得可以使吸收层的多量子阱结构实现其初始功能。

[0167] 以上已描述了本发明的实施例和实例。以上公开的本发明的实施例和实例只是示例性的,并且本发明的范围不限于本发明的这些实施例。要理解的是,本发明的范围不受权利要求书的描述限制并且包括权利要求书中描述的等价物以及权利要求书范围内的所有变形形式。

[0168] 工业适用性

[0169] 根据本发明,与用于检验食物质量的现有装置相比,可以通过显著提高 InP 基 PD 的性能来执行高精度的检验。因此,本发明有助于食物的可靠性。另外,本发明可以带来诸如实现品牌食物辨识的分辨率。附图标记列表

[0170] 1InP 衬底,2 缓冲层,3 具有多量子阱结构的吸收层,4 扩散浓度分布控制层,5InP 窗口层,5a 窗口层的表面,6p 型区域,7a、7b 和 7c 光纤,10、10a 和 10b 光接收元件,11p 侧电极,12n 侧电极,12b 焊料凸块,12c 电极焊盘,12w 结合引线,15pn 结,35 抗反射膜,36 选择性扩散掩模图案,27 布线电极,40 气体单元(油中气体分离单元),41 气体,43 保护膜,45 氢传感器,45a 衬底,45b 光传播路径(光纤),45c WO_3 薄膜,45d Pd 薄膜,45f 催化剂薄膜,45g 衬底,50 光接收元件阵列,51InP 衬底,55 成像装置,55a 滤光器部,55c 光学系统,70 成像装置,71 多路复用器(安装基板),73 光源,81 光纤,81a 光引导端,81b 发射端,82 光纤,83

探针,85 控制单元,85b 微计算机(操作单元,CPU),85c 显示单元(输出装置),87 透镜,91 分光镜(衍射光栅),93 分束器,94 镜子,100 气体监测装置,100c 燃烧状态监测装置,100d 温度分布测量装置,100e 杂质监测装置

110

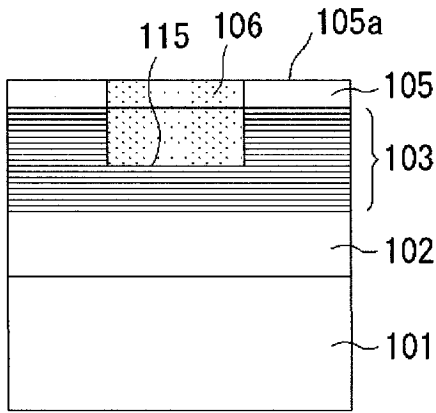


图 4

→ P型载流子浓度 (cm⁻³)

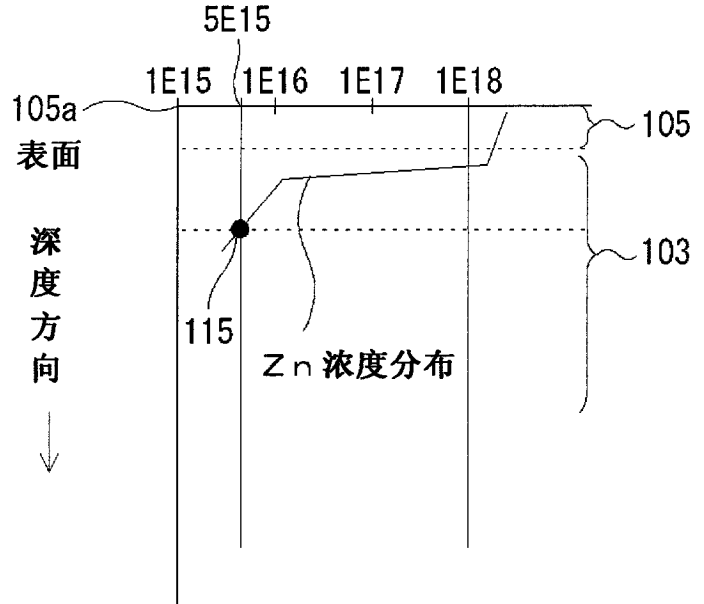


图 5

110

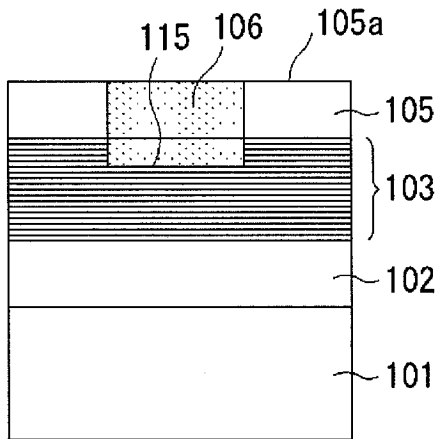


图 6

→ P型载流子浓度 (cm⁻³)

