



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 118575123 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 30

(21) 申请号 202280089434.6

(22) 申请日 2022.11.28

(30) 优先权数据

2022-042072 2022.03.17 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/043688 2022.11.28

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/176053 JA 2023.09.21

(71) 申请人 株式会社村田制作所

地址 日本

(72) 发明人 浜村聪希 会田康弘

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

专利代理师 李国华

(51) Int.Cl.

G02F 1/035 (2006.01)

权利要求书2页 说明书14页 附图11页

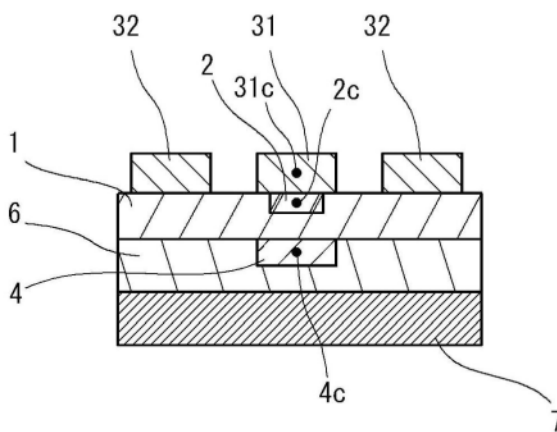
(54) 发明名称

光调制器

(57) 摘要

光调制器(100)具备光波导(2)、第一电极(31)、两个第二电极(32)、以及第一电极(31)及第二电极(32)的组形成电位差的第三电极(4)。向第二电极(32)分别施加与第一电极(31)相同的相位的电压。在与光波导(2)的延伸方向垂直的剖视中,第一电极(31)设置于光波导(2)的厚度方向的一侧,两个第二电极(32)中的一个第二电极(32)相对于第一电极(31)在光波导(2)的宽度方向的一侧与第一电极(31)隔开间隔而设置,另一个第二电极(32)相对于第一电极(31)在光波导(2)的宽度方向的另一侧与第一电极(31)隔开间隔而设置。第三电极(4)设置在光波导(2)的厚度方向的另一侧。

100



1. 一种光调制器,具备:
光波导,其包括具有电光效应的材料;以及
控制电极,其用于控制通过所述光波导的光,
所述控制电极包括第一电极、分别被施加与所述第一电极相同相位的电压的两个第二电极、以及与所述第一电极及所述第二电极的组形成电位差的第三电极,
在与所述光波导的延伸方向垂直的剖视中,
所述第一电极设置于所述光波导的厚度方向的一侧,
所述两个第二电极中的一个第二电极相对于所述第一电极在所述光波导的宽度方向的一侧与所述第一电极隔开间隔而设置,另一个第二电极相对于所述第一电极在所述光波导的宽度方向的另一侧与所述第一电极隔开间隔而设置,
所述第三电极设置于所述光波导的厚度方向的另一侧。
2. 根据权利要求1所述的光调制器,其中,
在与所述光波导的延伸方向垂直的剖视中,
所述第一电极的宽度方向的中心位置位于所述光波导的宽度方向的中央部,所述第三电极的宽度方向的中心位置位于所述光波导的宽度方向的中央部。
3. 根据权利要求1或2所述的光调制器,其中,
在与所述光波导的延伸方向垂直的剖视中,
所述两个第二电极相对于所述第一电极在所述光波导的宽度方向上对称配置。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的光调制器,其中,
在所述光波导的宽度方向上,一个所述第二电极与所述光波导的一侧的端部分离地配置,另一个所述第二电极与所述光波导的另一侧的端部分离地配置,
所述光调制器还具备介电常数比所述光波导低的低介电常数层,
所述低介电常数层覆盖所述第二电极的表面的至少一部分,使得夹设在所述第二电极与所述第三电极之间。
5. 根据权利要求4所述的光调制器,其中,
所述低介电常数层覆盖所述第一电极的表面的至少一部分,使得夹设在所述第一电极与所述第三电极之间。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的光调制器,其中,
所述光调制器还具备介电常数比所述光波导低的辅助低介电常数层,
所述辅助低介电常数层覆盖所述第三电极的表面的至少一部分,使得夹设在所述第二电极与所述第三电极之间。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的光调制器,其中,
所述光波导的所述材料是 LiNbO_3 。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的光调制器,其中,
所述光调制器还具备设置有所述光波导的基板。
9. 根据权利要求8所述的光调制器,其中,
所述基板包括与所述光波导相同的材料,
所述光波导为脊型。
10. 根据权利要求1至7中任一项所述的光调制器,其中,

所述光调制器具备两个光调制器单元,该两个光调制器单元分别包括所述光波导和所述控制电极,并且并列地配置。

11.根据权利要求10所述的光调制器,其中,

所述光调制器单元分别还包括设置有所述光波导的基板,

所述两个光调制器单元中的一个光调制器单元的所述基板与另一个光调制器单元的所述基板并列地配置。

12.根据权利要求11所述的光调制器,其中,

在所述光调制器单元的各个光调制器单元中,所述基板包括与所述光波导相同的材料,所述光波导为脊型。

13.根据权利要求11或12所述的光调制器,其中,

所述两个光调制器单元中的一个光调制器单元的所述基板与另一个光调制器单元的所述基板为一体,

向所述一个光调制器单元的所述第一电极及所述第二电极施加与所述另一个光调制器单元的所述第一电极及所述第二电极相反的相位的电压。

14.根据权利要求11或12所述的光调制器,其中,

所述两个光调制器单元中的一个光调制器单元的所述基板与另一个光调制器单元的所述基板为一体,

所述一个光调制器单元的所述光波导与所述另一个光调制器单元的所述光波导的自发极化的方向相互反转,

所述一个光调制器单元的所述两个第二电极的一者与所述另一个光调制器单元的所述两个第二电极的一者形成为一体,

向所述一个光调制器单元的所述第一电极及所述第二电极施加与所述另一个光调制器单元的所述第一电极及所述第二电极相互相同的相位的电压。

光调制器

技术领域

[0001] 本公开涉及光调制器。

背景技术

[0002] 通过移动终端和云的普及,因特网的通信量显著增加。因此,光通信的需求扩大。在光通信中,为了对光信号与电信号进行相互转换,需要光收发器。光收发器具备光调制器作为主要部件。光调制器担负将电信号转换成光信号的作用。

[0003] 以往的光调制器例如在日本特开2008-250081号公报(专利文献1)中被公开。专利文献1的光调制器具有:具有电光效应的薄板;形成于薄板的光波导;以及用于控制通过光波导的光的控制电极。控制电极包括第一电极和第二电极,第一电极和第二电极配置为夹着薄板。第一电极具有至少包括第一信号电极和接地电极的共面型的电极。第二电极至少具有第二信号电极。向第一信号电极及第二信号电极输入相位相互反转的调制信号,相互协作地向光波导施加电场。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2008-250081号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 在专利文献1的光调制器中,不可否认的是,来自第一信号电极的电场的一部分不通过光波导而泄漏到左右的接地电极。并且,也不可否认的是,来自第二信号电极的电场的一部分不通过光波导而泄漏到左右的接地电极。因此,难以说向光波导施加的电场的比率高。

[0009] 本公开的目的在于,提供一种能够提高向光波导施加的电场的比率的光调制器。

[0010] 用于解决问题的技术方案

[0011] 本公开的光调制器具备:光波导,其包括具有电光效应的材料;以及控制电极,其用于控制通过光波导的光。控制电极包括第一电极、两个第二电极、以及与第一电极及第二电极的组形成电位差的第三电极。向第二电极分别施加与第一电极相同的相位的电压。在与光波导的延伸方向垂直的剖视中,第一电极设置于光波导的厚度方向的一侧。在该剖视中,两个第二电极中的一个第二电极相对于第一电极在光波导的宽度方向的一侧与第一电极隔开间隔而设置,另一个第二电极相对于第一电极在光波导的宽度方向的另一侧与第一电极隔开间隔而设置。在该剖视中,第三电极设置于光波导的厚度方向的另一侧。

[0012] 发明效果

[0013] 根据本公开的光调制器,能够提高向光波导施加的电场的比率。

附图说明

- [0014] 图1是示出第一实施方式的光调制器的剖面的示意图。
- [0015] 图2是示出变形例1的光调制器的剖面的示意图。
- [0016] 图3是示出变形例1的光调制器的剖面的示意图。
- [0017] 图4是示出变形例1的光调制器的剖面的示意图。
- [0018] 图5是示出第二实施方式的光调制器的剖面的示意图。
- [0019] 图6是示出第三实施方式的光调制器的剖面的示意图。
- [0020] 图7是示出变形例2的光调制器的剖面的示意图。
- [0021] 图8是示出变形例2的光调制器的剖面的示意图。
- [0022] 图9是示出变形例2的光调制器的剖面的示意图。
- [0023] 图10是示出变形例3的光调制器的剖面的示意图。
- [0024] 图11是示出变形例3的光调制器的剖面的示意图。
- [0025] 图12是示出变形例3的光调制器的剖面的示意图。
- [0026] 图13是示出变形例3的光调制器的剖面的示意图。
- [0027] 图14是示出变形例3的光调制器的剖面的示意图。
- [0028] 图15是示出第四实施方式的光调制器的剖面的示意图。
- [0029] 图16是示出第五实施方式的光调制器的剖面的示意图。
- [0030] 图17是示出第六实施方式的光调制器的剖面的示意图。
- [0031] 图18是示出第七实施方式的光调制器的剖面的示意图。
- [0032] 图19是示出第七实施方式的光调制器的平面的示意图。
- [0033] 图20是示出第八实施方式的光调制器的剖面的示意图。
- [0034] 图21是示出第八实施方式的光调制器的平面的示意图。

具体实施方式

[0035] 以下,对本公开的实施方式进行说明。需要说明的是,在以下的说明中,对本公开的实施方式举例进行说明,但本公开不限于以下说明的例子。在以下的说明中,有时例示特定的数值或特定的材料,但本公开不限定于这些例示。

