

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 27/15

H01L 25/075

H01L 33/00



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00816601.3

[45] 授权公告日 2005 年 11 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1229871C

[22] 申请日 2000.11.20 [21] 申请号 00816601.3

[30] 优先权

[32] 1999.12.3 [33] US [31] 60/168,817

[32] 2000.11.14 [33] US [31] 09/713,576

[86] 国际申请 PCT/US2000/032084 2000.11.20

[87] 国际公布 WO2001/041219 英 2001.6.7

[85] 进入国家阶段日期 2002.6.3

[71] 专利权人 美商克立股份有限公司

地址 美国加州

[72] 发明人 史蒂文迪巴尔司 布莱安希贝欧特

审查员 陈源

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 钱慰民

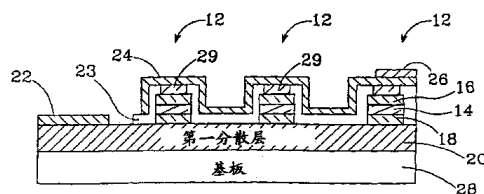
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 9 页

[54] 发明名称 加强光放出的微发光二极管阵列

[57] 摘要

本发明揭示了一种新的发光二极管结构，其提供增加的光放出效率。该新发光二极管结构包含电连接微发光二极管(12)的阵列，其具有一活性层(14)夹在两个相反地掺杂的层(16, 18)之间。该微发光二极管形成在一第一分散层(18)之上，而该微发光二极管其下层(16)则与该第一分散层(18)相接触。一第二分散层(24)形成于该微发光二极管(12)之上，并与其上层(16)相接触。该第一分散层(18)将该第二分散层(24)电绝缘。每个分散层(20, 24)皆具有一接触点(22, 26)，当一偏压施加到所述接触点(22, 26)时，电流流到微发光二极管(12)，并发光。新发光二极管的效率由增加的微发光二极管(12)的发射表面而增加。来自每个微发光二极管活性层(14)的光将会在行进一短距离之后而到达一表面，并降低该光的全内反射。位于微发光二极管(12)之间的光放出组件(LEEs)(82,

84, 86, 88, 90, 92, 94) 可被包含来另外加强光放出。新发光二极管以标准处理技术来制造，使其易于制造，且成本类似于标准的发光二极管。



1. 一种具有加强光放出的发光二极管，其特征在于其包括：
一导电的第一分散层(20)；
多个微发光二极管(12)分别地沉积在所述第一分散层(20)的一表面上，每个所述微发光二极管皆包含：
 - 一 p-型层(16)；
 - 一 n-型层(18)；
 - 一活性层(14)，其夹在所述 p-型与 n-型层(16, 18)之间，其中所述 p-型或 n-型层为一上层，而另外一层则为下层，来自所述第一分散层(20)的电流分散到所述下层；
 - 一第二分散层(24)，其在所述微发光二极管(12)之上，来自所述第二分散层(24)的电流分散到所述上层，向所述第一及第二分散层(20, 24)施加一偏压会使所述微发光二极管(12)发光。
2. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于其进一步包含一基板(28)，该基板与所述第一分散层(20)的与所述微发光二极管(12)相反的表面邻接。
3. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于其进一步包含一绝缘层(23)，该绝缘层覆盖所述微发光二极管(12)以及位于所述微发光二极管(12)之间的所述第一分散层(20)的表面，所述绝缘层(23)沉积在所述第二分散层(24)和所述微发光二极管(12)之间。
4. 根据权利要求 3 所述的发光二极管，其特征在于所述绝缘层(23)在每个所述微发光二极管(12)上均设有空穴，所述第二分散层(24)藉由该空穴与每个所述微发光二极管(12)接触。
5. 根据权利要求 4 所述的发光二极管，其特征在于所述第二分散层(24)为一互连的电流分散栅格，其具有多个互连的导电通路，每个所述微发光二极管(12)其上均具有一个或多个导电通路，并透过所述空穴与所述上层接触。
6. 根据权利要求 1 所述的发光二极管，其特征在于其进一步包含光放出组件(82, 84, 86, 88, 90, 92, 94)，其与所述微发光二极管(12)结合以与自微发光二极管(12)逸出的光相互作用，从而进一步加强自所述发光二极管放出的光。
7. 根据权利要求 6 所述的发光二极管，其特征在于所述光放出组件(101, 102, 103)系沉积在所述第一分散层(106)的表面上以及在所述微发光二极管(104)之间。