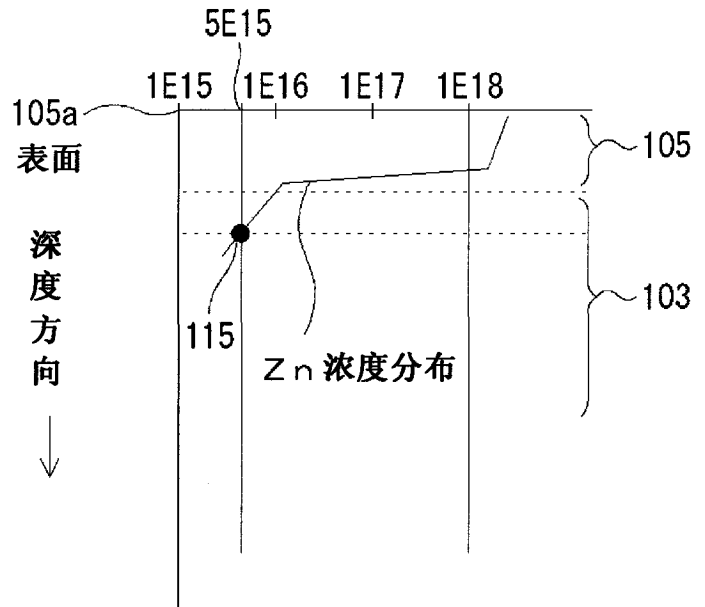


图 7

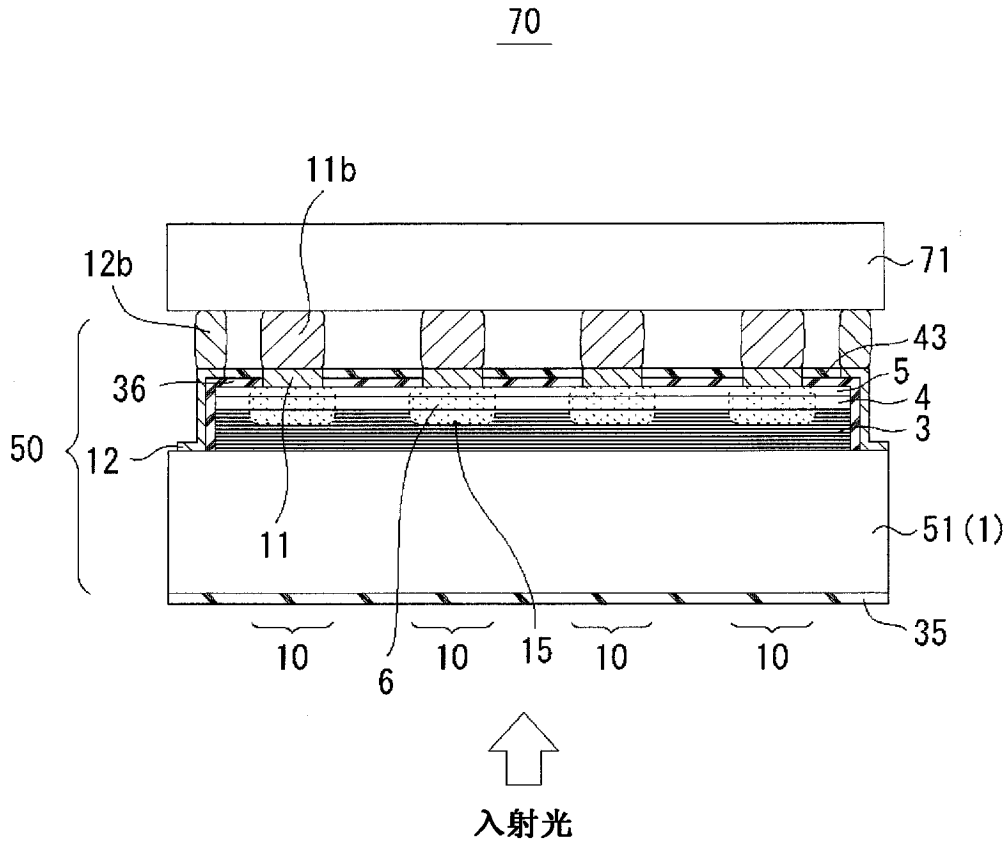


图 8

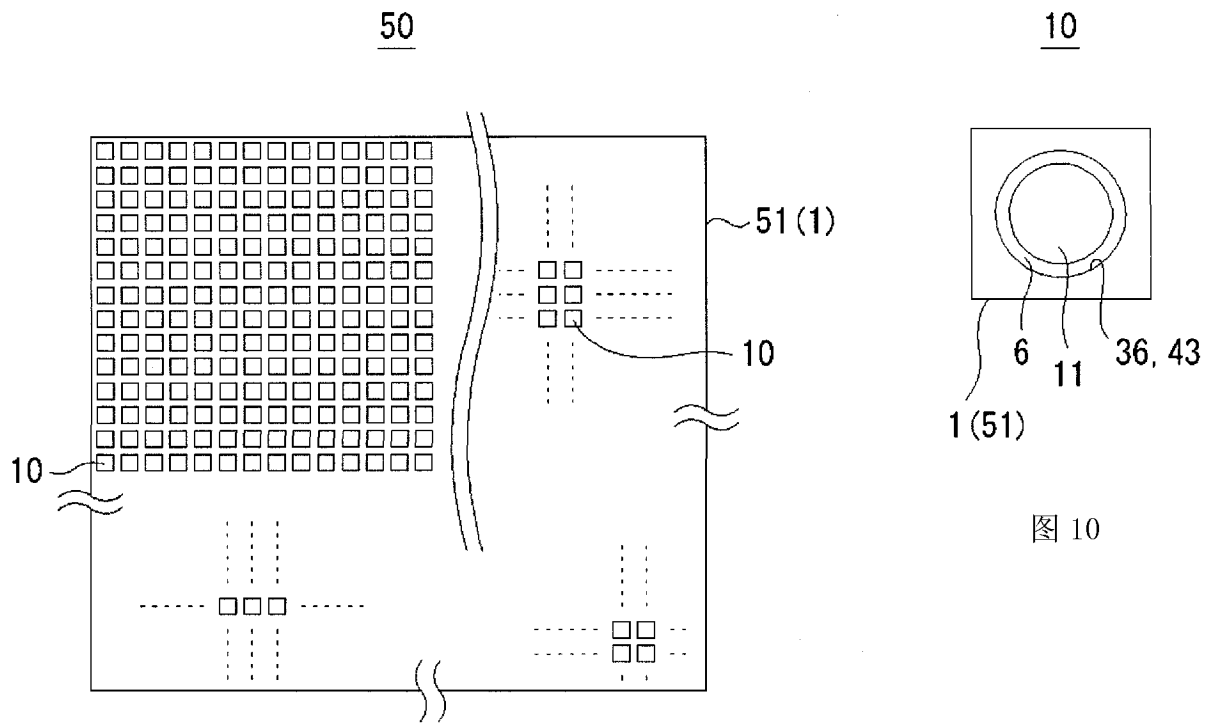


图 9

图 10

