



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101038211 B

(45) 授权公告日 2010.08.18

(21) 申请号 200710088578.7

Japanese Journal of Applied Physics44

(22) 申请日 2007.03.16

12. 2005, 44(12), 364-365.

(30) 优先权数据

审查员 张艳

2006-075052 2006.03.17 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 关口亮太 尾内敏彦

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 李德山

(51) Int. Cl.

G01J 1/00(2006.01)

G01J 3/00(2006.01)

G01J 5/00(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1407731A, 2003.04.02, 全文.

US 20030206708A1, 2003.11.06, 全文.

Tsutomu Ishi et. al. Si Nano-

Photodiode with a Surface Plasmon Antenna.

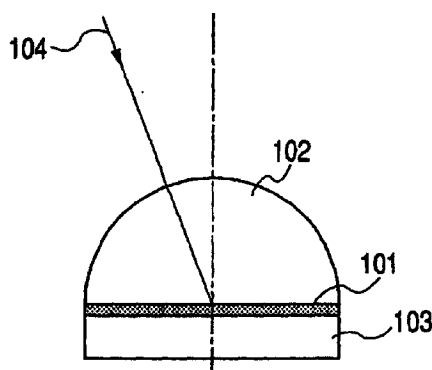
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 5 页

(54) 发明名称

检测装置和成像装置

(57) 摘要

需要一种在包括红外区域的通常宽频率区域内具有高感光灵敏度的检测装置。因此,在本发明中,通过利用因负介电常数介质中的表面等离子体共振而增强电场强度的现象,提供了一种具有设置在电场强度大的位置上的电磁波检测部分的检测装置。



1. 一种用于检测电磁波的检测装置,其包括:

滤波器部分,用于选择待检测电磁波的波长区域,该滤波器部分包括介电常数相对于待检测电磁波具有负实部的负介电常数介质和设置在电磁波入射侧上的电介质;以及
电磁波检测部分,

其中所述负介电常数介质的介电常数的实部的绝对值大于所述电磁波检测部分的介电常数,

所述电介质的介电常数大于所述电磁波检测部分的介电常数,

所述负介电常数介质设置在所述电介质和所述电磁波检测部分之间,并且

所述负介电常数介质和所述电介质之间的距离不大于待检测电磁波的波长,而且所述负介电常数介质和所述电磁波检测部分之间的距离不大于待检测电磁波的波长。

2. 根据权利要求1所述的检测装置,其中所述待检测电磁波的波长包括从30GHz到30THz的频率区域的一部分。

3. 根据权利要求1所述的检测装置,其中所述电介质包括阻抗变换结构。

4. 根据权利要求1所述的检测装置,其中所述负介电常数介质是金属、半导体和透明导电膜中任何一种。

5. 根据权利要求1所述的检测装置,其中所述电磁波检测部分是热检测装置。

6. 一种用于检测电磁波的检测装置,其包括:

滤波器部分,用于选择待检测电磁波的波长区域,该滤波器部分具有周期不大于待检测电磁波的波长的光栅形状并且包括介电常数相对于待检测电磁波具有负实部的负介电常数介质;以及

电磁波检测部分,

其中所述负介电常数介质的介电常数的实部的绝对值大于电磁波检测部分的介电常数,并且该电磁波检测部分暴露在该光栅形状的凹进处。

7. 一种成像装置,包括:

多个以阵列方式布置的如权利要求1所述的检测装置;以及

成像部分,用于基于由所述多个检测装置检测的电场强度之间的差异形成电场强度分布的图像。

检测装置和成像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于检测通常宽频率区域的电磁波的检测装置,该宽频率区域包括红外区域并且介于从毫米波区域到太赫兹带宽 (30GHz 至 30THz) 的较长波长区域和可见光区域的较短波长区域之间,本发明还涉及使用该检测装置的成像装置。

背景技术

[0002] 作为红外区域的检测装置,目前广泛公知的是一种与波长无关的热检测装置和与波长有关的量子检测装置。这些装置大多利用红外线检测的特征。例如,这些检测装置应用于广泛的领域和各种应用,如自动门上的人体检测器、火灾报警器或空调机的温度传感器、采用气体的红外线吸收频谱的气体检测器以及在亚毫米波 / 远红外区域中的空间研究。在此,热检测装置包括例如热电装置 (LiTaO₃、TGS 等)、戈莱盒 (Golay cell) 和辐射热计。此外,量子检测装置包括例如本征半导体器件 (InGaAs PIN 光电二极管、MCT 光电导器件等) 和杂质半导体器件。此外,肖特基势垒二极管可以执行这两种操作。

[0003] 将这两种类型的装置相互比较,热检测装置具有简单、方便使用的特点,例如典型的热检测装置不需要冷却,而典型的量子检测装置需要冷却。另一方面,已知热检测装置的检出率一般很低,因为其感光灵敏度小而 NEP (Noise Equivalent Power, 噪声等效功率) 大。检出率可以由比检出率 (specific detectivity) D^* 表示。通常认为, D^* (D 星) 越大,检测装置就越好,另外为了容易将不同的装置相互比较,给定 D^* 是标准化到单位面积平方根的 NEP 的倒数。将这两种类型的装置在比检出率方面相互比较,例如典型的量子检测装置在中红外区域中的比检出率 D^* 在 $10^{10} \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{w}$ 到 $10^{11} \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{w}$ 的范围内,而典型的热检测装置的 D^* 在 $10^8 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{w}$ 到 $10^9 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{w}$ 的范围内。因此,从 D^* 可以看出,可以认为热检测装置的性能比量子检测装置的性能低大约两个数量级。

[0004] 如上所示,热检测装置方便使用,但另一方面检出率低而可检测的频率区域非常宽。这样为了提高特定波长区域内的检出率,通常使用通过用波长选择滤波器来降低整个装置上的噪声的方法,该波长选择滤波器允许可检测频率区域中的部分电磁波通过该滤波器。例如,日本专利申请公开 H08-145787 公开了一种通过采用衍射光学透镜缩减由热电装置检测的红外光的方法。此时,该衍射光学透镜作为针对红外光的波长选择滤波器工作。此外,由于衍射光学透镜的利用减小了红外光的光强度因为穿过滤器而导致的减弱程度,因此该专利文献中公开的装置具有使该装置整体的感光灵敏度难以降低的结构。

