



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101652703 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 29

(21) 申请号 200880010907. 9

(22) 申请日 2008. 03. 28

(30) 优先权数据

095118/2007 2007. 03. 30 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 09. 29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/056087 2008. 03. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02008/120719 JA 2008. 10. 09

(73) 专利权人 住友大阪水泥股份有限公司

地址 日本东京都

(72) 发明人 及川哲 市川润一郎 金原勇贵

山根裕治

(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 关兆辉 穆德骏

(51) Int. Cl.

G02F 1/035 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2003156723 A, 2003. 05. 30,

CN 1682144 A, 2005. 10. 12,

JP 2003156723 A, 2003. 05. 30,

JP 593892 A, 1993. 04. 16,

W0 03079102 A1, 2003. 09. 25,

审查员 陈俊

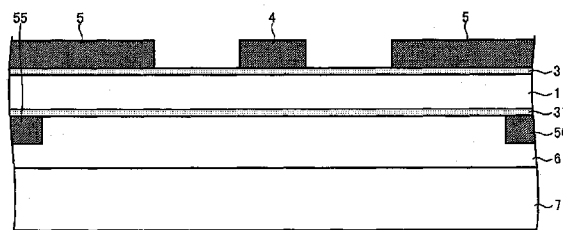
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 12 页

(54) 发明名称

光控制元件

(57) 摘要

本发明提供一种光控制元件,包括具有电光效应的薄板、形成于所述薄板的光波导、用于控制通过所述光波导的光的控制电极,本发明能够解决以下课题,即实现施加给所述控制电极的微波信号与所述光的速度匹配、所述微波的阻抗匹配、降低驱动电压、实现快速动作。为了解决所述课题,本发明的光控制元件的所述控制电极在所述薄板的上侧配置信号电极和接地电极,在所述薄板的下侧配置包括接地电极的第2电极。并且,使所述第2电极不位于所述信号电极的下方,以实现阻抗匹配。



1. 一种光控制元件,包括具有电光效应且厚度为 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板、形成于所述薄板上的脊型光波导、用于控制通过所述脊型光波导的光的控制电极,所述光控制元件的特征在于,

所述控制电极包括夹着所述薄板而配置的第 1 电极和第 2 电极,

所述第 1 电极具有至少由信号电极和接地电极构成的共面式的电极,

在调制区域部,所述第 2 电极至少具有接地电极,并且通过所述第 1 电极的信号电极和所述第 2 电极的接地电极向所述光波导施加电场,在信号输入输出部,至少所述第 1 电极的所述信号电极下方没有所述第 2 电极。

2. 根据权利要求 1 所述的光控制元件,其特征在于,

所述薄板夹着低介电常数层被支撑在支撑基板上,

所述信号输入输出部中,在从所述第 2 电极朝向支撑基板的方向分离的位置,夹着所述低介电常数层具有增设的接地电极。

3. 根据权利要求 2 所述的光控制元件,其特征在于,所述第 2 电极与所述增设的接地电极分离 $50\mu\text{m}$ 以上。

4. 根据权利要求 1~3 中任一项所述的光控制元件,其特征在于,至少在配置于所述脊型波导的两侧的槽中填充有低介电常数膜。

5. 根据权利要求 1~3 中任一项所述的光控制元件,其特征在于,至少在所述薄板和所述第 1 电极之间形成有缓冲层。

6. 根据权利要求 1~3 中任一项所述的光控制元件,其特征在于,

在所述第 1 电极和所述第 2 电极中,所述信号电极和所述接地电极由透明电极或在薄板一侧配置有透明电极的电极中的任一种构成。

7. 根据权利要求 1~3 中任一项所述的光控制元件,其特征在于,

所述光波导是两个光波导,在一个光波导所属的所述薄板的光波导区域中,自发极化反转。

光控制元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光控制元件,尤其涉及包括具有电光效应且厚度为 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板、形成于所述薄板的光波导、用于控制通过所述光波导的光的控制电极的光控制元件。

背景技术

[0002] 以往,在光通信领域和光测量领域中,多采用在具有电光效应的基板上形成有光波导和控制电极的波导式光调制器和波导式光开关等各种光控制元件。目前利用的光控制元件的方式大多在图 1 所示的厚度 $0.5\sim 1\text{mm}$ 左右的光电晶体基板 1 上,形成光波导 2、信号电极 4 和接地电极 5。另外,图 1 表示使用 Z 切 LiNbO_3 基板的光调制器的示例,标号 3 表示 SiO_2 膜等缓冲层。

[0003] 尤其在波导式光调制器中,为了对在光波导中传播的光波进行调制控制,向控制电极施加微波信号。因此,为了使微波在控制电极中有效传播,需要实现将微波导入光调制器中的同轴线缆等信号线路与光调制器内的控制电极的阻抗匹配。因此,如图 1 所示,采用由接地电极 5 夹持信号电极 4 的形状、即所谓共面式控制电极。

[0004] 但是,在共面式控制电极中,由于外部电场不能有效作用于基板 1 的电光效应的效率较高的方向(在图 1 所示的 Z 切 LiNbO_3 基板中指上下方向),所以为了获得必要的光调制度,需要更大的电压。具体地讲,在利用 LiNbO_3 (以下称为“LN”)基板,而且沿光波导的电极长度为 1cm 时,需要约 $10\sim 15\text{V}$ 左右的半波长电压。

[0005] 并且,如图 2 所示,专利文献 1 提出了如下结构,为了改善光波导对光波的封闭,且将控制电极所生成的电场更有效地施加到光波导,把光波导设为脊型波导 20,并将接地电极 5、51、52 配置得更靠近信号电极 4 和 41。根据这种结构,虽然可以实现某种程度上的驱动电压的降低,但是尤其在实现高频波段的高速调制时,进一步降低驱动电压是必不可缺的。

[0006] 此外,专利文献 2 提出了如下方案:如图 3 所示,由控制电极夹持基板,沿电光效应的效率较高的方向(在图 3 所示的 Z 切 LiNbO_3 基板中指上下方向)施加电场。而且,图 3 所示的光调制器,使具有电光效应的基板极化反转,形成自发极化的方向(图中的箭头方向)不同的基板区域 10A 和 10B,并且在各基板区域形成有光波导 2,在利用共用的信号电极 42 和接地电极 53 对各光波导施加电场时,可以使在各光波导中传播的光波产生相反方向的相位变化。通过上述差分驱动,可以进一步降低驱动电压。

[0007] 但是,在图 3 所示的电极构造中,微波的折射率提高,难以实现在光波导中传播的光波与调制信号即微波的速度匹配。而且,由于阻抗反而降低,所以具有难以实现与微波的信号线路的阻抗匹配的缺点。

[0008] 另一方面,在以下专利文献 3 或 4 中,在具有厚度为 $30\mu\text{m}$ 以下的非常薄的基板(以下称为“薄板”)上装配光波导和调制电极,接合介电常数比该薄板低的其他基板,降低对微波的有效折射率,实现微波与光波的速度匹配。

[0009] 但是,即使在使用上述薄板的光调制器中形成有图 1~图 3 所示结构的控制电极

的情况下,依旧不能从根本上解决上述问题。在利用图 3 所示的控制电极夹持基板的情况下,在使基板的厚度变薄时,具有微波折射率下降的趋势,但是难以实现光波与微波的速度匹配。虽然也依赖于电极的宽度,但是例如在使用 LN 薄板时,有效折射率为约 5 左右,达不到最佳值 2.14。另一方面,阻抗具有随着基板变薄而下降的趋势,这成为加大阻抗不匹配的原因。

[0010] 专利文献 1:美国专利说明书第 6580843 号

[0011] 专利文献 2:日本专利注册第 3638300 号说明书

[0012] 专利文献 3:日本特开昭 64-018121 号公报

[0013] 专利文献 4:日本特开 2003-215519 号公报

[0014] 专利文献 5:日本特开平 6-289341 号公报

发明内容

[0015] 本发明要解决的课题是提供一种光控制元件,能够实现微波与光波的速度匹配及微波的阻抗匹配,尤其能够实现将微波导入光调制器中的同轴线缆等信号线路与光调制器内的控制电极的阻抗匹配,能够降低驱动电压。

[0016] 并且,本发明提供一种光控制元件,通过降低驱动电压,能够抑制光控制元件的温度上升,并能够实现稳定动作,本发明还提供一种能够使用成本更低的低驱动电压型驱动装置的光控制元件。

[0017] 为了解决上述问题,技术方案 1 的发明的光控制元件,包括具有电光效应且厚度为 $10\ \mu\text{m}$ 以下的薄板、形成于所述薄板的光波导、用于控制通过所述光波导的光的控制电极,所述光控制元件的特征在于,所述控制电极包括夹着所述薄板而配置的第 1 电极和第 2 电极,所述第 1 电极具有至少由信号电极和接地电极构成的共面式的电极,在调制区域部,所述第 2 电极至少具有接地电极,并且与所述第 1 电极的信号电极协作而向所述光波导施加电场,在信号输入输出部,至少所述第 1 电极的所述信号电极下方没有所述第 2 电极。