[0036] 本实施方式的光调制器具备:包括具有电光效应的材料的光波导;以及用于控制通过光波导的光的控制电极。控制电极包含第一电极、两个第二电极、以及与第一电极及第二电极的组形成电位差的第三电极。向第二电极分别施加与第一电极相同的相位的电压。在与光波导的延伸方向垂直的剖视中,第一电极设置在光波导的厚度方向的一侧。在该剖视中,两个第二电极中的一个第二电极相对于第一电极在光波导的宽度方向的一侧与第一电极隔开间隔而设置,另一个第二电极相对于第一电极在光波导的宽度方向的另一侧与第一电极隔开间隔而设置。在该剖视中,第三电极设置在光波导的厚度方向的另一侧(第一结构)。

[0037] 在第一结构的光调制器中,第一电极及第三电极配置为在厚度方向上夹着光波导。并且,两个第二电极配置为在第一电极的附近与第一电极隔开间隔地在光波导的宽度方向上夹着第一电极。在光调制器的工作时,向第一电极及两个第二电极施加相互相同的相位的电压。由此,从第一电极及第二电极单独地朝向第三电极作用电场,向光波导施加电

场。在该情况下,与如专利文献1那样相对于光波导在厚度方向的一侧存在单一的信号电极并且仅将来自该信号电极的电场施加到光波导的情况相比,不仅是来自第一电极的电场,来自两个第二电极的电场也被施加到光波导。因此,能够提高向光波导施加的电场的比率。在本说明书中,有时将这样的向光波导施加的电场的比率称为与光波导相关的电场施加效率。

[0038] 第一结构的光调制器优选具备下述的结构。在与光波导的延伸方向垂直的剖视中,第一电极的宽度方向的中心位置位于光波导的宽度方向的中央部,第三电极的宽度方向的中心位置位于光波导的宽度方向的中央部(第二结构)。在该情况下,能够提高从第一电极朝向第三电极的电场强度,能够提高与光波导相关的电场施加效率。

[0039] 上述的光调制器优选具备下述的结构。在与光波导的延伸方向垂直的剖视中,两个第二电极相对于第一电极在光波导的宽度方向上对称配置(第三结构)。在该情况下,能够抑制有效折射率的偏差,抑制光损失。

[0040] 上述的光调制器优选具备下述的结构。在光波导的宽度方向上,一个第二电极与光波导的一侧的端部分离地配置,另一个第二电极与光波导的另一侧的端部分离地配置。光调制器还具备介电常数比光波导低的低介电常数层。低介电常数层覆盖第二电极的表面的至少一部分,使得夹设在第二电极与第三电极之间(第四结构)。

[0041] 第四结构的光调制器优选具备下述的结构。低介电常数层覆盖第一电极的表面的至少一部分,使得夹设在第一电极与第三电极之间(第五结构)。

[0042] 在第四结构的光调制器中,从第二电极朝向光波导的电场通过低介电常数层。并且,在第五结构的光调制器中,从第一电极朝向光波导的电场通过低介电常数层。由此,与不设置低介电常数层的情况相比,电信号感受到的有效折射率下降。通常,电信号感受到的有效折射率比光波感受到的有效折射率大。因此,电信号感受到的有效折射率与光波感受到的有效折射率之差变小。因此,能够提高调制频率。

[0043] 上述的光调制器优选具备介电常数比光波导低的辅助低介电常数层。辅助低介电常数层覆盖第三电极的表面的至少一部分,使得夹设在第二电极与第三电极之间(第六结构)。

[0044] 在第六结构的光调制器中,从第二电极朝向光波导的电场通过辅助低介电常数层。由此,与未设置辅助低介电常数层的情况相比,电信号感受到的有效折射率下降。因此,电信号感受到的有效折射率与光波感受到的有效折射率之差变小。因此,能够提高调制频率。

[0045] 上述的光调制器优选具备下述的结构。光波导的材料是 LiNbO_3 (第七结构)。 LiNbO_3 (铌酸锂)的电光效应尤其高。在本说明书中,有时将 LiNbO_3 记作LN。光波导的材料只要具有电光效应即可,没有特别限定。例如,光波导的材料也可以是 LiTaO_3 (钽酸锂),也可以是PLZT(锆钛酸铅镧)、KTN(钽酸铌酸钾)及 BaTiO_3 (钛酸钡)等。

[0046] 上述的光调制器也可以还具备设置有光波导的基板(第八结构)。

[0047] 第八结构的光调制器也可以具备下述的结构。基板包括与光波导相同的材料,光波导为脊型(第九结构)。在该情况下,能够将光进一步封闭在光波导内。并且,能够通过低介电常数层来覆盖光波导中的除了与基板的边界之外的周围。因此,容易调整有效折射率。

[0048] 但是,也能够通过使钛(Ti)扩散到基板来形成光波导。也能够通过质子交换法来

形成光波导。

[0049] 第一结构~第七结构中的任意一个光调制器也可以具备并列配置的两个光调制器单元。两个光调制器单元分别包括光波导和控制电极(第十结构)。

[0050] 第十结构的光调制器构成马赫-曾德(Mach-Zehnder)型的光调制器。在该情况下,还能够与相位调制配合地进行强度调制。由此能够进行多值调制,能够增大传输容量。而且,第十结构的光调制器起到与第一结构~第七结构同样的效果。

[0051] 第十结构的光调制器也可以具备下述的结构。光调制器单元分别还包括设置有光波导的基板。两个光调制器单元中的一个光调制器单元的基板与另一个光调制器单元的基板并列地配置(第十一结构)。

[0052] 第十一结构的光调制器也可以具备下述的结构。在光调制器单元的各个光调制器单元中,基板包括与光波导相同的材料,光波导为脊型(第十二结构)。第十二结构的光调制器对应于第九结构。因此,能够与第九结构同样地将光进一步封闭在光波导内,并且容易调整有效折射率。

[0053] 第十一结构或第十二结构的光调制器也可以具备下述的结构。两个光调制器单元中的一个光调制器单元的基板与另一个光调制器单元的基板为一体。向一个光调制器单元的第一电极及第二电极施加与另一个光调制器单元的第一电极及第二电极相反的相位的电压(第十三结构)。

[0054] 在第十三结构的光调制器中,能够共用一个光调制器单元的基板和另一个光调制器单元的基板。因此,能够减小一个光调制器单元的光波导与另一个光调制器单元的光波导的间隔。在该情况下,能够缩窄光调制器整体的宽度。

[0055] 第十一结构或第十二结构的光调制器也可以具备下述的结构。两个光调制器单元中的一个光调制器单元的基板与另一个光调制器单元的基板为一体,一个光调制器单元的光波导与另一个光调制器单元的光波导的自发极化的方向相互反转。一个光调制器单元的两个第二电极的一者与另一个光调制器单元的两个第二电极的一者形成为一体。向一个光调制器单元的第一电极及第二电极施加与另一个光调制器单元的第一电极及第二电极相互相同的相位的电压(第十四结构)。

[0056] 在第十四结构的光调制器中,位于相互接近的位置的第二电极形成为一体并共用。因此,能够进一步缩小一个光调制器单元的光波导与另一个光调制器单元的光波导的间隔。在该情况下,能够进一步缩窄光调制器整体的宽度。

[0057] 以下,参照附图对本公开的实施方式进行说明。在各图中针对相同或相当的结构标注相同的标记,不再重复相同的说明。

[0058] <第一实施方式>

[0059] [光调制器100的结构]

[0060] 图1是示出第一实施方式的光调制器100的剖面的示意图。在图1中示出与光波导2的延伸方向垂直的剖面。光波导2的延伸方向也可以说是沿着光波导2的方向。在本说明书中,只要没有特别说明,则剖面是指与光波导2或者后述的光波导2A、2B的延伸方向垂直的剖面。在光调制器100的剖面中,支承整体的支承板7位于最下方,光调制器100的厚度方向相当于上下方向,光调制器100的宽度方向相当于左右方向。但是,在本说明书中,上、下、左及右是为了方便说明而决定的,不限定实际的光调制器100的姿势。

[0061] 参照图1,光调制器100具备基板1、光波导2、第一电极31、两个第二电极32、以及第三电极4。第一电极31、两个第二电极32及第三电极4包含在用于控制通过光波导2的光的控制电极中。

[0062] 第一电极31及两个第二电极32分别配置在基板1之上。向第二电极32分别施加与第一电极31相同的相位的电压。第三电极4与第一电极31及第二电极32的组形成电位差。第一电极31及第二电极32例如是信号电极。第三电极4例如是接地电极。第三电极4也可以是施加与第一电极31及第二电极32的电压相反相位的电压的反向信号电极。

[0063] 第三电极4配置在基板1之下的位置。本实施方式的光调制器100还具备辅助低介电常数层6。基板1、光波导2、第一电极31、第二电极32、第三电极4及辅助低介电常数层6由支承板7支承。支承板7配置在最下方。

[0064] 光波导2包括具有电光效应的材料。光波导2的材质例如是LN。光波导2形成于基板1。具体而言,在基板1的上部形成有光波导2。该光波导2通过使Ti扩散到基板1而形成。基板1中的Ti所扩散的部分的折射率变高,能够封闭光,因此,能够用作光波导2。

[0065] 光波导2例如能够具有宽度(左右方向的尺寸)比厚度(上下方向的尺寸)大的剖面形状。在图1中,光波导2的剖面形状是实质上宽幅的大致矩形状。在该情况下,光波导2的剖面形状包括沿宽度方向延伸的第一边、以及与第一边平行配置并沿宽度方向延伸的第二边。光波导2的剖面形状还包括分别沿厚度方向延伸的第三边及第四边。在图1所示的例子中,第一边及第二边是一对长边,第三边及第四边是一对短边。在光波导2的剖面形状是宽幅的矩形状的情况下,一对长边中的一个长边(上侧的第一边)位于基板1的表面上,另一个长边(下侧的第二边)位于基板1的内部。