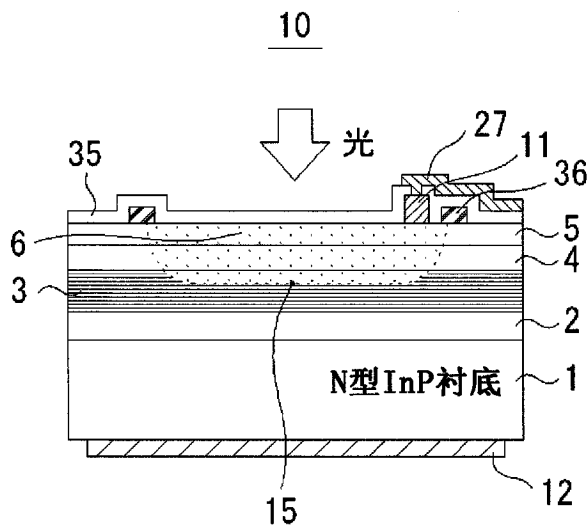


图 11

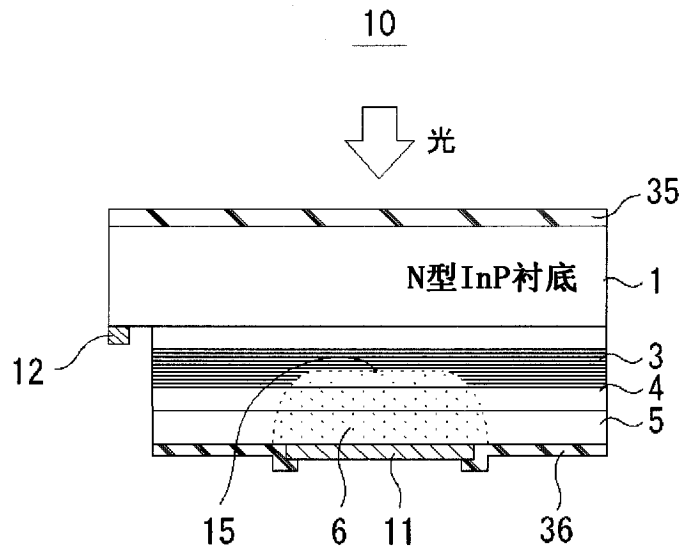


图 12

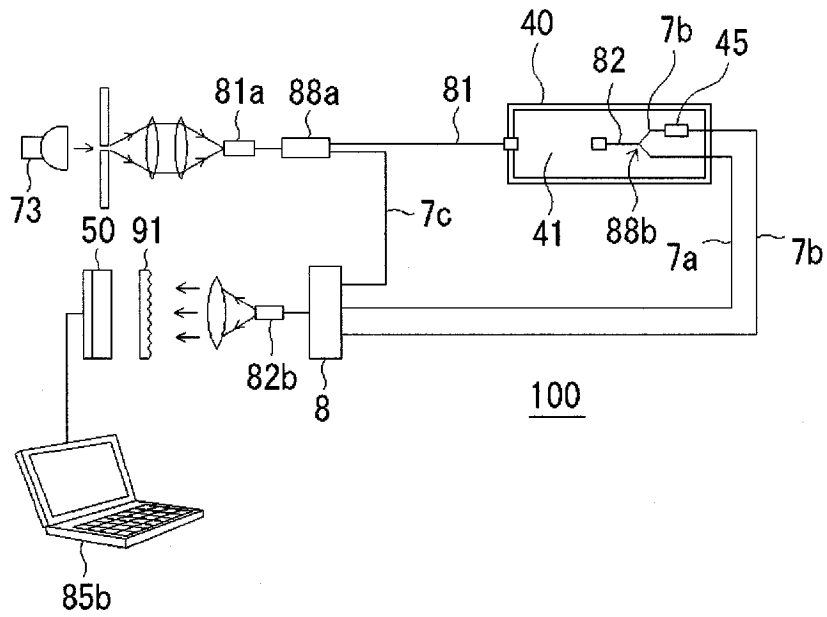


图 13

100

