

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

H01S 3/085

H01S 3/19



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96195653.4

[43]公开日 1998 年 8 月 26 日

[11] 公开号 CN 1191638A

[22]申请日 96.5.13

[30]优先权

[32]95.5.31 [33]DE[31]19520043.8

[86]国际申请 PCT/DE96/00837 96.5.13

[87]国际公布 WO96/38890 德 96.12.5

[85]进入国家阶段日期 98.1.19

[71]申请人 西门子公司

地址 联邦德国慕尼黑

[72]发明人 B·波尔彻尔特 B·斯特米勒

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

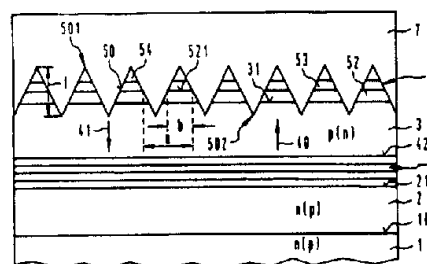
代理人 马铁良 萧掬昌

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图页数 2 页

[54]发明名称 复光栅耦合DFB激光二极管结构

[57]摘要

具有复光栅耦合的本发明 DFB 激光二极管结构包括光栅, 包括体指数材料层 (52) 和体吸收材料层 (53), 其中两层 (52, 53) 为重叠设置, 相互间没有相移。



权 利 要 求 书

1. 复耦合光栅 DFB 激光二极管结构包括

— 一个设置在两光学覆盖层(2, 3)之间的激光有源层(4), 这两光学覆盖层是具有相反导电类型(n, p)的半导体材料,

5 — 一个指数半导体材料层(52), 设置在由激光有源层(4)转生出来的两覆盖层(2, 3)之一(3)的一边(31)之上,

— 一个吸收半导体材料层(53), 设置在由覆盖层(3)转生出来的指数半导体材料层(52)的一边(521)之上, 和

10 — 一个在指数半导体材料层(52)和吸收半导体材料层(53)内制作的光栅(5), 它是由激光有源层(4)转形而来具有凹凸不平的上表面(50)的形状, 定义光栅(5)的顶部(501)背离激光有源层(4)的方向(40), 光栅(5)的底部(502)朝向激光有源层(4)的方向(41), 其特征在于:

15 指数材料层(52)和吸收材料层(53)各自包括体材料并且体指数材料层(52)和体吸收材料层(53)均嵌在覆盖层(3)和直至光栅(5)的顶部(501)的凹凸不平上表面(50)之间。

2. 按权利要求 1 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

体指数材料层(52)和体吸收材料层(53)具有相反的导电类型(p, n)。

3. 按权利要求 2 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

体指数材料层(52)的导电类型与覆盖层(3)的相同。

20 4. 按上述权利要求之一所述的激光二极管结构, 其特征在于:

在体吸收材料层、体指数材料层(52, 53)和凹凸不平的上表面(50)之间有另一体半导体材料层(54)。

5. 按权利要求 4 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

体吸收材料层(53)位于体指数材料层(52)和另一层(54)之间。

25 6. 按权利要求 4 或 5 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

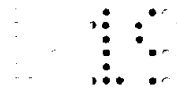
另一层(54)包含本征体材料。

7. 按上述权利要求之一所述的激光二极管结构, 其特征在于:

体指数材料层(52)和体吸收材料层(53)彼此接界。

8. 按上述权利要求 1 至 6 之一所述的激光二极管结构, 其特征在于:

30 体指数材料层(52)和体吸收材料层(53)被一本征半导体材料间隔层(55)相互隔开。



9. 按上述权利要求之一所述的激光二极管结构, 其特征在于:

由激光有源层(4)转形来的凹凸不平面(50)的一边是块体材料(7; 1), 该块体材料是一种与凹凸不平面(50)接界的半导体材料, 具有体指数材料层(52)的导电类型(p; n)。