[0066] 在光波导2的剖面中,作为长边的第一边及第二边通过作为短边的第三边及第四边而连接。在图1所示的例子中,光波导2的第三边及第四边在光调制器100的剖视中为直线状,与光波导2的厚度方向平行。但是,第三边及第四边也可以相对于光波导2的厚度方向倾斜,未必一定为直线状。在光调制器100的剖视中,光波导2的第三边及第四边可以具有曲线状,也可以具有将直线与曲线组合的形状。另外,第三边的长度可以与第四边的长度相同,也可以与第四边的长度不同。同样地,第一边的长度可以与第二边的长度相同,也可以与第二边的长度不同。

[0067] 光波导2的剖面形状也有时是宽幅的半椭圆形状。在该情况下,光波导2的剖面形状包括沿宽度方向延伸的作为长轴的底边和沿宽度方向延伸的椭圆弧状的边。在光波导2的剖面形状是宽幅的半椭圆形状的情况下,底边位于基板1的表面上,椭圆弧状的边位于基板1的内部。

[0068] 第一电极31、第二电极32及第三电极4包括金属材料,各个剖面形状为矩形状。第一电极31设置在光波导2的厚度方向的一侧。第三电极4设置在光波导2的厚度方向的另一侧。例如,第一电极31堆叠在光波导2之上。在该情况下,第一电极31配置在光波导2的大致正上方。第三电极4堆叠在光波导2之下。在该情况下,第三电极4配置在光波导2的大致正下方。另外,两个第二电极32中的一个第二电极32相对于第一电极31在光波导2的宽度方向的一侧与第一电极31隔开间隔而设置,另一个第二电极32相对于第一电极31在光波导2的宽度方向的另一侧与第一电极31隔开间隔而设置。因此,第一电极31配置在第二电极32彼此之间。另外,在光波导2的宽度方向上,一个第二电极32与光波导2的一侧的端部分离地配

置,另一个第二电极32与光波导2的另一侧的端部分离地配置。

[0069] 总之,第一电极31及第三电极4配置为在上下方向(厚度方向)上夹着光波导2。并且,相对于光波导2,两个第二电极32配置为在第一电极31的附近与第一电极31隔开间隔地在左右方向(宽度方向)上夹着第一电极31。

[0070] 在本实施方式中,第一电极31的宽度方向(左右方向)的中心31c的位置位于光波导2的宽度方向的中央部。第一电极31的中心31c例如在光波导2的宽度方向上配置于在对光波导2进行了三等分时位于中央的区域的范围内。例如,第一电极31的宽度方向的中心31c的位置也可以与光波导2的宽度方向的中心2c的位置一致。第三电极4的宽度方向的中心4c的位置位于光波导2的宽度方向的中央部。第三电极4的中心4c例如在光波导2的宽度方向上配置于在对光波导2进行了三等分时位于中央的区域的范围内。例如,第三电极4的宽度方向的中心4c的位置也可以与光波导2的宽度方向的中心2c的位置一致。在该情况下,第一电极31的中心31c的位置、第三电极4的中心4c的位置及光波导2的中心2c的位置在宽度方向上对齐,相互未偏移。在其他观点中,第一电极31配置在第三电极4的实质上或者大致正上方,并且在第一电极31与第三电极4之间配置有光波导2。并且,两个第二电极32相对于第一电极31在光波导2的宽度方向上对称配置。

[0071] 在本实施方式中,在基板1之下层叠有辅助低介电常数层6。支承板7层叠在辅助低介电常数层6之下。第三电极4配置在辅助低介电常数层6的内部,层叠在基板1之下。辅助低介电常数层6覆盖第三电极4的表面的至少一部分,使得夹设在第二电极32与第三电极4之间。在本实施方式的例子中,辅助低介电常数层6直接覆盖第三电极4的侧面及下表面。在该情况下,辅助低介电常数层6中的覆盖第三电极4的侧面的部分夹设在第二电极32与第三电极4之间。

[0072] 辅助低介电常数层6的介电常数比光波导2的介电常数低。辅助低介电常数层6的材质只要介电常数比光波导2的介电常数低即可,没有特别限定。辅助低介电常数层6的材质例如是 SiO_2 。作为辅助低介电常数层6,使用氧化物(例: Al_2O_3 、 SiO_2 、 LaAlO_3 、 LaYO_3 、 ZnO 、 HfO_2 、 MgO 、 Y_2O_3)。作为辅助低介电常数层6,也可以使用聚合物(例:BCB(苯并环丁烯)、PI(聚酰亚胺))。

[0073] 但是,也可以不设置辅助低介电常数层6。在不设置辅助低介电常数层6的情况下,第三电极4配置在基板1的下部即可。在其他观点中,第三电极4埋在基板1的下部即可。

[0074] [效果]

[0075] 在本实施方式中,第一电极31及第三电极4配置为在厚度方向上夹着光波导2。并且,相对于光波导2在厚度方向的同一侧,两个第二电极32配置为在第一电极31的附近与第一电极31隔开间隔地在宽度方向上夹着第一电极31。即,单独存在与第三电极4形成电位差的第一电极31及两个第二电极32。并且,在第一电极31与第二电极32之间存在空间。

[0076] 根据本实施方式的光调制器100,在光调制器100的工作时,向相对于光波导2配置在厚度方向的同一侧的第一电极31及两个第二电极32施加彼此相同的相位的电压。第三电极4与第一电极31及第二电极32的组形成电位差。由此,从第一电极31及第二电极32单独朝向第三电极4作用电场,向光波导2施加电场。这样,来自第一电极31的电场全部通过光波导2。来自第二电极32的电场的大部分通过光波导2。即,对光波导2不仅施加来自第一电极31的电场,还施加来自两个第二电极32的电场,因此,与相对于光波导2在厚度方向的同一侧

配置有单一的信号电极和接地电极的情况相比,能够提高与光波导2相关的电场施加效率。

[0077] 并且,在本实施方式中,辅助低介电常数层6夹设在第二电极32与第三电极4之间,因此,来自第二电极32的电场通过辅助低介电常数层6。由此,电信号感受到的有效折射率下降。因此,电信号感受到的有效折射率与光波感受到的有效折射率之差变小。因此,能够提高调制频率。

[0078] 如果相对于光波导2在厚度方向的同一侧配置第一电极31及两个第二电极32,并且第一电极31及第三电极4配置为在厚度方向上夹着光波导2,则能够从第一电极31及两个第二电极32分别向光波导2施加电场。因此,与单一的信号电极及接地电极配置为在厚度方向上夹着光波导的情况相比,容易向光波导2施加电场,并且容易调整有效折射率,其结果是,能够提高光调制器的构造设计的自由度。

[0079] 与第三电极4形成电位差的信号电极的阻抗为 50Ω 是理想的。在本实施方式的情况下,作为与第三电极4形成电位差的信号电极,单独存在第一电极31及两个第二电极32。在其他观点中,与第三电极4形成电位差的信号电极被分割为三个。通过将信号电极从一个设为三个,能够在向宽范围的辅助低介电常数层6或后述的低介电常数层5施加电场的同时使第一电极31及第二电极32的阻抗接近理想的 50Ω 。通过将信号电极设为三个,能够分别设定施加电压。由此,能够与辅助低介电常数层6或后述的低介电常数层5的剖面积、光波导的形状匹配地调整为适当的电场强度分布。

[0080] 在本实施方式中,作为与第三电极4形成电位差的信号电极,设置有第一电极31及两个第二电极32这样的三个信号电极。第一电极31担负向光波导2施加电场的作用,两个第二电极32担负调整有效折射率的作用。第一电极31优选设置在光波导2的正上方附近,使得向光波导2高效且均匀地施加电场。

[0081] 通过将第二电极32分别配置在第一电极31的旁边,能够从第二电极32向第三电极4施加具有水平分量的电场。由此,能够增加通过辅助低介电常数层6的电场分量。假设在第二电极32为一个的情况下,光波导2在水平方向上感受到的折射率的平衡变差。于是,为了调整有效折射率的水平方向的平衡,在第一电极31的左右各设置一个第二电极32并使它们协作。

[0082] 这样,优选相对于一个第一电极31设置有两个第二电极32。这是因为,设置三个以上的第二电极32不能期望设置两个第二电极32以上的效果,并且导致设备(光调制器100)的尺寸的扩大。因此,第一电极31和两个第二电极32的结构是最优选的。

[0083] 另外,在本实施方式中,第一电极31的宽度方向的中心31c的位置位于光波导2的宽度方向的中央部,第三电极4的宽度方向的中心4c的位置位于光波导2的宽度方向的中央部。在该情况下,第一电极31配置在第三电极4的实质上或大致正上方,并且在第一电极31与第三电极4之间配置有光波导2。因此,能够提高从第一电极31朝向第三电极4的电场强度,能够提高与光波导2相关的电场施加效率。

[0084] 并且,在本实施方式中,两个第二电极32相对于第一电极31在光波导2的宽度方向上对称配置。通过第二电极32存在于对称的位置,能够从第二电极32平衡良好地施加电场。因此,能够抑制有效折射率的偏差并抑制光损失。

[0085] 另外,在本实施方式中,在相对于光波导2设置有第一电极31和第二电极32的一侧未设置第三电极。第三电极是指与第一电极31及第二电极32的组形成电位差的电极。如果

假设在相对于光波导2设置有第一电极31和第二电极32的一侧设置有第三电极,则不可否认的是,来自第一电极31或第二电极32的电场的一部分泄漏到该第三电极。因此,难以说与光波导2相关的电场施加效率高。关于这一点,在本实施方式中,在相对于光波导2设置有第一电极31和第二电极32的一侧未设置第三电极,因此,如上所述,能够提高与光波导2相关的电场施加效率。

[0086] [第一电极31、第二电极32及第三电极4的尺寸]