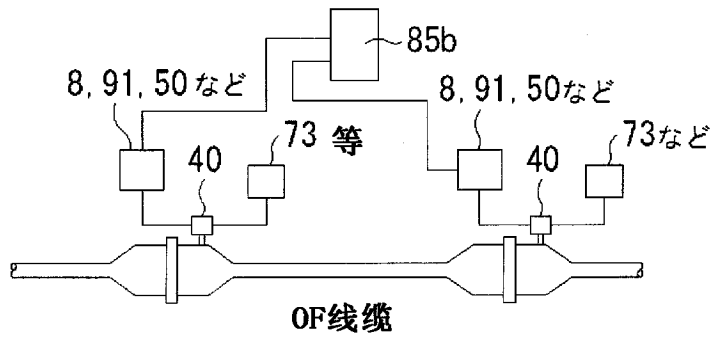


图 14

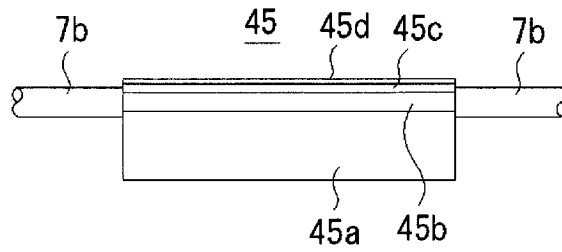


图 15

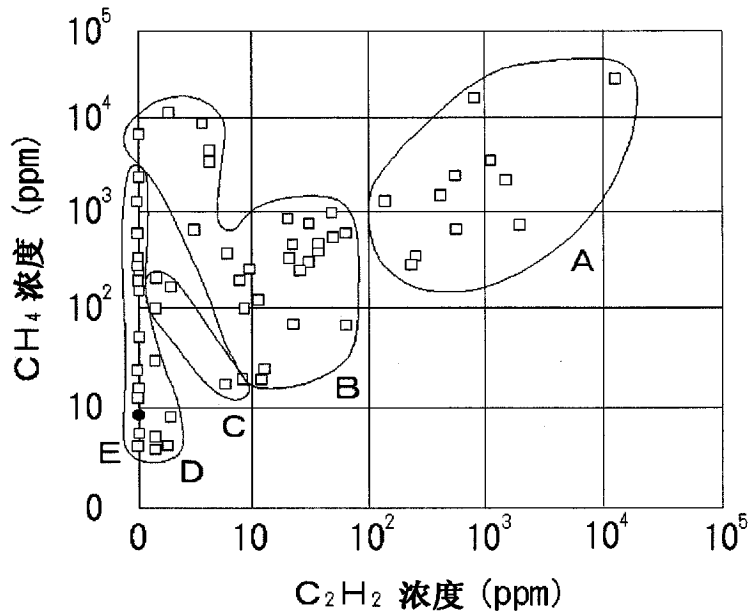


图 16

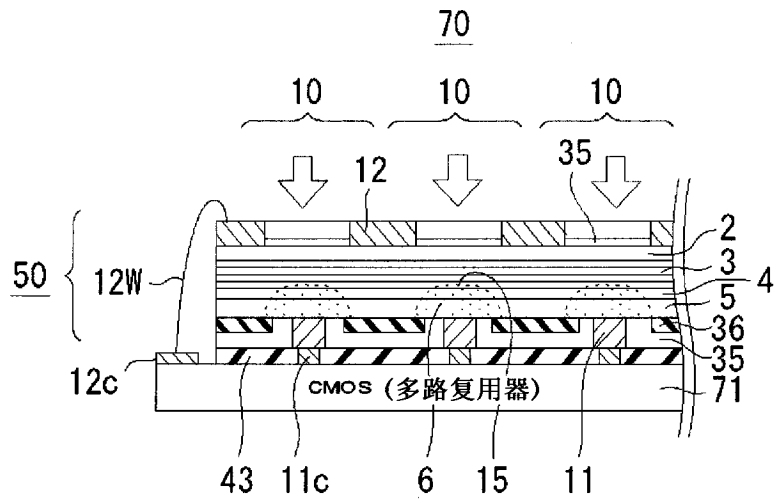