5 10. 按权利要求 4 和 9 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

块体材料(7)为另一层(54)的半导体材料所构成。

11. 按权利要求 9 或 10 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

块体材料包括与凹凸不平上表面(50)接界的层(7)。

12. 按权利要求 9 或 10 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

10 块体材料包括具有衬底表面(10)的衬底(1), 衬底表面(10)与凹凸不平面(50)相对并与之形成互补结构。

13. 按权利要求 4 和 12 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

另一层(54)和衬底(1)为同种材料。

14. 按上述权利要求之一所述的激光二极管结构, 其特征在于:

15 在体指数材料层(52)的范围内, 光栅(5)具有的占空比(b/a)基本上为 50%。

15. 按上述权利要求之一所述的激光二极管结构, 其特征在于:

两个半导体材料覆盖层(2, 3)包括 InP, 体指数材料层包括 InGaAsP, 体吸收材料层包括 InGaAs。

20 16. 按权利要求 4 和 15 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

另一层(54)包括 InP。

17. 按权利要求 8 和 15 或 16 所述的激光二极管结构, 其特征在于:

间隔层(55)包括 InP。



说明书

复光栅耦合 DFB 激光二极管结构

5 根据权利要求 1 前序部分所述, 本发明涉及复光栅耦合 DFB 激光二极管结构。

一种上述类型的这种 DFB 激光二极管结构可在 DE 41 24 872 A1 或在由 B.Borchert 等人写在电子通讯(Electronics Letters, Vol.29, 1993 年, 210-211 页)的论文中得到了解。在这已知的结构中, 指数半导体材料层确定是在光栅的顶部, 而吸收半导体材料层只确定位于光栅的底部。

10 这种顶部、底部形状具有例如三角形的剖面构造。因而, 重要的复光栅耦合层只会是由吸收半导体材料层构筑在由全息法制作的光栅三角形的底边角位置。而复光栅耦合层的功能也就完全取决于制作布拉格光栅形状的可重复性程度。光栅形状的起伏——在制作光栅过程中不可避免地存在着工艺参数的起伏——在实现复耦合形式时就会对复耦合的强度产生很大的影响, 并由此影响 DFB 激光二极管的光谱特性。

由本发明权利要求 1 叙述的具有复光栅耦合的 DFB 激光二极管有着可以改善光栅结构的制作重复性之优点, 并且, 与上述熟知的二极管结构相比, 本发明二极管结构具有更好的单模产额和在更宽温度范围内的单模发射。单模光谱 DFB 激光二极管是光通讯技术中的关键元器件。

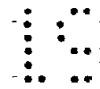
20 本发明激光二极管结构的优点在于利用体材料实现复耦合强度时具有相当宽的设计自由度并且由于相互毗邻的界面少而具有更好的长期稳定性。

体材料意指这种材料层足够厚, 不会产生如在薄量子阱层情形下的量子效应。

25 此外, 本发明激光二极管结构的优点在于还具有可实现埋层光栅的技术容差, 可同时实现由指数材料构成的光栅和由吸收材料构成的光栅。

指数材料和吸收材料意指: 对一定波长的光而言, 指数材料比吸收材料更透明, 而吸收材料吸收光比指数材料更强。对指数材料而言, 复折射率指数的实数部分大于虚数部分, 对吸收材料而言, 虚数部分大于实数部分。

30 需指出, G.P.Li 等人在电子通讯(Electronics Letters, Vol.28, 1992



年,1726-1727 页)中曾报道过实现了一种增益光栅,其布拉格光栅刻在由 MQW 结构构成的激光二极管的有源区。由于有源层平面化构筑的影响,这种激光二极管结构存在着长期稳定性方面的问题。