[0087] 有效折射率及阻抗伴随着第一电极31与第二电极32的宽度方向的间隔增加而增加。有效折射率及阻抗伴随着第一电极31及第二电极32的厚度(膜厚)增加而减少。当第一电极31及第二电极32的宽度增加时,有效折射率增加,阻抗减少。例如,在将 50Ω 设为理想的阻抗并使电信号感受到的有效折射率与光波感受到的有效折射率接近时,能够提高光信号的调制速度。

[0088] 第三电极4的宽度方向的尺寸优选与光波导2的宽度相同或者比其小。这是因为,电场施加效率变高。第一电极31的宽度方向的尺寸优选与光波导2的宽度相同或者比其小。这是因为,电场施加效率变高。各第二电极32的宽度方向的尺寸优选与第一电极31的宽度方向的尺寸相同或者比其大。但是,各第二电极32的宽度方向的尺寸也可以比第一电极31的宽度方向的尺寸小。第一电极31与第二电极32的宽度方向的间隔(间隙)优选与第一电极31的宽度方向的尺寸相同或者比其大。第一电极31的宽度方向的尺寸及各第二电极32的宽度方向的尺寸设计为第一电极31及第二电极32各自的阻抗成为大致相同即可,从抑制调制速度的下降的观点出发,例如将 50Ω 作为目标而设定为 $500\pm 10\Omega$ 的范围内即可。第一电极31与第二电极32的间隔设定为电信号感受到的有效折射率不低于光波导2的折射率即可。

[0089] 第一电极31的宽度方向的尺寸也可以比光波导2的宽度大。在该情况下,第三电极4的宽度方向的尺寸也可以比光波导2的宽度大,但优选比第一电极31的宽度方向的尺寸小。如果第一电极31的宽度方向的尺寸比光波导2的宽度大,则来自第一电极31的电场的一部分在到达第三电极4的过程中通过辅助低介电常数层6。由此,能够进一步使电信号感受到的有效折射率下降。因此,电信号感受到的有效折射率与光波感受到的有效折射率之差进一步变小,能够提高调制频率。

[0090] [第一实施方式的光调制器100的制造方法]

[0091] 以下,对第一实施方式的光调制器100的制造方法的一例进行说明。准备包括具有电光效应的材料的基板1。在基板1上形成第三电极4。例如,能够通过光刻、蒸镀、剥离等进行图案化而形成第三电极4。第三电极4的形成方法也可以是光刻、镀覆。也可以通过蒸镀、溅射、CVD等进行成膜,通过光刻进行图案化,之后进行蚀刻,由此形成第三电极4。

[0092] 在基板1中,将辅助低介电常数层6成膜在形成有第三电极4的面。辅助低介电常数层6具有比基板1低的介电常数。辅助低介电常数层6的厚度比第三电极4的厚度大。

[0093] 将基板1与支承板7接合。基板1中的接合面是形成有第三电极4及辅助低介电常数层6的一侧的面。接合方法例如是表面活性化接合、原子扩散接合。

[0094] 在基板1中的与接合面相反的一侧的面实施加工,将基板1减薄至所希望的厚度。基板1的薄化方法例如是基于Grind、CMP的研磨。除了该方法之外,也可以通过如下方法将基板1薄化:通过事先向基板1注入离子而以所希望的膜厚设置剥离层,在接合后进行剥离,通过Grind或CMP完成。薄化后的基板1的厚度是 $10\mu\text{m}$ 以下。

[0095] 通过Ti扩散、质子交换法等,在基板1形成光波导2。

[0096] 在基板1中,在形成有光波导2的面上形成第一电极31及两个第二电极32。各电极31及32的厚度越厚则越降低信号损耗,因此,优选较厚。分别配置于左右的第二电极32的宽度和厚度最好与配置于中央的第一电极31的宽度和厚度相同或者更大。例如,能够通过光刻、蒸镀、剥离等进行图案化而形成各电极31及32。各电极31及32的形成方法也可以是光刻、镀膜。也可以通过蒸镀、溅射、CVD等进行成膜,通过光刻进行图案化,之后进行蚀刻,由此形成各电极31及32。

[0097] [第一实施方式的变形例1]

[0098] 图2~图4是示出第一实施方式的光调制器100的变形例1的示意图。在图2~图4中示出光调制器100的剖面。在变形例1中,从图1所示的光调制器100变更了第一电极31、第二电极32及第三电极4相对于光波导2的方式。

[0099] 在图2所示的例子中,相对于光波导2,第一电极31向光波导2的宽度方向的两侧中的一侧(图2中的右侧)偏移,第三电极4向光波导2的宽度方向的两侧中的另一侧(图2中的左侧)偏移。在该情况下,第一电极31的宽度方向的中心31c的位置与光波导2的宽度方向的中心2c的位置不一致。第三电极4的宽度方向的中心4c的位置与光波导2的宽度方向的中心2c的位置不一致。即,第一电极31的中心31c的位置、第三电极4的中心4c的位置及光波导2的中心2c的位置在宽度方向上未对齐,相互偏移。

[0100] 并且,在图2所示的例子中,右侧的第二电极32与第一电极31的间隔比左侧的第二电极32与第一电极31的间隔小。即,两个第二电极32相对于第一电极31在光波导2的宽度方向上非对称地配置。

[0101] 在图3所示的例子中,第一电极31的宽度方向的中心31c的位置与光波导2的宽度方向的中心2c的位置一致。第三电极4的宽度方向的中心4c的位置与光波导2的宽度方向的中心2c的位置一致。即,与图1所示的光调制器100同样地,第一电极31的中心31c的位置、第三电极4的中心4c的位置及光波导2的中心2c的位置在宽度方向上对齐,相互未偏移。

[0102] 并且,在图3所示的例子中,右侧的第二电极32与第一电极31的间隔比左侧的第二电极32与第一电极31的间隔小。即,与图2所示的变形例1的光调制器100同样地,两个第二电极32相对于第一电极31在光波导2的宽度方向上非对称地配置。

[0103] 在图4所示的例子中,相对于光波导2,第一电极31向光波导2的宽度方向的两侧中的一侧(图4中的右侧)偏移,第三电极4向光波导2的宽度方向的两侧中的另一侧(图4中的左侧)偏移。在该情况下,与图2所示的变形例1的光调制器100同样地,第一电极31的宽度方向的中心31c的位置与光波导2的宽度方向的中心2c的位置不一致。第三电极4的宽度方向的中心4c的位置与光波导2的宽度方向的中心2c的位置不一致。

[0104] 并且,在图4所示的例子中,右侧的第二电极32与第一电极31的间隔和左侧的第二电极32与第一电极31的间隔相同。即,与图1所示的光调制器100同样地,两个第二电极32相对于第一电极31在光波导2的宽度方向上对称配置。

[0105] 但是,在变形例1中,也可以是,相对于光波导2,第一电极31及第三电极4中的仅一者在宽度方向上偏移。即,也可以是,第一电极31的宽度方向的中心31c的位置与光波导2的宽度方向的中心2c的位置不一致,第三电极4的宽度方向的中心4c的位置与光波导2的宽度方向的中心2c的位置一致。也可以是,第三电极4的宽度方向的中心4c的位置与光波导2的

宽度方向的中心2c的位置不一致,第一电极31的宽度方向的中心31c的位置与光波导2的宽度方向的中心2c的位置一致。

[0106] <第二实施方式>

[0107] 图5是示出第二实施方式的光调制器100的剖面的示意图。本实施方式的光调制器100是将第一实施方式的光调制器100变形而得到的。

[0108] 参照图5,光调制器100还具备低介电常数层5。具体而言,在基板1之上层叠有低介电常数层5。低介电常数层5覆盖各第二电极32的表面的至少一部分,使得夹设在第二电极32与第三电极4之间。更具体而言,低介电常数层5设置在第一电极31与第二电极32之间。即,低介电常数层5直接覆盖第一电极31及第二电极32的各侧面。由此,低介电常数层5的一部分夹设在第二电极32与第三电极4之间。

[0109] 低介电常数层5的介电常数与辅助低介电常数层6同样地比光波导2的介电常数低。低介电常数层5的材质只要是介电常数比光波导2的介电常数低即可,没有特别限定。低介电常数层5的材质可以与辅助低介电常数层6的材质相同,也可以不同。

[0110] 在本实施方式的光调制器100中,低介电常数层5夹设在第二电极32与第三电极4之间,因此,从第二电极32朝向光波导2的电场通过低介电常数层5。由此,与未设置低介电常数层的情况相比,电信号感受到的有效折射率下降。因此,电信号感受到的有效折射率与光波感受到的有效折射率之差变小。因此,能够提高调制频率。

[0111] 在本实施方式中,在第一电极31与第二电极32之间设置有低介电常数层5。这里,在假定为第二电极32是接地电极的情况下,在第一电极31与接地电极之间产生较大的电位差。在该情况下,当在第一电极31与接地电极之间设置某些构件时,在第一电极31与接地电极之间引起短路的危险性高。如果在第一电极31与接地电极之间引起短路,则从第一电极31朝向光波导2的电场变弱。因此,在第二电极32为接地电极的情况下,难以考虑在第一电极31与接地电极之间设置某些构件。

[0112] 关于这一点,在本实施方式中,向第一电极31及第二电极32施加彼此相同的相位的电压,因此,在第一电极31与第二电极32之间不产生电位差。因此,即便第一电极31与第二电极32的间隔小且第二电极32接近第一电极31,也能够第一电极31与第二电极32之间设置低介电常数层5。第一电极31与第二电极32的间隔被设定为电信号感受到的有效折射率接近通过光波导2的光波感受到的有效折射率即可。