[0018] 在技术方案 2 的发明中,所述薄板夹着低介电常数层被支撑在支撑基板上,所述信号输入输出部中,在从所述第 2 电极朝向支撑基板的方向分离的位置,夹着所述低介电常数层具有增设的接地电极。结果,所述第 2 电极能够作为接地电极发挥作用,能够容易进行阻抗调整。并且,这种接地电极具有屏蔽来自外部的电信号的效果,所以不易受到与外部的连接(芯片的设置状况等)的影响。

[0019] 另外,所述第 2 电极与所述增设的接地电极的距离例如可以设为 $50\ \mu\text{m}$ 以上(技术方案 3)。

[0020] 在技术方案 4 的发明中,光控制元件包括具有电光效应且厚度为 $10\ \mu\text{m}$ 以下的薄板、形成于所述薄板的光波导、用于控制通过所述光波导的光的控制电极,所述光控制元件的特征在于,所述控制电极包括夹着所述薄板而配置的第 1 电极和第 2 电极,所述第 1 电极具有至少由信号电极和接地电极构成的共面式的电极,在调制区域部,所述第 2 电极至少具有接地电极,并且与所述第 1 电极的信号电极协作而向所述光波导施加电场,在信号输入输出部,所述第 2 电极在从所述薄板朝向所述支撑基板的方向分离的位置夹着低介电常数层而配置。

[0021] 技术方案 5 的发明的特征在于,在技术方案 1~4 中任一方案的光控制元件中,所

述光波导是脊型光波导。

[0022] 技术方案 6 的发明的特征在于,在技术方案 1 ~ 5 中任一方案的光控制元件中,至少在所述薄板和所述第 1 电极之间形成有缓冲层。

[0023] 技术方案 7 的发明的特征在于,在技术方案 1 ~ 6 中任一方案的光控制元件中,在所述第 1 电极和所述第 2 电极中,所述信号电极和所述接地电极由透明电极或在薄板一侧配置有透明电极的电极中的任一种构成。

[0024] 技术方案 8 的发明的特征在于,在技术方案 5 ~ 7 中任一方案的光控制元件中,至少在配置于所述脊型波导两侧的槽中填充有低介电常数膜。

[0025] 技术方案 9 的发明的特征在于,在技术方案 1 ~ 8 中任一方案的光控制元件中,包括所述光波导的至少一部分在内的薄板的自发极化反转。

[0026] 根据技术方案 1 的发明,光控制元件包括具有电光效应且厚度为 10 μm 以下的薄板、形成于所述薄板的光波导、用于控制通过所述光波导的光的控制电极,所述控制电极包括夹着所述薄板而配置的第 1 电极和第 2 电极,所述第 1 电极具有至少由信号电极和接地电极构成的共面式的电极,在调制区域部,所述第 2 电极至少具有接地电极,并且与所述第 1 电极的信号电极协作而向所述光波导施加电场,所以能够提供一种光控制元件,能够实现微波与光波的速度匹配以及微波的阻抗匹配,并能够快速动作。

[0027] 并且,在信号输入输出部,至少所述第 1 电极的所述信号电极下方没有所述第 2 电极。该情况下,由于不存在所述电极,所述信号输入输出部中的所述控制电极的电容增大,结果能够实现阻抗的增大,能够实现将微波导入光控制元件中的同轴线缆等信号线路与光调制器内的控制电极的阻抗匹配。

[0028] 另外,本发明能够提供一种光控制元件,通过降低上述的驱动电压,能够抑制光控制元件的温度上升,并能够实现稳定动作,还提供一种能够使用成本更低的低驱动电压型驱动装置的光控制元件。

[0029] 根据技术方案 2 和 3 的发明,所述薄板夹着低介电常数层支撑在支撑基板上,所述信号输入输出部中,在从所述第 2 电极朝向支撑基板的方向分离的位置,夹着所述低介电常数层具有增设的接地电极。结果,所述第 2 电极能够作为接地电极发挥作用,能够容易进行阻抗调整。并且,这种接地电极具有屏蔽来自外部的电信号的效果,所以不易受到与外部的连接(芯片的设置状况等)的影响。

[0030] 根据技术方案 4 的发明,光控制元件包括具有电光效应且厚度为 10 μm 以下的薄板、形成于所述薄板的光波导、用于控制通过所述光波导的光的控制电极,所述控制电极包括夹着所述薄板而配置的第 1 电极和第 2 电极,所述第 1 电极具有至少由信号电极和接地电极构成的共面式的电极,在调制区域部,所述第 2 电极至少具有接地电极,并且与所述第 1 电极的信号电极协作而向所述光波导施加电场,在信号输入输出部,所述第 2 电极在从所述薄板朝向所述支撑基板的方向分离的位置夹着低介电常数层而配置。因此,能够提供一种光控制元件,能够实现微波与光波的速度匹配以及微波的阻抗匹配,并能够快速动作。

[0031] 并且,在信号输入输出部,所述第 2 电极在从所述薄板朝向所述支撑基板的方向分离的位置夹着低介电常数层而配置。该情况下,所述信号输入输出部中的所述控制电极的电容增大,结果能够实现阻抗的增大,能够实现将微波导入光控制元件中的同轴线缆等信号线路与光调制器内的控制电极的阻抗匹配。

[0032] 另外,本发明能够提供一种光控制元件,通过降低上述的驱动电压,能够抑制光控制元件的温度上升,并能够实现稳定动作,还提供一种能够使用成本更低的低驱动电压型驱动装置的光控制元件。

[0033] 根据技术方案 5 的发明,光波导是脊型光波导,所以能够实现一种驱动电压更低的光控制元件,对光波的封闭效率比较高,并且能够使控制电极所形成的电场集中在光波导上。

[0034] 根据技术方案 6 的发明,至少在薄板和第 1 电极之间形成有缓冲层,所以能够抑制在光波导中传播的光波的传播损耗,并将控制电极配置在更靠近光波导的位置。

[0035] 根据技术方案 7 的发明,信号电极或接地电极由透明电极或在薄板一侧配置了透明电极的电极中的任一种构成,所以即使在没有缓冲层时,也能够抑制在光波导中传播的光波的传播损耗,并将控制电极配置在更靠近光波导的位置。

[0036] 根据技术方案 8 的发明,至少在配置于脊型波导两侧的槽中填充有低介电常数膜,所以能够调整控制电极中的微波折射率和阻抗,能够获得更合适的微波折射率和阻抗。

[0037] 根据技术方案 9 的发明,在技术方案 1~7 中任一方案的光控制元件中,包括光波导的至少一部分在内的薄板的自发极化反转,所以能够容易地通过简单的控制电极和驱动电路实现光控制元件的差分驱动,并且能够降低驱动电压。

附图说明

[0038] 图 1 是表示现有的光控制元件的示例的图。

[0039] 图 2 同样是表示现有的光控制元件的示例的图。

[0040] 图 3 同样是表示现有的光控制元件的示例的图。

[0041] 图 4 是表示本发明的光控制元件的示例的俯视图。

[0042] 图 5 是将图 4 所示的光控制元件沿 A-A 线切断时的剖视图。

[0043] 图 6 是将图 4 所示的光控制元件沿 B-B 线切断时的剖视图。

[0044] 图 7 是表示图 4~图 6 所示的光控制元件的变形例的图。

[0045] 图 8 同样是表示图 4~图 6 所示的光控制元件的变形例的图。

[0046] 图 9 同样是表示图 4~图 6 所示的光控制元件的变形例的图。

[0047] 图 10 是表示本发明的脊型光控制元件的示例的图。

[0048] 图 11 同样是表示本发明的脊型光控制元件的示例的图。

[0049] 图 12 同样是表示本发明的脊型光控制元件的示例的图。

[0050] 图 13 是表示具有低介电常数膜的光控制元件的示例的图。

[0051] 图 14 是表示在薄板的背面侧形成有光波导的光控制元件的示例的图。

[0052] 图 15 同样是表示在薄板的背面侧形成有光波导的光控制元件的示例的图。

[0053] 图 16 是表示采用透明电极的光控制元件的示例的图。

[0054] 图 17 同样是表示采用透明电极的光控制元件的示例的图。

[0055] 图 18 同样是表示采用透明电极的光控制元件的示例的图。

[0056] 图 19 同样是表示采用透明电极的光控制元件的示例的图。

[0057] 图 20 是表示第 2 电极采用图形电极的光控制元件的示例的图。

[0058] 图 21 同样是表示第 2 电极采用图形电极的光控制元件的示例的图。

[0059] 图 22 是表示采用极化反转的光控制元件的示例的图。

[0060] 图 23 同样是表示采用极化反转的光控制元件的示例的图。

具体实施方式

[0061] 图 4 是表示本发明的光控制元件的一例的俯视图。图 5 是所述光控制元件的调制区域部中沿 A-A 线切断时的剖视图,图 6 是所述光控制元件的信号输入输出部中沿 B-B 线切断时的剖视图。另外,所述调制区域部是大致将信号电极和接地电极相对着排列配置,对在光波导内传播的光波(光信号)进行实质性调制的区域部,所述信号输入输出部例如是图中虚线所示的区域,是实现与外部的同轴线缆等接合的区域。

