

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 33/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780026036.5

[43] 公开日 2009 年 7 月 22 日

[11] 公开号 CN 101490859A

[22] 申请日 2007.3.6

[21] 申请号 200780026036.5

[30] 优先权

[32] 2006.7.10 [33] US [31] 11/456,428

[86] 国际申请 PCT/US2007/005597 2007.3.6

[87] 国际公布 WO2008/008097 英 2008.1.17

[85] 进入国家阶段日期 2009.1.9

[71] 申请人 卢森特技术有限公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 H·吴

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 王 岳 李家麟

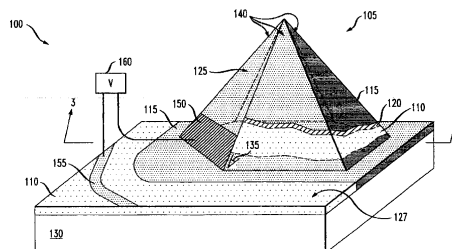
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 13 页

[54] 发明名称

发光晶体结构

[57] 摘要

一种设备，包括：一个包括 III 族氮化物以及位于 n 型和 p 型 III 族氮化物之间的结的结构，该结构具有棱锥形或楔形形状。



1. 一种设备, 包括:

包括 III 族氮化物以及位于 n 型和 p 型 III 族氮化物之间的结的结构, 该结构具有棱锥形或楔形形状。

2. 如权利要求 1 所述的设备, 其中该结包括具有 III 族氮化物的量子阱。

3. 如权利要求 2 所述的设备, 其中该量子阱具有量子阱层和势垒层, 该量子阱层插入在势垒层之间, 其中该量子阱层包括一个 III 族氮化物, 该势垒层包括另一个 III 族氮化物。

4. 如权利要求 3 所述的设备, 其中该量子阱层的一个 III 族氮化物包括镓铟合金或镓铝合金, 该势垒层的另一个 III 族氮化物包括氮化镓。

5. 如权利要求 1 所述的设备, 其中该结构具有楔形形状。

6. 如权利要求 1 所述的设备, 其中该结构具有棱锥形状。

7. 一种设备, 包括:

在衬底上的发光晶体结构, 该结构具有 n 型和 p 型势垒区以及位于它们之间的结, 该结被设置在该 n 型和 p 型势垒区的一个或多个表面上, 该表面相对于该衬底的平坦表面倾斜。

8. 如权利要求 7 所述的设备, 其中该倾斜表面相对于该衬底的水平表面形成大约在 55 到 65° 之间的角。

9. 一直制造设备的方法, 包括:

形成发光晶体结构, 包括:

在衬底上形成第一势垒区, 该第一势垒区具有一个或多个相对于该衬底的平坦表面倾斜的表面; 和

在该第一势垒区上方形成第二势垒区以在该倾斜表面上形成结, 其中该第一势垒区包括 n 型或 p 型半导体晶体中的一个, 该第二势垒区包括该 n 型或 p 型半导体晶体中的另一个。

10. 如权利要求 9 所述的方法, 其中该第一势垒区包括: 设置在该衬底上的种子势垒层上方的 M 极性表面, 以及设置在该包括蓝宝石的衬底上的 N 极性表面, 其中该种子势垒层包括 AlN 层, 该倾斜表面是通过湿法蚀刻该第一势垒区的 N 极性表面而形成。

发光晶体结构

本发明受到美国军方 ARD (匹卡丁尼兵工厂) 的 DAAE 30-03-D-1013 项目的援助, 因此美国政府对本发明享有无偿使用权以及要求专利权人在有限情况下基于合理的理由许可他人的权利。

技术领域

本发明涉及一种具有发光二极管的设备以及制造这种设备的方法, 其中该发光二极管包括具有 III 族氮化物的结构。

背景技术

希望提高发光晶体结构例如发光二极管 (LED) 的效率, 因为这将会增加它们在商业上应用的范围。可以通过两种方式提高效率: 增加外部效率或增加内部效率。

外部效率的提高是通过从该结构中提取更多光来实现的。本领域技术人员众所周知, 发光晶体结构具有一个临界角, 超过该角度反射的光会在内部反射而不会射出该结构。例如, 常规的平面 LED 中所生成的光只有大约 5% 射出该 LED, 而其余部分都是在内部反射。提取更多光的方式包括使平面 LED 具有纹理以减少内部反射的光量。

发明内容

一个实施例是一种设备, 包括一个结构, 该结构包含 III 族氮化物以及 n 型与 p 型 III 族氮化物之间的结 (junction), 其中该结构具有棱锥形或楔形形状。

另一个实施例是一种设备, 包括设置在衬底上的发光晶体结构。该结构具有 n 型和 p 型势垒区 (barrier region) 以及它们之间的结。该结被设置在该 n 型和 p 型势垒区的相对于该衬底平坦表面倾斜的一个或多个表面上。

另一个实施例是一种制造设备的方法。该方法包括形成发光晶体结构, 包括: 在衬底上形成第一势垒区, 该第一势垒区具有相对于该衬底平坦表面倾斜的一个或多个表面。形成该结构还包括在该第一势垒区上形成第二势垒区, 从而在该倾斜表面上形成结。该第一势垒区包括 n 型或 p 型半导体晶体中的一个, 第二势垒区包括该 n 型或 p 型半导体晶体

中的另一个。

附图说明

根据一下详细说明并结合附图，将会更好地理解本发明。各个特征的尺寸不是用于定量限定，而是被随意增加或减小以便于讨论清楚。现在结合附图来进行以下说明，其中：

图 1 示出了一个示例设备的透视图；

图 2 示出了一个替代示例设备的透视图；

图 3 示出了图 1 所示示例设备的一部分的截面图；和

图 4-14 表示一个示例设备在一个示例制造方法的选定步骤中的截面图和平面图。

具体实施方式

本发明受到以下认识的启发，即：内部和外部效率都可以通过形成具有倾斜表面的发光晶体结构来提高。内部效率的提高可以通过改变该晶体材料自身的特性来实现。然而，某些晶体沿着特定晶体轴没有反对称性，这使得该晶体具有内部电场。该内部电场不利地降低了内部效率，并且会改变从这种结构发出的光的波长。在倾斜表面上形成该结构的发光组件会使得该结构成为半极性晶体或非极性晶体，从而减小或消除了该结构的内部电场。此外，在倾斜表面上形成该结构减少了内部反射的光量，从而提高了外部效率。

本发明的一个实施例是一个设备。图 1 示出了一个示例设备 100 的透视图，例如是 LED 或包含 LED 的其他照明设备。该设备 100 包括具有 n 型势垒区 110 和 p 型势垒区 115 的发光晶体结构 105。在该 n 型和 p 型势垒区 110、115 之间有结 120。图 1 中以剖视图示出了 p 型势垒区 115 和结 120 的内部部分。结 120 被设置在该 n 型或 p 型势垒区 110、115 之一的倾斜表面 125 上。表面 125 相对于衬底 130 的平坦表面 127 倾斜。如本领域技术人员所公知的，结 120 包括当在该 n 型和 p 型区域 110、115 之间施加电压 (V) 时能够发光的有源区域。

倾斜表面 125 是指该 n 型和 p 型势垒区 110、115 中之一的生长或湿法蚀刻露出的表面，其偏离了该结构 105 所在的衬底 130 的水平平坦表面 127。例如，对于包括 III 族氮化物的 n 型和 p 型势垒区 110、115 来说，该水平平面 127 可以对应于衬底 130 (例如绝缘衬底，如蓝宝石) 的(0001)或(000 $\bar{1}$)平面，而倾斜表面 125 可以对应于平面族{1 $\bar{1}$ 0 $\bar{1}$ }中的

一个。

这里所使用的术语 III 族氮化物是指一种金属氮化物或金属合金氮化物，其中该金属包括元素周期表第 III 族中的一个或多个原子。例如包括氮化铝、氮化镓、氮化铟或其组合。在一些情况下，该 n 型和 p 型势垒区 110、115 包括掺杂剂以形成 n 型和 p 型材料。合适的 n 型和 p 型掺杂剂的例子分别包括硅和镁。

该例子是基于包括 III 族氮化物的纤锌矿晶体结构的。然而，本领域技术人员将会认识到，本发明可以应用到任何具有非反对称性（non-inversion symmetry）的发光晶体结构上。其他具有非反对称性的发光晶体结构的例子包括 II-VI 族化合物，例如氧化锌（ZnO）、氧化锌镁（MgZnO）、氧化锌镉（CdZnO）及其组合。

如图 1 所示，倾斜表面 125 偏离衬底 130 的水平平坦表面 127。在一些优选实施例中，该倾斜表面 125 被配置成形成角 135，用于减小或消除该 n 型和 p 型势垒区 110、115 的内部电场。例如，对于包括 III 族氮化物的 n 型和 p 型势垒区 110、115 来说，在 55 到 65 度的范围中的角 135，在一些情况下是 55 到 60 度，会使得结 120 中的压电极化和自发极化之和彼此抵消，从而得到基本上为零的电场。