8. 根据权利要求4所述的发光二极管,其特征在於所述第二分散层(42)为一反光金属层,其沉积在该微发光二极管(32)之上,所述发光二极管进一步包含基板(36),该基板与所述第一分散层(34)的与所述微发光二极管(32)相反的表面邻接,及一与所述金属层(42)固接的次固定层(46),所述发光二极管的所述基板(36)成为主要的发光表面。

9. 根据权利要求8所述的发光二极管,其特征在於其进一步包含一导电指形件(49),该指形件位於所述次固定层(46)和所述第一分散层(34)之间,一在所述次固定层(46)上的第一接触点(50)与所述导电指形件(49)连接,以及一在所述次固定层(46)上的第二接触点(44)与所述金属层(48)连接,所述微发光二极管(32)在一偏压被施加於所述接触点(44, 50)时,即发光。

10. 一种发光二极管,其特征在於其包括:

一第一分散层(56);

一微发光二极管(52)阵列,其沉积在所述第一分散层(56)上,一施加於所述第一分散层(56)的电流分散到所述微发光二极管(52);

一互连的电流分散栅格(54)沉积在所述微发光二极管(52)之上,所述栅格在所述微发光二极管(52)之间设有导电通路(53),一施加於所述栅格(54)的电流分散到所述微发光二极管(52);

一半导体材料,其位於微发光二极管(52)之间的所述导电通路(53)之下,所述半导体材料使所述第一分散层(56)与所述导电通路(53)电绝缘;

分别位於所述第一及第二分散层(56, 54)上的第一及第二接触点(60, 62),向所述接触点(60, 62)施加一偏压会使所述微发光二极管(52)阵列发光。

加强光放出的微发光二极管阵列

本申请要求 Thibeault 等人于 1999 年 12 月 3 日申请的美国临时申请案第 60/168,817 号之权利。

技术领域

本发明涉及一种发光二极管，更具体地说，涉及一种加强所述发光二极管的光放出的新结构。

背景技术

发光二极管(LEDs)为一种将电能转换为光的重要固态装置，该装置通常包含一半导体材料的活性层，其夹在两个相反地掺杂层之间。当一偏压施加到该掺杂层时，空穴及电子被注入该活性层且在其中复合而产生光。由该活性区所产生的光全向发射，并且从所有暴露面逸出该装置。该发光二极管的外壳通常用来将逸出的光导入一所要求的输出发射剖面。

当半导体材料改进时，这些半导体装置的效率也有改进。新的发光二极管用像是 GaN 的材料制作，该材料提供了在紫外线到黄光光谱范围内的有效光照。许多新的发光二极管在转换电能到光时比传统的灯更有效率以及可更可靠。由于发光二极管改进了，其被预期可在许多应用中取代传统的灯，例如交通信号、室外及室内显示器、汽车头灯及尾灯、常规室内照明等等。

然而，传统的发光二极管的效率受限于其不能够发射所有由其活性层产生的光。当一发光二极管被通电时，由其活性层发射的光(全向地)以许多不同的角度到达发射面。典型的半导体材料与周围空气(折射指数 n 等于 1.0)或封装的环氧树脂(n 约为 1.5)相比，具有一较高的折射指数(n 约为 2.2 至 3.8)。根据斯涅尔定律，光线在从一具有高折射指数的地方传播到一具有低折射指数的地方时，如该光线在某一临界角之内(相对于该曲面法线方向)，将会穿过到达该指数较低的地方。该光线以大于临界角到达该曲面时则不会穿过，而会经历全内反射(TIR)。在一个发光二极管的情况下，该 TIR 光可不断地在该发光二极管中反射，直到其被吸收为止，