[0062] 另外,在本示例中,表示由 Z 切基板构成用于形成光波导的薄板的情况,并且只示出所述光控制元件的主要部分。

[0063] 如图 4~图 6 所示,在 Z 切基板(薄板 1)中形成有光波导 2,夹着薄板 1 配置有控制电极。控制电极包括配置于薄板 1 的上侧的第 1 电极和配置于薄板的下侧的第 2 电极。第 1 电极包括信号电极 4 和接地电极 5,第 2 电极包括接地电极 54。当然可以对第 1 电极和第 2 电极适当附加除图示的电极之外的 DC 电极等需要的电极。并且,薄板 1 夹着粘结层 6 支撑在支撑基板 7 上。

[0064] 图 4~图 6 所示的光控制元件的特征在于,在调制区域部中,除了信号电极 4 和接地电极 5 的电场之外,向光波导 2 还施加信号电极 4 和接地电极 54 的电场。由此,能够增强光波导 2 中的图示纵方向的电场,能够降低驱动电压。而且,由于控制电极的微波折射率和阻抗由信号电极 4 和接地电极 5 及 54 确定,所以能够设定为例如最佳值即微波折射率 2.14、阻抗 $50\ \Omega$ 。

[0065] 第 1 电极被配置成为与薄板 1 之间夹着 SiO_2 膜等缓冲层 3。缓冲层具有防止在光波导中传播的光波因控制电极而被吸收或散射的效果。并且,作为缓冲层的结构,根据需要也可以加入 Si 膜等,以缓和薄板 1 的热释电效应(Pyroelectric effect)。

[0066] 并且,第 2 电极(接地电极 54),在信号输入输出部中,把包括第 1 电极的信号电极 4 正在下方部分的区域作为空隙部,在该区域没有接地电极 54。从而,由于粘结层 6 代替接地电极 54 存在于所述空隙部中,所以所述信号输入输出部中包括第 1 电极和第 2 电极在内的控制电极的电容增大,结果阻抗增大。因此,能够使所述信号输入输出部中的阻抗无限接近通用的阻抗值即 $50\ \Omega$ 。因此,能够容易实现采用了与外部同轴线缆等的阻抗匹配的接合。

[0067] 另外,所述空隙部的宽度需要相当于信号电极 4 的至少正下方部分,也可以根据阻抗匹配的程度适当增大所述宽度。

[0068] 换言之,根据本实施方式的光控制元件,能够提供一种光控制元件,能够实现微波与光波的速度匹配及微波的阻抗匹配,而且能够降低驱动电压。并且,能够提供一种光控制元件,通过降低驱动电压,能够抑制光控制元件的温度上升,并能够实现稳定动作,还能够提供一种能够使用成本更低的低驱动电压型驱动装置的光控制元件。另外,能够实现将微波导入光控制元件的同轴线缆等信号线路与光调制器内的控制电极的阻抗匹配。

[0069] 薄板 1 在形成第 2 电极后,通过粘结层 6 接合在支撑基板 7 上。由此,即使在薄板 1 为 $10\ \mu\text{m}$ 以下时,也能够作为光控制元件确保足够的机械强度。另外,粘结层 6 也可作为低介电常数层发挥作用。因此,在粘结层(低介电常数层)6 变厚时,信号电极与接地电极

的间隔变宽,所以电极间电容减小,阻抗增大。例如,在信号电极宽度为 $100\text{ }\mu\text{m}$ 、接地电极为 $140\text{ }\mu\text{m}$ 时,阻抗为 $30\sim 60\text{ }\Omega$ 范围的厚度为 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下。并且,低介电常数层使用除粘结层之外的例如 SiO_2 等时也相同。

[0070] 图 7 是使用 X 切基板时的相当于图 5 的剖视图,电光效应的效率比较高的方向是图中的横方向。因此,在第 1 电极中,在夹着光波导 2 的位置配置信号电极 4 和接地电极 54,在第 2 电极中,以使信号电极 4 和接地电极 55 及 56 形成的电场对光波导 2 具有横方向的成分的方式,确定接地电极 55 和 56 的形状及配置。另外,如后面所述,通过使第 2 电极与光波导的形状对应地形成图形电极,能够形成更合适的电场分布。

[0071] 另外,在本实施方式中,薄板 1 的厚度为 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下,以便除了信号电极 4 和接地电极 5 的电场之外,信号电极 4 和接地电极 54 的电场也能够充分施加给光波导 2。并且,薄板 1 的下限值没有特别限定,例如设为 $0.7\text{ }\mu\text{m}$ 。如果小于 $0.7\text{ }\mu\text{m}$,则很难形成足够大的光波导 2。

[0072] 作为薄板所使用的具有电光效应的晶体基板,例如可以使用铌酸锂、钽酸锂、PLZT(锆钛酸铅镧)、石英类的材料、以及这些材料的组合。尤其适合使用电光效应比较高的铌酸锂(LN)和钽酸锂(LT)晶体。

[0073] 关于光波导的形成方法,能够通过热扩散法和质子交换法等在基板表面上扩散 Ti 等来形成。并且,也可以按照专利文献 5 所述,在薄板 1 的表面上与光波导的形状对应地形成成脊,并构成光波导。

[0074] 信号电极和接地电极等控制电极可以通过 Ti·Au 电极图形的形成及镀金法等形成。并且,关于后面叙述的透明电极,可以使用 ITO 或作为红外透明导电膜的 In 与 Ti 的复合氧化物膜等,可以采用以下方法形成该透明电极:通过光刻法形成电极图形并通过剥离法(Lift-off technique)形成的方法;形成掩膜部件以保留预定的电极图形,并通过干式蚀刻或湿式蚀刻形成的方法等(参照专利文献 5)。

[0075] 包括光控制元件的薄板 1 的制造方法是在具有数百 μm 厚度的基板上形成上述光波导,研磨基板的背面,从而制作具有 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下的厚度的薄板。然后,在薄板的表面制作控制电极。此外,也可以在制作光波导和控制电极等之后,研磨基板的背面。另外,如果施加形成光波导时的热冲击或因各种处理时的薄膜操作而引起的机械冲击等,则存在薄板破损的危险性,因此优选在研磨基板而形成薄板之前,进行容易施加上述热冲击或机械冲击的步骤。

[0076] 作为支撑基板 7 所使用的材料可以采用各种材料,例如除了使用与薄板相同的材料之外,也可以使用像石英、玻璃、氧化铝等介电常数比薄板低的材料,还可以使用具有与薄板不同的晶向的材料。但是,在稳定光控制元件应对温度变化的调制特性的方面,优选线膨胀系数与薄板相同的材料。假设相同材料的选定比较困难时,用于接合薄板和支撑基板的粘结剂选择具有与薄板相同的线膨胀系数的材料。

[0077] 关于薄板 1 与支撑基板 7 的接合,粘结层 6 可以使用环氧类粘结剂、热固性粘结剂、紫外线固化性粘结剂、焊接玻璃以及热固性、光固性或光敏粘性(Light induced viscosity)的树脂粘结剂片等各种粘结材料。

[0078] 图 8 是表示图 4~图 6 所示的光控制元件的变形例的主要部分剖视图。图 8 所示的剖视图相当于上述实施方式的信号输入输出部的剖视图即图 6。本示例中,在信号输入输

出部中,在支撑基板 7 和粘结层 6 之间具有接地电极 54。因此,在所述信号输入输出部中,由于粘结层 6 在第 1 电极和第 2 电极之间,所以由这些电极构成的控制电极的电容增大,结果能够实现阻抗的增大,能够实现将微波导入光控制元件的同轴线缆等信号线路与光调制器内的控制电极的阻抗匹配。

[0079] 另外,为了更有效地发挥上述作用效果,优选粘结层 6 的厚度为 $50\mu\text{m}$ 以上。并且,粘结层 6 的厚度的上限没有特别限定,例如可以设为 $200\mu\text{m}$ 。

[0080] 图 9 是表示图 4 ~ 图 6 所示的光控制元件的其他变形例的主要部分剖视图。图 9 所示的剖视图相当于上述实施方式的信号输入输出部的剖视图即图 6。本示例中,在信号输入输出部中,把包括第 1 电极的信号电极 4 的正下方部分的区域作为空隙部,在该区域中没有接地电极 54。并且,在支撑基板 7 和粘结层 6 之间具有增设的接地电极 57。