形成结构 105 以提供一个或多个具有预定角度 135 的倾斜表面 125 是有利的。在一些优选实施例中，该设备 100 可以包括结构 105，该结构 105 包含 III 族氮化物以及 n 型和 p 型 III 族氮化物 110、115 之间的结 120，该结构 105 具有棱锥形或楔形。

在一些实施例中，例如图 1 所示，该结构 105 具有棱锥形，更特别是六棱锥。在这种情况下，该倾斜表面 125 对应于设置在衬底 130 上的棱锥结构 105 的六个面 140。该棱锥结构 105 可以使用如下所述的湿法蚀刻过程形成。

在其他实施例中，例如图 2 所示（使用与图 1 相同的参考数字），该结构 105 具有楔形形状。在这种情况下，倾斜表面 125 对应于设置在衬底 130 上的楔形结构 105 的两个面 210。该倾斜表面 125 可以对应于一个平面族 $\{1\ 1\bar{2}2\}$ 。该楔形结构 105 可以通过化学汽相沉积（CVD）来形成，例如在 Srinivasan et al., Applied Physics Letters 87:131911, 2005 中所述，这里通过引用而结合其全文。

结构 105 优选为具有多个倾斜表面 125，因为这样会增加结构 105

的外部效率。例如，具有对应于六棱锥结构 105 的六个面 140 的多个倾斜表面 125（图 1）优于具有对应于楔形结构 105 的两个面 210 的多个倾斜表面 125 的结构 105（图 2）。棱锥结构 105 的更多个面 140 为光线提供了更多表面以便在小于晶体结构 105 的临界角的角度下反射出去，从而提供了更多从结构 105 逸出的逃逸路径。

图 3 示出了沿着线 3-3 得到的截面图，该线 3-3 穿过了图 1 所示棱锥形结构 105 的一个面 140。然而，图 3 所示的截面图还可以对应于图 2 所示的线 3-3，其穿过了垂直于该楔形结构 105 的面 210 的平面。

如图 3 进一步所示，为了提高从结构 105 发出的光量，结 120 优选为包括量子阱 305。该量子阱 305 的一些实施例包括 III 族氮化物。

当结构 105 是棱锥形时，n 型区 110、p 型区 115 和量子阱 305 三者均为棱锥形。替代地，当结构 105 是楔形时，n 型区 110、p 型区 115 和量子阱 305 三者均为楔形。具有这种结构有利地提高了内部发光效率，因为它提供了减小结构 105 的内部电场所需的倾斜表面 125。这些结构还有利于提高结构 105 的外部发光效率。也就是说，与从设置在平坦表面上的具有相似成分的量子阱发出的光相比，设置在倾斜表面 125 上的量子阱 305 内部反射的光将减少。

量子阱 305 的 III 族氮化物的成分与 n 型和 p 型势垒区 110、115 的 III 族氮化物的成分不同。选择量子阱 305 以及 n 型和 p 型势垒区 110、115 的 III 族氮化物的成分是很重要的，这样可以配置该 n 型和 p 型势垒区 110、115 以使其具有比量子阱 305 更大的带隙。具有铝的 III 族氮化物（例如 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ）将使得这些材料具有更宽的带隙，而具有铟的 III 族氮化物（例如 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ）将使得这些材料具有更窄的带隙。

例如，在一些优选实施例中，该 n 型和 p 型势垒区 110、115 包括氮化镓，而量子阱 305 包括铟和镓的合金（例如氮化镓铟）。在另一些实施例中，该 n 型和 p 型势垒区 110、115 包括铝镓合金（例如氮化镓铝），量子阱 305 包括氮化镓。在另一些实施例中，n 型和 p 型势垒区 110、115 包括富铝的铝镓合金（例如 $\text{Al}:\text{Ga}:\text{N}$ 的比率大约为 80:20:100 的 AlGaN ），量子阱 305 包括贫铝的铝镓合金（例如 $\text{Al}:\text{Ga}:\text{N}$ 的比率大约为 60:40:100 的 AlGaN ）。在另外一些情况下，该 n 型和 p 型势垒区 110、115 包括氮化铝铟或氮化铝镓铟，量子阱 305 包括氮化镓铟。本领域技术人员将会认识到还可以使用 III 族氮化物的其他组合。

如图3进一步所示,量子阱305可以具有一个或多个量子阱层310和一个或多个势垒层(barrier layer)315。在授予Cho等的美国专利第6891187号中给出了量子阱层310和势垒层315的例子,这里通过引用而结合其全文。

每个量子阱层310优选地被插入在势垒层315之间。如果有多于一个的量子阱层310,那么通过比该量子阱层更大带隙的势垒层使该量子阱层310彼此隔离。在一些优选实施例中,每个势垒层315具有大约10到15埃(Angstrom)的厚度320,每个量子阱层310具有大约5到50埃的厚度325。在一些优选实施例中,该量子阱305包括1到8个量子阱层310。具有多个量子阱层310有利于增加载流子俘获到该量子阱305中的可能性。然而,如果量子阱层310的数量太多,载流子就不能被均匀分布在不同的层310中。

该量子阱区310和势垒层315可以包括上述分别用于量子阱305以及n型和p型势垒区110、115的材料的任意组合。优选地,该量子阱区310和势垒层315的成分被配置成使得该量子阱区310具有较窄的带隙,而势垒层315具有更宽的带隙。

该量子阱层310可以包括一种III族氮化物,而势垒层315可以包括另一种III族氮化物。例如,该量子阱层310可以包括InGaN,而势垒层315可以包括GaN。在一些优选实施例中,该量子阱层310包括In:Ga:N比率在从大约15:85:100到20:80:100的范围内的InGaN,优选为大约17:83:100。这种成分是有利的,因为当设置到相对于衬底130成角度135例如为大约55到65°的倾斜表面120上时,实质上减小了该量子阱层310的内部电场。这种角度135是包括例如III族氮化物的棱锥(图1)或楔形(图2)结构105的面140、210可以获得的。

在一些实施例中,量子阱305具有从大约2.5到5纳米之间变化的厚度330。如果该量子阱包括多个量子阱层310和势垒层315,则该厚度330就是指这些层310、315的厚度之和。在一些情况下,该量子阱305(或其构成层310、315)在整个结构105中的厚度330变化优选为大约±5%或更少。这种较低的厚度变化是有利的,因为它减小了从结构105发出的光的波长范围。薄膜沉积技术例如分子束外延(MBE)可以被使用以便制造这么低厚度变化的量子阱305层。然而,在其他情况下,当希望获得更宽范围的发光波长时,可以使用其他技术例如CVD以产

生厚度 330 变化大于 $\pm 5\%$ 的量子阱 305。例如，在任何一个结构 105 内的厚度 330 可以在大约 2.5 到 5 纳米之间的范围内变化。

在上面对图 1-3 所示示例的讨论中，p 型势垒区 115 被表示为结构 105 的外层 340，n 型势垒区 110 被显示为结构 105 的内部区域 345。然而，在另一些实施例中，n 型势垒区 110 可以是外层 340，而 p 型势垒区 115 可以是内部区域 345。该结 120 或可选的量子阱 305 是位于内部区域 345 的倾斜表面 125 上的中间层 350。

在一些实施例中，外层 340 包括 n 型或 p 型 III 族氮化物中的任一个，具有从大约 50 到 500 纳米之间的范围内变化的厚度 355。

如图 3 进一步所示，内部区域 345 可以包括设置在基部 365 上的一个或多个棱锥部分 360。该基部 365 可以是基本平坦的基底，其是该结构 105 所在的衬底 130 的一部分。为了清楚起见，在图 1 和 3 中仅示出了单个棱锥 360。然而，在另一些实施例中，结构 105 包括位于公共基部 365 上的多个棱锥 360。也就是说，该棱锥 360 通过基部 365 互相连接。使棱锥 360 通过基部 365 互相连接有利于将该 n 型或 p 型 III 族氮化物 110、115 中的一个耦合到欧姆触点 150、155，其相应地耦合到被配置成在这些区域 110、115 之间施加电压 (V) 的电源 160。

如图 3 所示，棱锥 360 和基部 365 都被覆盖有量子阱 305 的中间层 350 以及该 n 型和 p 型势垒区 110、115 中的另一个的外层 340。在一些优选实施例中，该棱锥 360 具有从大约 100nm 到 2 微米之间变化的高度 370 和宽度 375，该基部 365 具有大约 500nm 到 100 微米的厚度 380。棱锥 360 的高度 370 优选为不超过大约 2 微米，因为更高的结构会妨碍在随后处理步骤中形成平坦的光刻胶层。