[0005] 此外,在另一方面,光检测技术的发展已使得可以检测到表面等离子体振子 (plasmon) 所涉及的光电场。Tsutomu Ishii 等人在 Jpn. Jour. Appl. Phys., Vol. 44 (2005), L364 中公开了这样一种结构,其中光电二极管集成在用于选择性地增强特定波长的光电场的金属衍射环上,该金属衍射环的中心处设置了直径不大于该波长的孔,并且以近似于该波长的尺寸间隔设置了凹槽。此时,期望检测到的光以表面等离子体振子的形式集中在金属衍射环的中心,从而展示出在设置光电二极管的中心孔处增强光电场的效果。因此,存在利用这样的增强效果可以提高装置整体的感光灵敏度的可能性。

发明内容

[0006] 但是,在使用波长选择滤波器的传统热电装置例子中,难以提高感光灵敏度。这是因为光在穿过普通滤波器之后的强度低于光在穿过该滤波器之前的强度。此外,在光电二极管集成在金属衍射环的中心的传统例子中,即使可以提供提高感光灵敏度的效果,但光电二极管的器件面积的大小被限制为等于或小于波长,从而检测面积有限。

[0007] 因此,本发明提供一种解决上述问题的检测装置,其具有提高对包括红外区域内的通常较宽频率区域的感光灵敏度的效果,并具有比 Tsutomu Ishii 等人在 Jpn. Jour. Appl. Phys. , Vol. 44 (2005) , L364 中公开的装置的检测部分更大的检测面积。

[0008] 本发明提供一种配置如下的检测装置。

[0009] 也就是,本发明提供了一种用于检测电磁波的检测装置,其包括:滤波器部分,用于选择待检测电磁波的波长区域,该滤波器部分包括介电常数具有负实部的第一介质和不同于第一介质的第二介质;以及电磁波检测部分,其中第一介质和第二介质之间的距离不大于待检测电磁波的波长,而且第一介质和电磁波检测部分之间的距离不大于待检测电磁波的波长。

[0010] 此外,本发明还提供了一种用于检测电磁波的检测装置,其包括:滤波器部分,用于选择待检测电磁波的波长区域,该滤波器部分具有周期不大于待检测电磁波的波长的光栅形状,并且包括介电常数具有负实部的负介电常数介质;以及电磁波检测部分,其中该电磁波检测部分暴露在该光栅形状的凹进处。

[0011] 根据下面参照附图对示例性实施例的描述,本发明的其它特点将变得明显起来。

附图说明

[0012] 图 1 是示出用于执行本发明的示例性实施例的截面视图。

[0013] 图 2 是示出由执行本发明的示例性实施例提供的电场增强效果的示意图。

[0014] 图 3 是示出示例 1 的检测装置的配置的截面视图。

[0015] 图 4 是示出示例 2 的检测装置的配置的截面视图。

[0016] 图 5 是示出示例 3 的检测装置的配置的截面视图。

[0017] 图 6 是示出示例 4 的检测装置的配置的截面视图。

[0018] 图 7 是示出示例 1 的检测装置的二维阵列布置的示意性透视图。

[0019] 图 8 是示出示例 5 的检测装置的配置的截面视图。

[0020] 图 9 是示出示例 1 的检测装置的配置的截面视图。

具体实施方式

[0021] 在本发明中,电磁波检测部分例如可以是热检测装置或量子检测装置。本发明的以这种方式适配后的检测装置利用表面在第一介质(负介电常数介质)处的等离子体振子共振作为波长选择滤波器。然后,通过利用由表面等离子体振子共振选择的波长的电场强度被增强的现象,还通过采用在电场强度很大的位置上设置热检测装置或量子检测装置的配置,可以提供感光灵敏度高于传统检测装置的检测装置。

[0022] 顺便提一下,在诸如“感光灵敏度”或“光检测”中使用的术语“光”宽泛地指电磁

波,而限于诸如红外线或可见光区域的具体或特定电磁波区域。

[0023] 根据本发明的配置,可以提供一种在从包括红外区域的通常宽频率区域选择的波长区域中具有更高感光灵敏度的检测装置。

[0024] (配置)

[0025] 现在参照附图描述用于实施本发明的示例性实施例。在此描述的检测装置包括热检测装置,还包括介质和负介电常数介质。

[0026] 图 1 是示出用于执行本发明的示例性实施例的截面视图。在图 1 中,负介电常数介质即第一介质 101 的介电常数在所使用的电磁波区域中具有负实部。例如,在从毫米波带到太赫兹带的频率区域内,优选可以使用掺入载流子的半导体(InAs、GaAs、Si 等),而在从近红外区域到可见光区域的频率区域内,例如优选可以使用金属(Ag、Au、Al 等)。此外,还可以选择使用透明的导电膜(ITO 等),并且典型的透明导电膜的介电常数在直到近红外区域的范围内具有负实部。在图 1 中,用附图标记 103 表示热检测装置。大多数热检测装置是所谓的电介质,其介电常数具有正实部,并且具有比较小的电介质正切(Dielectric Tangent)。因此,它们可以优选用在执行本发明的示例性实施例中。第二介质 102 的至少一部分具有比热检测装置 103 的介电常数更大或者比靠近该热检测装置的部分的有效介电常数更大的介电常数,而对于第二介质可以使用已知的电介质。例如,在从毫米波带到太赫兹带的频率区域(30GHz 到 30THz)内,例如可以使用称为“高 k 材料”的细陶瓷。此外,在从近红外区域到可见光区域的频率区域内,可以使用 Si(未掺杂)或 TiO_2 。具体地说,本发明的检测装置优选可以用作检测波长包括 30GHz 到 30THz 频率区域的一部分的电磁波的装置。此外,在图 1 中,第二介质 102 具有半圆形的截面形状,但是其也可以具有任意形状。第一介质(负介电常数介质)101、第二介质 102 和热检测装置 103 之间的位置关系类似于目前已知的表面等离子体振子共振传感器中的克里施曼(Kretschmann)配置。也就是说,从打算检测的电磁波 104 的入射侧起,第二介质 102、第一介质 101 和热检测装置 103 按照提到的顺序设置。如图 1 所示,第二介质 102、第一介质 101 和热检测装置 103 相互接触地设置。但是,它们可以彼此相隔不大于待检测电磁波的波长的距离而设置。当它们简单地按照图 1 所示的堆叠设置从而使表面等离子体振子保持在第一介质(负介电常数介质)101 的后侧(热检测装置 103 侧)上时,需要满足以下关系。

