



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102460279 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201080028853. 6

(22) 申请日 2010. 04. 27

(30) 优先权数据

12/432, 967 2009. 04. 30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 12. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2010/002649 2010. 04. 27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/126286 EN 2010. 11. 04

(73) 专利权人 首尔市立大学产学协力团

地址 韩国首尔

(72) 发明人 安度烈

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

11127

代理人 吕俊刚

(51) Int. Cl.

G02F 1/017(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6813063 B2, 2004. 11. 02, 说明书第 4 栏第 35 行至第 5 栏第 28 行, 第 7 栏第 63 行至第 8 栏第 11 行, 第 8 栏第 31-32, 46 行, 图 1A、1B、7.

CN 101405866 A, 2009. 04. 08, 全文.

US 5175739 A, 1992. 12. 29, 全文.

审查员 胡颀

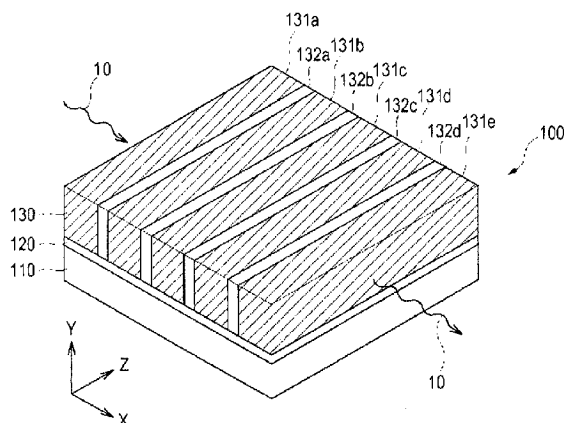
权利要求书1页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

极化子模式光开关

(57) 摘要

本公开提供了用于频率相关光切换的器件、方法和技术。在一个实施例中, 一种器件包括衬底、位于衬底上的第一和第二光场限制结构以及设置在第一和第二光场限制结构之间的量子结构。第一光场限制结构可以包括接收光子的表面。第二光场限制结构可以与第一光场限制结构隔开。第一和第二光场限制结构可以被配置为将光子的光场实质上限制在它们之间。



1. 一种器件,包括:

衬底;

位于衬底上的多个光场限制结构,所述多个光场限制结构中的一个包括接收光子的表面,所述多个光场限制结构彼此隔开;和

设置在所述多个光场限制结构中的任意两个相邻光场限制结构之间的多个量子结构,

其中,所述多个光场限制结构被配置为将光子的光场限制在所述多个限制结构之间,

其中,所述多个光场限制结构中的两个相邻光场限制结构之间的间隔与所述多个光场限制结构中的其他两个相邻光场限制结构之间的间隔不同。

2. 根据权利要求 1 所述的器件,其中所述多个量子结构被配置为根据接收到的光子的波长,选择性地工作于莫脱绝缘体模式和超流体模式。

3. 根据权利要求 1 所述的器件,其中所述多个光场限制结构中的至少一个与所述多个量子结构中的一个相接触。

4. 根据权利要求 1 所述的器件,其中所述多个光场限制结构中的至少一个与所述多个量子结构中的一个隔开。

5. 根据权利要求 1 所述的器件,其中所述多个光场限制结构中的任意两个相邻光场限制结构隔开等于光子波长或比光子波长小的距离。

6. 根据权利要求 4 所述的器件,其中所述多个光场限制结构具有等于四分之一光子波长或比四分之一光子波长小的厚度。

7. 根据权利要求 1 所述的器件,其中所述多个光场限制结构是伸长金属结构。

8. 根据权利要求 7 所述的器件,其中所述伸长金属结构是矩形金属结构。

9. 根据权利要求 7 所述的器件,其中所述伸长金属结构是楔形金属结构。

10. 根据权利要求 7 所述的器件,其中所述伸长金属结构由从包括 Ag、Al、Au、Ni 和 Ti 的组中选择的至少一种材料制成。

11. 根据权利要求 1 所述的器件,其中所述多个光场限制结构是光子晶体。

12. 根据权利要求 1 所述的器件,其中所述多个量子结构由从包括 II-VI 族半导体化合物和 III-V 族半导体化合物的组中选择的一种或多种材料制成。

13. 根据权利要求 1 所述的器件,其中所述多个量子结构由 $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ 制成,其中 x 的值在 0.5 和 1.0 之间。

14. 根据权利要求 1 所述的器件,其中所述多个量子结构由 $\text{CdSe}_x\text{S}_{1-x}$ 制成,其中 x 的值在 0 和 1 之间。

15. 根据权利要求 1 所述的器件,还包括设置在衬底与所述多个光场限制结构之间的缓冲层。

极化子模式光开关

技术领域

[0001] 在此所描述的技术一般地涉及光开关,更具体地涉及极化子(polariton)模式光开关。

背景技术

[0002] 光开关在多种应用中具有重要的商用价值。例如,在光信息处理和光通信中可以使用多种光开关。

发明内容

[0003] 公开了用于频率相关光切换的器件、方法和技术。在一个实施例中,一种器件包括衬底、位于衬底上的第一和第二光场限制结构以及设置在第一和第二光场限制结构之间的量子结构。第一光场限制结构可以包括接收光子的表面。第二光场限制结构可以与第一光场限制结构隔开。第一和第二光场限制结构可以被配置为将光子的光场实质上限制在它们之间。

[0004] 上述发明内容仅仅是示例性的,而绝不是限制性的。除了上述示例性方案、实施例和特征之外,参考附图和以下详细说明,其他方案、实施例和特征将变得更加清楚。

附图说明

[0005] 图 1 是光切换器件的示意性实施例的透视图。

[0006] 图 2 图示了图 1 所示的光切换器件的两个伸长金属结构之间的电场。

[0007] 图 3 是具有伸长楔形金属结构的光切换装置的示意性实施例的透视图。

[0008] 图 4 是具有光子晶体的光切换器件的示意性实施例的透视图。

[0009] 图 5 是光电二极管器件制造方法的示意性实施例的流程图。

[0010] 图 6 是具有矩形金属结构的光切换单元的制造方法的示意性实施例的流程图。

[0011] 图 7A-7C 是图示图 6 中所示方法的系列图。

[0012] 图 8 是具有伸长楔形金属结构的光切换器件的制造方法的示意性实施例的流程图。

[0013] 图 9A-9C 是图示图 8 中所示方法的系列图。

[0014] 图 10 是具有光子晶体的光切换单元的制造方法的示意性实施例的流程图。

[0015] 图 11A 和 11B 是图示图 10 中所示方法的系列图。

具体实施方式

[0016] 在以下详细说明中,参考了作为详细说明的一部分的附图。在附图中,类似符号通常表示类似部件,除非上下文另行指明。具体实施方式部分、附图和权利要求书中记载的示例性实施例并不是限制性的。在不脱离在此所呈现主题的精神或范围的情况下,可以利用其他实施例,且可以进行其他改变。应当理解,在此一般性记载以及附图中图示的本公开的