该棱锥 360 通过基部 365 的部分湿法蚀刻而形成。湿法蚀刻过程被设计成从晶体结构的特定表面上去除材料以露出该棱锥 360。在授予 Chowdhury 等的美国专利第 6986693 号中给出了这种湿法蚀刻过程的例子，这里通过引用而结合其全文。例如，III 族氮化物晶体的氮极性 (N 极性) 表面比金属极性 (M 极性) 表面更容易受到基部湿法蚀刻的影响。本领域技术人员将会认识到，N 极性表面是指 III 族氮化物纤锌矿结构的具有从氮原子到 III 族金属原子的直接结合 (straight bond) (正方形结合的结构) 的面。M 极性表面是指具有从 III 族金属原子到氮原子的直接结合的面。该基部湿法蚀刻将会蚀刻 III 族氮化物晶体 (例如 GaN)

的 $\{1\bar{1}0\bar{1}\}$ 平面以产生六角形棱锥结构 105 (图 1)。该六棱锥结构 105 具有该 $\{1\bar{1}0\bar{1}\}$ 族的六个面 140。在一些优选实施例中,该六角形棱锥结构 105 具有大约 58.4 度的基部-面角 135。

如图 1 和 3 进一步所示,该 p 欧姆触点 150 接触 p 型势垒区 115, n 欧姆触点 155 接触 n 型势垒区 110。该欧姆触点 150、155 包括一个或多个导电材料层,例如钛、铝、镍、铂、金或其合金。电源 160 被配置成向欧姆触点 150、155 施加电压(例如在一些实施例中为大约 0.5 到 10 伏的 V)以使得该结构 105 发光。

本发明的另一方面是一种制造设备的方法。图 4-20 示出了一种制造设备 400 的示例方法中的选择步骤的截面图。图 1 和 3 所示示例设备的任一个实施例都可以通过该方法制造。

图 4-8 示出了形成设备 400 的发光晶体结构 405 的选择步骤。形成该结构包括在衬底上形成第一势垒区,该第一势垒区具有相对于该衬底的平坦表面的一个或多个倾斜表面。图 4-7 示出了形成该第一势垒区的选择步骤。

图 4 示出了在衬底 410 上形成势垒区种子层(seed layer) 407 之后的设备 400。蓝宝石是优选的衬底 410,因为它有利于在衬底 410 上形成随后生长的 N 极性势垒区。形成该势垒区种子层 407 可以包括通过 MBE 在衬底 410 上生长 AlN 种子层 415 (大约 20 nm 的厚度 417) 和在该 AlN 种子层 415 上生长 III 族氮化物(例如 GaN)种子层 420 (大约 50nm 的厚度 422)。该 AlN 种子层 415 是优选的,因为它有利于在衬底 410 上生长随后生长的 M 极性势垒区。该 III 族氮化物层 420 保护该 AlN 种子层 415 在形成该 M 极性势垒区之前不被氧化。图 4 还示出了在通过例如旋涂而沉积光刻胶层 425 和对该光刻胶层 425 图案化以形成一个或多个开口 430 后的设备 400。该开口 430 在衬底 410 上限定了形成发光晶体结构 405 的位置。

图 5 示出了去除该势垒区种子层 407 在开口 430 中露出的部分并且去除该光刻胶层 425 之后的设备 400 (图 4)。例如,可以使用包括 Cl 和 Ar 的等离子蚀刻来去除该势垒区种子层 407 的露出部分以将该开口 430 向下延伸到衬底 410。例如,该气体成分可以包括 30 sccm 的 Cl 和 10 sccm 的 Ar。然后通过一个常规处理例如浸入到丙酮然后浸入到 10:1 (体积比)的 $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ 中,来去除该光刻胶层 425。

图6示出了在衬底410和III族氮化物种子层420上形成一层第一势垒区605之后的该设备。例如,可以使用MBE来生长一层第一势垒区605,其包括III族氮化物并且具有从大约1到5微米之间变化的厚度607。该第一势垒区605的III族氮化物的成分基本上与种子层407的III族氮化物种子层420基本相似。例如,该第一势垒区605和III族氮化物种子层420都可以包括GaN。该第一势垒区605包括n型或p型半导体晶体中的一个以形成n型势垒区或p型势垒区。例如,在该第一势垒区605的MBE生长期间可以分别包含适当的n型或p型掺杂剂例如硅或镁。

该层第一势垒区605的优选实施例包括生长的M极性表面610和生长的N极性表面615。也就是说,在该势垒区种子层407上生长的该层第一势垒区605具有M极性表面610,而在开口430中露出的在衬底410上生长的该层第一势垒区605具有该N极性表面615。有利地,该第一势垒区605同时具有该M极性和N极性表面610、615,因为这将使得人们能够预先限定在衬底410上形成该第一势垒区605的倾斜表面的位置。

例如,如图7所示,可以通过湿法蚀刻该N极性表面615来形成倾斜表面705,例如利用如上所述和美国专利第6986693号中所述的基部。如图7所示,该第一势垒区605的M极性表面610相对不受该湿法蚀刻的影响。当该第一势垒区605包括III族氮化物(例如GaN)时,湿法蚀刻该N极性表面615将引起该平面族 $\{1\bar{1}0\bar{1}\}$ 迅速蚀刻以形成一个或多个六棱锥710。该倾斜表面705包括该棱锥710的面715。在一些情况下,该倾斜表面705可以相对于衬底410的水平平坦表面725形成在大约55到65°之间的范围内变化的角720。如图7所示,该湿法蚀刻可以在第一势垒区605的基部部分730上形成多个互相连接的棱锥710。该棱锥710和基部部分730都包括该第一势垒区605的相同材料。

图8示出了在第一势垒区605上形成第二势垒区805从而在倾斜表面705上形成结810之后的设备100。该第二势垒区805包括该第一势垒区605不包含的该n型或p型半导体晶体中的另一个。该第二势垒区805的优选实施例包括III族氮化物。可以使用MBE来生长一层第二势垒区805,其包括III族氮化物且具有在大约50到500纳米之间的范围内变化的厚度815。优选地使用MBE,因为它可以以最小的厚度815变

化来形成该第二势垒区 805。在一些情况下,该第二势垒区 805 被沉积在基部部分 730 上的多个互相连接的棱锥 710 上方,并且在一些情况下被沉积在该棱锥 710 上。

如图 8 进一步所示,可以在形成第二势垒区 805 之前在该第一势垒区 605 上形成量子阱 820。在这种情况下,结 810 包括该量子阱 820。该包括 III 族氮化物的量子阱 820 可以通过 MBE 在基部 730 部分的多个互连棱锥 710 上形成,然后在量子阱 820 上形成第二势垒区 805。

图 9-13 示出了在第一和第二势垒区 605、805 上形成触点的选择步骤。图 9 示出了利用第二光刻胶 905 填充开口 430 后的该设备 100。从而该光刻胶 905 覆盖了第一势垒区 605、第二势垒区 805 和可选的量子阱 820 位于该开口 430 内的部分。

图 10 示出了在露出该第一势垒区 605 的 M 极性表面 610 后的该设备 100。例如可以使用包含 Ar 和 Cl 的等离子蚀刻来去除第二势垒区 805 和可选的量子阱 820 位于该开口 430 外且未被光刻胶 905 覆盖的部分。该光刻胶 905 保护开口 430 中的该第一势垒区 605、第二势垒区 805 和可选的量子阱 820 不被蚀刻。然后,去除该光刻胶 905。

图 11 示出了在第一势垒区 605 的 M 极性表面 610 上沉积第一欧姆触点 1105 后的该设备 100。该第一欧姆触点 1105 可以通过常规的金属剥离过程来形成。例如可以沉积第三光刻胶 1110 和图案化以在该势垒区 605 上构成开口 1115,并且设置在发光晶体结构 405 周围。该第一触点 1105 的材料(例如铝、钛、金)可以使用常规的金属沉积技术例如电子束沉积而沉积在第一势垒区 605 的 M 极性表面 610 上的开口 1115 中。在一些优选实施例中,第一触点 1105 包括配置成 n 型势垒区的第一势垒区 605 上的钛、铝、钛和金四个连续沉积层。

图 12 示出了在第二势垒区 805 上沉积第二欧姆触点 1205 后的该设备 100。例如可以沉积第四光刻胶 1210 和图案化以在该第二势垒区 805 上构成开口 1215,并且设置在发光晶体结构 405 内。如图所示,该第二势垒区 805 被设置在第一势垒区 605 的 N 极性表面 615 上方或其上,第二触点 1205 在该第二势垒区 805 上方或其上。在一些优选实施例中,该第二欧姆触点 1205 包括与第一触点 1105 不同的材料。例如在一些优选实施例中,第二触点 1205 包括配置成 p 型势垒区的第二势垒区 805 上的镍和金两个连续沉积层。