[0027] $\text{Re}(\epsilon_1) < -\epsilon_3$

[0028] 此外,为了激励表面等离子体振子,还需要满足以下关系:

[0029] $\epsilon_2 > \epsilon_3$

[0030] 在上述等式中, $\text{Re}(\epsilon_1)$ 是负介电常数介质 101 层的介电常数的实部, ϵ_2 是第二介质 102 的介电常数, ϵ_3 是热检测装置 103 的介电常数。

[0031] 顺便提一下,在图 1 中,第一介质(负介电常数介质)101 具有膜形状,但只需要第一介质(负介电常数介质)101 的至少一部分具有膜形状。此外,没有示出根据光检测提取由热检测装置获得的光检测电信号的方法,因为该方法可以根据热检测装置 103 的具体示例而改变。下面参照下述例子描述该方法。

[0032] (原理)

[0033] 本发明可以用上述配置提高感光灵敏度的原因如下。也就是说,当给定波长的电磁波 104 通过第二介质 102 入射到第一介质(负介电常数介质)101 上,并且满足产生表面

等离子体振子共振所需要的条件时,可以由第一介质(负介电常数介质)101 激励并保持表面等离子体振子。产生表面等离子体振子共振所需要的条件要根据电磁波的波长或入射角以及诸如介电常数或负介电常数介质的形状等的构造来确定。当在设计为引起共振的配置下入射电磁波包含 p 偏振光分量时,在面向负介电常数介质 101 侧的电磁波检测部分 103 上激励表面等离子体振子。在此,在具有偏振面的电磁波如激光的情况下,进行调整以增加 p 偏振光分量的合乎需要的。在没有偏振、多个偏振面或椭圆/圆偏振光的情况下,可以不进行调整。表面等离子体振子伴随着具有垂直于第一介质(负介电常数介质)101 的表面的电场向量的电磁场,其电场强度通常比入射电磁波的电场强度大几十到几百倍。这被称为“电场增强效应”并且是广泛公知的。在此,在热检测装置 103 如图 1 所示设置的状态下,伴随着由第一介质(负介电常数介质)101 保持的表面等离子体振子的电磁场开始泄露到热检测装置 103 中。由热检测装置 103 检测这时的电场强度,从而可以获得大的光检测信号,由此提高了该装置整体的感光灵敏度。换句话说,当具有给定波长和给定强度的电磁波穿过第二介质 102 入射到第一介质(负介电常数介质)101 上并引起表面等离子体振子共振时,热检测装置 103 中的电场强度变大几十倍到几百倍。为简洁起见,假定热检测装置 103 的感光灵敏度是恒定的(与电场强度无关),而且电场增强效果是例如 100 倍的放大率,则此时通过热检测装置 103 获得的光检测电信号计算为感光灵敏度 $\times 100$ 。这意味着该装置整体的感光灵敏度提高了 100 倍。因此,第一介质(负介电常数介质)101 和第二介质 102 作为用于选择波长的滤波器工作。此外,此时可以认为它们好像将通过该滤波器的电磁波的电场强度放大了几十倍到几百倍那样工作。但是,已经通过该滤波器的电磁波的电磁场不是所传播的电磁波。通过这种方式,在提供了增强该装置整体的感光灵敏度的效果时,因为 NEP 与感光灵敏度成反比,因此该装置整体的 NEP 非常优异,从而 D^* 也很优异。

[0034] 图 2 是示出上述电场增强效果的典型例子的示意图。该图示出电场强度 201 和该装置结构中的位置之间的位置关系,并通过标准化为 1 的入射电磁波的电场强度来表示。从图 2 可以看出,电场强度在第一介质(负介电常数介质)101 的后侧(热检测装置 103 侧)上的位置变得很大。其幅度呈指数减小,但直到远离该后侧表面近似于入射电磁波的波长的距离的位置处都保持得足够大。因此,认为合适的是热检测装置 103 设置在第一介质(负介电常数介质)101 附近。电场强度的大小取决于介电常数的实部、第一介质(负介电常数介质)101 的形状和其它配置。发明人已经计算出电场强度的大小,假定例如 He-Ne 激光器(波长:633nm)是光源而且用 Ag 薄膜(厚度:50nm)作为第一介质(负介电常数介质)101,用 BK7 玻璃作为第二介质 102。结果,计算出电场强度大小的峰值大约是 350。

[0035] 此外,由于上述电场增强效果在第一介质(负介电常数介质)101 的后侧(热检测装置 103 侧)上任何地方都会发生,因此即使加大整个配置的面积,该效果也不会减小。因此,根据本发明,由于可以使感光面积比较大,所以可以用较大的光检测电信号输出执行对弱光的检测。

[0036] (其它配置)

[0037] 除了上述用于执行本发明的示例性实施例之外,还可以采用具有电场增强效果的以下配置。也就是说,第一介质(负介电常数介质)、第二介质和热检测装置之间的位置关系可以类似于在可见光区域中已知的表面等离子体振子共振传感器中的奥托(Otto)配置的位置关系。此时,从将要检测的电磁波的入射侧起,第二介质、第一介质(负介电常数介

质)和热检测装置按照提到的顺序设置。可替换地,不使用该介质,而是以等于或小于将要检测的电磁波的波长的节距(通常小于该波长,尽管取决于负介电常数介质)对第一介质(负介电常数介质)执行光栅形成加工(grating process),并且进一步可以设置热检测装置。由于这些配置全都具有通过表面等离子体振子共振产生的电场增强效果,因此可以提高该装置整体的感光灵敏度和检出率,还可以使感光面积比较大。

[0038] 此外,只要频率区域有限,就可以用量子检测装置代替上述热检测装置。这是因为大多数量子检测装置是半导体器件,而且典型的掺入载流子的半导体至少在比中红外区域长的波长区域(包括从毫米带到太赫兹带)内表现为金属。这是因为在低于等离子体频率的频率区域中将其定性地解释为金属,而在高于等离子体频率的频率区域中解释为电介质。在本发明中,在作为电介质描述的频率区域中提供上述效果,从而上述热检测装置只在中红外到可见光区域的频率区域中可以被量子检测装置代替。