[0113] <第三实施方式>

[0114] 图6是示出第三实施方式的光调制器100的剖面的示意图。本实施方式的光调制器100是将第二实施方式的光调制器100变形而得到的。

[0115] 参照图6,第一电极31及第二电极32配置在基板1的上方。第一电极31及第二电极32配置在层叠于基板1之上的低介电常数层5的内部。在图6所示的例子中,低介电常数层5直接覆盖第一电极31的下表面、侧面及上表面。并且,低介电常数层5直接覆盖各第二电极32的下表面、第一电极31侧的侧面及上表面。即,低介电常数层5覆盖第二电极32的表面的至少一部分,使得夹设在第二电极32与第三电极4之间。另外,低介电常数层5覆盖第一电极31的表面的至少一部分,使得夹设在第一电极31与第三电极4之间。在其他观点中,低介电常数层5全部覆盖光波导2的上表面及其周边的基板1的上表面。

[0116] 在本实施方式的光调制器100中,低介电常数层5覆盖第二电极32的表面的至少一

部分,使得夹设在第二电极32与第三电极4之间。因此,得到与第二实施方式同样的效果。另外,低介电常数层5覆盖第一电极31的表面的至少一部分,使得夹设在第一电极31与第三电极4之间。尤其是在图6所示的例子中,低介电常数层5全部覆盖光波导2的上表面及其周边的基板1的上表面,在第一电极31与光波导2之间夹设有低介电常数层5。并且,在第二电极32与光波导2之间夹设有低介电常数层5。在该情况下,从第二电极32朝向光波导2的电场通过低介电常数层5,并且从第一电极31朝向光波导2的电场通过低介电常数层5。由此,能够使电信号感受到的有效折射率进一步下降。因此,电信号感受到的有效折射率与光波感受到的有效折射率之差进一步变小。因此,提高调制频率的效果高。

[0117] [第二实施方式及第三实施方式的变形例2]

[0118] 图7~图9是示出第二实施方式及第三实施方式的光调制器100的变形例2的示意图。在图7~图9中示出光调制器100的剖面。在变形例2中,从图5及图6所示的光调制器100变更了低介电常数层5的方式。

[0119] 在图7所示的例子中,低介电常数层5直接覆盖第一电极31的下表面。低介电常数层5直接覆盖各第二电极32的下表面。

[0120] 在图8所示的例子中,低介电常数层5直接覆盖第一电极31的下表面及侧面。低介电常数层5直接覆盖各第二电极32的下表面及侧面。

[0121] 在图9所示的例子中,低介电常数层5直接覆盖第一电极31的侧面及上表面。低介电常数层5直接覆盖各第二电极32的侧面及上表面。

[0122] [第二实施方式及第三实施方式的变形例3]

[0123] 图10~图14是示出第二实施方式及第三实施方式的光调制器100的变形例3的示意图。在图10~图14中示出光调制器100的剖面。在变形例3中,从图5~图9所示的光调制器100变更了辅助低介电常数层6的方式。图10所示的光调制器100对应于图5所示的光调制器100。图11所示的光调制器100对应于图6所示的光调制器100。图12所示的光调制器100对应于图7所示的光调制器100。图13所示的光调制器100对应于图8所示的光调制器100。图14所示的光调制器100对应于图9所示的光调制器100。

[0124] 在图10~图14所示的例子中,第三电极4均配置在基板1的下方。第三电极4配置在层叠于基板1之下的辅助低介电常数层6的内部。因此,辅助低介电常数层6直接覆盖第三电极4的下表面、侧面及上表面。即,辅助低介电常数层6覆盖第三电极4的表面的至少一部分,使得夹设在第二电极32与第三电极4之间,并且覆盖第三电极4的表面的至少一部分,使得夹设在第一电极31与第三电极4之间。

[0125] 在变形例3的光调制器100中,从第二电极32朝向光波导2的电场通过辅助低介电常数层6,并且从第一电极31朝向光波导2的电场通过辅助低介电常数层6。由此,能够使电信号感受到的有效折射率进一步下降。因此,电信号感受到的有效折射率与光波感受到的有效折射率之差进一步变小。因此,提高调制频率的效果高。

[0126] <第四实施方式>

[0127] 图15是示出第四实施方式的光调制器100的剖面的示意图。本实施方式的光调制器100是将第一实施方式的光调制器100变形而得到的。

[0128] 参照图15,基板1具有脊型的光波导2。即,基板1在上部具有凸条,该凸条作为光波导2发挥功能。通过对作为原材料的晶片实施加工,在基板1上形成凸条。凸条在其厚度方向

及宽度方向上能够封闭光。脊型的光波导2的剖面形状是大致矩形状。严格来说脊型的光波导2的剖面形状大多是梯形状。

[0129] 基板1包括与光波导2相同的材料。但是,基板1的材料也可以与光波导2的材料不同。在该情况下,基板1的材料例如是Si。

[0130] 本实施方式的光调制器100起到与第一实施方式同样的效果。不过,在本实施方式的情况下,光波导2是脊型,因此,能够在光波导2内进一步封闭光。并且,能够通过低介电常数层5覆盖光波导2中的除了与基板1的边界之外的周围。即,能够通过低介电常数层5宽范围地覆盖光波导2的周围。因此,容易调整有效折射率。

[0131] 本实施方式的结构也可以应用于第二实施方式及第三实施方式的光调制器100。

[0132] [第四实施方式的光调制器100的制造方法]

[0133] 以下,对第四实施方式的光调制器100的制造方法的一例进行说明。在第四实施方式的光调制器100中,基板1具有脊型的光波导2。因此,第四实施方式的光调制器100的制造方法在光波导2的形成方法这一点与第一实施方式的光调制器100的制造方法不同,在除此以外的点与第一实施方式的光调制器100的制造方法共同。以下,仅对不同点进行叙述。在第四实施方式的光调制器100的制造方法中,通过利用光刻、蚀刻,对薄化后的基板1实施加工,形成凸条。该凸条成为光波导2。

[0134] <第五实施方式>

[0135] 图16是示出第五实施方式的光调制器100的剖面的示意图。本实施方式的光调制器100是将第一实施方式~第三实施方式的光调制器100变形而得到的。

[0136] 参照图16,在本实施方式中,低介电常数层5及辅助低介电常数层6成为一体。在光调制器100的剖视中,光波导2配置在一体的低介电常数层5及辅助低介电常数层6的内部。在图16所示的例子中,低介电常数层5、6直接覆盖光波导2的下表面及侧面。因此,通过低介电常数层5、6的电场变得更多,有效折射率的调整变得更加容易。

[0137] 在图16所示的例子中,一体的低介电常数层5、6也可以还覆盖光波导2的上表面。

[0138] <第六实施方式>

[0139] 图17是示出第六实施方式的光调制器101的剖面的示意图。本实施方式的光调制器101构成马赫-曾德型的光调制器。本实施方式的光调制器101是将第一实施方式的光调制器100变形而得到的,是将该第一实施方式的光调制器100的各要素分别并列地配置而得到的。

[0140] 参照图17,本实施方式的光调制器101具备两个光调制器单元100A、100B。

[0141] 一个光调制器单元100A具备基板1A、光波导2A、第一电极31A、两个第二电极32A、第三电极4A、以及辅助低介电常数层6A。另一个光调制器单元100B具备基板1B、光波导2B、第一电极31B、两个第二电极32B、第三电极4B、以及辅助低介电常数层6B。光调制器单元100A、光调制器单元100B由支承板7支承。

[0142] 基板1A、1B相当于上述的基板1。光波导2A、2B相当于上述的光波导2。第一电极31A、31B相当于上述的第一电极31。第二电极32A、32B相当于上述的第二电极32。第三电极4A、4B相当于上述的第三电极4。辅助低介电常数层6A、6B相当于上述的辅助低介电常数层6。

[0143] 设置有光波导2A的基板1A与设置有光波导2B的基板1B并列配置。即,光波导2A和

光波导2B相互并排地配置。在光波导2A及光波导2B的上游,一根入侧光波导分支为光波导2A及光波导2B。在光波导2A及光波导2B的下游,光波导2A及光波导2B合流为一根出侧光波导。

[0144] 即便是本实施方式的光调制器101,也能够得到与上述第一实施方式同样的效果。并且,本实施方式的光调制器101构成马赫-曾德型的光调制器,因此,还能够与相位调制配合地进行强度调制。由此,能够进行多值调制,能够增大传输容量。

[0145] 在本实施方式的光调制器101中,也可以不具有辅助低介电常数层6A、6B。另外,在光调制器单元100A、100B中,也可以设置与第二实施方式~第三实施方式这样的低介电常数层5相当的低介电常数层。另外,在本实施方式的光调制器101中,也可以如第五实施方式那样不具有基板1A、1B。

[0146] 在本实施方式的光调制器101中,光波导2A、2B是通过Ti扩散而形成的。但是,光波导2A、2B也可以是脊型。在该情况下,得到与第四实施方式同样的效果。

[0147] <第七实施方式>

[0148] 图18及图19是示出第七实施方式的光调制器101的示意图。在图18中示出光调制器101的剖面。在图19中示出从上方观察光调制器101时的平面。本实施方式的光调制器101是将第六实施方式的光调制器101变形而得到的。

[0149] 参照图18及图19,光调制器单元100A的基板1A与光调制器单元100B的基板1B是一体的。在该情况下,在光调制器101的工作时,向第一电极31B及两个第二电极32B施加与第一电极31A及两个第二电极32A相反相位的电压。

[0150] 在本实施方式的光调制器101中,能够共用基板1A和基板1B。光波导2A及光波导2B设置于共用的基板1A、1B。因此,能够减小光波导2A与光波导2B的间隔。在该情况下,能够缩窄光调制器101整体的宽度,能够实现光调制器101的小型化。

[0151] <第八实施方式>

[0152] 图20及图21是示出第八实施方式的光调制器101的示意图。在图20中示出光调制器101的剖面。在图21中示出从上方观察光调制器101时的平面。本实施方式的光调制器101是将第六实施方式的光调制器101变形而得到的。