[0081] 从而,在所述信号输入输出部中,粘结层 6 取代接地电极 54 位于所述空隙部中,并且粘结层 6 还在增设的接地电极和第 1 电极之间,所以所述信号输入输出部中的包括第 1 电极和第 2 电极在内的控制电极的电容增大,结果阻抗增大。因此,能够使所述信号输入输出部中的阻抗无限接近通用的阻抗值即 50Ω 。因此,能够容易实现采用了与外部同轴线缆等的阻抗匹配的接合。

[0082] 以下说明本发明涉及的光控制元件的应用示例。另外,在以下附图中,在使用与前述部件相同的部件时,尽可能使用相同标号,为了明确结构特征,根据需要省略了粘结层和支撑基板。并且,为了防止描述过长,说明以图 4 ~ 图 6 所示的实施方式为主的应用示例。并且,以下的应用示例是关于光控制元件的调制区域部的示例,以下示出的附图是与上述实施方式的图 5 相当的剖视图。

[0083] (具有脊型波导的光控制元件)

[0084] 图 10 ~ 图 12 是图 4 ~ 图 6 所示的光控制元件的应用示例,表示由脊型波导形成光波导的示例。通过由脊型光波导形成光波导,光波的封闭效率提高,并且可以使控制电极所形成的电场集中于光波导,因此可以实现驱动电压更低的光控制元件。

[0085] 如图 10 所示,通过使光控制元件的光波导形成成为脊型波导 20,能够封闭在脊部 20 中传播的光波。由于对脊部 20 集中施加由信号电极 4 和接地电极 5 形成的电场以及由信号电极 4 和接地电极 54 形成的电场,所以有助于降低光控制元件的驱动电压。

[0086] 图 11 是两个光波导 2 为脊型波导 20 的示例。与脊型波导对应地配置信号电极 4 和 41,对信号电极施加彼此相反的信号等。例如,左侧的脊部 20 被集中施加了由信号电极 4 和接地电极 5 形成的电场、由信号电极 4 和接地电极 54 形成的电场以及由信号电极 4 和信号电极 41 形成的电场。

[0087] 图 12 中,两个光波导 2 为脊型波导 20,并且在两个光波导之间形成与接地电极 51 对应的脊部。与脊型波导 20 对应地配置信号电极 4 和 41,对信号电极施加各自独立的信号等。

[0088] 例如,左侧的脊部 20 被集中施加了由信号电极 4 和接地电极 5 形成的电场、由信号电极 4 和接地电极 54 形成的电场以及由信号电极 4 和接地电极 51 形成的电场。

[0089] (具有低介电常数膜的光控制元件)

[0090] 图 13 表示图 4 ~ 图 6 所示光控制元件的其他应用示例,表示在形成脊型波导的槽以及构成第 1 电极的信号电极 4 和接地电极 5 之间配置低介电常数膜的示例。通过配置这

种低介电常数膜,可以调整控制电极的微波折射率和阻抗,此外可以提高控制电极的布线自由度。

[0091] 作为低介电常数膜的材料可以使用苯并环丁烯(BCB)等,低介电常数膜的制作方法可以采用涂敷法等。

[0092] 如图13所示,可以形成低介电常数膜8,以覆盖形成于脊型波导20两侧的槽、信号电极4和接地电极5之间或者第1电极。

[0093] (在薄板的背面侧形成有光波导的光控制元件)

[0094] 图14及图15表示图4~图6所示的光控制元件的其他应用示例,表示在薄板1的背面(图中下侧)形成有光波导2(脊型波导20)的示例。在使用厚度为10 μ m以下的薄板时,如图14所示,即使在薄板1的背面形成光波导2,在薄板的表面形成第1电极即信号电极4和接地电极5,在薄板1的背面形成第2电极即接地电极54,也可以通过尤其是由信号电极4和接地电极54形成的电场,对脊部20施加电场。

[0095] 并且,图15是使用两个信号电极4和41的示例,通过尤其由信号电极4和接地电极54形成的电场对左侧的脊部20施加电场,并通过尤其由信号电极41和接地电极54形成的电场对右侧的脊部20施加电场。

[0096] 另外,在形成脊部20的槽中,根据需要形成低介电常数膜81。

[0097] 在图10~图12所示的光控制元件中,需要在脊型波导的脊部顶上正确配置信号电极4和41,但在图14及图15所示的光控制元件中,具有以下优点:只要将信号电极4和41的宽度设定为脊型波导的宽度以上,则即使在两者之间略微产生位置偏移时,也能够有效地向脊部施加电场。

[0098] (使用透明电极的光控制元件)

[0099] 图16~图19表示图4~图6所示的光控制元件的其他应用示例,表示电极使用透明电极(9和91~96)的示例。通过将透明电极或在薄板一侧配置有透明电极的电极中的任一种用作信号电极或接地电极,即使在没有缓冲层时,也能够抑制在光波导中传播的光波的传播损耗,并且能够将控制电极配置得更加靠近光波导,可以降低驱动电压。

[0100] 图16是第2电极的接地电极使用透明电极9的示例,图17是第1电极使用透明电极91、92的示例。在这些情况下,实际上不需要图16所示的缓冲层3,可靠近光波导而配置电极。另外,构成图17中第1电极的接地电极(透明电极91)由于在电极附近没有光波导,所以也可以利用普通的金属电极形成。

[0101] 图18表示控制电极的一部分(接触薄板1或11的一侧)使用透明电极的示例。透明电极的电阻率一般高于Au等金属电极,所以基于降低电极的电阻的目的,可以与透明电极9和93~96接触地配置金属电极140、150、151。并且,透明电极如93及95、96所示也可以配置在脊型波导的附近或脊型光波导的侧面,可以使电场非常有效地作用于波导。

[0102] 另外,图18是薄板使用Z切基板的示例,作为参考,图19表示薄板使用X切基板的示例。各标号所指代的部分相同,所得到的作用效果也与图18所示的情况相同。

[0103] (第2电极使用图形电极的光控制元件)

[0104] 图20表示图4~图6所示的光控制元件的其他应用示例,表示形成第2电极的接地电极由图形电极构成的示例。通过使第2电极形成为具有与光波导的形状对应的形状的图形电极,可以将施加到光波导的电场调整为更合适的形状,可以进一步降低驱动电压。

[0105] 在图 20 中,接地电极 57 形成为沿着光波导 2 的带状电极,使由信号电极 4 和接地电极 57 形成的电场更加集中于光波导 2。另外,图 20 是薄板使用 Z 切基板的示例,作为参考,图 20 表示薄板使用 X 切基板的示例。各标号所指代的部分相同,所得到的作用效果也与图 20 所示的情况相同。

[0106] (使用极化反转的光控制元件)

[0107] 图 22 和 23 是图 4~图 6 所示的光控制元件的其他应用示例,表示使薄板 1 极化反转的示例。通过使包括光波导的至少一部分在内的薄板 1 的自发极化 (Spontaneous polarization) 反转,光控制元件的差分驱动能够通过简单的控制电极和驱动电路实现,也能够降低驱动电压。

[0108] 图 22 中,在薄板 1 的基板区域 12 和 13 中,使自发极化按彼此不同的朝向(图中的箭头)排列。构成第 1 电极的信号电极 43 能够向形成于各基板区域 12 和 13 的光波导 2 施加相同的电场。由于在各光波导中基板的极化方向彼此不同,所以在光波导中传播的光波的相位变化相反,结果,能够获得与差分驱动相同的效果。

[0109] 图 23 表示将薄板 1 的基板区域 12 和 13 的极化方向调整为彼此不同,并且利用了脊型光波导时的示例。向两个脊型波导 20 施加电场的信号电极 44 是相同的,两个信号电极 44 通过连接线路 45 而导通。并且,在形成脊型波导的槽上以及信号电极和接地电极 5 之间形成有低介电常数膜 8。

[0110] 实施例

[0111] 在本实施例中,制作了图 4~图 6 所示的光控制元件。另外,该情况下,在信号输入输出部中完全没有形成接地电极 54。信号输入输出部中的信号电极 4 的宽度为 $100\text{ }\mu\text{m}$,与接地电极 5 的间隙为 $140\text{ }\mu\text{m}$ 。并且,薄板 1 的厚度为 $4\text{ }\mu\text{m}$,缓冲层 3 的厚度为 $3\text{ }\mu\text{m}$ 。另外,各电极由金构成,薄板 1 由 Z 切铌酸锂 (LiNbO_3) 构成,缓冲层 3 由 SiO_2 构成。结果,所述信号输入输出部中的阻抗值为约 $43\text{ }\Omega$ 。

[0112] 另外,在所述信号输入输出部中,在所述接地电极形成为包括信号电极 4 的正下方区域时,阻抗值为约 $4\text{ }\Omega$ 。因此,在本实施例的光控制元件中,能够容易得到实现了与外部同轴线缆等的阻抗匹配的连接。