图 17

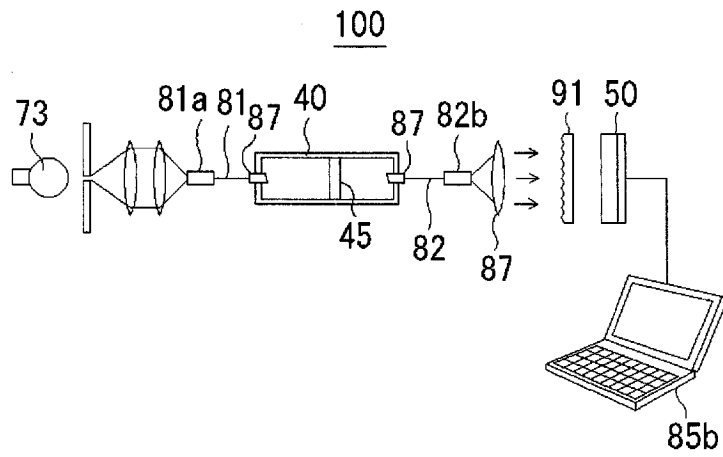


图 18

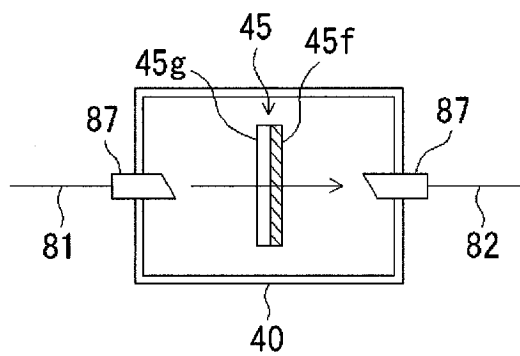


图 19

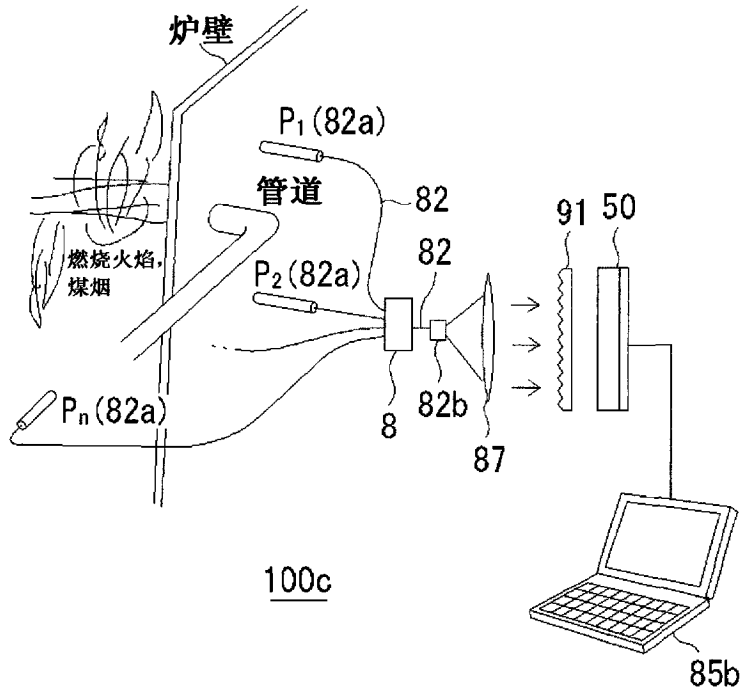