[0153] 参照图20及图21,光调制器单元100A的基板1A与光调制器单元100B的基板1B是一体的。光波导2A与光波导2B的自发极化的方向相互反转。在基板1A及基板1B的材料为LN或 LiTaO_3 等这样的铁电性晶体的情况下,通过对该铁电性晶体的材料施加高电压,能够实现自发极化的方向的反转。能够通过利用原子力显微镜或电子显微镜的观察来识别反转极化的部位。在该情况下,在光调制器101的工作时,向第一电极31A、第二电极32A、第一电极31B及第二电极32B施加相互相同的相位的电压。

[0154] 在本实施方式的光调制器101中,与第七实施方式同样地,能够共用基板1A和基板1B。光波导2A及光波导2B设置于共用的基板1A、1B。

[0155] 两个第二电极32B中的一者与两个第二电极32A中的一者一体地形成。即,位于相互接近的位置的第二电极32A和第二电极32B是电一体的。在该情况下,能够共用两个第二电极32B中的一个与两个第二电极32A中的一个。因此,能够进一步减小光波导2A与光波导2B的间隔。在该情况下,能够进一步缩窄光调制器101整体的宽度,能够进一步实现光调制器101的小型化。

[0156] 此外,本公开不限于上述实施方式,在不脱离本公开的主旨的范围内能够进行各种变更。

[0157] 附图标记说明

[0158] 100、101:光调制器;

[0159] 1:基板;

[0160] 2:光波导;

[0161] 31:第一电极;

[0162] 32:第二电极;

[0163] 4:第三电极;

[0164] 5:低介电常数层;

[0165] 6:辅助低介电常数层;