各方案可以按照在此明确和隐含公开的多种不同配置来设置、替换、组合、分割和设计。

[0017] 图 1 图示了光切换器件 100 的示例性实施例的透视图。参考图 1, 光切换器件 100 可以包括衬底 10、位于衬底上的缓冲层 120 以及位于缓冲层 120 上的光切换单元 130。

[0018] 在一个实施例中, 衬底 110 可以由蓝宝石制成。在其他实施例中, 衬底 110 可以由适当的半导体材料制成。这种半导体材料的示例包括但不限于硅 (Si)、锗 (Ge) 和砷化镓 (GaAs)。缓冲层 120 可以由与下层衬底 110 和 / 或上层光切换单元 130 基本上晶格匹配的材料制成。在一个实施例中, 缓冲层 120 可以由 GaAs、InGaAs、AlGaAs 和 / 或本领域中已知的任意其他合适材料制成。

[0019] 光切换单元 130 被配置为通过其一部分接收光子 10, 确定所接收光子 10 的波长, 并且如果所接收光子 10 具有指定波长, 则输出具有指定波长的所接收光子 10 (例如, 通过其另一部分)。在一个实施例中, 光切换单元 130 可以包括多个光场限制结构以及多个量子结构, 光场限制结构例如光场限制结构 131a-131e (后文统称为光场限制结构 131), 它们彼此隔开指定距离, 量子结构例如量子结构 132a-132d (后文统称为量子结构 132), 它们设置在光场限制结构 131 之间。量子结构 132 的示例包括但不限于量子线和量子点。例如, 光切换单元 130 可以通过光场限制结构 131a 的表面 (后文称作“光子输入表面”) 接收光子 10, 并且如果光子 10 具有指定波长, 则将其 (即, 具有指定波长的光子 10) 通过另一光场限制结构 131d 的表面 (后文称作“光子输出表面”) 输出。如果光子 10 不具有指定波长, 光切换单元 130 不透射所接收光子 10。

[0020] 光切换单元 130 的物理操作可以定性描述如下。当光子 10 通过光子输入表面而被接收, 且沿图 1 所示的 x 轴方向行进通过光切换单元 130 时, 可以在量子结构 132 中分别产生光场。这些光场可以导致量子结构 132 中的电子与行进通过量子结构的光子 10 相耦合, 从而在量子结构 132 中产生极化子 (polariton)。为方便解释, 光切换单元 130 这种在量子结构 132 中导致极化子的工作模式被称作“极化子模式”。

[0021] 更为详细地描述极化子模式。光切换单元 130 的量子结构 132a-132d 之一可以具有如下形式的强相互作用 Bose-Hubbard 哈密顿算子 (Hamiltonian) :

[0022] [等式 1]

[0023]

$$H = \sum_i H_i^{JC} - \sum_{i,j} K_{ij} a_i^\dagger a_j - \sum_i \mu_i N_i$$

[0024] 其中, i 和 j 是整数, H_i^{JC} 是第 i 量子结构处光子和电子的 Jaynes-Cummings 哈密顿算子, K_{ij} 是第 i 量子结构与第 j 量子结构之间的耦合常数, μ_i 是第 i 量子结构的化学势, N_i 是第 i 量子结构中光子激发和电子激发的总数目, $a_i^\dagger$ 是第 i 量子结构处光子的产生算符。

[0025] 等式 1 中的 Jaynes-Cummings 哈密顿算子可以如下表示 (为简化起见, 省略了 H_i^{JC} 中的下标 i) :

[0026] [等式 2]

[0027]

$$H^{JC} = \varepsilon \sigma_+ \sigma_- + \omega a^\dagger a + \beta (\sigma_+ a + \sigma_- a^\dagger)$$

[0028] 其中, ε 是第 i 量子结构的电子基态 $|g\rangle$ 和激发态 $|e\rangle$ 之间的能级差, ω 是光子能量, β 是电子-光子耦合常数, σ_+ 和 σ_- 分别是原子上升算符 $|e\rangle\langle g|$ 和原子下降算符 $|g\rangle\langle e|$ 。

[0029] 量子结构 132 可以具有至少两个分立的电子能级态 (例如, 基态和激发态)。将较低电子能级态激发至较高电子能级态所需的能量可以称作量子结构的“跃迁能量”。跃迁能量与特定波长光子 10 的能量之差可以称作“失谐 Δ ”。失谐 Δ 可以用如下等式表示:

[0030] [等式 3]

[0031] $\Delta = \omega - \varepsilon$

[0032] 其中, ε 是量子结构的电子基态 $|g\rangle$ 和激发态 $|e\rangle$ 之间的能级差, ω 是输入到量子结构的光子的能量, Δ 是失谐变量。

[0033] 量子结构 132 中的强光场可以导致量子结构 132 中的电子与通过量子结构的光子相耦合。这在每一量子结构 132 中产生了缀饰态 (dressed state) (即, n 个光子与受激电子的组合态, 或者说 n 个极化子, 其中 n 是自然数), 这是 Jaynes-Cummings 哈密顿算子的本征态。这 n 个极化子可以用如下等式表达:

[0034] [等式 4]

[0035]

$$E_n^{\pm} = n\omega - \Delta/2 \pm \chi(n) \cdot \chi(n)$$

[0036]

$$= \sqrt{\beta^2 n + \Delta^2 / 4} |\pm n\rangle$$

[0037]

$$= \frac{\left[-(\Delta/2 \mp \chi(n)) |g, n\rangle + \beta\sqrt{n} |e, n-1\rangle \right]}{\sqrt{2\chi^2(n) \mp \Delta\chi(n)}}$$