[0039] (附加配置)

[0040] 此外,在上述用于执行本发明的示例性实施例中,由于考虑到在很多情况下期望被检测的电磁波通过空气传播而进入检测装置,因此还可以采用用于降低空气和介质之间的菲涅耳(Fresnel)反射损耗的配置。为了实施该配置,该介质可以具有用于在自由空间和该介质之间进行阻抗变换的结构,如对该介质应用 SWG(子波长光栅)的配置或包括 AR 涂层的配置。

[0041] (示例 1)

[0042] 图 3 是示出按照本发明的检测装置和滤波器的配置示例的截面视图。在图 3 中, n-InAs301 的介电常数在包括从毫米波带到太赫兹带的频率区域内具有负实部。已知氧化钛陶瓷 302 为同一频率区域中的高 k 材料。已知 DLaTGS 晶体 303 为同一频率区域中的热电装置。此外,电极 311、312 用于提取 DLaTGS 晶体的自发极化,其中涉及以电压的形式进行检测。因此,提供电压检测器 313。此外,电压检测器 313 可以包括阻抗匹配电路(如源极跟随器电路)。

[0043] 该配置是图 3 所示的 Kretschmann 配置,并且如上所述,从在毫米波带到太赫兹带的范围内的期望检测的电磁波 304 的入射侧起, n-InAs301 和 DLaTGS 晶体 303 按照提到的顺序设置。它们可以相互接触地设置,或者彼此相隔不大于所使用的电磁波波长距离而设置,在该示例中,它们如图 3 所示那样相互接触。 n-InAs301 的厚度具有最佳值,并且在设置为最佳值时,获得最大的电场增强效果。此时,该装置整体的感光灵敏度很高,从而可以通过电压检测器 313 获得很大的响应。现在,假定期望检测的光的波长就频率而言在 0.5THz 到 1.0THz 的范围内。基于 Fresnel 反射等式来执行计算,假定 DLaTGS 晶体 303 的介电常数(相对介电常数)为 19,氧化钛陶瓷 302 的介电常数为 110,并且对 n-InAs301 使用针对复数介电常数的德鲁德(Drude)模型。在针对复数介电常数的 Drude 模型中,设定自由电子的数量为 $1.0 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$,有效质量 $m_{\text{eff}} = 0.03$,弛豫时间的倒数 $\gamma / 2\pi = 0.30 \text{THz}$,背景介电常数 $\epsilon_b = 14.5$ 。根据这些, n-InAs301 的最佳厚度大约是 $5 \mu\text{m}$ 。此时,考虑到 DLaTGS 晶体 303 的 D^* 最初是大约 $10^9 \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{w}$ 而且电场增强效果的放大率为几十倍,可以预期装置整体的检出率最大为大约 $10^{10} \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{w}$ 。此外,由于在共振过程中 n-InAs301 和氧化钛陶瓷 302 还展示出波长选择滤波器的效果(通带可以视为大约 γ),因此该装置整体的检出率更为优异。

[0044] 顺便提一下, DLaTGS 晶体 303 的感光灵敏度取决于环境温度并且是不稳定的, 可以向该配置增加外部温度控制器。此外, 在从毫米波带到太赫兹带的频率区域内, 如在本实施例中, SWG320 具有比较大的波长而且很容易工作。

[0045] 制作上述配置的方法如下所述。也就是说, 将 n-InAs 衬底和 DLaTGS 晶体直接相互固相结合并通过研磨等加工, 从而使 n-InAs 薄膜具有 $5\mu\text{m}$ 的厚度, 由此提供了期望的形状。固相结合的方法包括在压力下升高温度的方法, 施加电场的方法等等。可替换地, 可以将这两个部件的表面相互接触, 而且可以在其外周涂上粘合剂然后固化。在通过研磨形成 n-InAs 薄膜之后, 如图 3 所示, 在其表面的一部分上形成电极 312。接着, 在其上设置介质 302, 然后, 例如在其外周涂上粘合剂并固化。当烧结以形成介质 302 之后, 以最初的形状雕刻 SWG320。可替换地, 在如图 1 所示成型之后, 可以通过机械加工如切削或激光机械加工来形成该配置。

[0046] 顺便提一下, 半导体不限于 InAs, 还可以采用 IV 族元素或其化合物, 如 Si、SiGe、InGaAs、GaAs、GaN、GaSb 和 CdTe; III-V 族化合物半导体; II-VI 族化合物半导体等等。尽管在本实施例中通过研磨衬底来执行薄膜成型, 还可以使用外延剥离 (ELO, epitaxial lift-off) 技术, 其中通过例如 MBE 方法在衬底上外延生长缓冲层和活性层, 然后只将活性层转移到构成热电装置的晶体上。可替换地, 可以使用通过在低温下直接在构成热电装置的晶体上形成上述半导体的非晶膜或者通过进一步经过诸如激光退火的过程使产物晶化而获得的薄膜。

[0047] 如图 9 所示的配置可以通过采用金属焊接将 DLaTGS 晶体与半导体结合在一起制成。也就是说, 首先在 n-InAs 衬底上蒸镀诸如 Ti/Au 的金属膜, 从而通过剥离方法等等形成直径为 1mm 的窗口区域作为不存在金属膜的光接收区域, 从而留下外周的金属膜 904、905。在 DLaTGS 晶体上形成类似地具有窗口区域的 Ti/Au 金属膜 911、912, 而且在将窗口区域相互对准的同时在压力下将 DLaTGS 晶体和 n-InAs 衬底结合在一起。接着执行研磨等, 使得 n-InAs 膜 901 的厚度为 $5\mu\text{m}$, 由此提供了期望的形状。在这种情况下, 可以采用这样一种配置, 其中用金属膜 911 和 912 作为电极以便以电压 913 的形式提取沿横向在 DLaTGS 晶体的表面上产生的极化。在该图中, 氧化钛陶瓷 (介质) 用 902 表示。

[0048] 尽管上面的描述是以单个装置为例子进行的, 可以通过布置多个装置以形成二维阵列来拾取图像。例如, 图 7 示出 4×4 阵列。在热电晶体衬底 702 上, 上述半导体膜 (未示出) 和介质 701 相互独立地设置。彼此独立地引出各自对应于像素的电极 704, 以允许单独检测各像素的信号。另一方面, 在后侧形成公用电极 703。根据该配置, 例如可以在太赫兹带内高速地拾取图像。尽管在该例子中集成了 16 个像素, 可以增加像素的数量以提供以高分辨率拾取二维图像的配置。