图 13 示出了剥离该光刻胶层 1210 (图 12) 后的该设备 100。图 14 示出了如图 13 所示设备 100 的平面图。如图 13 和 14 所示的实施例所示, 第一触点 1105 不需要覆盖整个 M 极性表面 610。这是因为该第一势垒区 605 具有 M 极性表面 610 的部分与该第一势垒区 605 具有 N 极性表面 615 的部分电接触。例如, 棱锥 710 下部的基部 730 接触该 M 极性表面 610 下方的第一势垒区 605。因此, 该第一触点 1105 也与该结构 405 的倾斜表面 705 和结 810 电接触。

类似地, 第二触点 1205 不需要覆盖形成在该结构的每个倾斜表面 705 上的整个第二势垒区 805。当该第二势垒区 805 在互连棱锥 710 和第一势垒区 605 的基部 730 上方形成均匀涂层时, 接触该第二势垒区 805 的任何部分的第二触点 1205 也与该结构 405 的倾斜表面 705 和结 810 电接触。使得该结构 405 在多个互连棱锥 710 上方包括第二势垒区 805 的均匀涂层有利于更灵活地放置该第二触点 1205。这就避免了需要将第二触点 1205 与每个棱锥 710 上的特定位置对齐, 那样是有问题的, 因为通过湿法蚀刻过程形成棱锥 710 的确切位置是无法预料的。