W .T.Tsang 等人在应用物理通讯 (Applied Physics Letter, Vol. 60, 1992 年,2580-2582 页)中报道,复耦合可通过在第二个 MQW 结构上刻蚀布拉格光栅得到实现。第二个 MQW 结构不是位于该激光二极管 MQW 有源区之上就是位于其下,并在该激光二极管结构的 pn 结区之外。通过对这个 MQW 结构的设计,可以制作出由指数材料或者由吸收材料组成的光栅。这种光栅结构也可以掩埋,因此,根据权利要求 1 前序部分的描述,对上述激光二极管结构而言,复耦合强度与工艺参数之间的强依赖程度就可能减弱。但是,由 Tsang 等人制作的激光二极管,其第二个平面化 MQW 结构存在许多界面,导致长期稳定性方面的问题,在复光栅耦合中,还对受薄 MQW 层制约的设计参数范围的调整起限制作用。

由本发明制作的激光二极管结构兼有由 DE 41 24 872 A1 结构的优点也兼有 Borchert 等人结构的优点,即利用厚体材料在建立复耦合强度方面具有相当大的设计自由度以及由于边界面少而具有更好的长期稳定性趋势,利用 Chang 等人的结构优点,可以实现具有掩埋光栅的技术容差,也可以实现由指数材料制作的光栅以及由吸收材料制作的光栅。同时具有的优点是,复耦合的作用(如 DE 41 24 872 A1 或 Borchert 等人的结构)不依赖于布拉格光栅形状的可重复性程度,不会出现像 Chang 等人的结构 - 由于具有第二个 MQW 结构的许多边界面而导致长期稳定性方面的问题 - 那样的情况,也不会受薄 MQW 层条件制约,而在复光栅耦合中对设计参数范围的调整起限制作用。

本发明方法适于制造复耦合的单模 DFB 激光二极管,工作波长为 1.3 μ m 和 1.55 μ m,工作温度至 1000C。尤其适合于制作快速、经济的 DFB 激光器模块。

本发明激光二极管结构的优选实施方案和优点在从属权利要求中叙述。

下面举例并利用图示详细解释本发明。

图 1 至 4 为本发明激光二极管结构相同横截面的四种变形。它们只是图示,没按比例画。

在图 1 和 2 这两种变形中,衬底 1 上表面 10 之上是覆盖层 2。衬底是

一种导电类型例如 n 掺杂型的半导体材料，覆盖层 2 为同样导电类型的 n 型半导体材料。在由衬底 1 转生出来的覆盖层 2 的边 21 之上制作了激光有源层 4。覆盖层 2 上的激光有源层 4 可以包括体材料或者具有一个量子阱层，也可以是例如多量子阱 MQW 层，如图所示。

- 5 在由覆盖层 2 转生出来的激光有源层 4 的边 41 之上是覆盖层 3，激光有源层 4 上的覆盖层 3 是与覆盖层 2 的导电类型相反的半导体材料，本例中为 p 掺杂型。原则上，覆盖层 3 可以是 n 导电类型而覆盖层 2 和衬底 1 可以是 p 导电类型。

- 10 先暂时忽略后面将要描述的光栅 5。在由激光有源层 4 转生出来的覆盖层 3 的 31 边之上是层 52，作在覆盖层 3 上的层 52 为指数半导体材料。在由覆盖层 3 转生出来的指数材料层 52 的 521 边之上是层 53，作在指数材料层 52 上的层 53 是吸收型半导体材料。

- 15 在激光有源层 4 上，指数材料 52 和吸收材料 53 中的凹凸不平面是光栅 5，在凹凸不平面 50 上定义光栅(5)的顶部(501)沿背离激光有源层(4)的方向(40)，光栅(5)的底部(502)沿朝向有源层(4)的方向(41)。

根据本发明，指数材料层 52 和吸收材料层 53 均包括体材料。此外，体指数半导体材料层 52 和体吸收材料层 53 均嵌在覆盖层 3 和直至光栅顶部 501 的凹凸不平面 50 之间。

- 20 例如，光栅的顶部 501 和底部 502 是细长结构，它们的纵轴与画面成直角，此外，顶部 501 和底部 502 分别具有三角形剖面，如图所示。

底部 502 的深度 t 至少要达到使体吸收材料层 53 截断的深度，但是，底部 502 的优选深度是既要截断体吸收材料层 53 也要截断体指数材料层 52。在本例中，层 53 和层 52 形成平行的条，彼此具有一定的间距，其纵轴垂直于画面，平均宽度为 b，其自身亦成为具有光栅周期 a 的光栅。