[0166] 7:支承板。

100

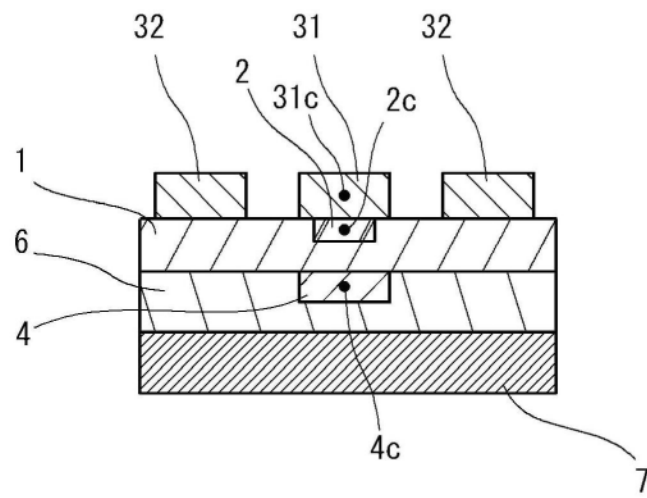


图1

100

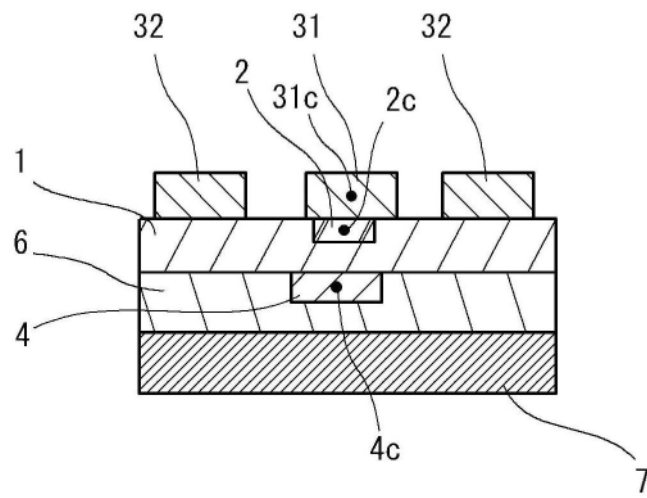


图2

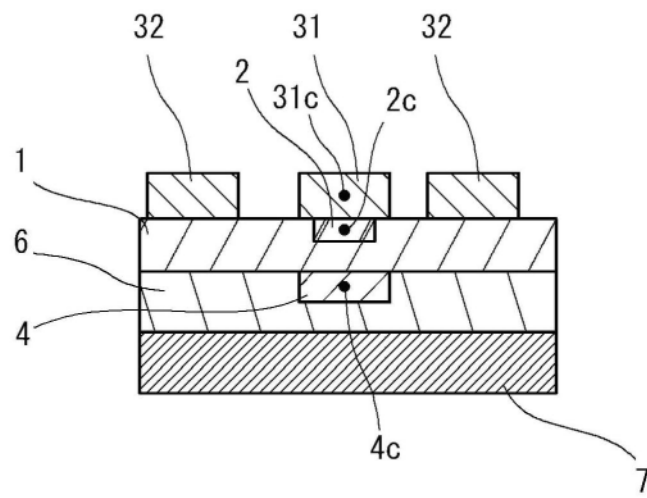
100

图3

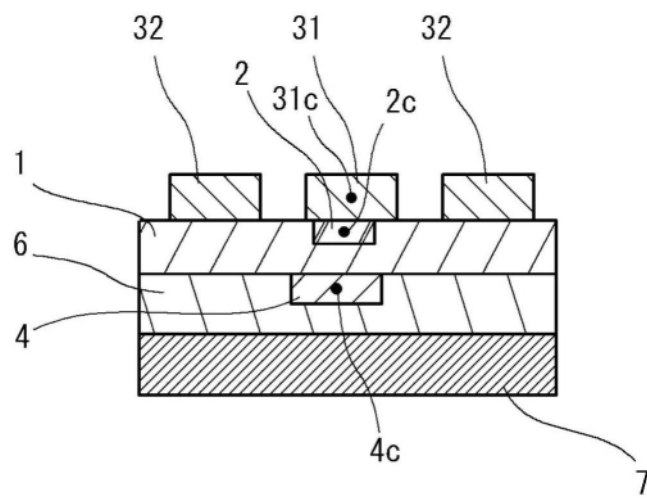
100

图4

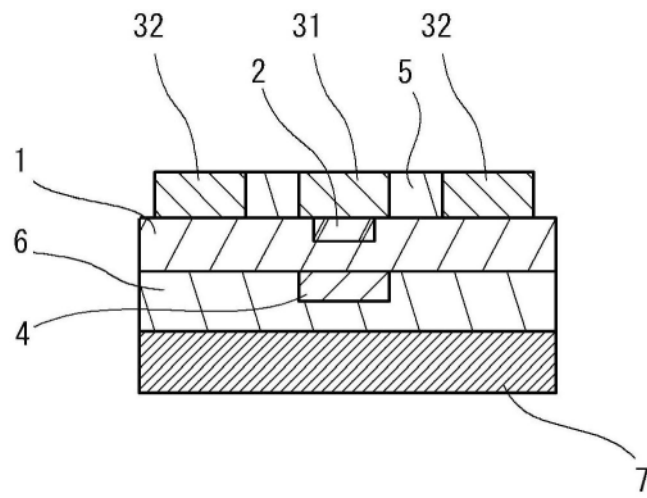
100

图5

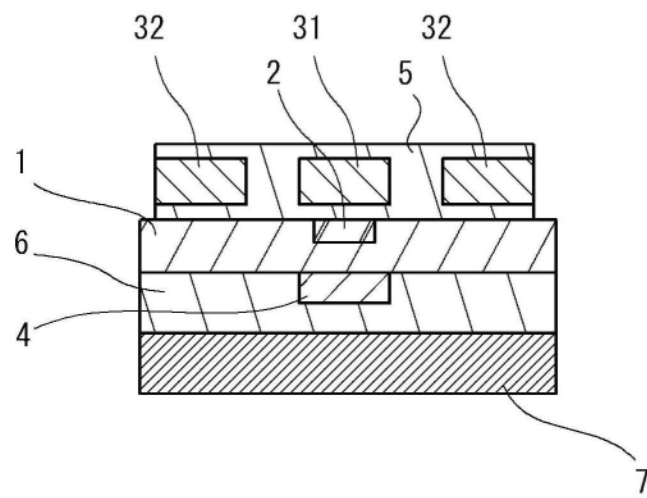
100

图6

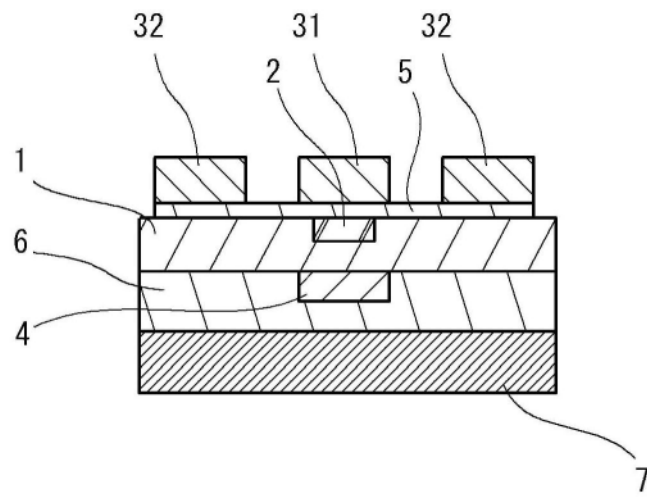
100

图7

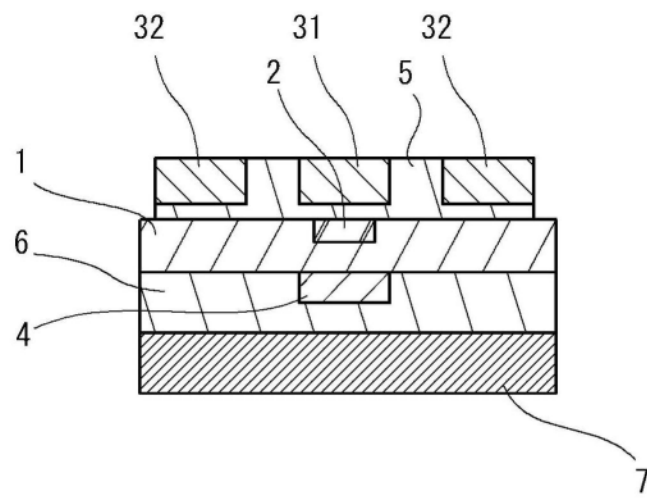
100

图8

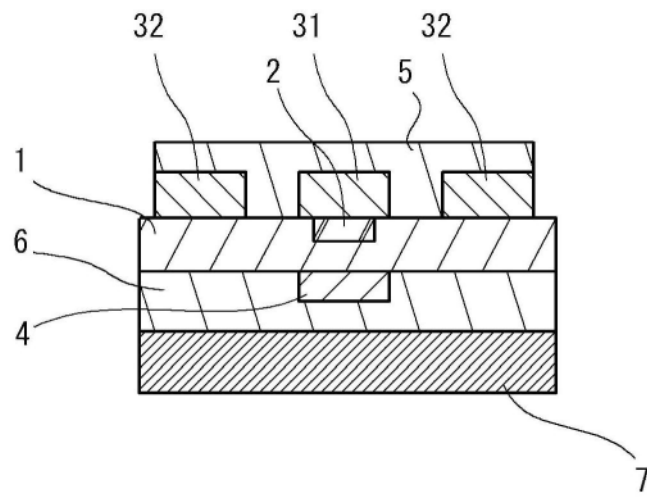
100

图9