虽然已经详细说明了实施例, 但是本领域技术人员应当理解, 这里可以做出各种变化、替代和替换而不脱离本发明的范围。

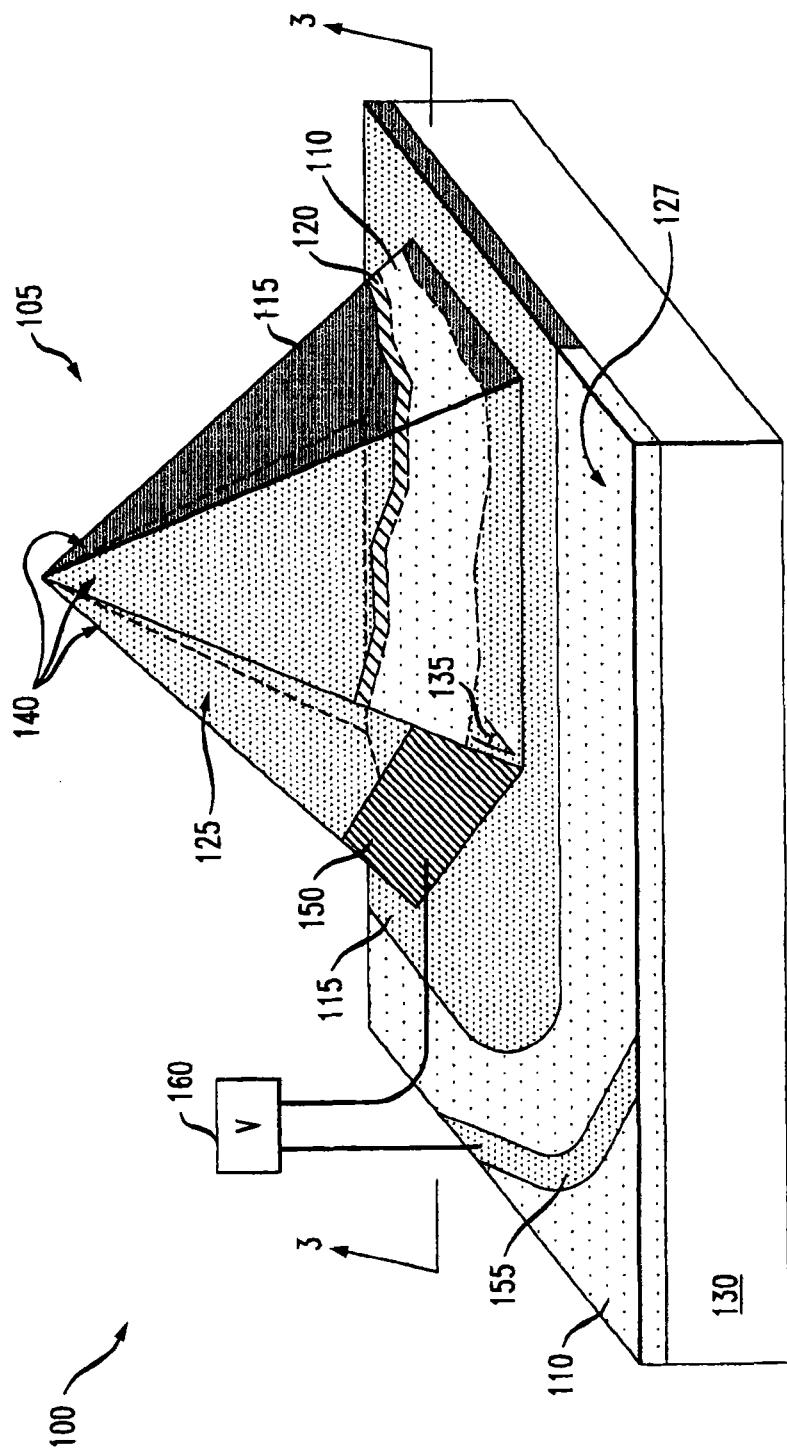


图 1

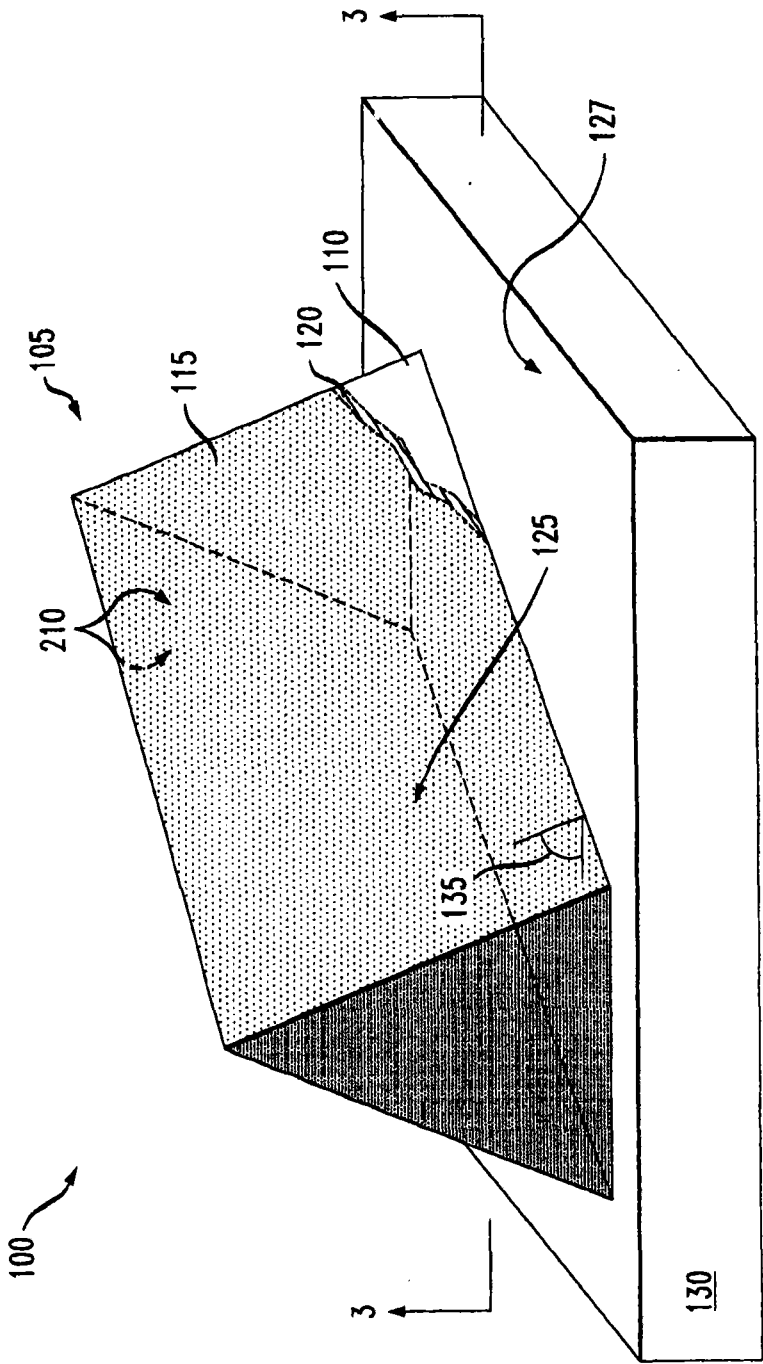


图 2

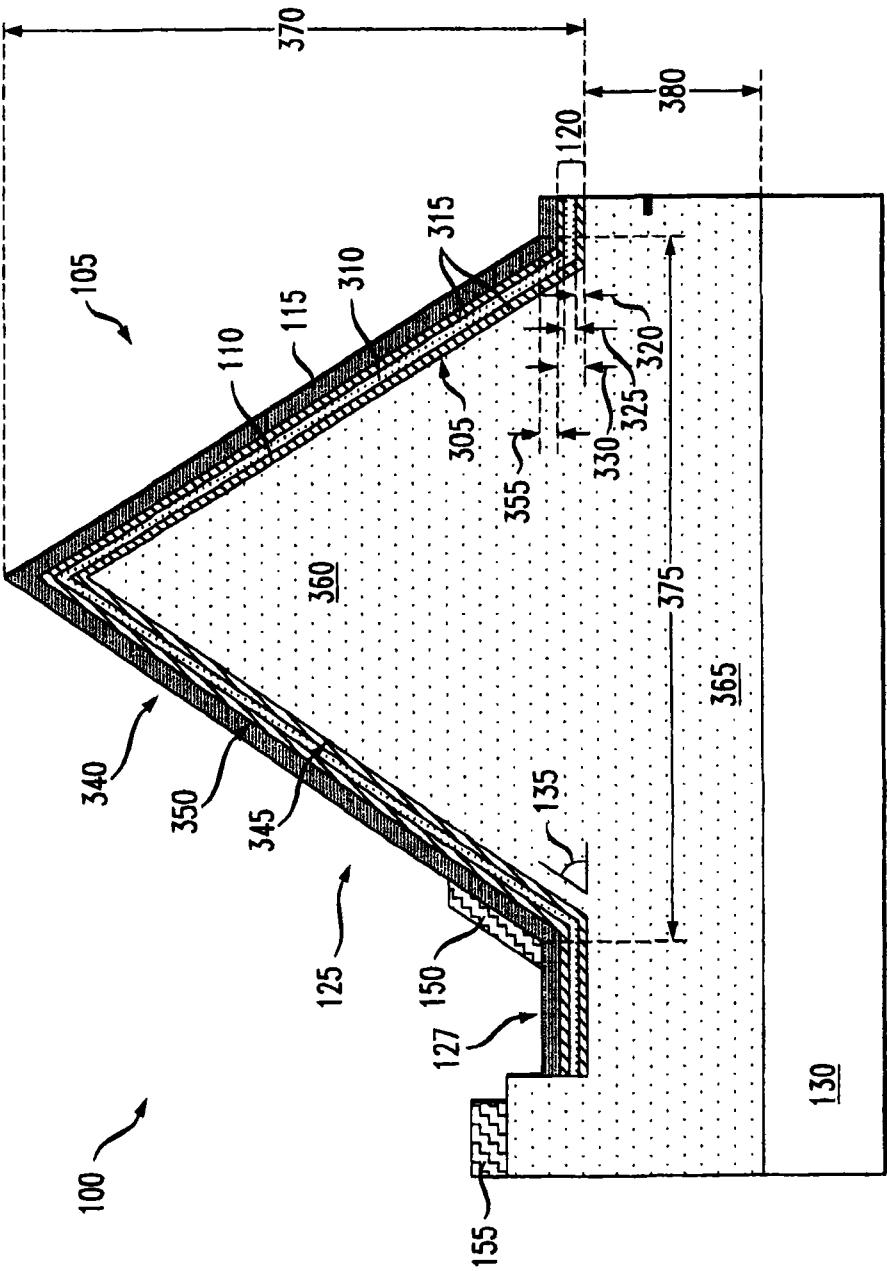