图 20

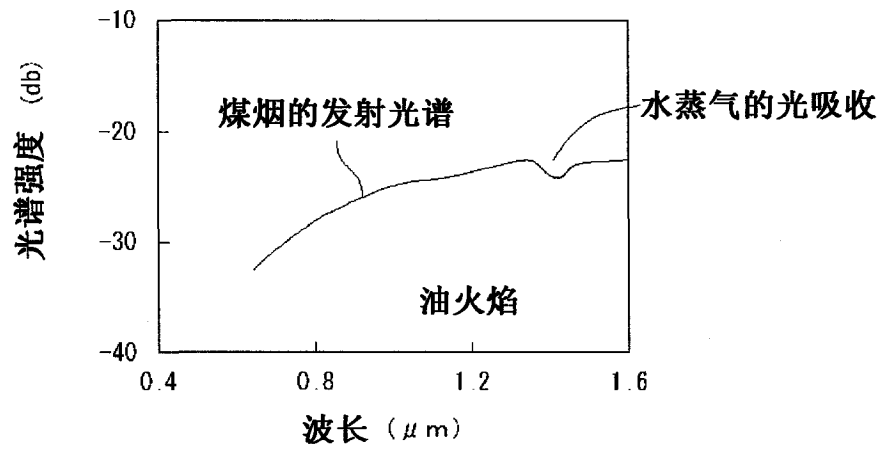


图 21

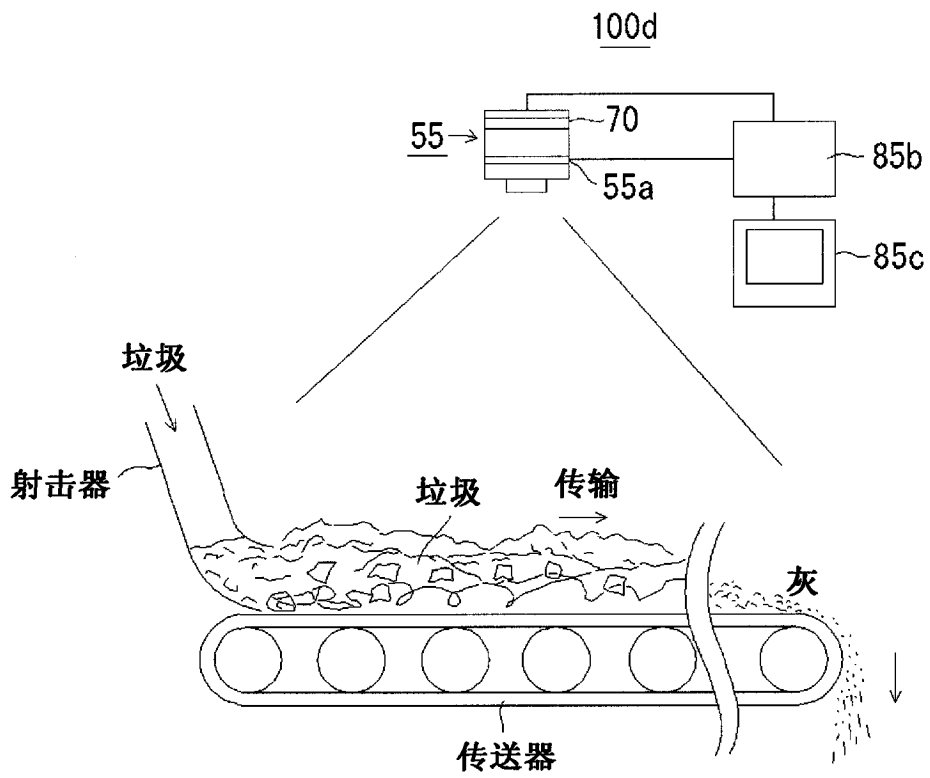


图 22

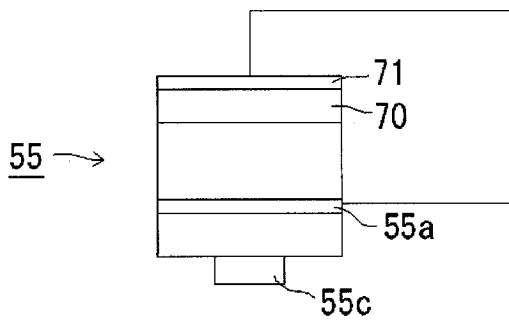


图 23