[0038] 其中, $E_n^{\pm}$ 是 n 个极化子的极化子能量, 其中 n 是光子的数量, ω 是光子能量, β 是电子-光子耦合常数, Δ 是失谐变量, $|\pm n\rangle$ 是 n -极化子或极化子态, $|g, n\rangle$ 是电子处于基态同时具有 n 个光子的状态, 以及 $|e, n-1\rangle$ 是电子处于激发态同时具有 $n-1$ 个光子的状态。

[0039] 当处于极化子模式时, 取决于光子 10 的波长, 光切换单元 130 可以选择地工作于超流体模式或莫脱绝缘体 (mott insulator) 模式。超流体模式是一个量子结构 132 中的光子 10 能够跳迁 (hop) 到相邻量子结构 132 的模式。莫脱绝缘体模式是一个量子结构 132 中的光子 10 不能跳迁到相邻量子结构 132 的模式。当处于超流体模式时, 由于光子 10 能够跳迁通过量子结构 132, 光切换单元 130 可以透射所接收的光子 10。相反, 当处于莫脱绝缘体模式时, 由于光子 10 不能跳迁通过量子结构 132, 光切换单元 130 不透射所接收的光子 10。

[0040] 光子阻滞模式与超流体模式之间的转变由有序参数 (order parameter) $\Psi = \langle a_i \rangle = \langle n \pm | a_i | n \pm \rangle$ 来确定。当光子 10 的角频率与量子结构 132 的跃迁能量或者电子能级间隔的角频率相匹配时 (即, 当 Δ 为零时), Ψ 等于或接近零。在这种情况下, 光子 10 通过相邻量子结构 132 的隧穿效应可能强于量子结构 132 中光子 10 之间的互斥作用, 且光切换

单元 130 可以工作于超流体模式。对于 Δ 不是零的情况, Ψ 并不等于或接近零。在这种情况下, 光子 10 之间的互斥作用可能强于量子结构 132 中的隧穿效应, 且光切换单元 130 可以工作于莫脱绝缘体模式。

[0041] 在一个实施例中, 量子结构 132 可以由基本上包括 II-VI 族半导体化合物和 III-V 族半导体化合物的组中选择的一种或多种材料制成。在另一实施例中, 量子结构 132 可以由 $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ 制成, 其中 x 的值在 0.5 与 1.0 之间。在其他实施例中, 量子结构 132 可以由 $\text{CdSe}_x\text{S}_{1-x}$ 制成, x 的值在 0 与 1 之间。

[0042] 可以使用控制光信号来控制光切换单元 130。例如, 可以与指定波长的数据光信号一同提供另一指定波长的控制光信号。如果控制光信号与数据光信号的组合能量基本上等于量子结构 132 的跃迁能量 (即, Δ 为零), 则控制光信号和数据光信号可以穿过光切换单元 130。如果控制光信号与数据光信号的组合能量实质上不等于跃迁能量, 则控制信号和数据光信号可以被光切换单元 130 阻挡。可以改变控制光信号的波长, 以对指定波长的数据光信号进行选择开/关切换操作。

[0043] 如果行进通过光切换单元 130 的光子 10 的光场被限制在量子结构 132 中, 则光切换单元 130 可以用作光开关。这是因为量子结构 132 中较强的光场可以有助于光切换单元 130 作于极化子模式, 并因此操作为波长选择性光开关。设置于量子结构 132 之间的光场限制结构 131 可以帮助将光场更好地限制到量子结构 132 中。

[0044] 在一个实施例中, 如图 1 所示, 光场限制结构 131 可以包括以指定距离间隔开的伸长金属结构 131a-131e。在一些实施例中, 间隔可以是均匀的。例如, 在伸长金属结构当中, 任意两个相邻伸长金属结构 (例如, 光场限制结构 131a 和 131b) 之间的间隔可以与任意其他两个相邻伸长金属结构 (例如, 光场限制结构 131c 和 131d) 之间的间隔相同。在其他实施例中, 任意两个相邻伸长金属结构之间的间隔可以与任意其他两个相邻伸长金属结构之间的间隔实质上不同。后文中, 光场限制结构 131 也称作伸长金属结构 131。伸长金属结构 131 中的两个可以充当表面等离振子 (plasmon) 波导。图 2 图示了图 1 中所示光切换器件 100 的两个伸长金属结构 131 (例如, 光场限制结构 131a 和 131b) 之间的电场。参考图 2, 限制在图 1 所示的伸长金属结构 131a 和 131b 之间的电场可以通过下述等式 5 来表示:

[0045] [等式 5]

$$[0046] \quad \frac{D_{x_quantum}}{D_{x_metal}} = \frac{\epsilon_{quantum} E_{x_quantum}}{\epsilon_{metal} E_{x_metal}} = 1$$

$$[0047] \quad \therefore \frac{E_{x_quantum}}{E_{x_metal}} = \frac{\epsilon_{metal}}{\epsilon_{quantum}}$$

[0048] 其中, D_{x_metal} 是伸长金属结构 131a 或 131b 中沿 x 轴的电位移场, $D_{x_quantum}$ 是量子结构 132 中沿 x 轴的电位移场, $E_{x_quantum}$ 是伸长金属结构 131a 或 131b 中沿 x 轴的电场, $E_{x_quantum}$ 是量子结构 132 中沿 x 轴的电场, ϵ_{metal} 是伸长金属结构 131a 或 131b 的介电常数, $\epsilon_{dielectric}$ 是量子结构 132 的介电常数。

[0049] 根据图 2 和等式 5 可知, 限制于伸长金属结构 131a 和 131b 之间 (即, 限制于量子结构 132a 中) 的光子 10 的电场正比于伸长金属结构 131a 或 131b 的介电常数与量子结构

132a 的介电常数之比。因此,通过选择具有适当介电常数的材料用于金属结构 131a 和 131b 和 / 或量子结构 132a,可以实现所需的电场限制。应当认识到,为方便说明而选择了伸长金属结构 131a 和 131b,在光场限制结构 131 是通过相同的指定距离隔开的伸长金属结构的情况下,关于两个伸长金属结构 131 之间电场的描述适用于光切换单元 130 中任意两个相邻伸长金属结构 131。

[0050] 在一个实施例中,伸长金属结构 131 可以包括一类或多类金属。金属的介电常数是频率的函数,因此所使用的金属类型可以取决于光切换单元 130 要透射的光子 10 的频率或波长。在一个实施例中,伸长金属结构 131 可以包括针对特定光谱(例如,蓝色光谱)具有适当介电常数的金属。例如,伸长金属结构 131 可以包括 Ag、Al、Au、Ni、Ti 或任意其他合适金属中的一种或它们的化合物。