图 3

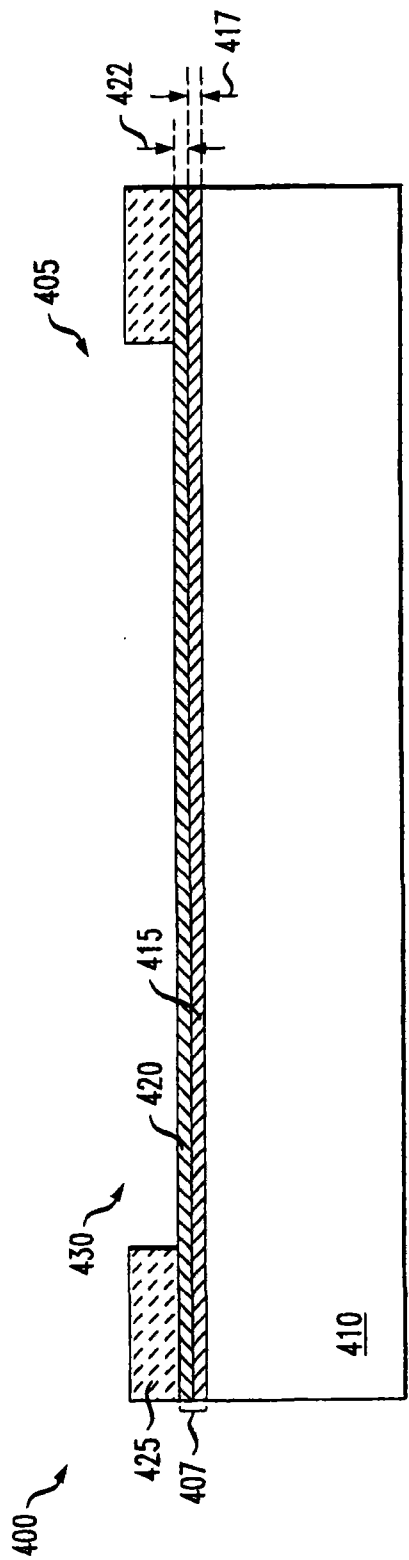


图 4

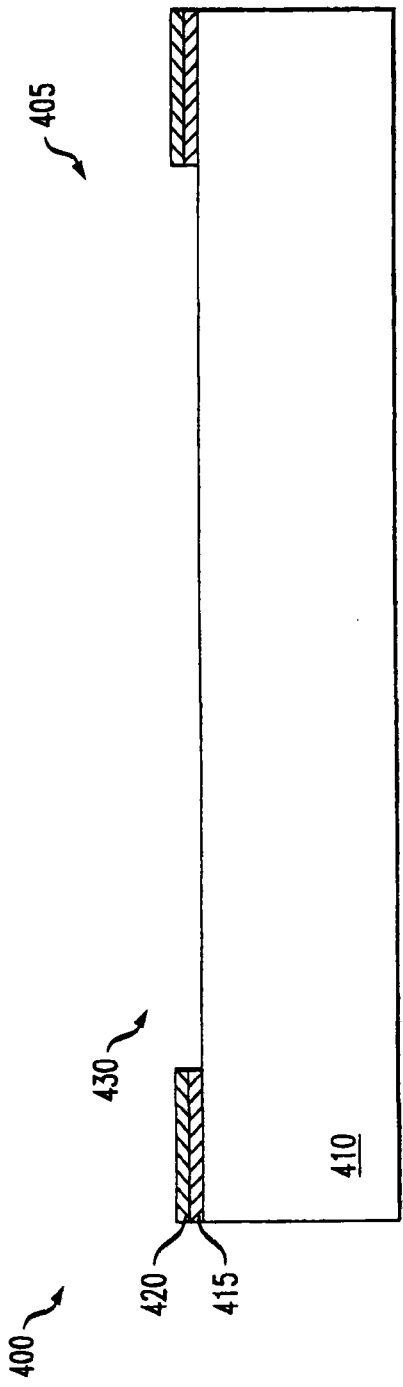


图 5

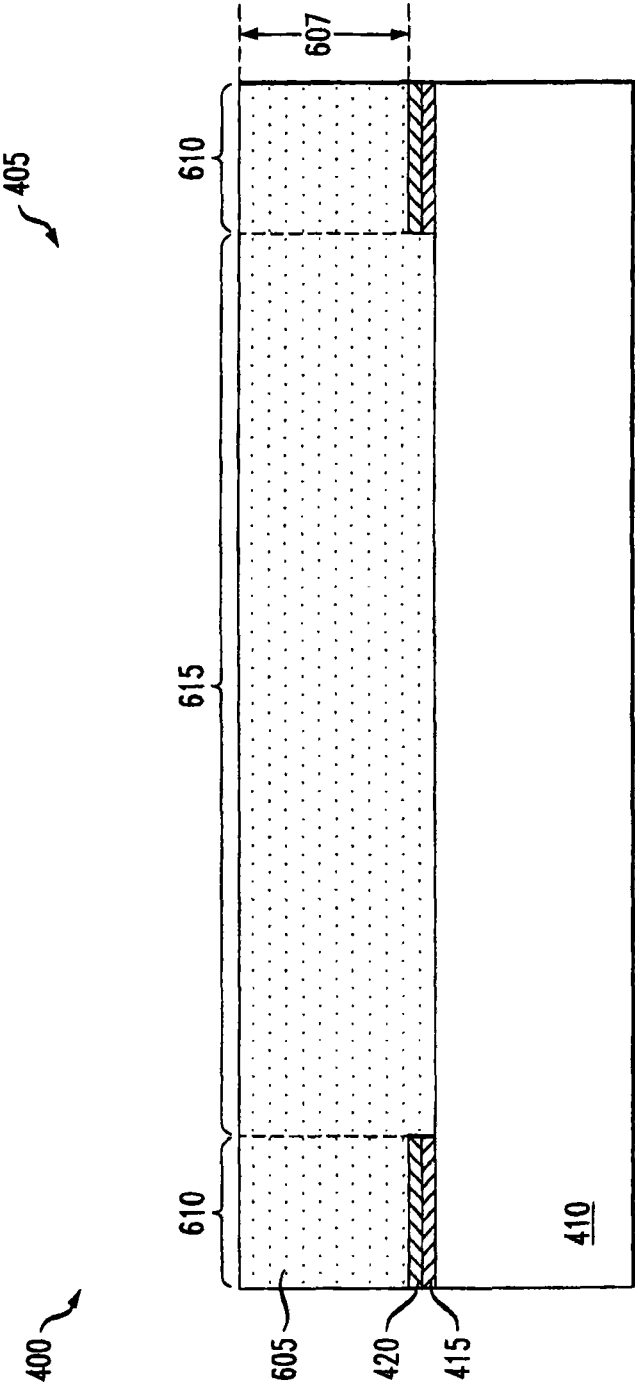


图 6