[0049] (示例 2)

[0050] 图 4 是示出根据本发明的检测装置和滤波器的配置示例的截面视图。在图 4 中, ITO ($\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$) 401 的介电常数在从中红外区域到近红外区域的频率区域内具有负实部。Si (未掺杂) 402 是在波长不小于 $1\mu\text{m}$ 的频率区域内的比较透明、高折射率的材料。已知 LiTaO_3 晶体 403 为同一频率区域内的热电装置。此外, 电极 411、412 用于提取 LiTaO_3 晶体的自发极化, 其中涉及以电压的形式进行检测。因此, 提供电压检测器 413。此外, 电压检测器 413 可以包括阻抗匹配电路 (如源极跟随器电路)。

[0051] 该配置是图 4 所示的 Kretschmann 配置,并且如上所述,从在中红外区域到近红外区域的范围内的期望检测的电磁波 404 的入射侧起, Si402、IT0401 和 LiTaO₃ 晶体 403 按照提到的顺序设置。它们可以相互接触地设置,或者彼此相隔不大于所使用的电磁波波长而设置,在该示例中,它们如图 4 所示那样相互接触。IT0401 的厚度具有最佳值,并且在设置为最佳值时,获得最大的电场增强效果。此时,该装置整体的感光灵敏度很高,从而可以通过电压检测器 413 获得很大的响应。现在,假定期望检测光的波长大约为 3 μm。基于 Fresnel 反射等式来执行计算,假定 LiTaO₃ 晶体 403 的介电常数(相对介电常数)为 4.5, Si402 的介电常数为 12,对 IT0401 使用针对复数介电常数的 Drude 模型。在针对复数介电常数的 Drude 模型中,设定自由电子的数量为 $1.0 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$,有效质量 $m_{\text{eff}} = 0.3$,弛豫时间的倒数 $\gamma/2\pi = 5.8 \text{THz}$,背景介电常数 $\epsilon_b = 3.1$ 。根据这些,ITO 的最佳厚度大约是 5 μm。此时,考虑到 LiTaO₃ 晶体 403 的 D^* 最初是大约 $10^8 \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\omega$ 而且电场增强效果的放大率为大约一百倍,可以预期装置整体的检出率最大为大约 $10^{10} \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\omega$ 。此外,由于在共振过程中 IT0401 和 Si402 还展示出波长选择滤波器的效果(通带可以视为大约 γ),因此该装置整体的检出率更为优异。

[0052] 顺便提一下,在该示例中,涂敷 AR 涂层,但是在可以获得具有小 Fresnel 反射损耗的配置时,可以不添加 AR 涂层。

[0053] 制作上述配置的方法例如可以是通过溅射或蒸镀在裂开的 LiTaO₃ 晶体中的膜形成 ITO。此外,就 AR 涂层而言,通过诸如 CVD 的方法形成氧化硅膜或氮化硅膜。

[0054] (示例 3)

[0055] 图 5 是示出根据本发明的检测装置和滤波器的配置示例的截面视图。在图 5 中, Au501 的介电常数在从近红外区域到可见光区域的频率区域内具有负实部。Si(未掺杂)502 是在波长不小于 1 μm 的频率区域内的比较透明、高折射率的材料。已知 InGaAs PIN 光电二极管 503 为通过改变诸如 In 或 Ga 的混合晶体的混合比例而支持同一频率区域的 PIN 光电二极管。例如,与 InP 衬底晶格匹配的 In₅₃Ga₄₇As 在 1.5 μm 的带中具有 D^* 的峰值 $10^{10} \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\omega$ 。InGaAsPIN 光电二极管的 p 型区和 n 型区分别由 514 和 515 表示。p 型区 514 和 n 型区 515 之间存在 i 型区,但未示出。绝缘膜用 516 表示。电极 511、512 用于通过检测来提取光电流。因此,提供了电流检测器 513。此外,该电流检测器 513 可以包括用于施加反偏压的电路和具有运算放大器的放大电路。

[0056] 该配置是例如图 5 所示的 Kretschmann 配置,并且如上所述,从在近红外区域到可见光区域的范围内的期望检测的电磁波 504 的入射侧起, Si502、Au501 和 InGaAs PIN 光电二极管 503 按照提到的顺序设置。它们可以相互接触地设置,或者彼此相隔不大于所使用的电磁波波长而设置,在该示例中,它们如图 5 所示那样相互接触。与示例 1 类似, Au501 的厚度具有最佳值,并且在设置为最佳值时,获得最大的电场增强效果。现在,假定期望检测光的波长大约为 1.5 μm。基于 Fresnel 反射等式来执行计算,假定 InGaAs503 的介电常数(相对介电常数)为 11, Si502 的介电常数为 12,对 Au501 使用针对复数介电常数的 Drude 模型。在针对复数介电常数的 Drude 模型中,设定等离子频率为 2.2PHz,有效质量 $m_{\text{eff}} = 1.0$,弛豫时间的倒数 $\gamma/2\pi = 40 \text{THz}$,背景介电常数 $\epsilon_b = 1.0$ 。根据这些, Au501 的最佳厚度大约是 60nm。此时,考虑到 InGaAs PIN 光电二极管 503 的 D^* 最初是大约 $10^{10} \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\omega$ 而且电场增强效果的放大率为大约一百倍,可以预期装置整体的检出率

最大为大约 $10^{12} \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{w}$ 。

[0057] PIN 光电二极管通常在光接收区的外周或中心具有电极 512。此外,在其表面上形成有绝缘膜 516 如氧化硅膜或氮化硅膜,此外通过诸如 EB 蒸镀方法的方法形成金薄膜 501,并在该薄膜上设置介质 502,由此提供本示例的检测装置。

[0058] (示例 4)