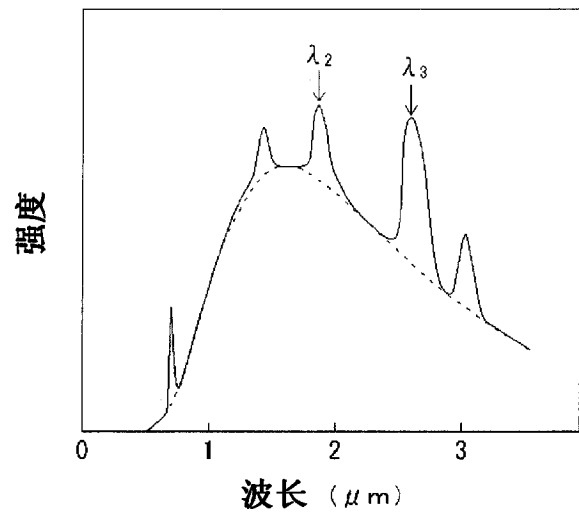


图 24

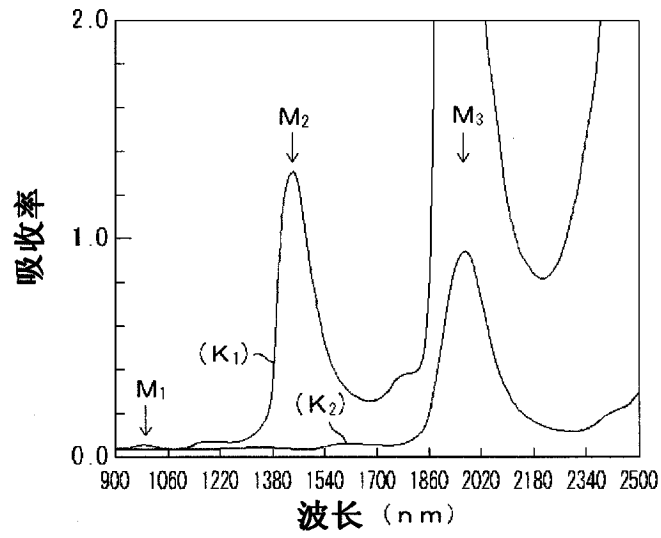


图 25

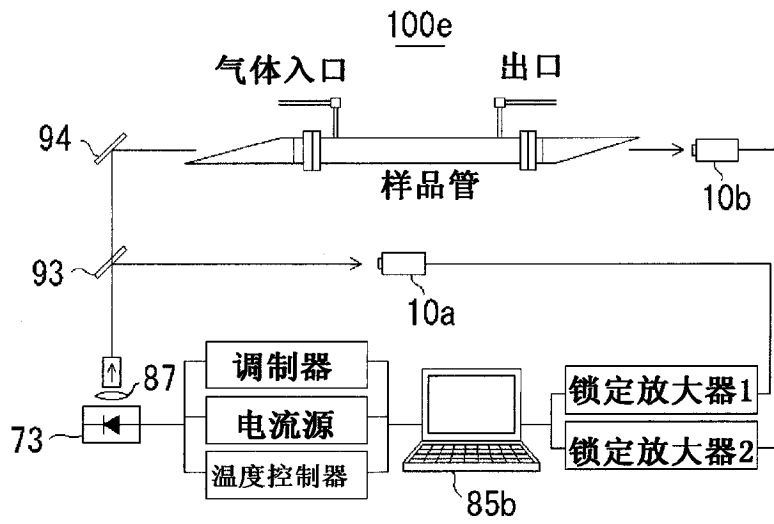


图 26