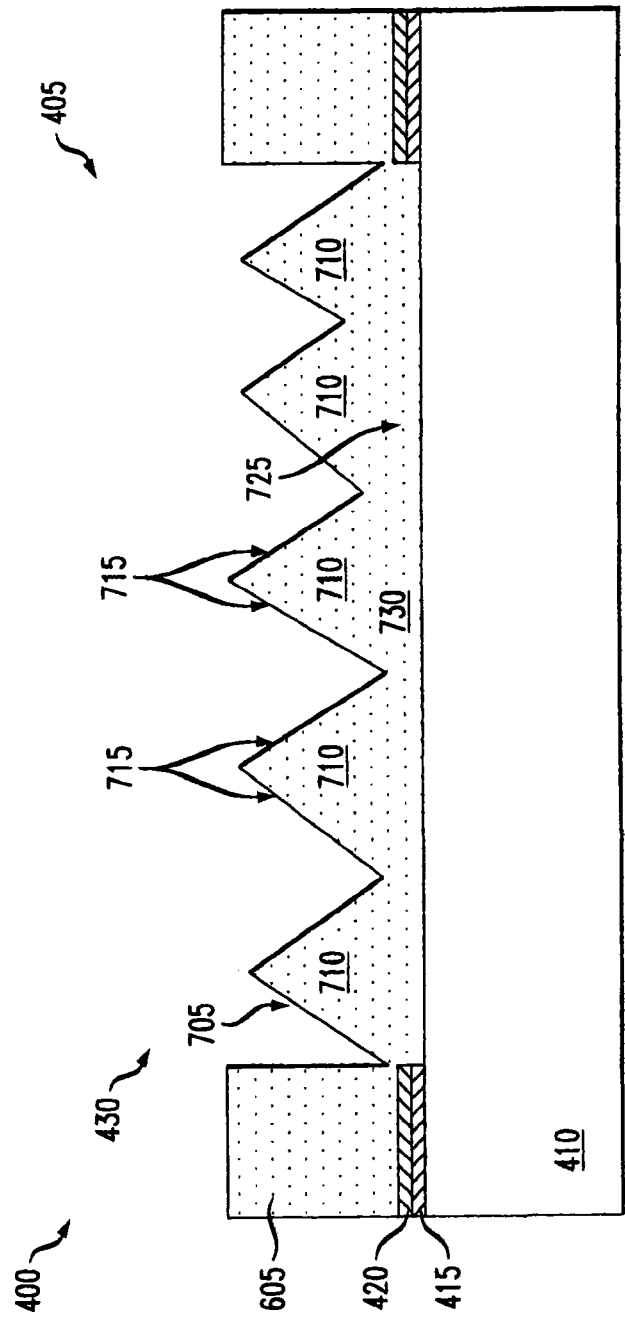


图 7

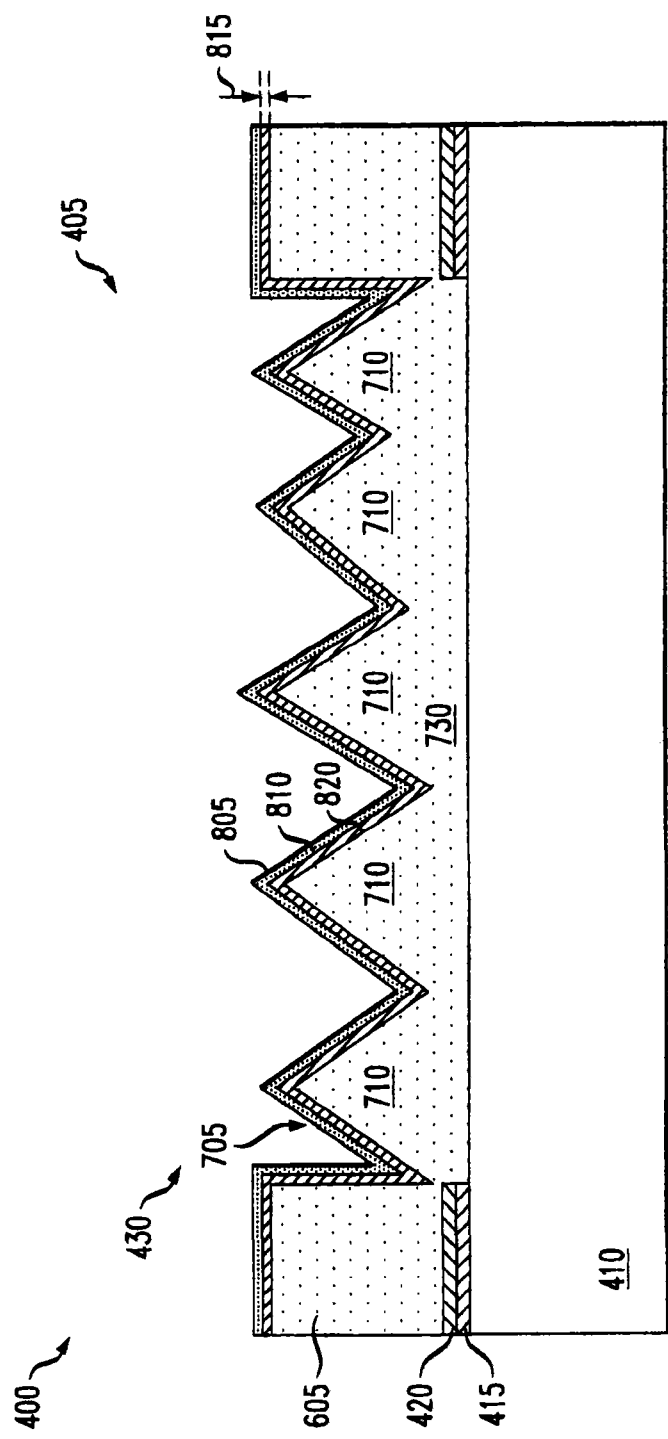


图 8

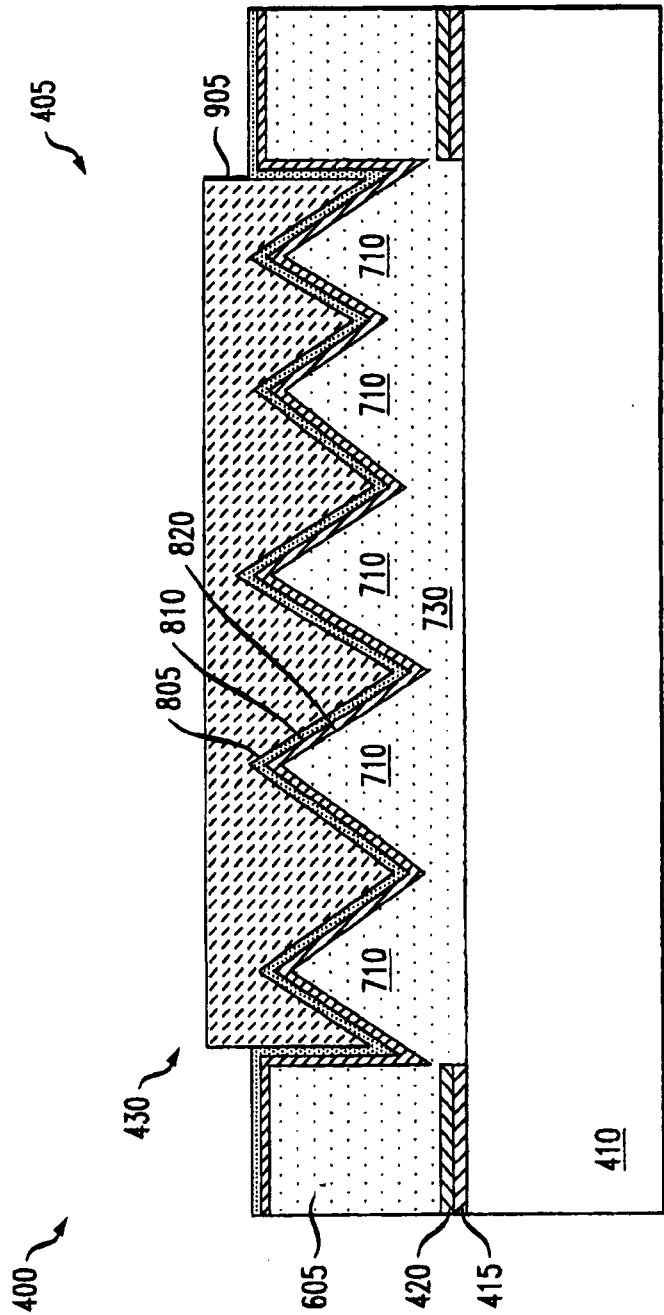


图 9

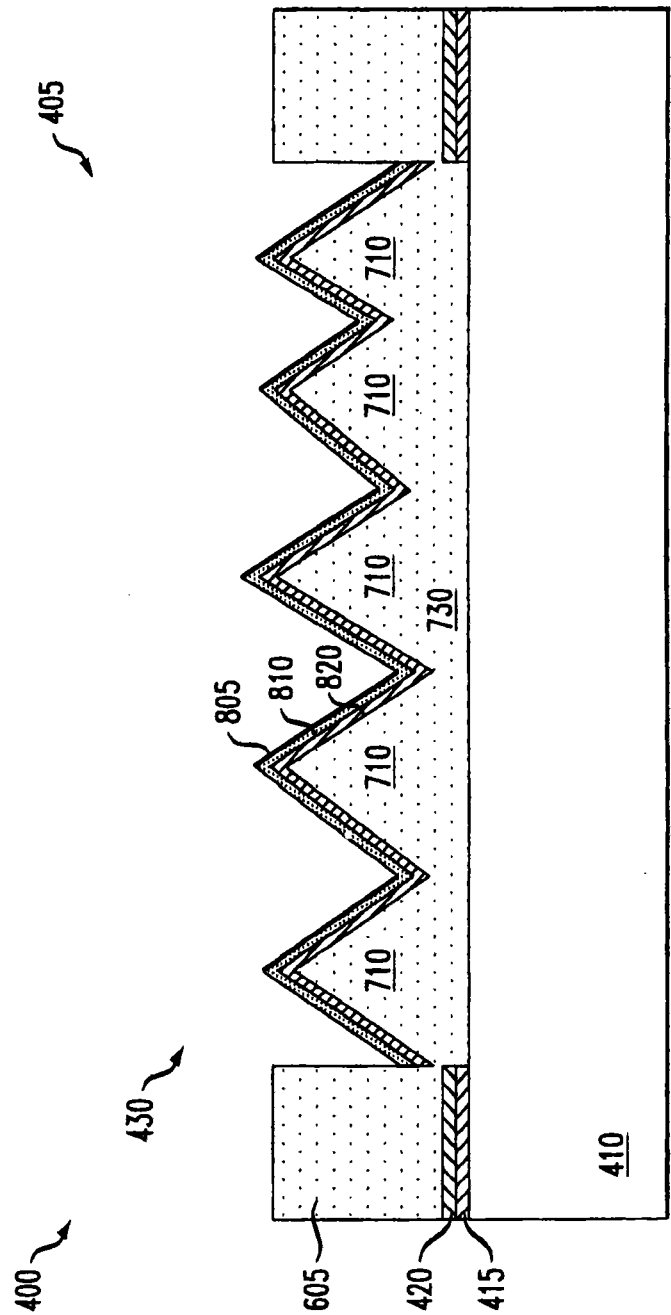


图 10