[0051] 考虑到金属的介电常数通常远高于电介质材料(例如,量子结构 132 的材料)的介电常数,伸长金属结构 131 的设置通常可以实现光子 10 的电场的强限制。这即使在两个相邻伸长金属结构 131 以小于光子 10 波长的距离而隔开的情况下也成立。在一个实施例中,两个相邻伸长金属结构 131 可以等于或小于光切换单元 130 要透射的光子波长的距离相隔。在另一实施例中,两个相邻伸长金属结构 131 可以等于或小于光切换单元 130 要透射的入射光子的四分之一波长的距离相隔。例如,在光切换单元 130 要透射的光子波长为约 $1\ \mu\text{m}$ 的情况下,光切换单元 130 可以制造为使得相邻伸长金属结构 131 以小于约 250nm 的距离相隔。在一些实施例中,相邻伸长金属结构 131 可以从约数纳米到数百纳米范围内的距离相隔。图 1 所示的伸长金属结构 131 与量子结构 132 相接触。然而,在其他实施例中,伸长金属结构 131 可以与量子结构 132 隔开,使得相邻伸长金属结构 131 之间的距离大于量子结构的宽度。在一个实施例中,量子结构 132 的宽度可以处于数纳米的范围内。

[0052] 以上结合图 1 所描述的光切换器件 100 采用矩形形状的伸长金属结构 131 作为其光场限制结构。然而,应当认识到,根据本公开的光切换器件可以包括不同形状的金属结构。例如,光场限制结构可以包括至少两个楔形金属结构。就此,图 3 图示了具有伸长楔形金属结构 331a-331e 的光切换器件 300 的示例性实施例的透视图。与图 1 所示的光切换器件 100 类似,光切换器件 300 可以包括衬底 310、位于衬底 310 上的缓冲层 320 以及位于缓冲层 320 上的光切换单元 330。光切换单元 330 可以包括多个伸长楔形金属结构 331a-331e 以及设置在伸长楔形金属结构 331a-331e 之间具有三角形横截面的多个量子结构 332a-332d。

[0053] 另外,本公开的光场限制结构不限于充当表面等离子振子波导的至少两个金属结构。在一些实施例中,可以采用光子晶体作为光场限制结构。就此,图 4 图示了具有这种光子晶体 431a-431e 的光切换器件 400 的示例性实施例的透视图。与图 1 所示的光切换器件 100 类似,光切换器件 400 可以包括衬底 410、位于衬底 410 上的缓冲层 420 以及位于缓冲层 420 上的光切换单元 430。光切换单元 430 可以包括多个光子晶体 431a-431e 以及设置在光子晶体 431a-431e 之间的多个量子结构 432a-432d。

[0054] 光子晶体 431a-431e 可以包括多个电介质或金属-电介质纳米结构。在一个实施例中,如图 4 所示,光子晶体 431a-431e 可以是其中限定有多个孔 440 的电介质结构。在一个实施例中,孔 440 可以隔开相同的指定距离。孔 440 的直径可以在纳米范围内。然而,在其他实施例中,可以采用其他类型的光子晶体。例如,可以使用具有多个纳米棒的光子晶

体,其中纳米棒隔开相同距离。上述光子晶体 431a-431e 的设置可以有效地将光子的光场限制在它们之间。

[0055] 前述光切换器件可以多种方式来制造,下文将介绍其中一些方式。图 5 是光切换器件制造方法的示例性实施例的流程图。参考图 5,在方框 510 中,准备衬底,用以在该衬底上形成光切换单元。在方框 520 中,在衬底上形成缓冲层,以及在方框 530 中,在缓冲层上形成光切换单元。光切换单元可以包括位于衬底上且彼此隔开的多个光场限制结构以及设置在多个光场限制结构之间由电介质材料制成的至少一个量子结构。

[0056] 缓冲层和光切换单元可以使用合适的沉积、刻蚀和 / 或光刻技术中的一种或任意组合来形成在衬底上。合适的沉积技术的示例包括但不限于化学沉积技术 (例如,化学气相沉积 (CVD)、等离子增强 CVD (PECVD)),物理沉积技术 (例如,物理气相沉积 (PVD))、以及其他沉积技术 (例如,分子束外延 (MBE))。合适的刻蚀技术的示例包括但不限于湿法刻蚀、各向异性刻蚀和等离子刻蚀。在形成光开关单元时执行的具体工艺可以根据要制造的光场限制结构和量子结构的类型和形状而改变。后文中将描述图 1、3 和 4 所示光切换单元各自的制造方法示例。

[0057] 本领域技术人员应认识到,对于在此所公开的上述以及其他工艺和方法,该工艺和方法中执行的功能可以按不同顺序来实现。另外,所概述的步骤和操作仅仅作为示例,在不脱离所公开实施例实质的前提下,其中一些步骤和操作可以是可选项,可以组合为较少的步骤和操作,或者可以扩展为附加的步骤和操作。

[0058] 图 6 是具有矩形金属结构的光切换单元的制造方法示例性实施例的流程图。图 7A-7C 是图示图 6 中所示方法的系列图。参考图 6,在方框 610 中,在设于衬底 710 上的缓冲层 720 上形成电介质层 725,如图 7A 所示。在一个实施例中,电介质层 725 可以通过在缓冲层 720 上沉积电介质材料来形成。在方框 620 中,如图 7B 所示,对电介质层 725 进行构图,以在其中限定伸长沟槽 727a-727e,从而在缓冲层 720 上形成多个量子结构 732a-732d。上述构图工艺可以使用本领域已知的适当掩模和 / 或刻蚀工艺来进行。在方框 630 中,如图 7C 所示,在沟槽 727a-727e 中分别形成伸长矩形金属结构 731a-731e。上述伸长矩形金属结构形成工艺可以使用本领域已知的适当掩模和 / 或沉积工艺来进行。

[0059] 图 8 是具有伸长楔形金属结构的光切换单元的制造方法示例性实施例的流程图。图 9A-9C 是图示图 8 中所示方法的系列图。参考图 8,在方框 810 中,在设于衬底 910 上的缓冲层 920 上形成金属层 926,如图 9A 所示。例如,金属层 926 可以使用本领域已知的合适沉积技术来沉积在缓冲层 920 上。在方框 820 中,如图 9B 所示,对金属层 926 进行构图,以在其中限定多个楔形沟槽 929a-929d,从而在缓冲层 920 上形成伸长楔形金属结构 931a-931e。例如,金属层 926 可以使用本领域已知的合适掩模和 / 或刻蚀技术来进行构图。在方框 830 中,如图 9C 所示,可以在沟槽 929a-929d 中分别形成量子结构 932a-932d。例如,量子结构 932a-932d 可以使用本领域已知的合适掩模和沉积技术来形成。