[0113] 产业上的可利用性

[0114] 根据本发明的光控制元件,能够提供一种光控制元件,能够实现微波与光波的速度匹配及微波的阻抗匹配,而且能够降低驱动电压。并且,本发明能够提供一种光控制元件,通过降低驱动电压,能够抑制光控制元件的温度上升,并能够实现稳定动作,还能够提供一种可使用成本更低的低驱动电压型驱动装置的光控制元件。并且,能够实现将微波导入光控制元件中的同轴线缆等信号线路与光调制器内的控制电极的阻抗匹配。

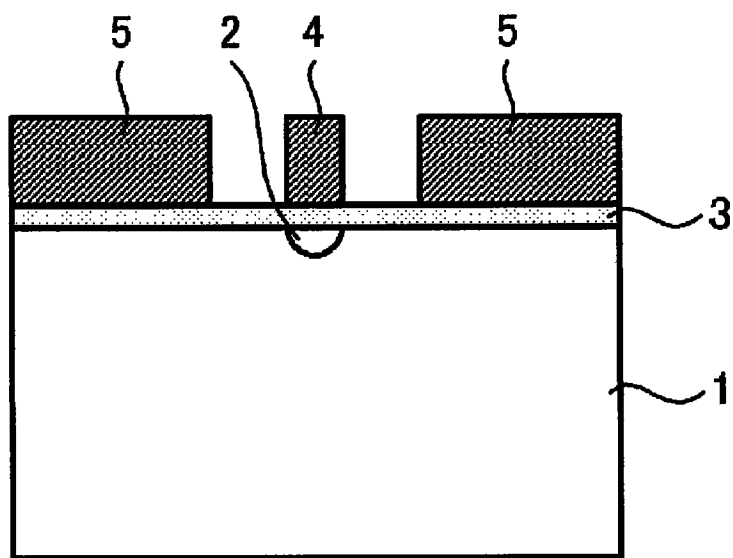


图 1

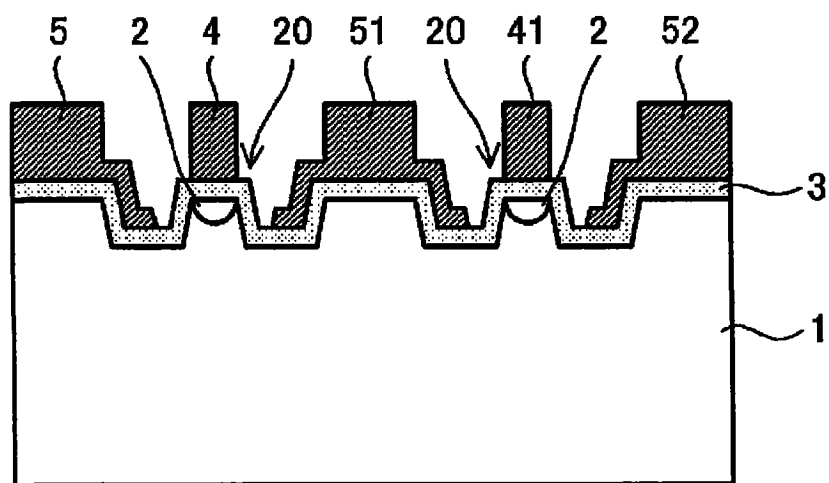


图 2