或其可从不同于该发射面的表面逸出。由于此现象，大量由传统发光二极管所产生的光没有发射出去，而使效率降低。

一种降低 TIR 光的百分比的方法是要在发光二极管的表面上产生随机结构型式的光散射中心。[由 Shnitzer 等人提出，“30% External Quantum Efficiency from Surface Textured, Thin Film Light Emitting Diodes”，Applied Physics Letters 63, 页 2174-2176 (1993)]。该随机结构是在反应离子蚀刻期间，藉由使用亚微米直径聚苯乙烯颗粒在该发光二极管表面上做为掩模而成型于该表面上。该结构化的表面具有在光的波长方面的特点，以致光的折射及反射的方式由于该随机干扰效应而无法由斯涅尔定律来预测。此方法显示可将发射效率改善 9%到 30%。

该表面结构的一个缺点在于其在这些具有较差导电性的电极层构造的发光二极管，例如 p-型 GaN，该表面结构可妨碍有效的电流分散。在较小的装置或具有良好导电性的装置中，来自该 p 及 n 型层接触点的电流可流入传遍各个层。而对于较大的装置或以较差导电性材料制成的装置，电流无法由该接触点传遍各个层。因此，部份该活性层不能接收到该电流而不能发射光。为了要在整个二极管区域产生均匀的电流注入，一导电材料分散层可沉积在其表面上。然而，此分散层通常必须是透光的以便光线能够透过该层。当一随机表面结构被引进到该发光二极管表面上时，则不能轻易地沉积一足够薄且透光的电流分散层。

另一个增加一发光二极管的光放出的方法为包含一在该发射表面或内部界面的周期图案，其可将光线从其内部的补捉角以由该表面形状及图案来确定的限定模式来重新导向。请参考授予 Krames 等人的美国专利号 5, 779, 924。此技术为一随机结构表面的一特殊例，其中该干扰效应不再是随机的，而该表面可将光耦合到特殊的模式或方向。此方法的一个缺点是该结构很难制造，因为该表面形状及样式必须是均匀的，并且非常小，小至相当于该发光二极管光的单一波长。该图案也为沉积一透光的电流分散层带来困难，如前所述。

要增加光放出也可通过将该发光二极管的放射面做成一在中心具有一放射层的半球形。在此结构增加放射光的量的同时，其的制作也很难。给 Scifres 及 Burnham 的美国专利号 3, 954, 534 中，揭示了形成一种发光二极管的阵列，在每个发光二极管之上分别有一半球形。该半球形系形成于一基板中，而二极管阵列于其上增长。然后，该二极管及透镜结构从该基板上蚀刻去除。此方法的缺点是其限于将该结构形成在该基板介面，而从该基板移除该结构会造成制造成本的增加。同时，每个半球皆有一放射层直接地位于其上，其需要非常精密的制造。

美国专利号 5,793,062 揭示一种结构,其用于加强自一发光二极管的光放出,藉由包含不吸光的非吸收层来将光重新导向离开吸收区域,例如接触点,并且还使光朝该发光二极管的表面方向改向。此结构的一个缺点是,该非吸收层需要形成削底的狭角层,对许多材料体系而言非常难以制造。

加强光放出的另一个方法是在该发光二极管的发射面上的一薄膜金属层之内将光子耦合到表面等离子体振子模式, 这些光子被发射回到辐射模式。[Knock 等人的, "Strongly Directional Emission from AlGaAs/GaAs Light Emitting Diodes", Applied Physics Letter 57, 页 2327-2329, (1990)]。这些结构依赖将该半导体发射回来的光子耦合到该金属层中的表面等离子体振子,其进一步与最终被放出的光子耦合。此装置的一个缺点是,其很难制造,因为该周期结构为一沟深极浅(<0.1 微米)的单维刻划光栅。同时,总体外部量子效率很低(1.4-1.5%),很可能是由于光子到表面等离子体振子以及表面等离子体振子到环境光子转换机制的效率低。此结构也会带来与一电流分散层有关的同样的困难,如上所述。

要改善光放出还可藉由使发光二极管片的侧面成某一角度以产生一倒置的截顶锥形。该成某一角度的表面提供了一在临界角之内的放射面给截留于该基板材料中的 TIR 光线 [Krames 等人的, 'High Power Truncated Inverted Pyramid (Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P/GaP Light Emitting Diodes Exhibiting $> 50\%$ External Quantum Efficiency', Applied Physics Letters 75 (1999)]。藉由此方法,对于 InGaAlP 材料体系来说,所展示的外部量子效率增加了 35%到 50%。此方法对于将大量光截留于该基板中的装置来说是可行的。至于在蓝宝石基板上成长 GaN 的情况下,大量光是被截留于 GaN 膜中,所以使发光二极管片的侧面成某一角度并不能达到所要求的增益。