[0060] 图 10 是根据另一示例性实施例的具有光子晶体的光切换单元的制造方法示例性实施例的流程图。图 11A 和 11B 是图示图 10 中所示方法的系列图。参考图 10,在方框 1010 中,在设于衬底 1110 上的缓冲层 1120 上形成电介质层 1125,如图 11A 所示。在方框 1020 中,如图 11B 所示,对电介质层 1125 的一部分或多个部分进行构图,以限定多个孔 1140,从而形成光子晶体 1131a-1131e。未构图部分用作量子结构 1132a-1132d。例如,电介质层

1125 的一部分或多个部分可以使用本领域已知的适当掩模和 / 或刻蚀技术来进行构图。

[0061] 本公开不限于在本申请中描述的具体示例,这些具体示例意在说明不同方案。本领域技术人员清楚,不脱离本公开的精神和范围,可以做出许多修改和变型。本领域技术人员根据之前的描述,除了在此所列举的方法和装置之外,还可以想到本公开范围内功能上等价的其他方法和装置。这种修改和变型应落在所附权利要求的范围内。本公开应当由所附权利要求的术语及其等价描述的整个范围来限定。应当理解,本公开不限于具体方法、试剂、化合物组成或生物系统,这些都是可以改变的。还应理解,这里所使用的术语仅用于描述具体示例的目的,而不应被认为是限制性的。

[0062] 至于本文中任何关于多数和 / 或单数术语的使用,本领域技术人员可以从多数形式转换为单数形式,和 / 或从单数形式转换为多数形式,以适合具体环境和应用。为清楚起见,在此明确声明单数形式 / 多数形式可互换。

[0063] 本领域技术人员应当理解,一般而言,所使用的术语,特别是所附权利要求中(例如,在所附权利要求的主体部分中)使用的术语,一般地应理解为“开放”术语(例如,术语“包括”应解释为“包括但不限于”,术语“具有”应解释为“至少具有”等)。本领域技术人员还应理解,如果意在所引入的权利要求中标明具体数目,则这种意图将在该权利要求中明确指出,而在没有这种明确标明的情况下,则不存在这种意图。例如,为帮助理解,所附权利要求可能使用了引导短语“至少一个”和“一个或多个”来引入权利要求中的特征。然而,这种短语的使用不应被解释为暗示着由不定冠词“一”或“一个”引入的权利要求特征将包含该特征的任意特定权利要求限制为仅包含一个该特征的实施例,即便是该权利要求既包括引导短语“一个或多个”或“至少一个”又包括不定冠词如“一”或“一个”(例如,“一”和 / 或“一个”应当被解释为意指“至少一个”或“一个或多个”);在使用定冠词来引入权利要求中的特征时,同样如此。另外,即使明确指出了所引入权利要求特征的具体数目,本领域技术人员应认识到,这种列举应解释为意指至少是所列数目(例如,不存在其他修饰语的短语“两个特征”意指至少两个该特征,或者两个或更多该特征)。另外,在使用类似于“A、B 和 C 等中至少一个”这样的表述的情况下,一般来说应该按照本领域技术人员通常理解该表述的含义来予以解释(例如,“具有 A、B 和 C 中至少一个的系统”应包括但不限于单独具有 A、单独具有 B、单独具有 C、具有 A 和 B、具有 A 和 C、具有 B 和 C、和 / 或具有 A、B、C 的系统等)。在使用类似于“A、B 或 C 等中至少一个”这样的表述的情况下,一般来说应该按照本领域技术人员通常理解该表述的含义来予以解释(例如,“具有 A、B 或 C 中至少一个的系统”应包括但不限于单独具有 A、单独具有 B、单独具有 C、具有 A 和 B、具有 A 和 C、具有 B 和 C、和 / 或具有 A、B、C 的系统等)。本领域技术人员还应理解,实质上任意表示两个或更多可选项目的转折连词和 / 或短语,无论是在说明书、权利要求书还是附图中,都应被理解为给出了包括这些项目之一、这些项目任一方、或两个项目的可能性。例如,短语“A 或 B”应当被理解为包括“A”或“B”、或“A 和 B”的可能性。

[0064] 另外,在以马库什组描述本公开的特征或方案的情况下,本领域技术人员应认识到,本公开由此也是以该马库什组中的任意单独成员或成员子组来描述的。

[0065] 本领域技术人员应当理解,出于任意和所有目的,例如为了提供书面说明,这里公开的所有范围也包含任意及全部可能的子范围及其子范围的组合。任意列出的范围可以被容易地看作充分描述且实现了将该范围至少进行二等分、三等分、四等分、五等分、十等分

等。作为非限制性示例,在此所讨论的每一范围可以容易地分成下三分之一、中三分之一和上三分之一等。本领域技术人员应当理解,所有诸如“直至”、“至少”之类的语言包括所列数字,并且指代了随后可以如上所述被分成子范围的范围。最后,本领域技术人员应当理解,范围包括每一单独数字。因此,例如具有 1 ~ 3 个单元的组是指具有 1、2 或 3 个单元的组。类似地,具有 1 ~ 5 个单元的组是指具有 1、2、3、4 或 5 个单元的组,以此类推。

[0066] 根据以上内容,应当认识到,在此处于说明的目的描述了本公开的多个实施例,不脱离本公开的范围和精神,可以进行各种修改。因此,这里所公开的多个实施例不应是限制性的,本公开的真实范围和精神由所附权利要求表征。