[0059] 图 6 是示出根据本发明的检测装置和滤波器的配置示例的截面视图。在图 6 中,如上所述,Au601 经过光栅形成加工,并且其自身的介电常数在从近红外区域到可见光区域的频率区域内具有负实部。本示例是示例 3 的变型,而且具有类似于示例 3 的以下配置。也就是说,InGaAs PIN 光电二极管、InGaAs PIN 光电二极管的 p 型区和 n 型区分别由 603、614 和 615 表示。p 型区 614 和 n 型区 615 之间存在 i 型区,但未示出。绝缘膜用 616 表示。电极 611、612 用于通过检测来提取光电流。因此,提供了电流检测器 613。此外,该电流检测器 613 可以包括用于施加反偏压的电路和具有运算放大器的放大电路。入射光用 604 表示。

[0060] 如图 6 所示,本示例的配置是加工 Au601,以形成周期等于或小于期望检测的电磁波的波长(通常小于该波长,尽管取决于负介电常数介质)的光栅,并且还设置 InGaAs PIN 光电二极管 603。该光电二极管暴露在光栅的凹进部分的底面上。根据这一点,可以有效检测电场强度被该光栅放大的电磁波。Au 光栅 601 的节距 d 具有最佳值,并且在设置为最佳值时,可以获得最大的电场增强效果。现在,假定期望检测的电磁波的波长大约是 $1.5 \mu\text{m}$ 。基于耦合波理论来执行计算,假定 InGaAs603 的介电常数(相对介电常数)为 11.6,Au601 的复数折射率由针对复数介电常数的 Drude 模型表示。

[0061] 在针对复数介电常数的 Drude 模型中,设定等离子频率为 2.2PHz,有效质量 $m_{\text{eff}} = 1.0$,弛豫时间的倒数 $\gamma / 2\pi = 40\text{THz}$,背景介电常数 $\epsilon_b = 1.0$ 。根据这些,Au 光栅 601 的节距 d 的一阶最佳值大约是 500nm。但是,考虑到由于还存在其它发生共振的波长,因此 Au 光栅 601 的波长选择滤波器的效果比较小。在该配置中,由于介质不是必须的,因此该配置可以做得比较简单。

[0062] 在该示例中,Au 光栅 601 通过蒸镀形成在 p 型区 614 上(以便不会在 p 型和 n 型区之间引起短路)。

[0063] (示例 5)

[0064] 图 8 是示出根据本发明的检测装置和滤波器的配置示例的截面视图。在图 8 中,设置遮光部件 821 以使方向性变窄,设置保持部件 822 以调整该装置整体的方向性。存在惰性气体 824 如氮气(或者 Ne、Ar、Kr、Xe)以防止损坏该装置整体。可替换地,这可以是真空状态。本示例是示例 1 的变型,其配置类似于示例 1 的配置而如下所述。也就是说,n-InAs 用 801 表示,氧化钛陶瓷用 802 表示,DLaTGS 晶体用 803 表示。此外,分别用 811、812 表示电极。电压检测器 813 通过端子 823 与电极 811、812 连接。入射光用 804 表示。

[0065] 遮光部件 821 例如可以由合适的金属如铜或不锈钢形成。不用说,为了提供足够的遮光效果,其厚度设计为不小于所使用的电磁波的透入深度。在任何频率不小于毫米带的频率区域内,遮光部件 821 的厚度例如为 $1 \mu\text{m}$ 就足够了。在这种情况下,为了防止端子 823 的短路,优选涂敷端子 823。保持部件 822 用于将共振时指定的入射角保持为垂直于整个装置。与示例 1 类似,假定期望检测的电磁波的波长就频率而言在 0.5THz 到 1.0THz 的

范围内。基于 Fresnel 反射等式来执行计算,假定 DLaTGS 晶体 803 的介电常数(相对介电常数)为 19,氧化钛陶瓷 802 的介电常数为 110,对 n-InAs801 使用针对复数介电常数的 Drude 模型。在针对复数介电常数的 Drude 模型中,设定自由电子的数量为 $1.0 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$,有效质量 $m_{\text{eff}} = 0.03$,弛豫时间的倒数 $\gamma / 2\pi = 0.30 \text{THz}$,背景介电常数 $\epsilon_b = 14.5$ 。根据这些,入射角指定为大约 30 度。因此,如图 8 所示,保持部件 822 设置为使调整角 Θ 等于 30 度。在此,保持部件 822 可以由合适的绝缘材料制成,例如可容易地模压的树脂或聚氨酯泡沫。此外,作为用于制造包括端子 823 和惰性气体 824 的整个装置的方法,可以选择和使用众所周知的封装安装技术。

[0066] 而且,例如通过将如此制造的封装放置在可旋转的台上并控制旋转以改变入射角,可以移动期望检测的电磁波的中心波长。通过获取针对入射角变化的强度分布,可以使该配置能作为测量波长谱的系统工作。例如,通过用来自任意电磁波发生源的电磁波照射被分析物并利用检测装置从所传输的光或反射光获得波长谱,可以使该配置能作为分光镜工作。此外,可以在不提供被分析物的情况下估计电磁波源自身的频谱特性。

[0067] 此外,通过用图 7 所示的二维阵列的装置作为要封装的装置,可以提供对从毫米波区域到可见光区域的范围内选择的波长具有高灵敏度的图像芯片。此外,通过包括用于基于由检测装置检测的电场强度的差异形成电场强度分布的图像的成像部分,可以提供成像装置。

[0068] 虽然参照示例性实施例描述了本发明,应当理解本发明不限于所公开的示例性实施例。所附权利要求的范围应当被赋予最宽泛的解释,以涵盖所有这样的变型和等价的结构与功能。