另有一种加强光放出的方法是光子循环利用 [Shnitzer 等人的, 'Ultra-high spontaneous emission quantum efficiency, 99.7% internally and 72% externally, from AlGaAs/GaAs/AlGaAs double heterostructures', Applied Physics Letters 62, 页 131-133, (1993)]。此方法依靠具有一高效率活性层的发光二极管,该活性层可立即将电子及空穴转换成光,反之亦然。TIR 光由该发光二极管表面反射出来,并撞击到该活性层,从而转换回到一电子-空穴对。由于该活性层的高效率,该电子-空穴对几乎立即转换为光,并再次向随机方向发射。某一百分比的循环利用光将会以小于临界角来打在发光二极管的其中一个发射面而逸出。而反射回到该活性层的光会再次经历同样的过程。然而,此方法仅能够用于

以光损耗非常低的材料制成的发光二极管，而不能够用于在其表面上具有一吸收电流分散层的发光二极管。

发明内容

本发明提供一种新的发光二极管，其具有互连的微发光二极管阵列，以提供改善的光放出。微发光二极管具有一较小的活性区，其范围在1到2500平方微米，但该大小并非本发明的关键。一微发光二极管的阵列为任何以电互连的微发光二极管分布。该阵列提供一大的表面积，使光能够逸出每个微发光二极管，从而增加发光二极管的可用光。所述新发光二极管可具有许多不同的几何形状，且由于其是以标准半导体处理技术来形成，故非常易于制造。

该新发光二极管包含一第一导电分散层，其的一个表面上沉积有若干微发光二极管。每个微发光二极管皆具有一p-型层，一n-型层及一夹在所述p-及n-型层之间的活性层。所述p-或n-型层皆可为上层，而另一个则可为下层。施加于所述第一分散层的电流会分散到每个微发光二极管的下层。一第二分散层包含在所述微发光二极管上，而自所述第二分散层的电流会分散到所述上层。当一偏压施加在所述第一及第二分散层时，微发光二极管即发光。

所述第二分散层的一实施例为一导电的互连的栅格状结构，其具有在所述微发光二极管上的导电通路，该些通路与所述微发光二极管的上层接触。一绝缘层包含在所述阵列上，而所述栅格在该绝缘层上，因此将所述第一分散层与所述栅格电绝缘。

另外，可用倒装片接合使微发光二极管互连。使用此方法，首先形成一未连接的微发光二极管阵列，然后使其接合到一导电性材料以使该阵列互连。在一第三实施例中，所述栅格通过微发光二极管，而且所述p-型、活性层、及n-型材料在该些微发光二极管之间的栅格的导电通路之下以将该栅格及第一分散层电绝缘。此栅格状结构可被设计来使发射的光能够在传播一段短距离之后与一侧壁互相作用。

所述新发光二极管能够使光放出组件(LEEs)沉积在该些微发光二极管之间，或是形成在该些微发光二极管的侧面之上，以进一步加强光放出。该些LEEs用来使在一标准发光二极管结构中的光线转向或聚焦，否则光线将会通过TIR被截留或吸收。LEEs的形状可以是曲面的(凸出或凹入)，或是片段线性的，而该结构的形状会影响光放出以及光的最终放出方向。在所述微发光二极管之间的LEEs与从该微发光二极管侧面逸出的光相互作用。此相互作用有助于防止反射回到该发光二极