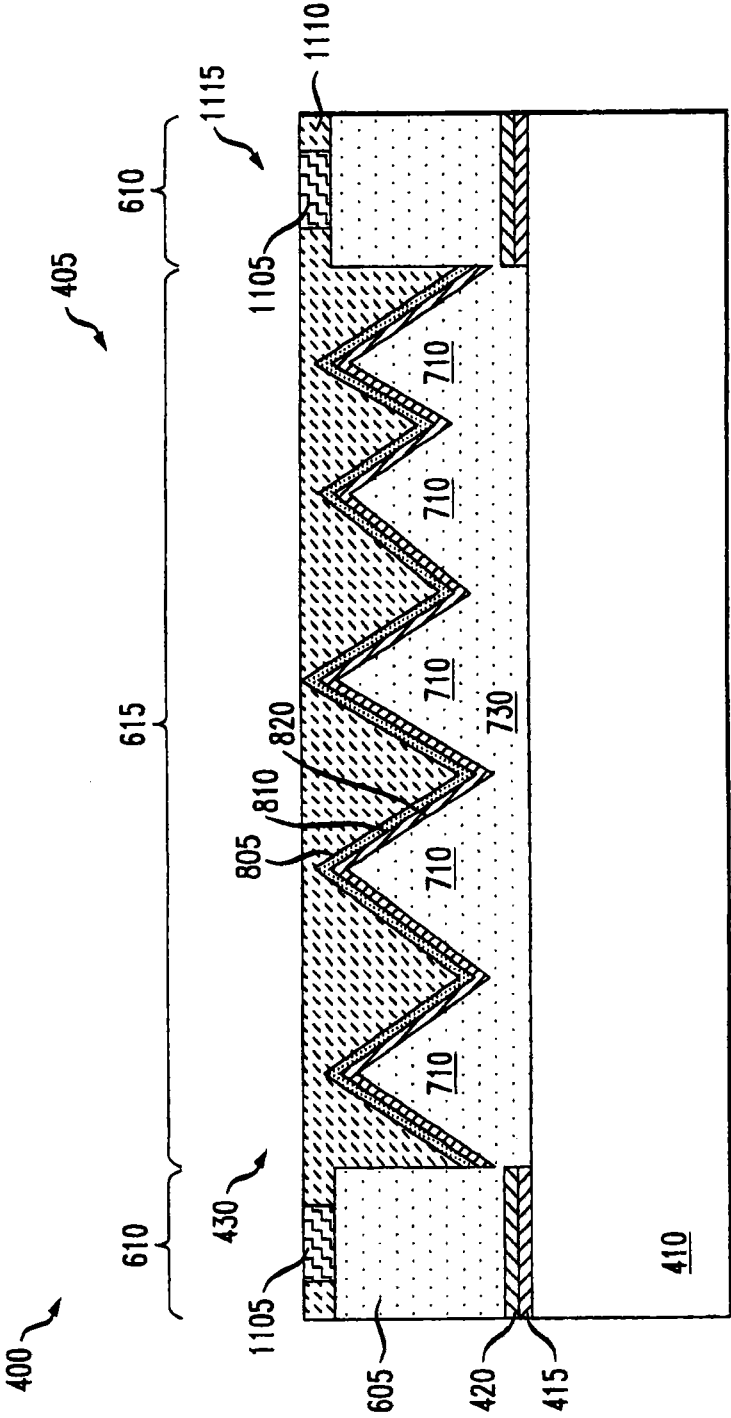


图 11

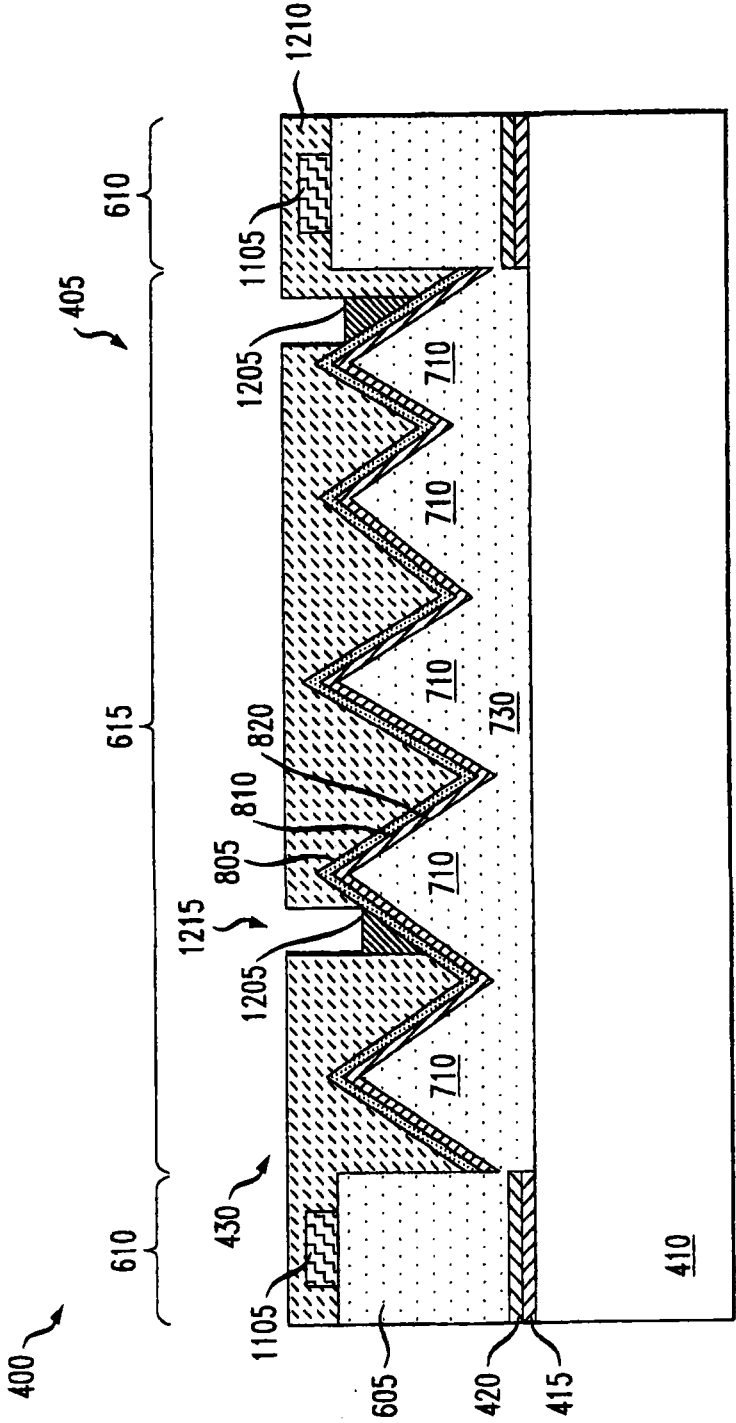
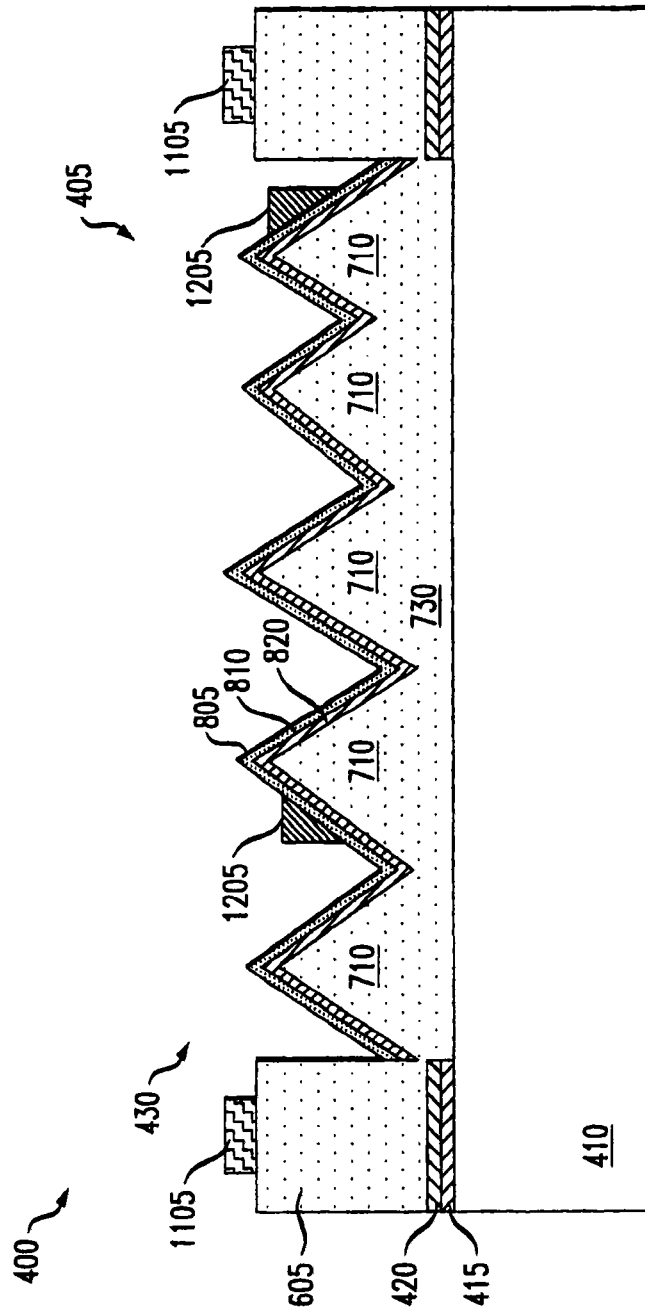


图 12



13

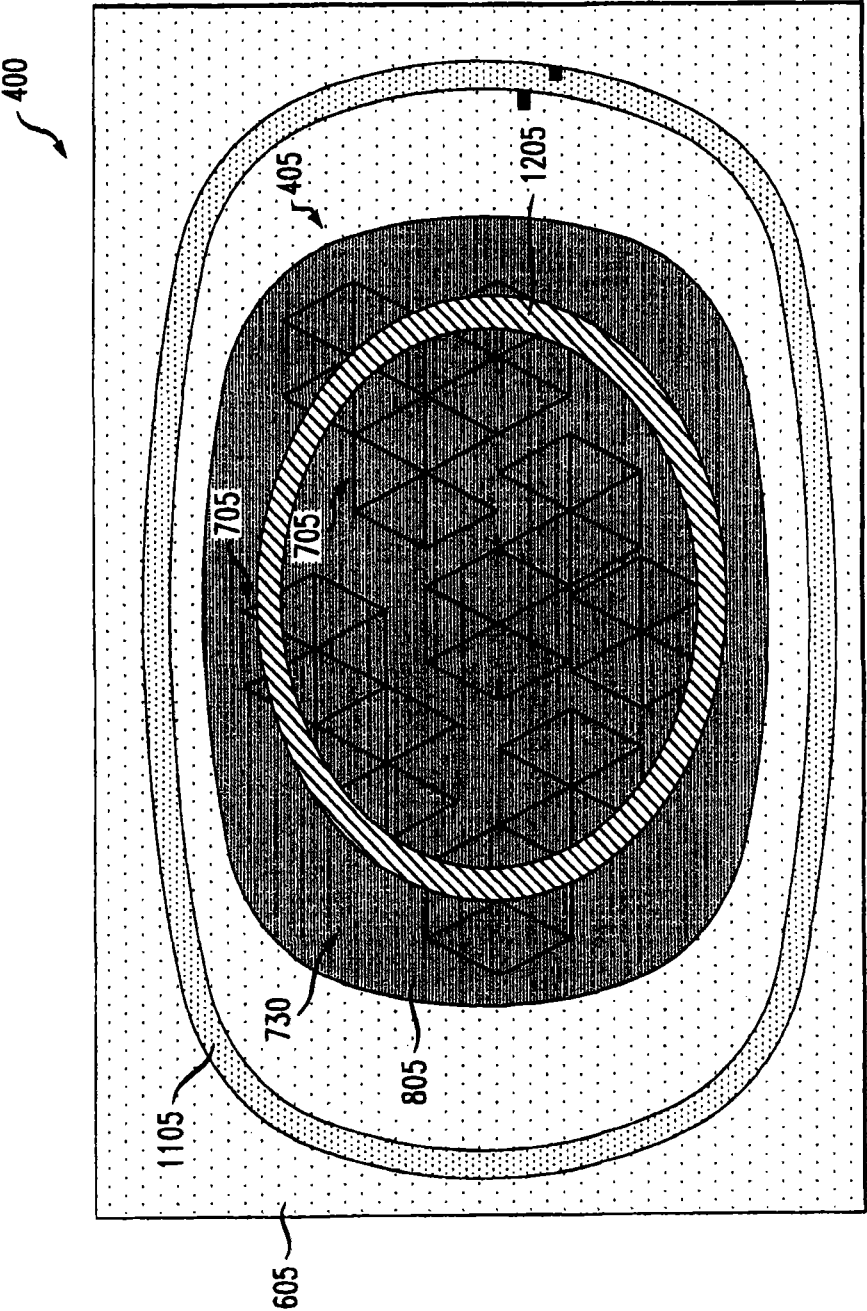


图 14