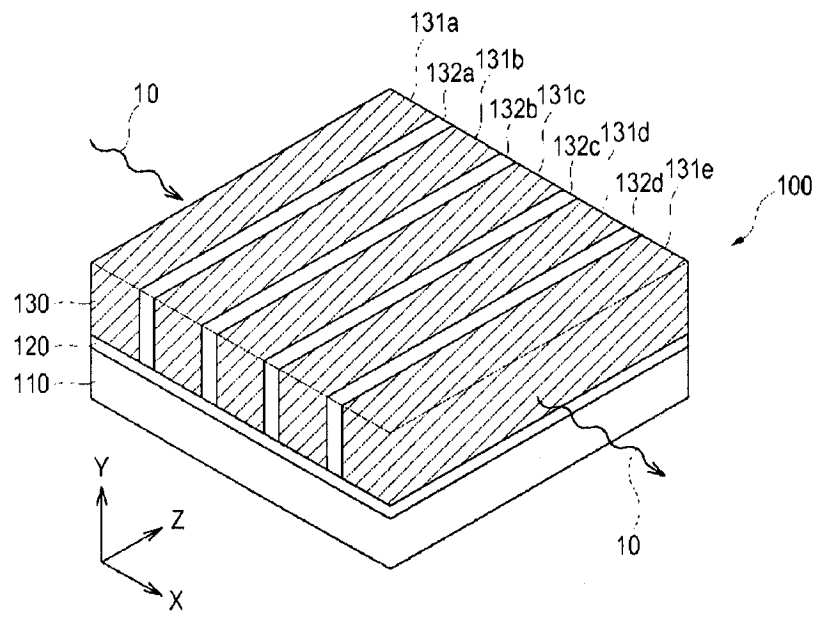


图 1

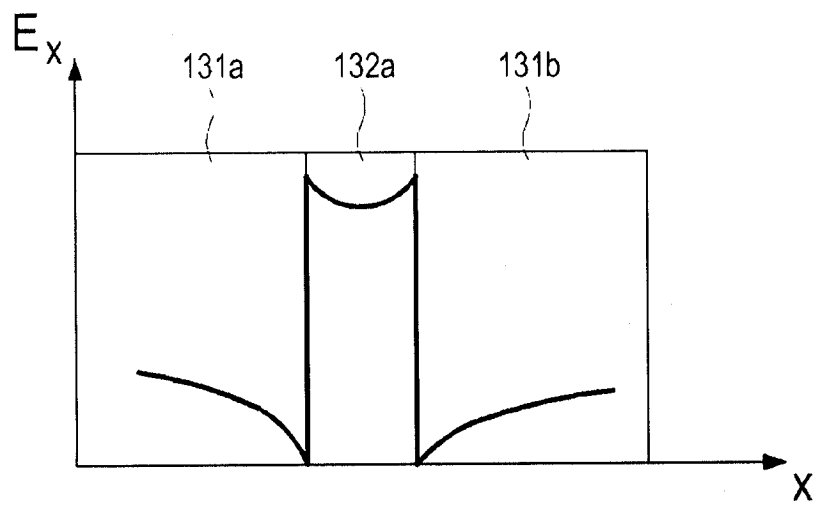


图 2

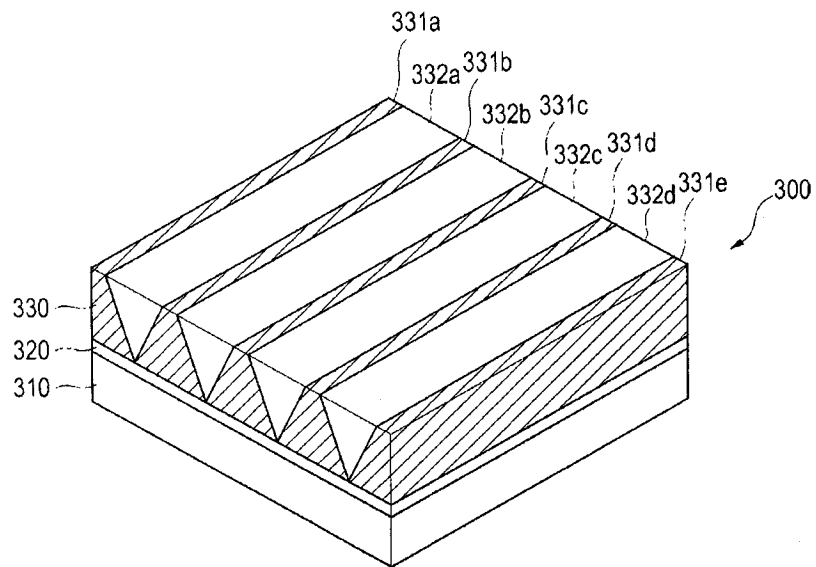


图 3

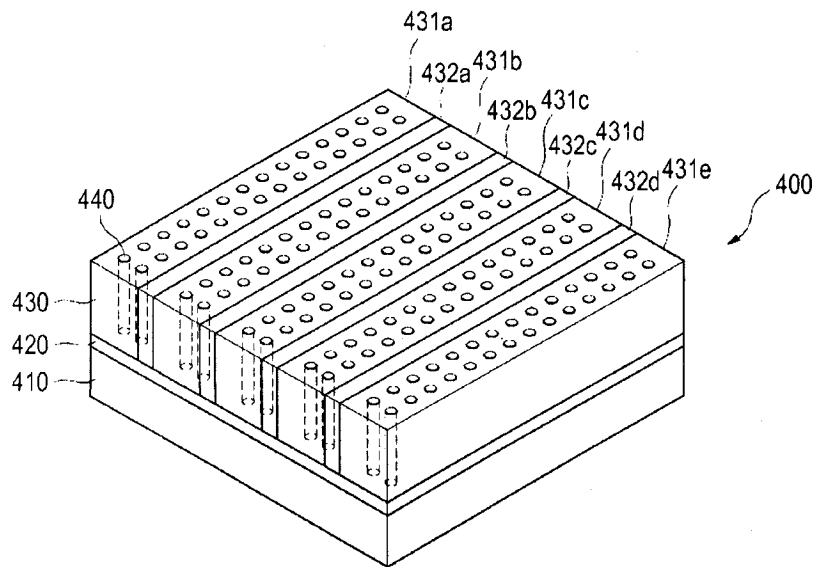


图 4

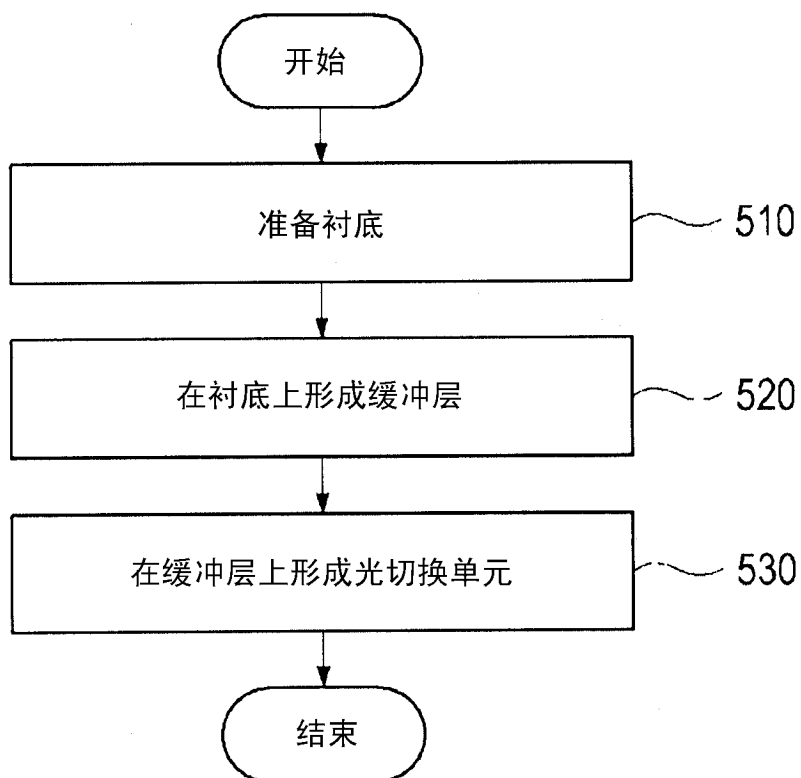


图 5