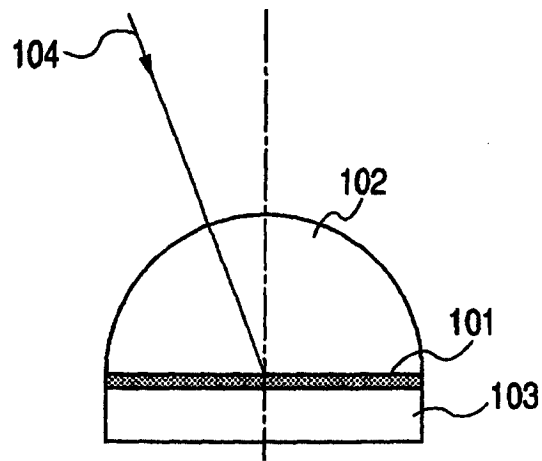


图 1

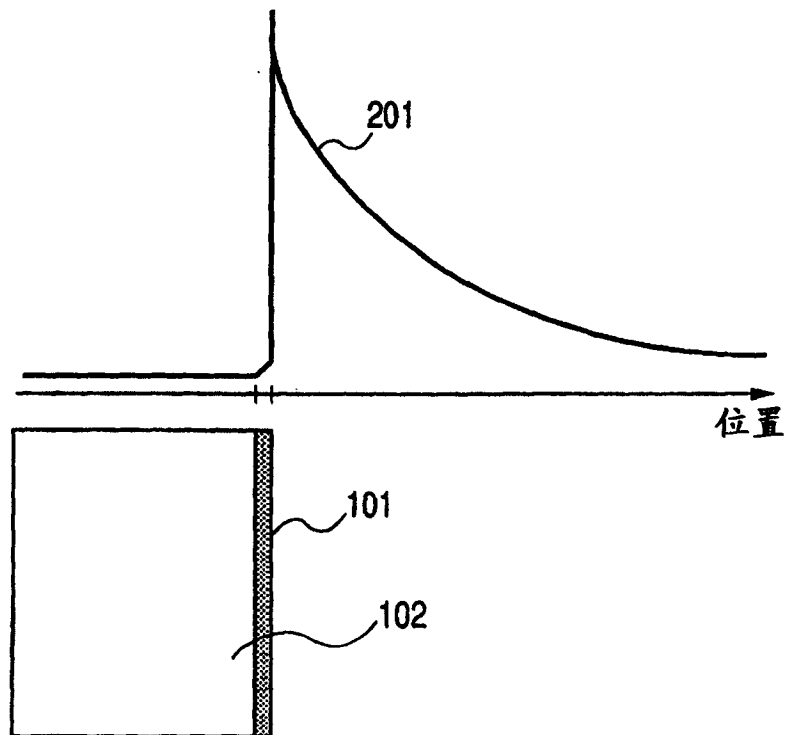


图 2

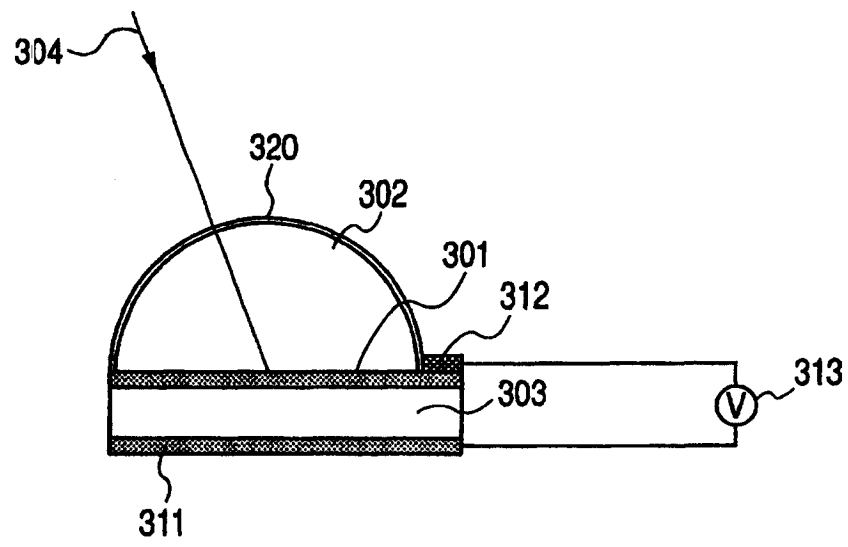


图 3

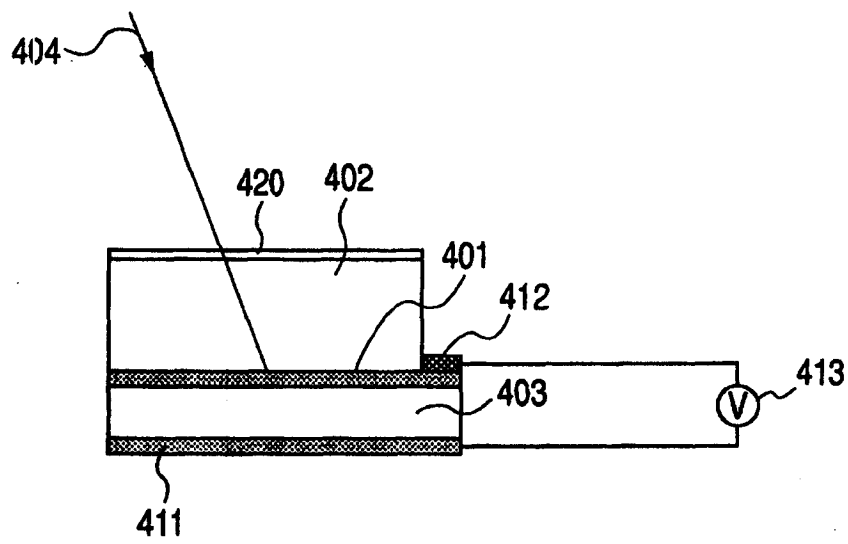


图 4

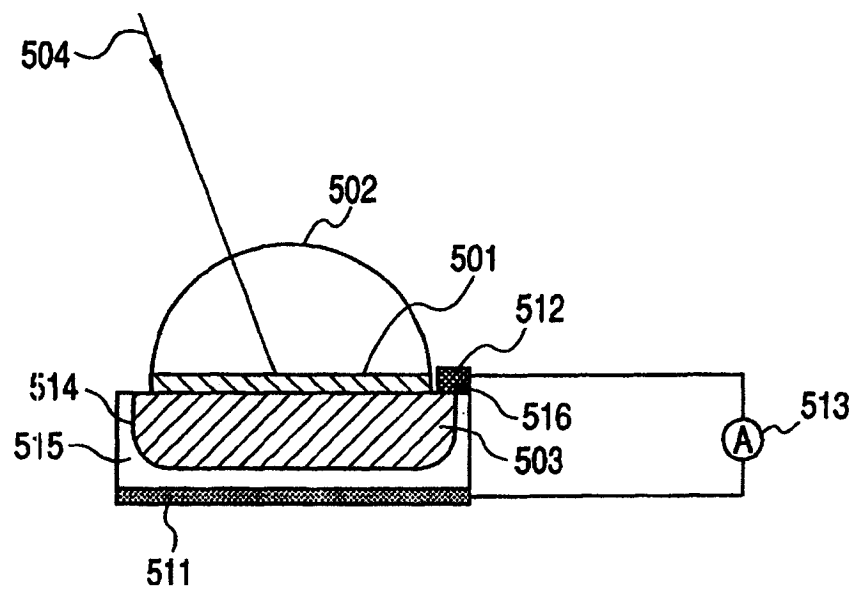