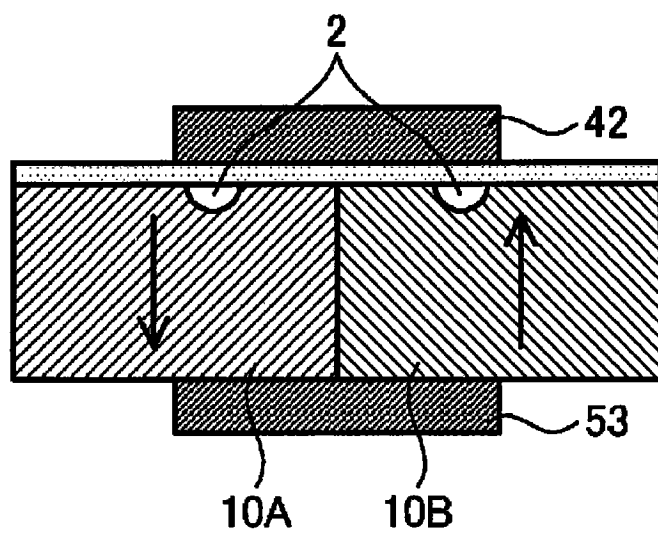


图 3

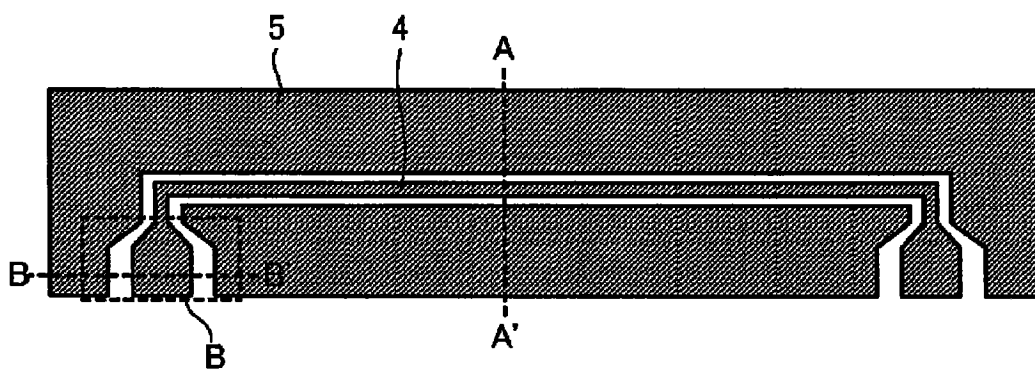


图 4

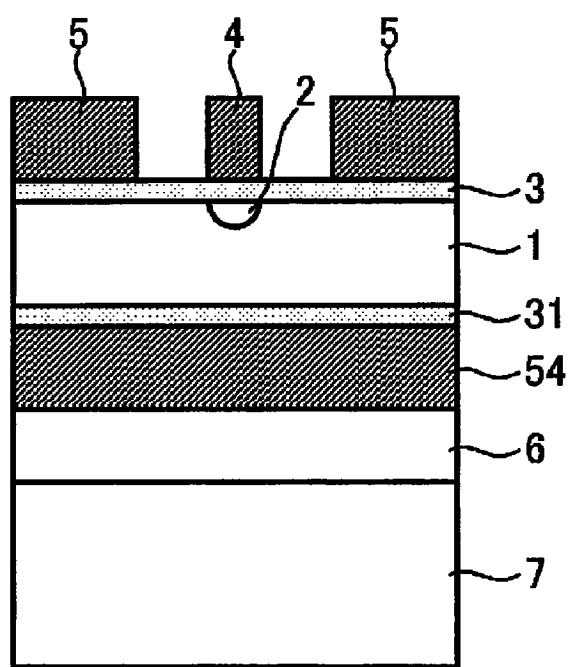


图 5

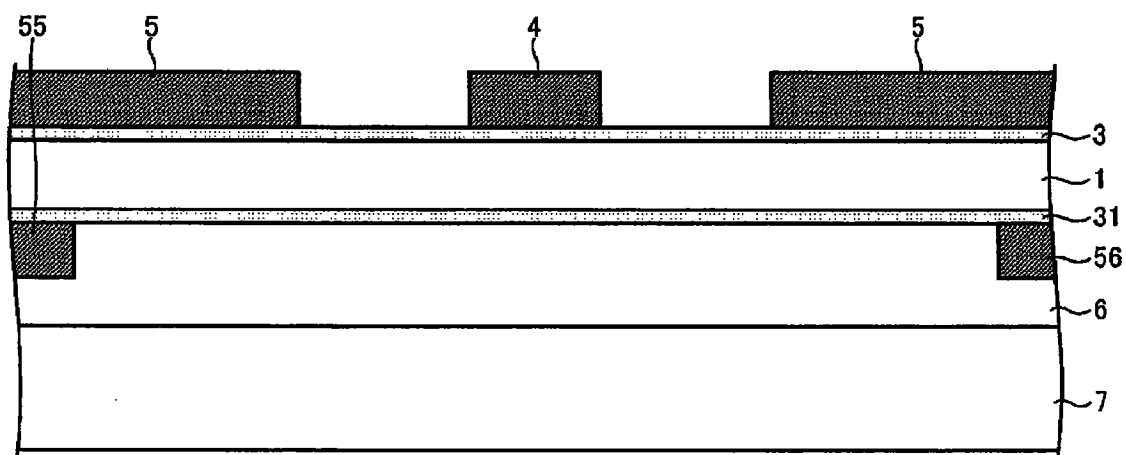


图 6

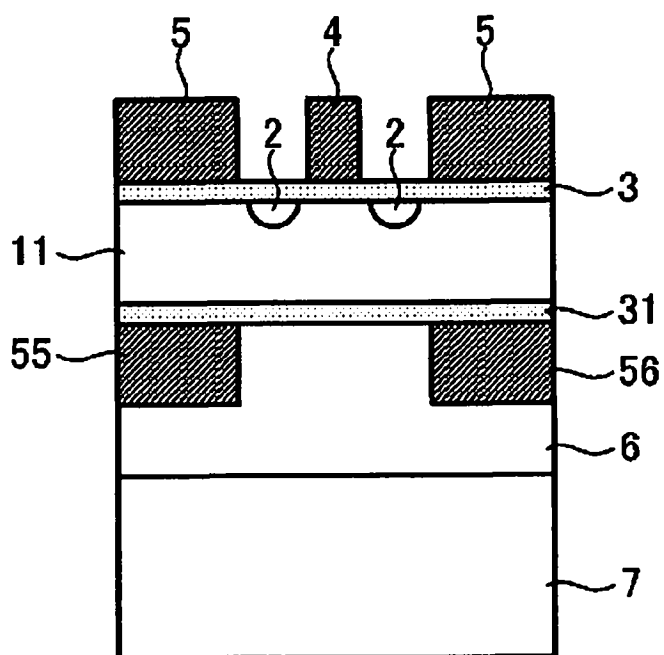


图 7

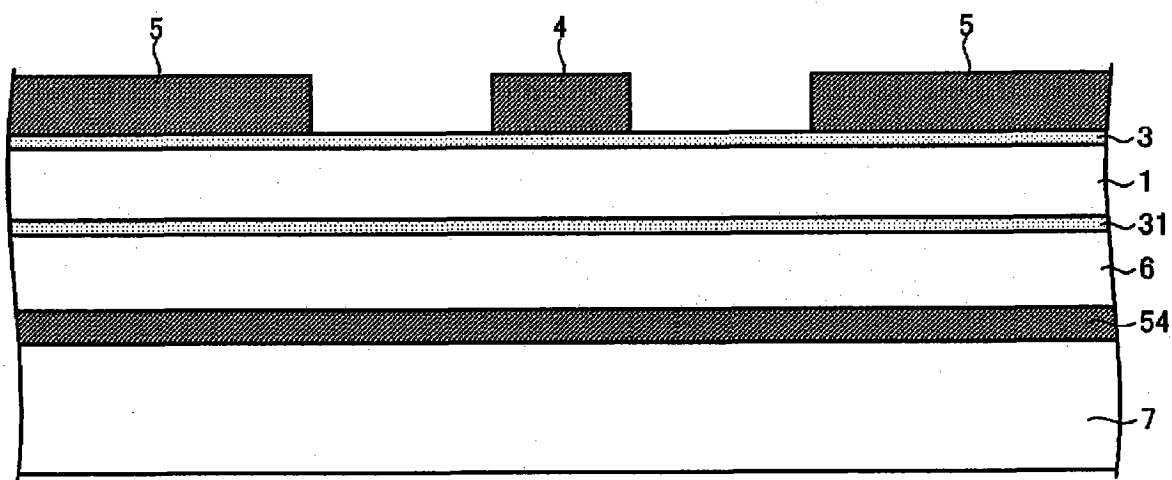


图 8