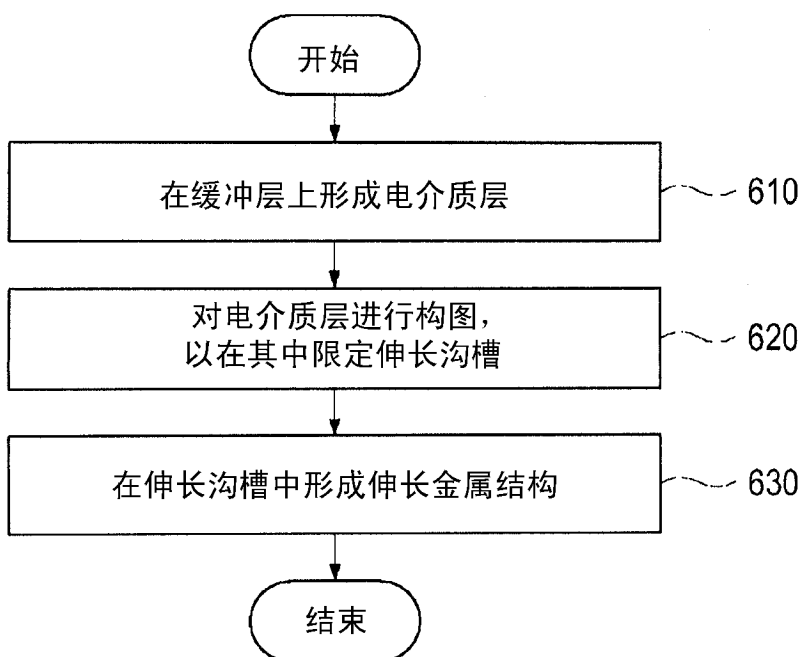


图 6

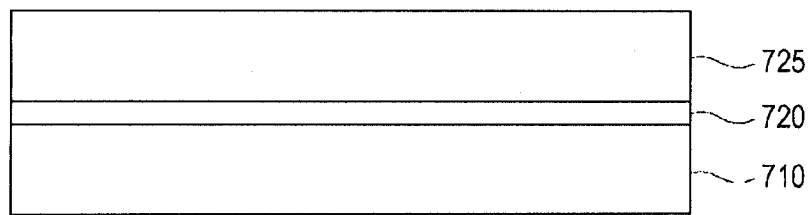


图 7A

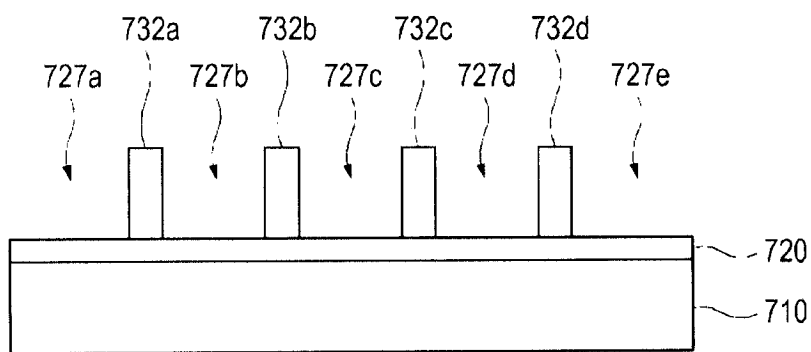


图 7B

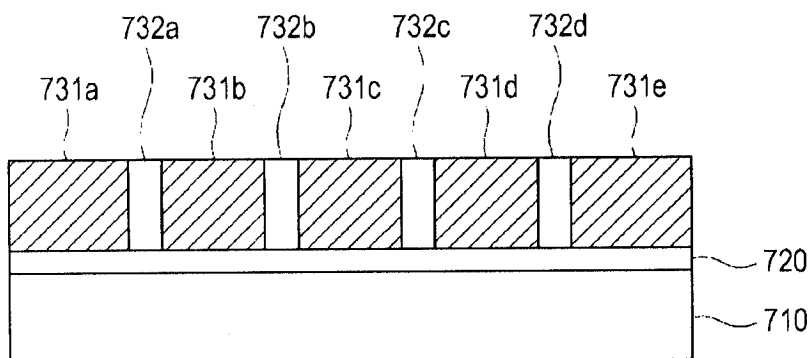


图 7C

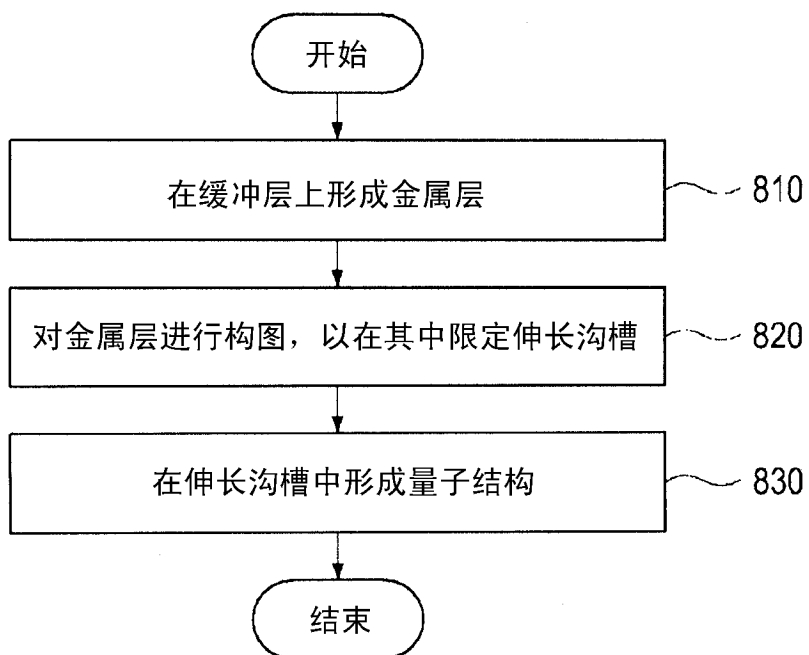


图 8

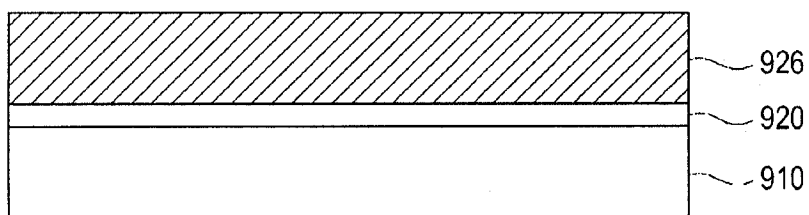