图 5

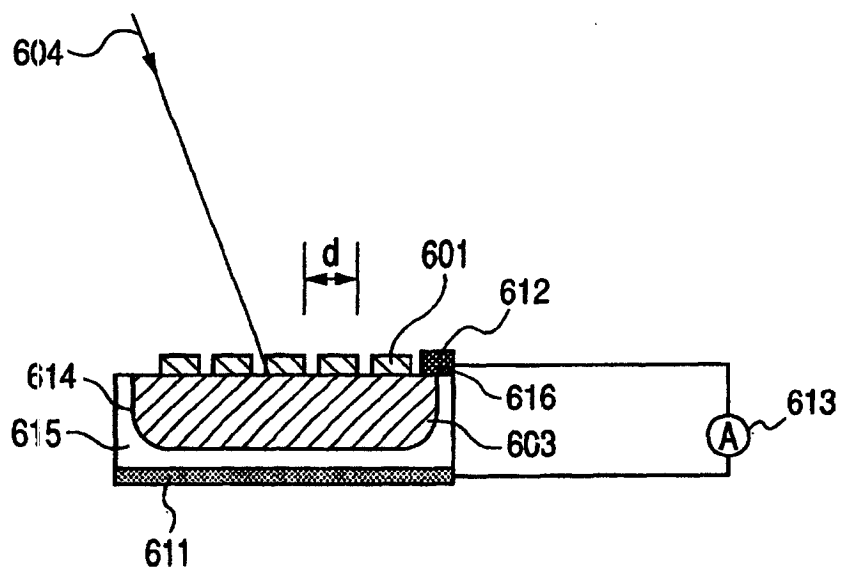


图 6

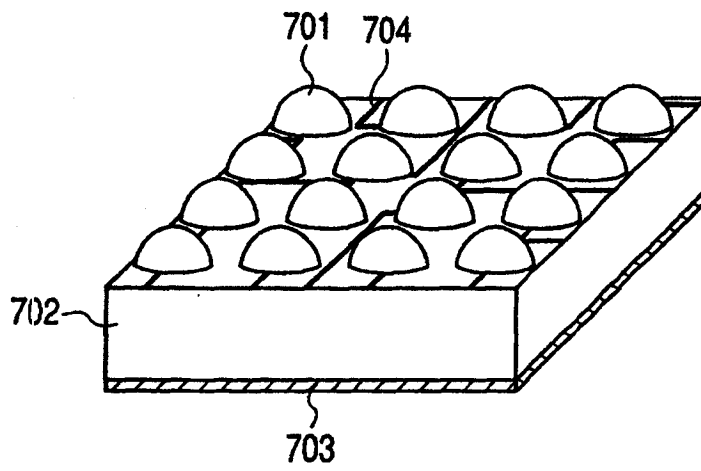


图 7

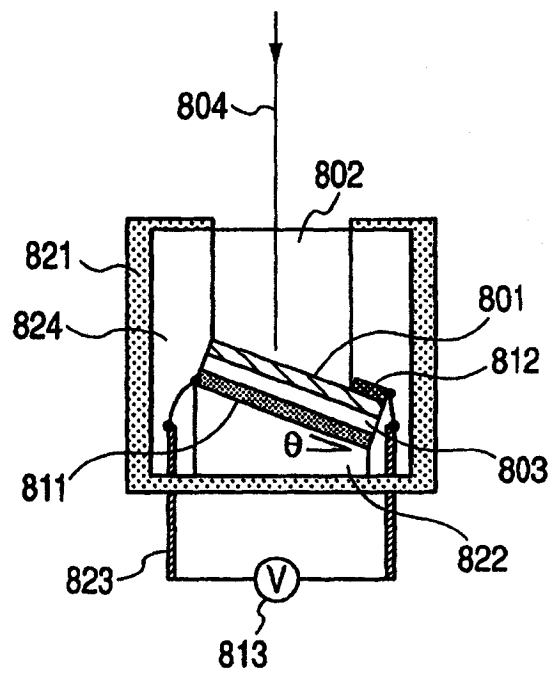


图 8

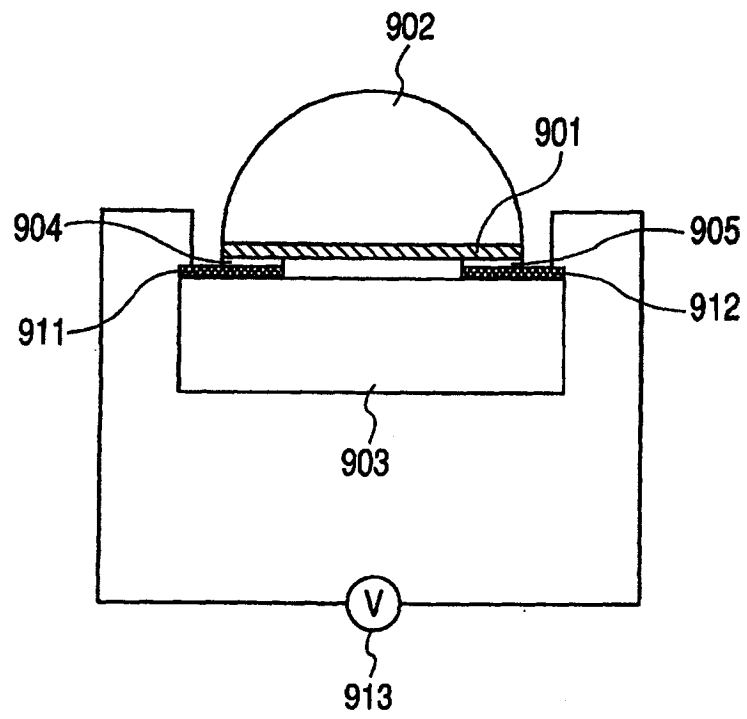


图 9