管的光被吸收，因此增加了由该发光二极管出来的有用光。

通过以下的详细叙述并且结合附图，本领域的技术人员就会明白本发明的这些以及其它进一步的特征和优点，其中：

附图说明

图 1 所示为一具有一微发光二极管阵列的新发光二极管的平面图，该微发光二极管阵列具有一在一电绝缘层上的互连电流分散栅格；

图 2 所示为图 1 中该新发光二极管沿截面线 2-2 的剖面图；

图 3 所示为该新发光二极管的另一实施例的剖面图，其微发光二极管阵列是利用倒装式安装接合到一次固定层的；

图 4 所示为该新发光二极管的一第三实施例的导电互连电流分散栅格和在该格栅通路下面的半导体材料的平面图；

图 5 所示为图 4 中该发光二极管沿截面线 4-4 的剖面图；

图 6 所示为另一互连电流分散栅格的平面图；

图 7 所示为又一互连电流分散栅格的平面图；

图 8 所示为可在该微发光二极管之内结合的 LEEs 的基本形状的剖面图；

图 9 所示为具有在有些微发光二极管之间形成的不同的 LEEs 的该新发光二极管的剖面图，；

图 10 所示为具有以随机形式构造表面的 LEEs 的该新发光二极管的剖面图；

图 11 所示为图 10 中该微发光二极管阵列的剖面图，其具有一直接地位于该电流分散栅格下面的电流阻隔层；

图 12 所示为具有与微发光二极管的侧面成一体的 LEEs 的该新发光二极管的剖面图；

图 13 所示为具有与微发光二极管的侧面结合的曲面 LEEs 的该新发光二极管的剖面图；

图 14 所示为具有与微发光二极管的侧面及中间结合的曲面 LEEs 的该新发光二极管的剖面图；及

图 15 所示为如图 4 中的但具有曲面的 LEEs 的该新发光二极管的剖面图。

具体实施方式

图 1 及 2 所示为根据本发明构造的该新发光二极管 10 的一实施例。该发光二

极管包含一微发光二极管 12 的阵列，每个微发光二极管 12 皆被隔离，并具有其本身的夹在相反掺杂层 16 及 18 之间的半导体材料活性层 14。在较佳的微发光二极管中，其上层 16 为 p-型，而下层 18 为 n-型，尽管将层 16 及层 18 相反地掺杂仍然可以运作。

该新发光二极管也包含一第一分散层 20，其将电流由 n-接触点 22 分散到每个微发光二极管的下层 18。该接触点 22 称为 n-接触点是由于在该较佳实施例中的下层 18 为 n-型。一绝缘层 23 沉积在该微发光二极管阵列之上，其覆盖了每个微发光二极管以及在微发光二极管之间的沟槽中第一分散层的表面。一第二分散层，其最好以一互连电流分散栅格 24 的形式沉积在该绝缘层上，该绝缘层与栅格的导电通路在该些微发光二极管上横过。一 p-接触点 26 沉积在该栅格 24 上，而从该接触点的电流通过该栅格分散到每个微发光二极管 12 的上层 16。该接触点 26 称之为 p-接触点，因为在该较佳实施例中的上层 16 为 p-型。

一空穴形成于每个微发光二极管之上而穿过所述绝缘层，一微发光二极管接触点 29 包含在每个绝缘层空穴中以作为在栅格 24 和微发光二极管的上层 16 之间的接触点。所述微发光二极管(除了空穴之外)和所述第一分散层的表面通过所述绝缘层 23 与所述电流分散栅格电绝缘。整个结构在一基板 28 上形成且该些微发光二极管形成一阵列且在一偏压施加于接触点 22 及 26 时即发光。在另一实施例中，一透明导电片被用作为第二分散层来代替栅格 24。

该新发光二极管 10 具有增强的光放射，是因为其发射面通过该些隔离的微发光二极管而增加。由每个微发光二极管的活性层所产生的光仅在一小段距离之后即与该微发光二极管的边缘相互作用。如果该光在该临界角之内，其可从微发光二极管逸出，并对该发光二极管的光放射作出贡献。新发光二极管特别有利于某些发光二极管结构，在该些结构中的部份发射光由于在电流分散层与基板介面处的全内反射(TIR)而不能传播到基板。这种状况发生在蓝宝石、AlN、或 MgO 基板上基于 GaN 的发光二极管。

新发光二极管 10 通过先沉积第一分散层 20 在基板 28 上来制造。然后，一具有一 n-型、p-型及一活性层的外延生长的发光二极管结构在第一分散层 20 上形成。该微发光二极管是使用半导体蚀刻技术，例如湿式化学蚀刻，反应离子蚀刻(RIE)，离子研磨，或任何其它用于移除半导体材料的技术，蚀刻去除部份发光二极管结构而形成的。