- 25 图 1 结构与图 2 结构的主要差别在于，在图 1 结构中，体指数材料层 52 和体吸收材料层 53 是彼此直接接界，而图 2 结构中，体指数材料层 52 与体吸收材料层 53 却彼此被薄的间隔层 55 隔开了，间隔层 55 优选本征半导体材料。

- 30 为了要实现制作重复性好的掩埋光栅 5，在体指数、体吸收材料层 52、53 和凹凸不平面 50 之间优选加入另一层 54，另一层 54 优选体本征半导体材料，并且与层 52、53 那样制作在光栅 5 的顶部 501。另一层 54 可用于在凹凸不平面上外延生长层 7。层 7 是与覆盖层 3 同样的 p 型导电类型

的半导体材料, 优选另一层 54 那样的体材。

由层 7 制作的掩埋光栅 5, 其优点是能够设置光栅的占空比 b/a 为 50%。这样, 可以确保对因工艺技术而导致的光栅形状的起伏有着最大的不敏感度。

5 体吸收材料层 53 的优选位置是在体指数材料层 52 和另一层 54 或者凹凸不平面 50 之间。

为了防止复耦合 DFB 激光二极管结构的不稳定性, 体指数材料层 52 和体吸收材料层 53 彼此是反导电类型的。若体指数材料层 52 与覆盖层 3 的导电类型一致, 即像本例中的 p 型, 就很合适。

10 根据图 1 和图 2 制作的本发明激光二极管结构, 其制作优点在于只需要两次外延步骤。第一次外延生长各层直至并包括另一层 54。第二次基本上是外延层 7 来覆盖光栅。

本发明中图 3 和图 4 两激光二极管结构与本发明中图 1 和图 2 两激光二极管结构的区别在于凹凸不平面 50 的设置。凹凸不平面 50 由激光有源层 4 转形而来并形成光栅 5, 与其相连的体不是按照图 1 和图 2 中的层 7 的构筑形式, 而是以衬底 1 的构筑形式。半导体材料衬底 1 为体指数材料层 52 的导电类型, 在此, 该衬底 1 具有与凹凸不平面 50 相对并与之形成互补的衬底上表面 10。

20 上文的互补意指衬底面 10 在朝向激光有源层 4 的方向 41 具有顶部 101, 而此处恰恰是凹凸不平上表面 50 在朝向激光有源层 4 的方向 41 的凹部。衬底面 10 在背离激光有源层 4 的方向 40 具有凹部 102, 而此处又恰恰是凹凸不平面 50 在背离激光有源层 4 的方向 40 所具有的顶点 501。衬底 1 的各底部点 102, 对应为凹凸不平面 50 上突出的顶部点 501, 凹凸不平面 50 的各底部点 502 又对应为衬底上表面 10 的顶部。

25 图 3、图 4 结构的其余部分与图 1、图 2 结构的一样, 也用着同样的参考符号。这些部分已经在对应的图 1、图 2 中予以说明, 不再复述。

图 3 结构与图 4 结构的区别完全同图 1 与图 2 结构的区别, 即图 3 结构中体指数材料层 52 直接与体吸收材料层 53 相互接界, 而在图 4 结构中, 层 52 与层 53 被一薄间隔层 55 隔开。

30 此外, 图 3、图 4 结构与图 1、图 2 结构之间的小差别在于, 在假设所有的结构变形中覆盖层 2 是 n 导电类型的情况下, 图 1、图 2 结构中的衬底 1 也必定是 n 型, 而图 3、图 4 结构中的衬底 1 则必定是 p 导电类