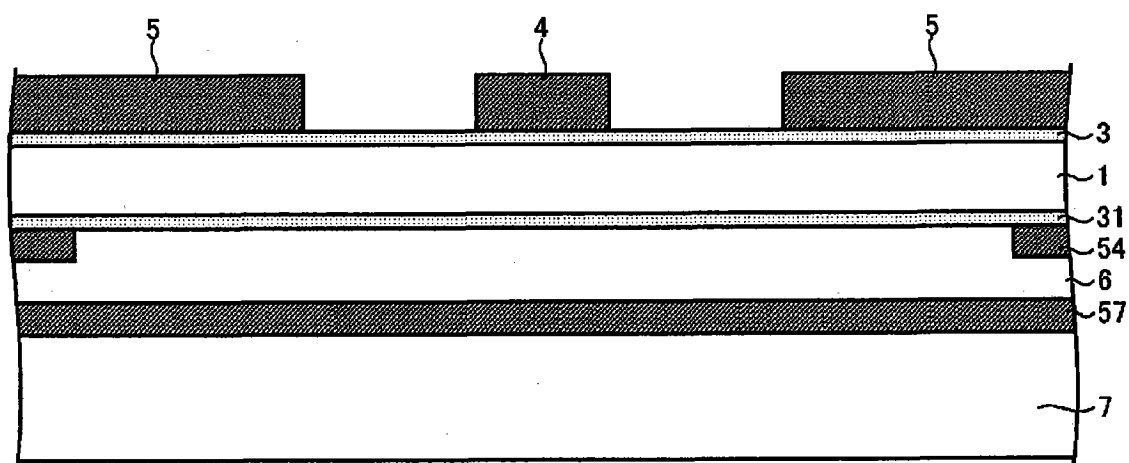


图 9

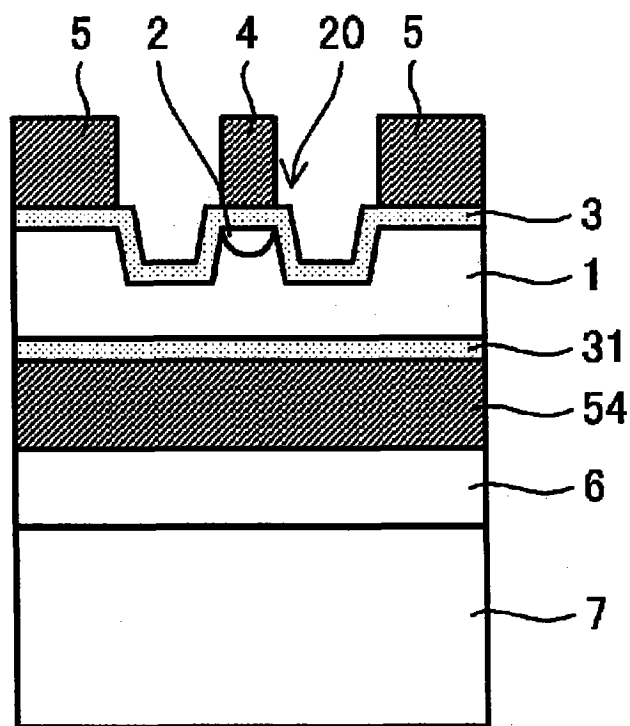


图 10

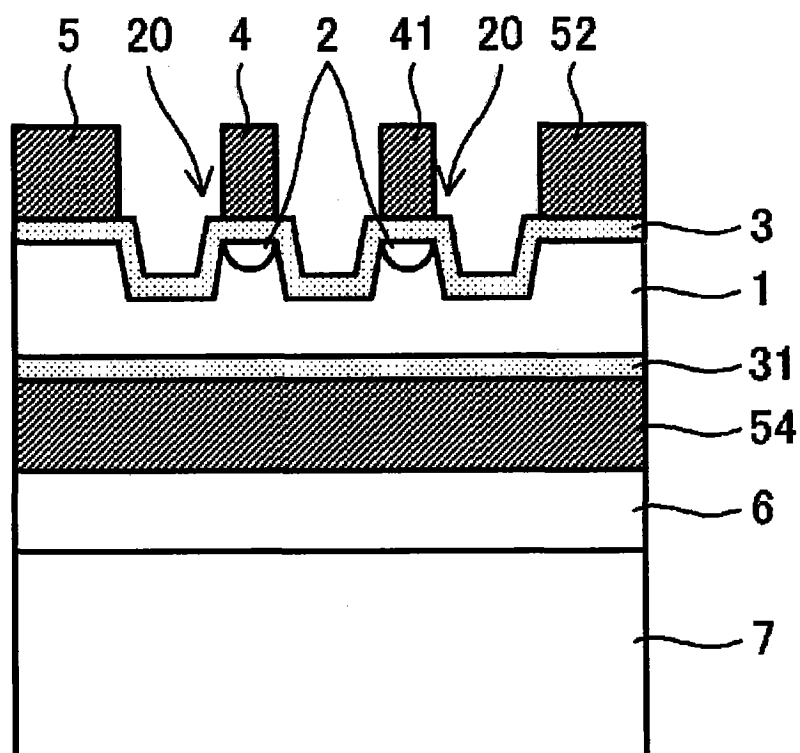


图 11

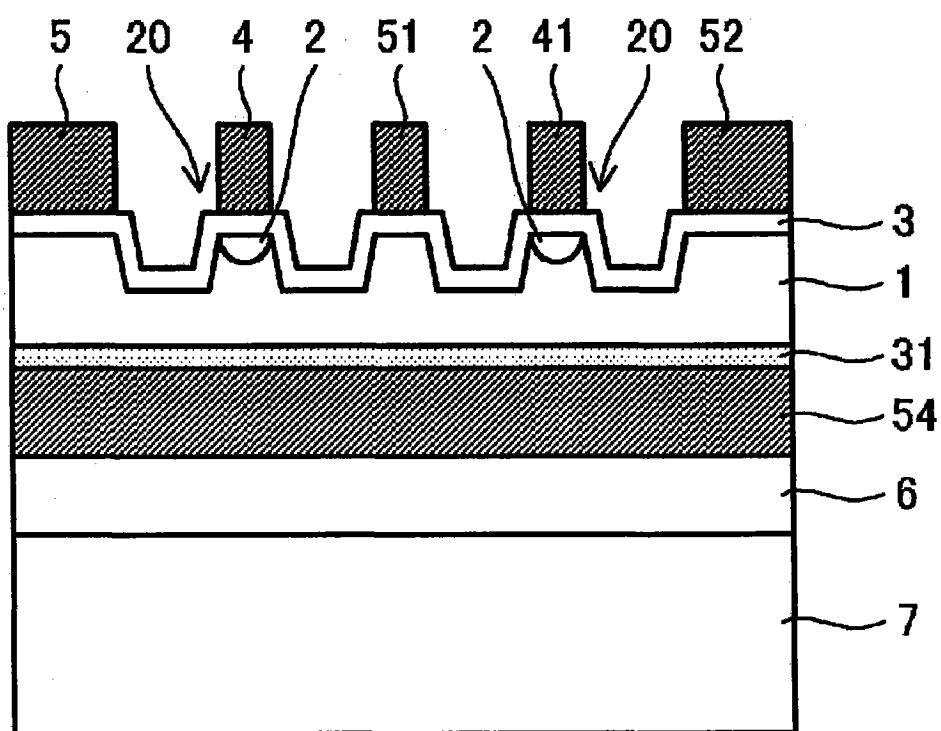


图 12

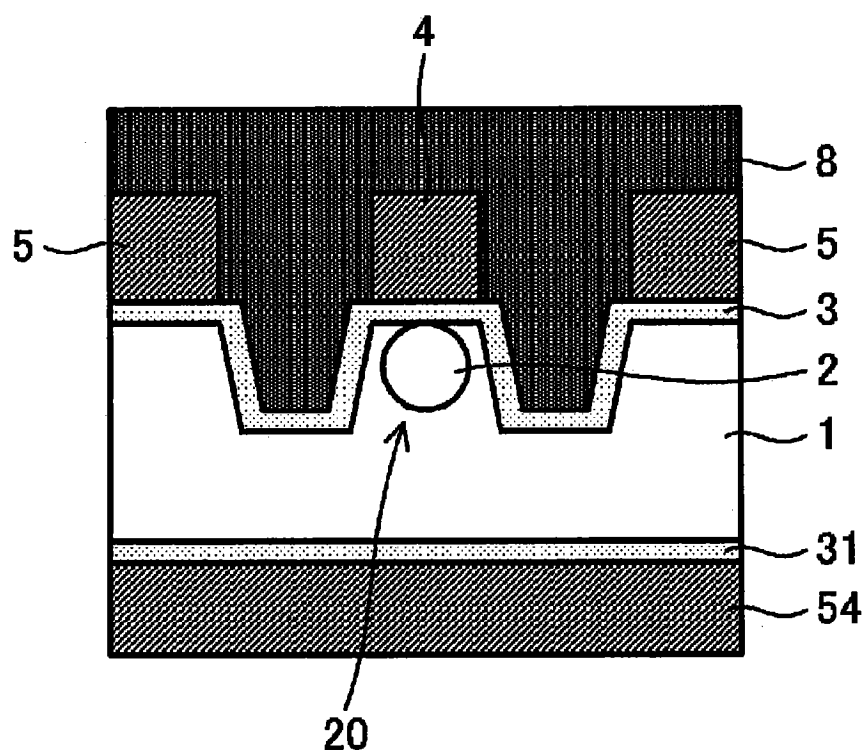


图 13

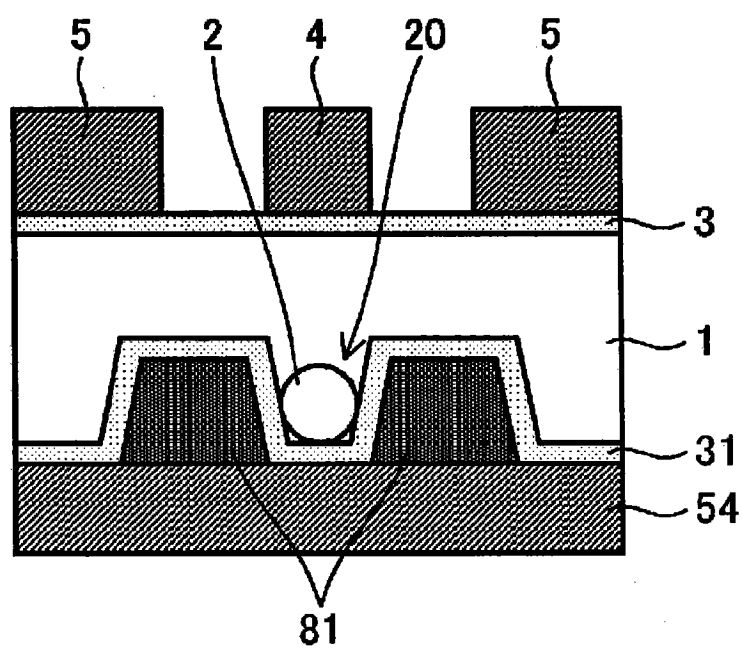


图 14

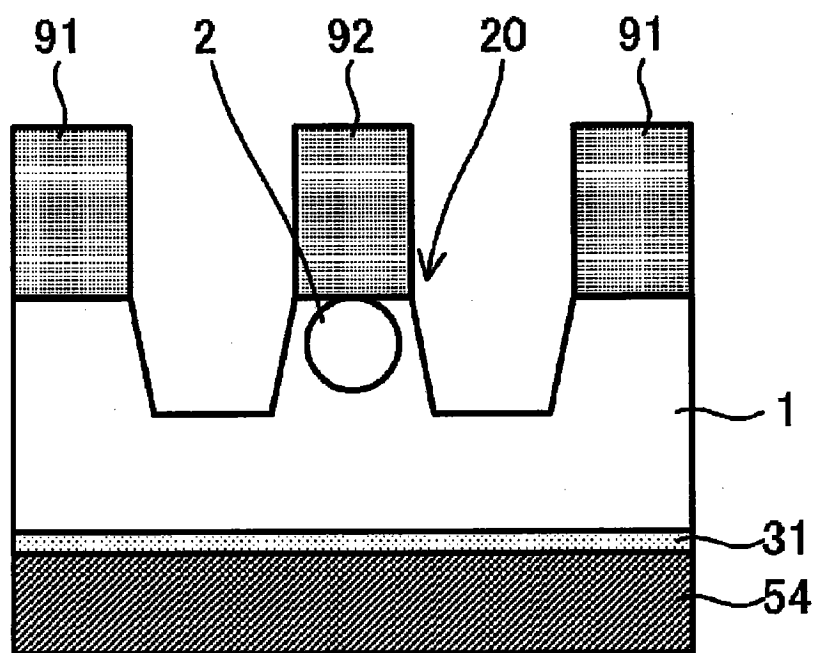