每个剩余的微发光二极管形成一独立及电绝缘的装置，其具有一由相反掺杂

层 16 及 18 包围的活性层。该微发光二极管 12 的形状及位置皆可不同，每个微发光二极管的形状最好为圆柱形。当由上方观视时，每个微发光二极管呈现为圆形，其直径为 1 到 50 微米之间。该微发光二极管最好形成密集的结构以使可用的微发光二极管空间最大化。相邻微发光二极管之间的间距最好是在 1 到 50 μm 的范围内，虽然该间距并非本发明的关键。绝缘层 23 可由不同的方法来沉积在整个结构上，例如蒸发，化学气相沉积 (CVD) 或溅镀。然后在每个微发光二极管 12 上的绝缘层 23 中蚀出开口。微发光二极管接触点及导电栅格然后通过标准的沉积技术来沉积。

所述第一分散层 20 既可以是一沉积在基板上的导电层，又可是该基板本身，如果其是导电的话。基于 GaN 的发光二极管的较佳导电基板包含 GaN 或碳化硅 (SiC)。SiC 具有更密集的晶格而与 III 族氮化物相配，例如 GaN，而且使 III 族氮化物薄膜具有高品质。碳化硅也具有一非常高的热导率，所以在碳化硅上的 III 族氮化物装置的整体输出功率不受限于该基板的热耗散 (像一些在蓝宝石上形成的装置通常就会这样)。SiC 基板可由美国 North Carolina, Durham 的 Cree Research 公司获得，其制造方法被阐明于科学文献及美国专利，有关编号为 34,861; 4,946,547 及 5,200,022。

如果该基板为电流分散层，底部接触点可通过使在该基板上暴露的任何表面金属化而沉积。较佳的发光二极管具有微发光二极管 12，其基于 AlGaInN 且以一 p-型表面作为其上层 16。该基板为蓝宝石，第一分散层为 n-型 AlGaInN (或其合金)，而金属化接触点为 Al/Ni/Au、Al/Ti/Au、或 Al/Pt/Au。所述绝缘层 23 可由许多材料制成，例如，但不限于，SiN、SiO₂、或 AlN。

该栅格 24 可以是任何导电材料，包含金属、半金属、及半导体。其可由 Al、Ag、Al/Au、Ag/Au、Ti/Pt/Au、Al/Ti/Au、Al/Ni/Au、Al/Pt/Au 或其组合物来制成。另外，该栅格可由一薄的半透明金属来制成，例如 Pd、Pt、Pd/Au、Pt/Au、Ni/Au、NiO/Au 或其合金来制成。该栅格 24 可由许多传统的方法而沉积在所述新发光二极管上，而较佳的方法为蒸发或溅镀。在较佳实施例中，电流分散栅格 24 的通路宽度在 1 到 10 μm 之间。微发光二极管接触点 29 可用 Pt、Pt/Au、Pd、Pd/Au、Ni/Au、NiO、或 NiO/Au 制成。p-接触点 26 可以沉积在所述互连栅格 24 上的不同位置，以使来自接触点的电流可以传遍该栅格。

图 3 所示为一根据本发明来构造的发光二极管 30 的第二实施例，其利用倒装式安装。如上所述，是通过蚀刻去除一完整发光二极管结构的半导体材料来形成一微发光二极管 32 阵列的。每个微发光二极管 32 具有一由两个相反掺杂层所包围的

活性层。微发光二极管的配置及尺寸类似于上述的实施例。然而，在此实施例中，每个微发光二极管具有成某角度的侧面，其上层比其下层要窄。如上所述，微发光二极管阵列在一形成于一基板 36 上的第一分散层 34 上形成。一绝缘层 38 覆盖微发光二极管以及在相邻微发光二极管之间的第一分散层的表面。在每个微发光二极管 32 之上，一空穴包含在绝缘层中作为一上接触点 40。一第二分散层 42 覆盖整个微发光二极管阵列以与上接触点 40 互连。