型。当所有的结构变形中覆盖层 2 是 p 导电类型时，这种情况则相反。

另一个差别在于，图 3、图 4 结构中的另一层 54 不像图 1、图 2 中的那样重要，因为层 53 和 52 可以直接在衬底上表面 10 上生长。

图 3、图 4 结构具有的优点在于，制作这种结构只需要一次外延。首先构造衬底上表面 10，使之具有顶部 101 和底部 102，然后，利用单次外延生长全部各层。在利用另一层 54 时，外延参数的设置不仅要让另一层 54 处于底部 102 的尖端，而且还将覆盖整个衬底上表面 10。

根据图 1、图 2 结构优选的实施实例为，衬底包括 n 型掺杂 InP，覆盖层包括 n 型掺杂 InP，有源层 4 包括 MQW 结构，覆盖层 3 包括 p 型掺杂 InP，层 52 包括体指数 p 型掺杂 InGaAsP 材料，层 53 包括体吸收 n 型掺杂 InGaAs 材料，另一层 54 包括体半导体材料 InP，层 7 包括体半导体 p 型掺杂 InP 材料。间隔层 55 包括 InP。

根据图 3、图 4 结构优选的实施实例为，衬底 1 包括 p 型掺杂 InP，另一层 54(存在的话)包括体半导体 InP 材料，层 53 包括体吸收 n 型掺杂 InGaAs 材料，层 52 包括体指数 p 型掺杂 InGaAsP 材料，覆盖层 3 包括 p 型掺杂 InP，有源层 4 包括 MQW 结构，覆盖层 2 包括 n 型掺杂 InP。

间隔层 55 包括 InP。

由上述的实施实例，对 1.55 μm 波长，由四元 InGaAsP 构成的层 52 可能具有带隙波长 1.15 μm ，由三元 InGaAs 构成的体吸收材料层 53 可能具有带隙波长 1.66 μm 。