图 17

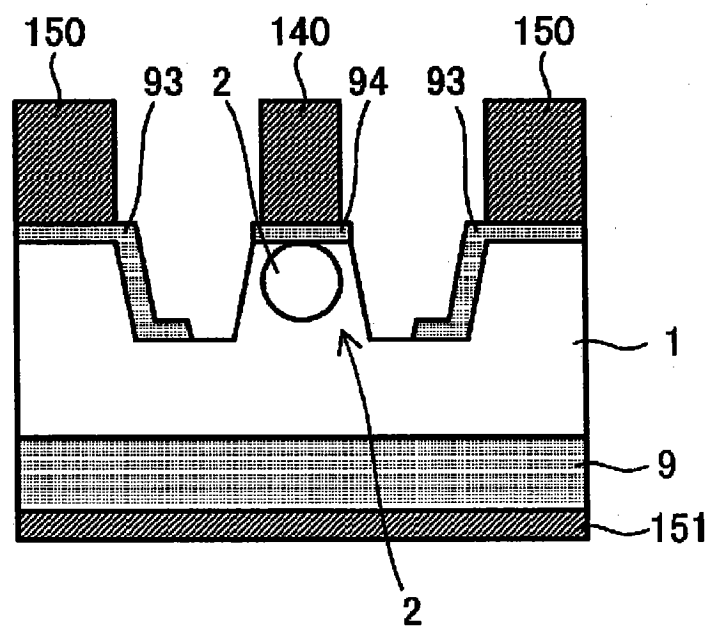


图 18

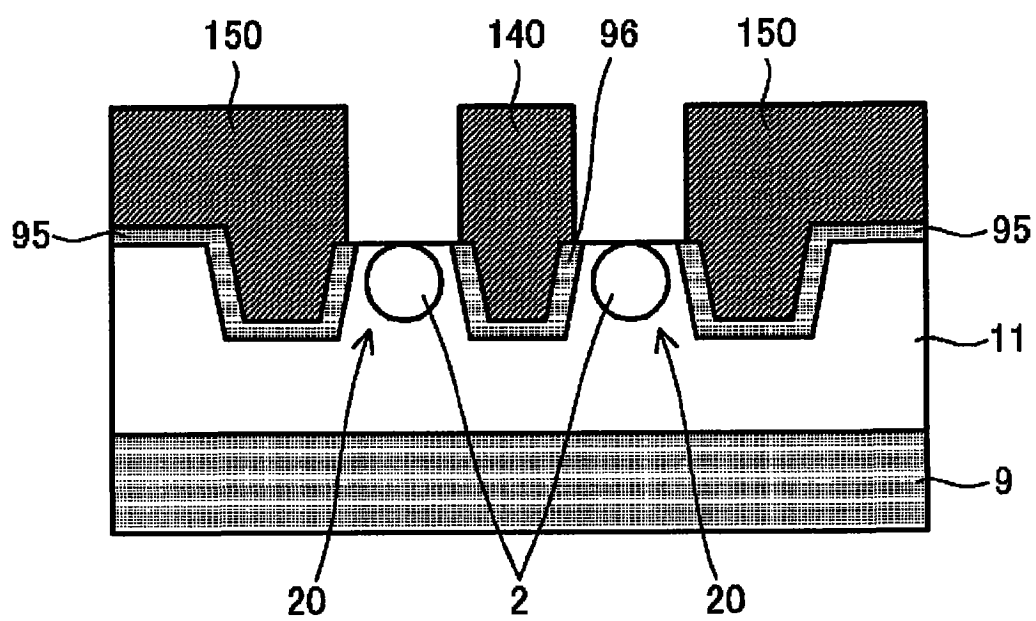


图 19

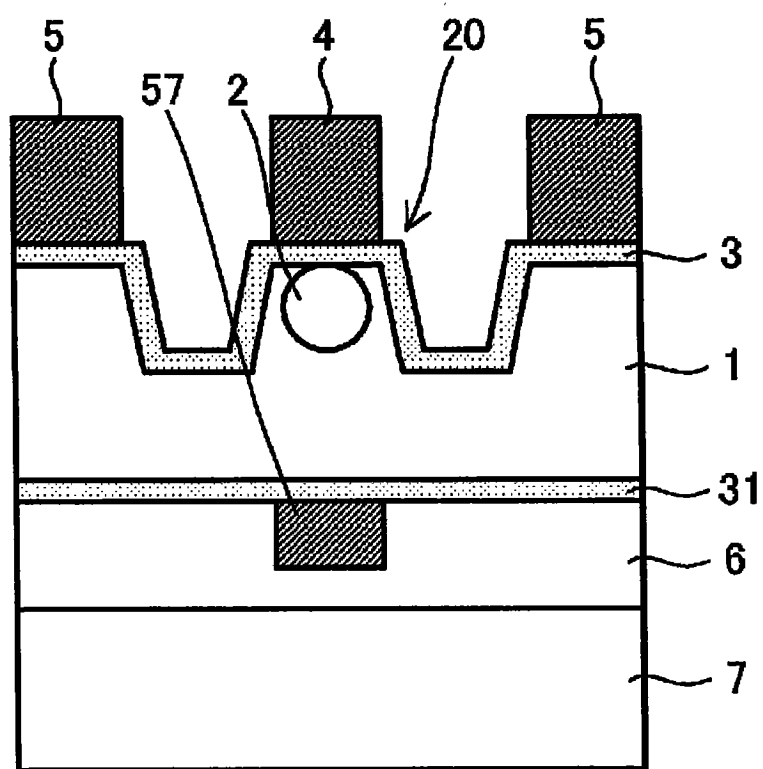


图 20

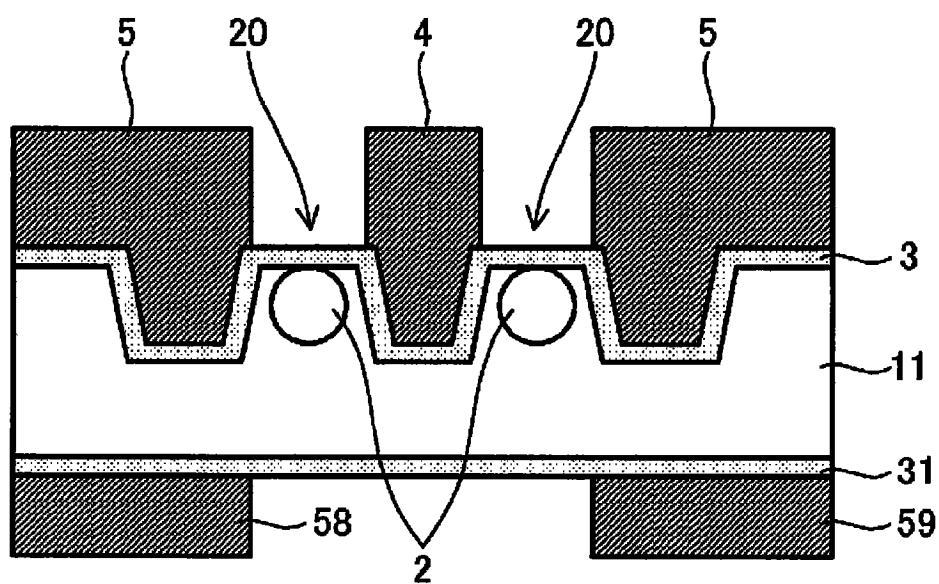


图 21

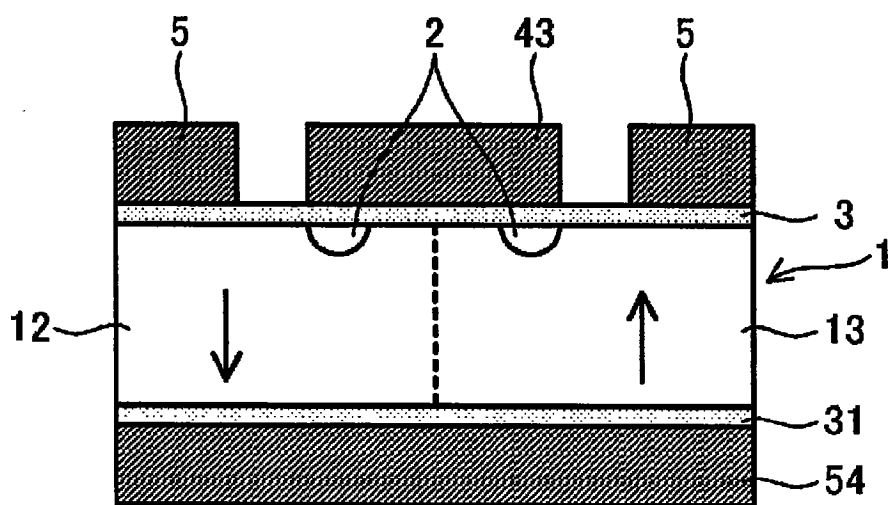


图 22

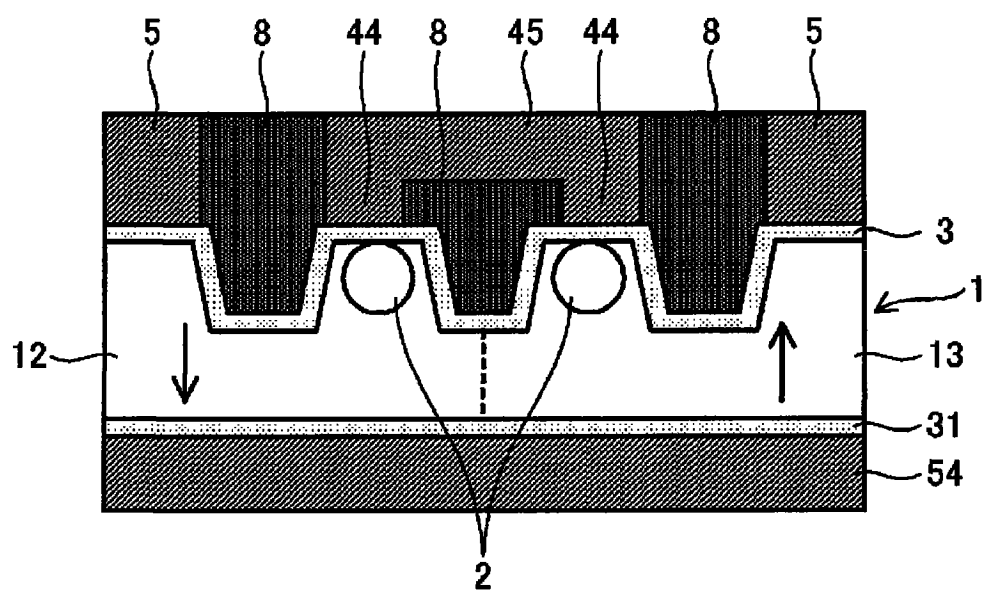


图 23