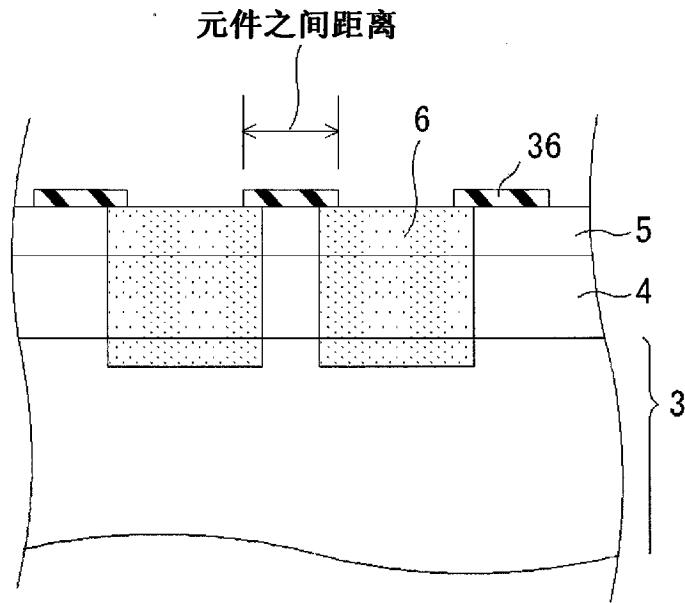


图 27

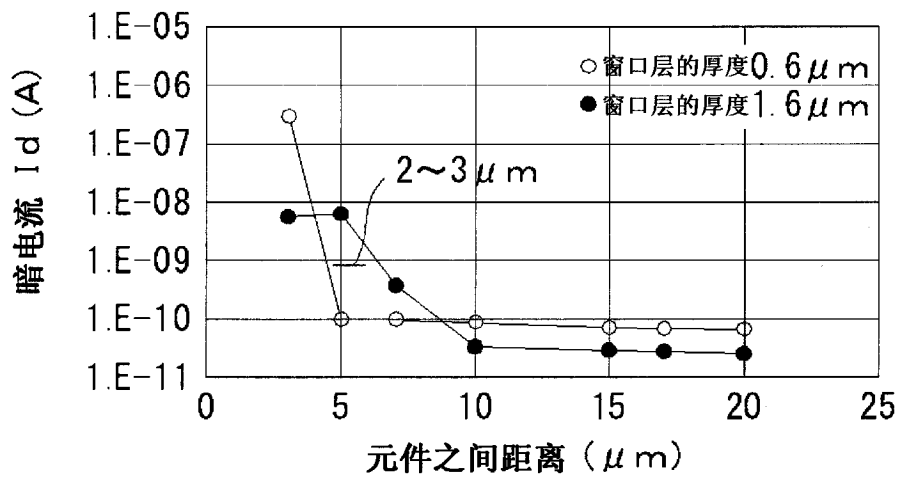


图 28

在深度方向上的选择性扩散的Zn分布
(SIMS的分析结果)

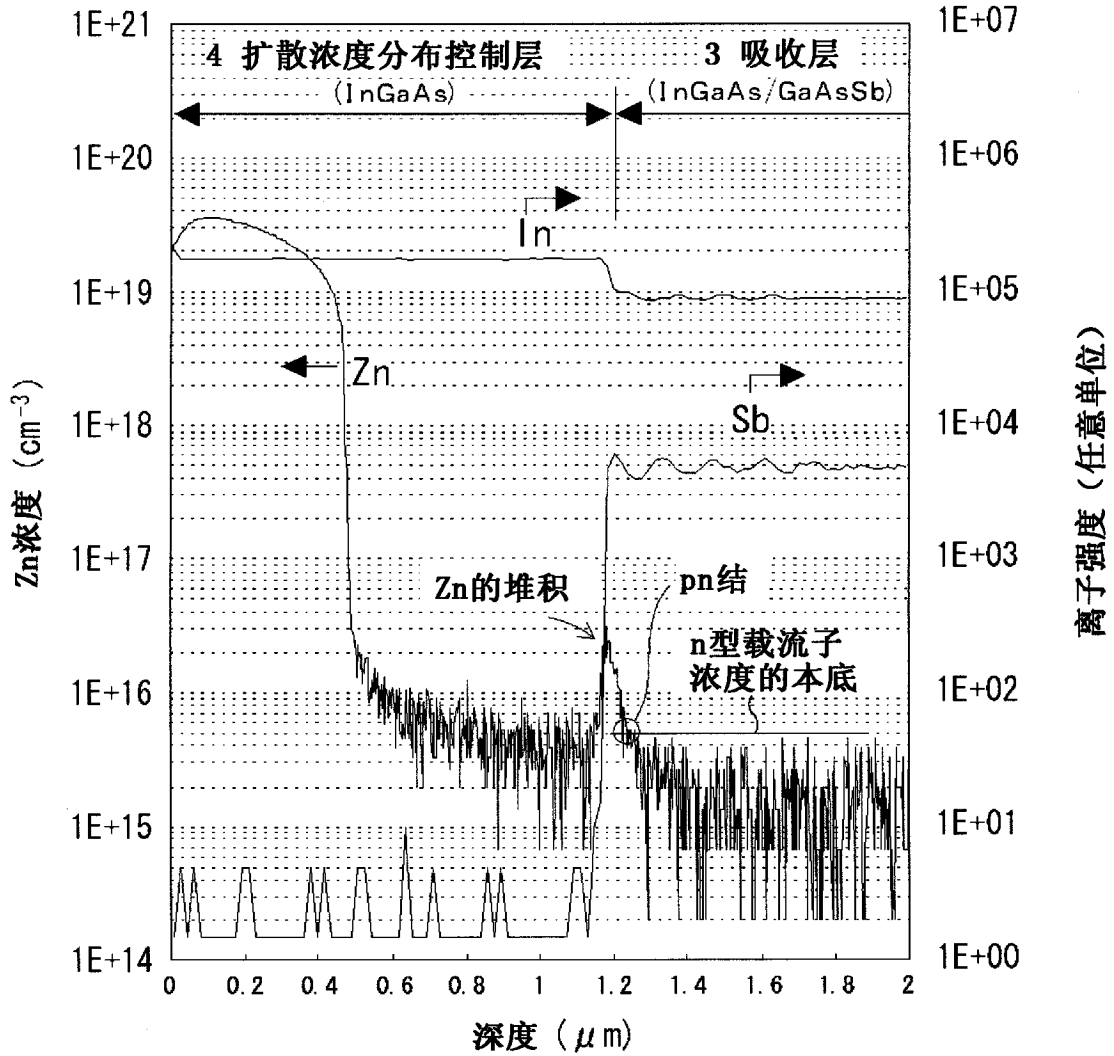


图 29