说明书附图

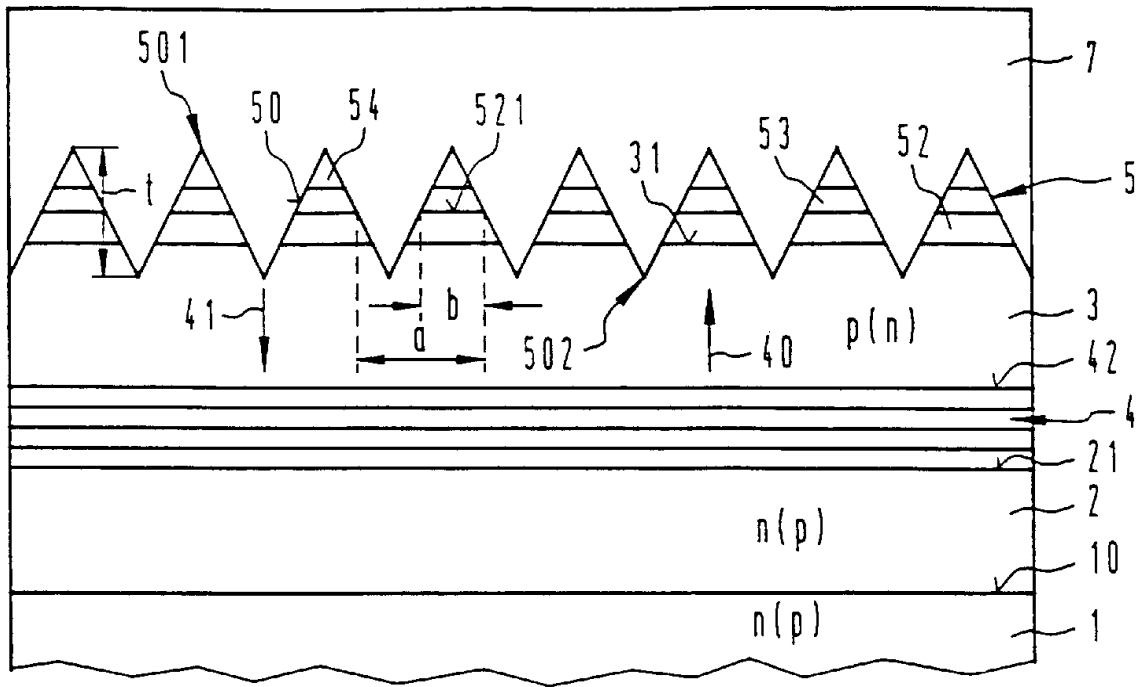


图 1

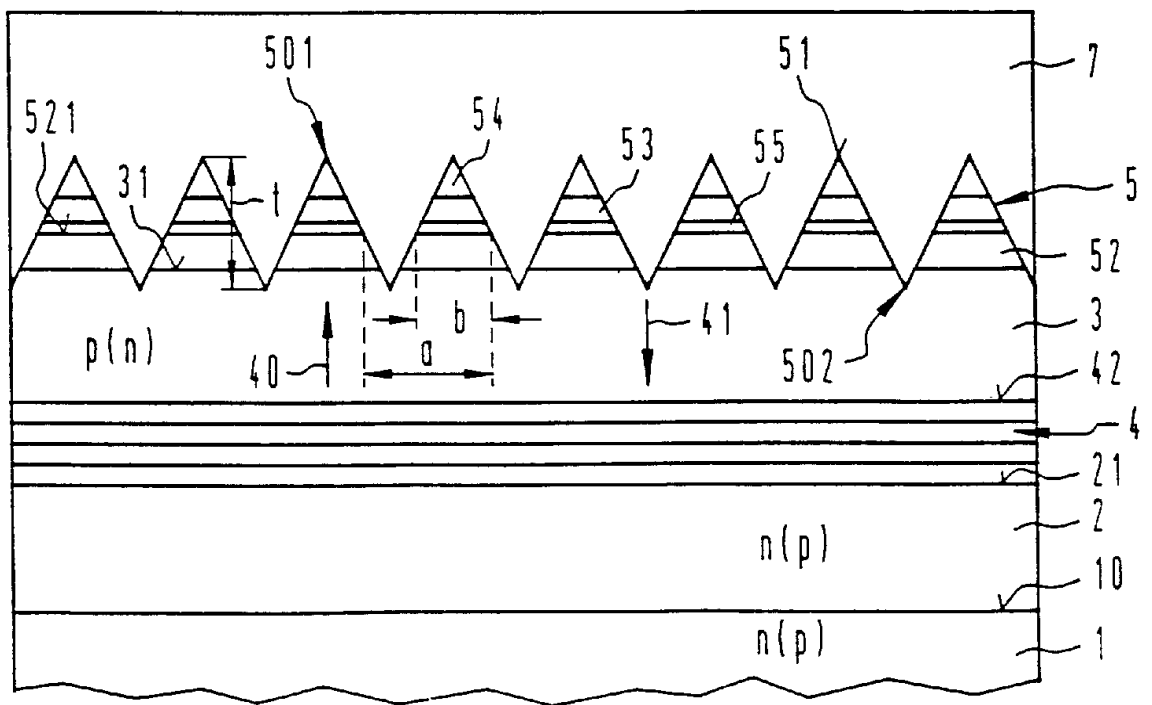