图 9A

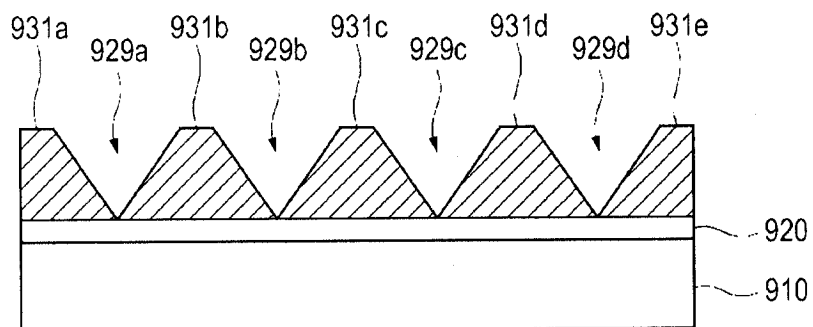


图 9B

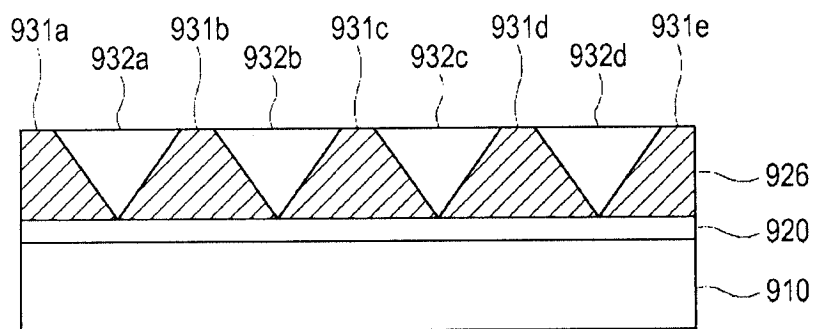


图 9C

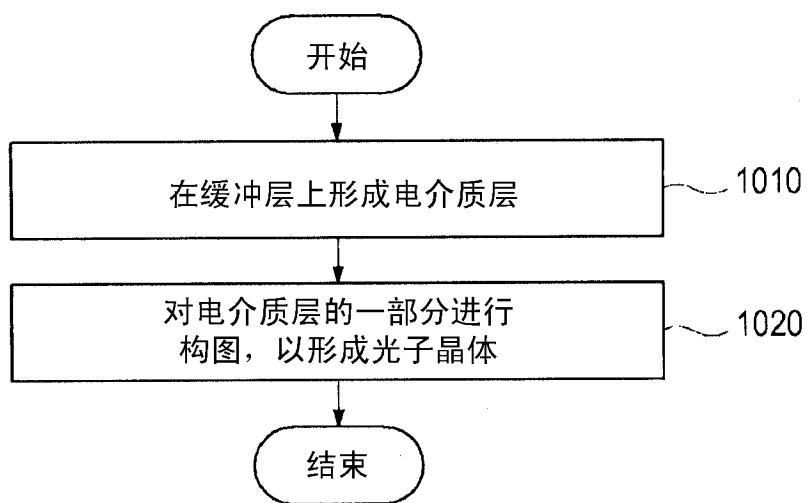


图 10

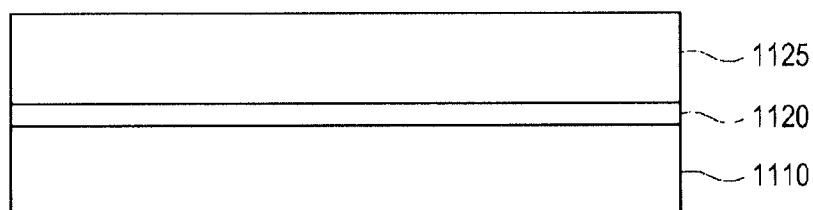


图 11A

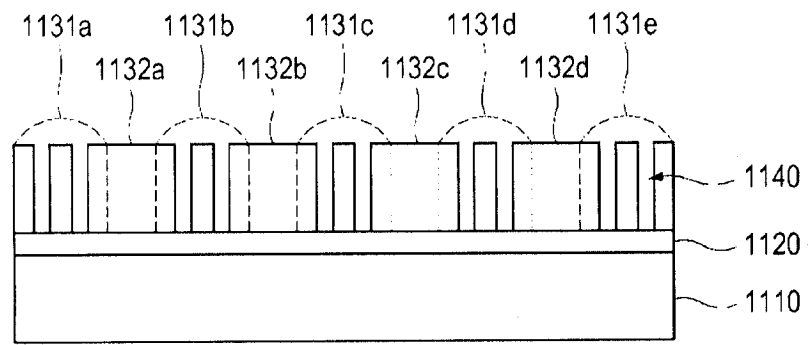


图 11B