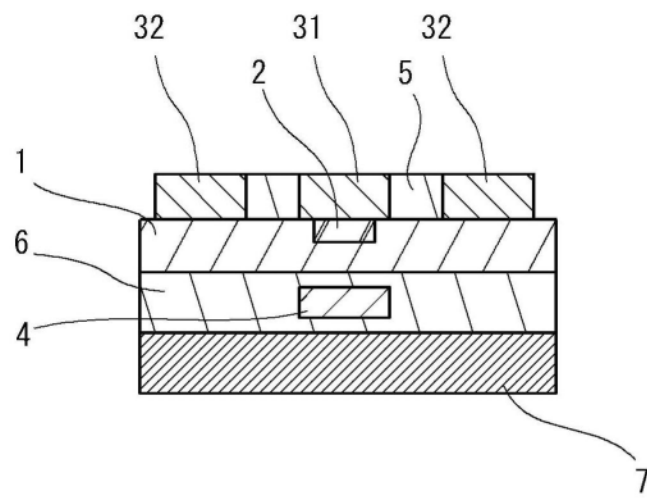
100

图10

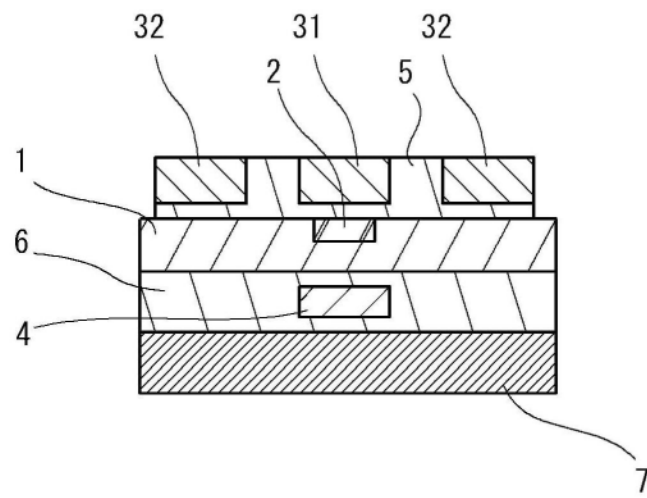
100

图13

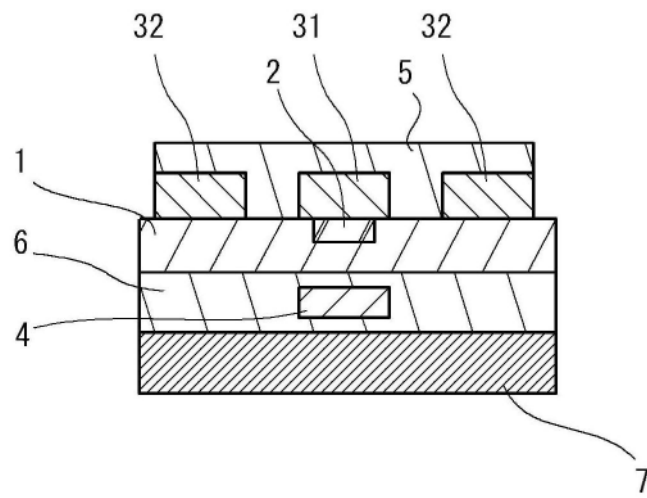
100

图14

100

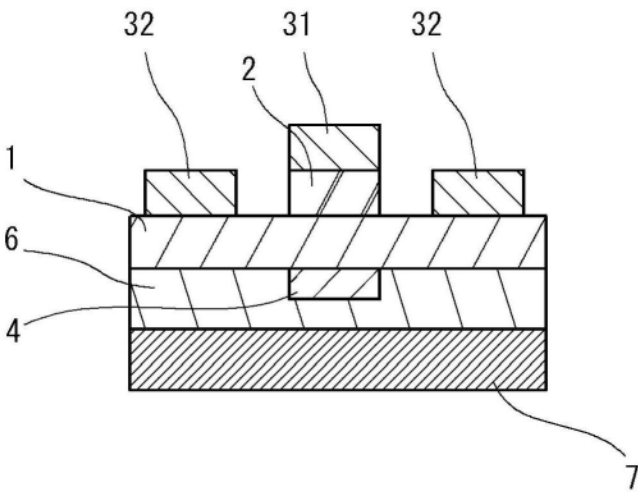


图15

100

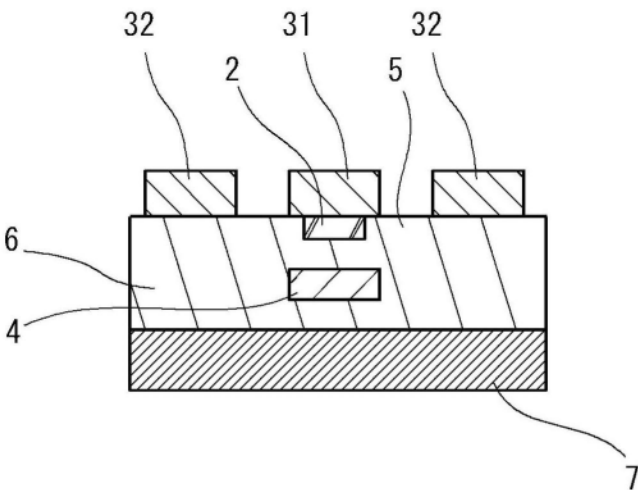


图16

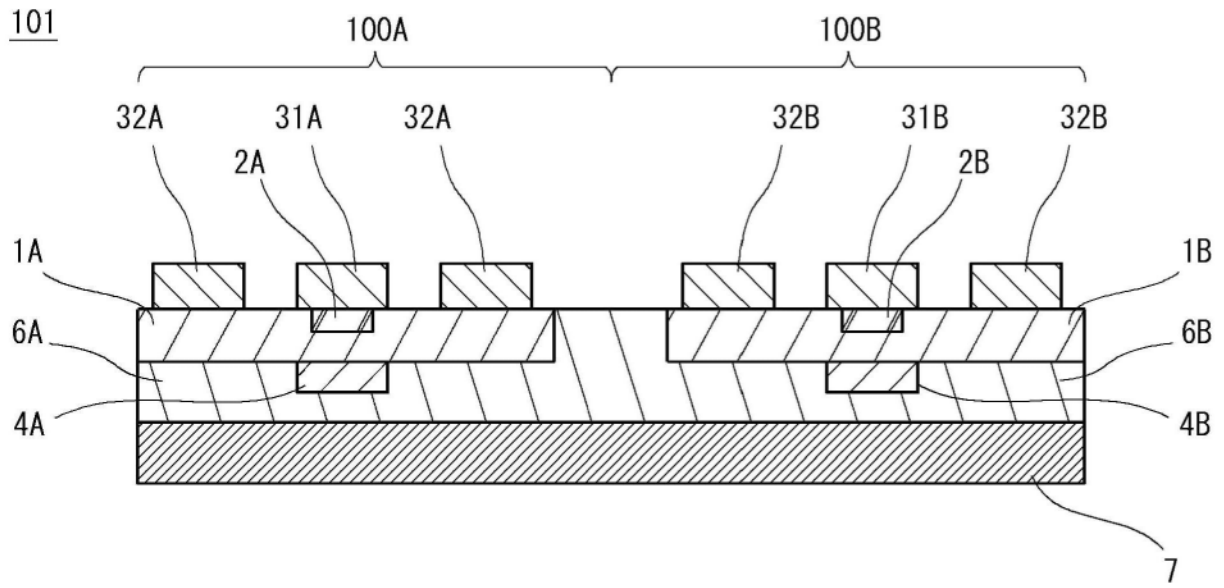


图17

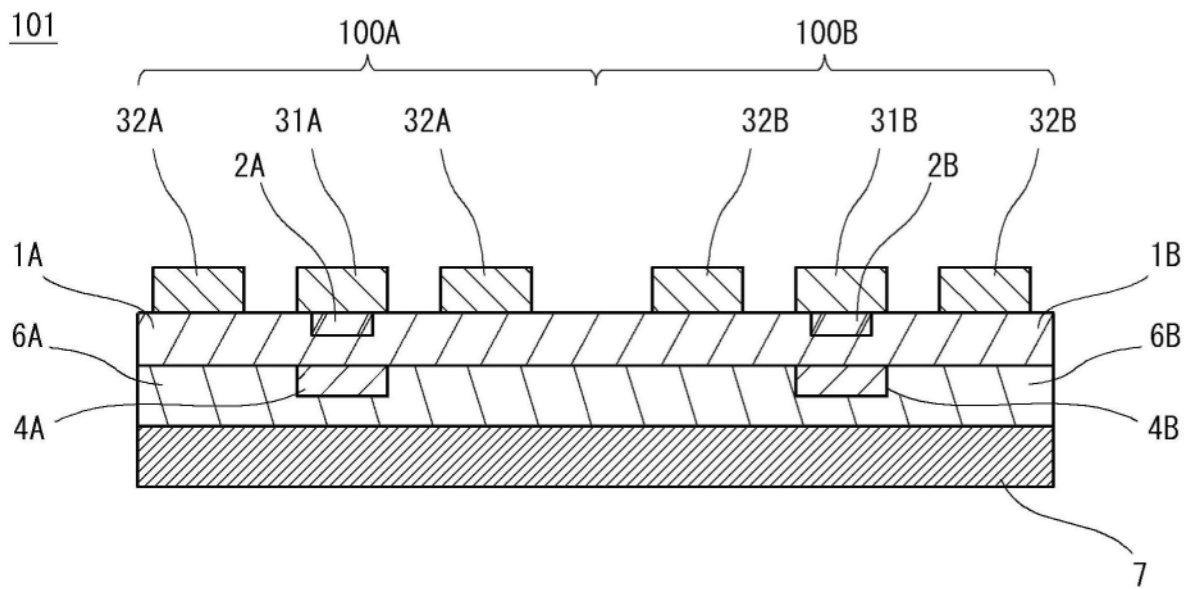


图18

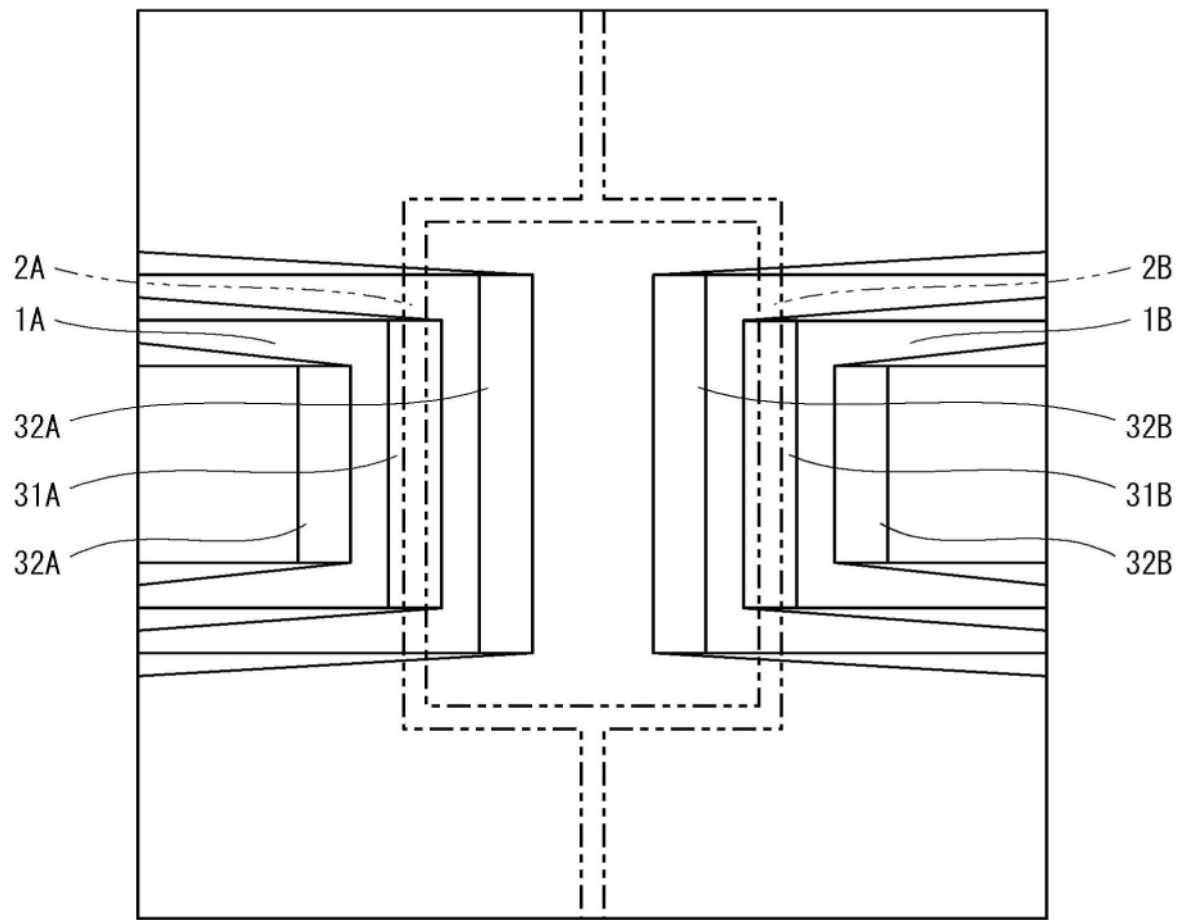
101

图19

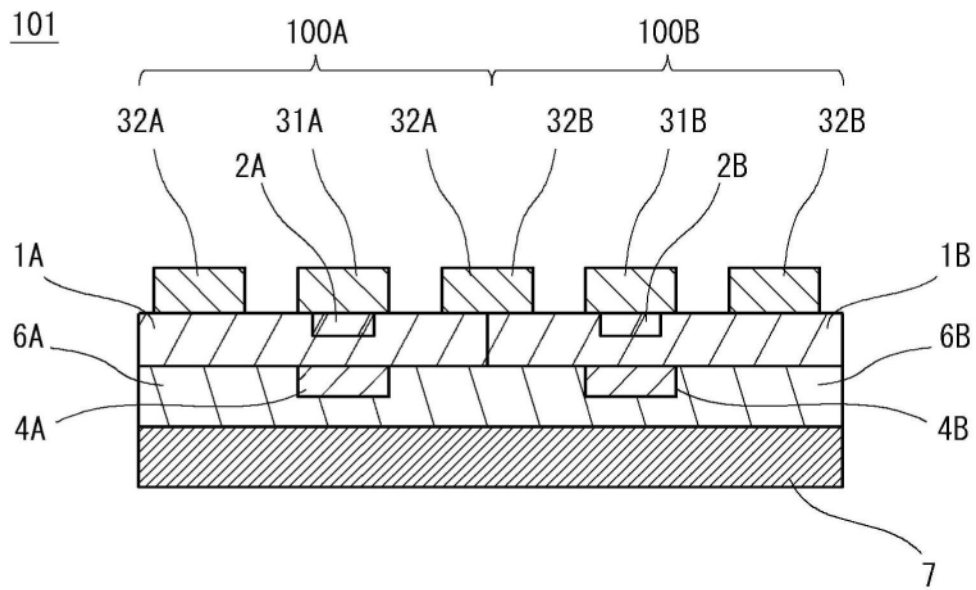


图20

101

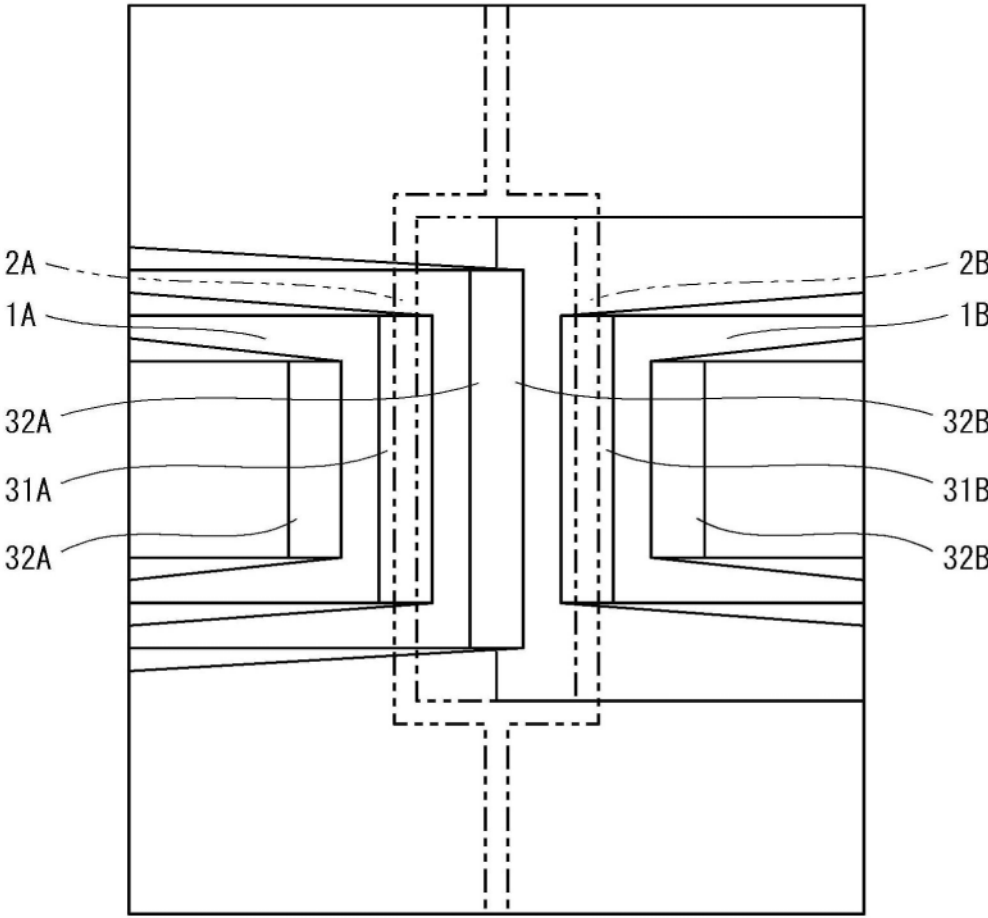


图21