图 2

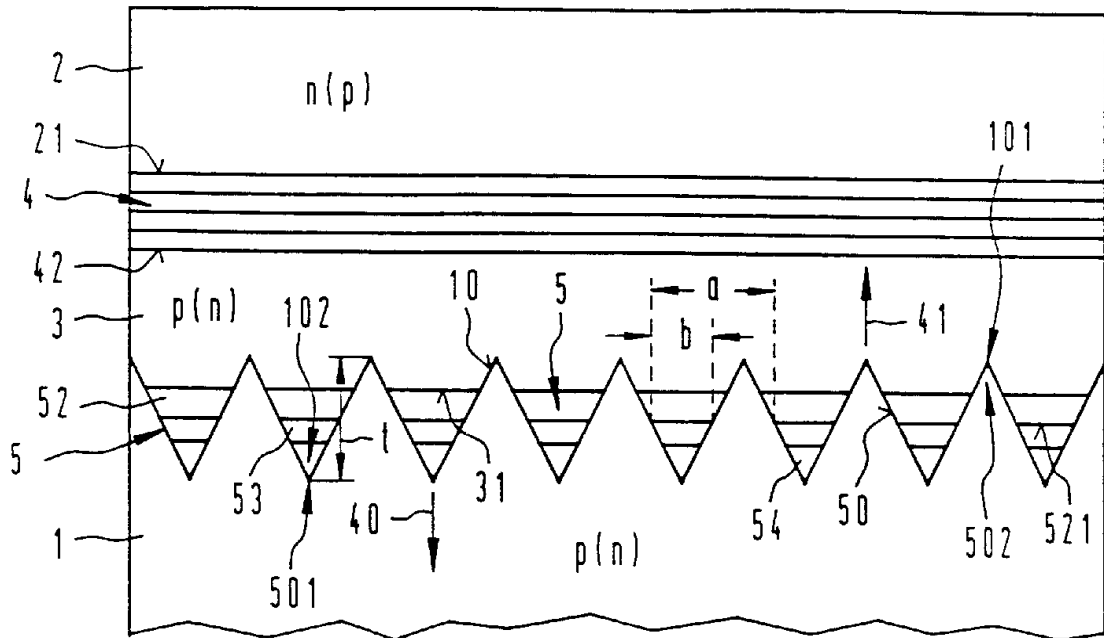


图 3

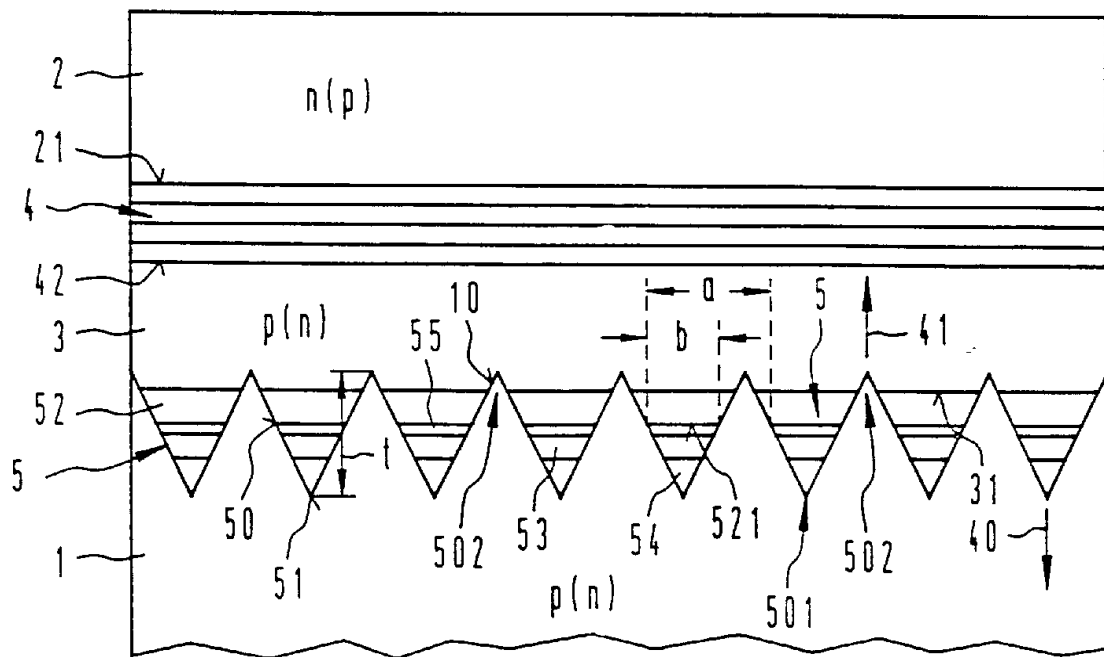


图 4