第二分散层 42 在与微发光二极管相反的表面，通过一接合介质与一次固定层 46 上的反光金属层 48 接合。一 p-接触点 44 包含于金属层 48 上，而施加到第二接触点的电流传遍第二分散层，到达上接触点 40 及微发光二极管 32 的上层。在所述金属层 48 中有一裂缝，n-接触层 50 在部份金属层 48 上形成，该部份与具有 p-接触点的部份电绝缘。指形件 49 在次固定层和第一分散层之间接合，并且使自接触点 50 传到金属层 48 的电流可通过流该指形件到达第一分散层 34。该电流再传遍第一分散层及到达微发光二极管的下层。

在此倒装式实施例中，自发光二极管 50 的光发射主要通过基板 36。第二分散层 42 可以是反光的以使从微发光二极管 32 向第二分散层 42 的方向发射的光可被反射到发光二极管的基板 36。最好以 Al 或 Ag 作为第二分散层以及每个微发光二极管 32 是基于 AlGaInN 且有一 p-型上层。每个上接触点 40 最好为 Pt、Pt/Au、Pd、Pd/Au、Ni/Au、NiO 或 NiO/Au。

由于该些隔离的微发光二极管，此实施例增强了发射光与侧壁的相互作用。布置在微发光二极管之间的第二分散层 42 的部份做为 LEEs，其使光由微发光二极管反射到基板。通过该次固定层，此架构还使该新发光二极管芯片的热力可更好地传出去。

图 4 及 5 所示为该新发光二极管 51 的另一实施例，该新发光二极管并没有一隔开第一分散层及第二分散层的绝缘层。微发光二极管 52 是通过一互连栅格 54 的导电通路和相邻的微发光二极管连接，其中该通路的下面有半导体材料。每个栅格 54 中的开口 55 为一区域，其处的半导体材料在制造该发光二极管 51 时，从该发光二极管结构被蚀掉。该结构的剩余部份在该栅格 54 下为微发光二极管 52，而在该些微发光二极管之间的栅格通路 53 下为半导体材料。微发光二极管及在该通路下的材料包含一由两个相反掺杂层包围的活性层，而整个结构则在一第一分散层 56 及一基板 58 之上形成。

一沉积在第一分散层上的第一接触点 60 将电流施加到微发光二极管的下层，

而一包含在电流分散栅格上的第二接触点 62 将电流分散到微发光二极管的上层。当施加一偏压到该接触点 60 及 62 时, 电流被施加到该微发光二极管及在导电通路下的的半导体材料, 使它们全部发光。光从这些通路下的微发光二极管材料的侧面逸出, 避免了全内反射。因此本技术可以通用于在任何基板上的任何发光二极管结构以及可以用标准处理技术来实现。

要制造发光二极管 51 首先要在基板 58 上沉积第一分散层 56, 然后再形成一连串的发光二极管结构, 其将电流分散层 56 覆盖。栅格 54 沉积在该发光二极管结构上, 而该发光二极管结构在该栅格开口中可见到的部份可以不同的方法来蚀除, 例如湿式化学蚀刻、反应离子蚀刻(RIE)、离子研磨、或任何其它用于移除半导体材料的技术。部份的发光二极管结构也被蚀刻以提供一接触点 60 区域, 使接触点 60 及 62 在其上沉积。栅格 54 以任何导电材料来制造, 包括但不限于金属、半金属、半导体、或其组合。微发光二极管最好基于 GaN, 而每个微发光二极管的上层 55 为一 p-型 AlGaInN 或其任何合金, 而栅格 54 最好以一薄金属来制造, 例如 Ni、Pd、Au、Pt 或其任何组合。

图 4 中的虚线示出微发光二极管其中之一以及该微发光二极管周围的区域, 在其处可包含 LEEs 以进一步加强光放出, 以下将会充分地叙述。

图 6 及 7 所示为该新发光二极管的两个额外的实施例 70 和 80, 其具有不同的微发光二极管及栅格结构 72 及 82, 尽管还可用许多不同的结构。每一实施例具有一个别的下分散接触点 73 及 83。在图 6 中, 该互连的微发光二极管 74 通过不同的通路将电流交叉分散到每个微发光二极管。在每条通路下有半导体材料以使其与第一分散层隔离。栅格 72 提供呈正方阵列结构的开口以与光相互作用。

栅格 54 有一优于栅格 72 之处。在发光二极管 70 中, TIR 光可沿栅格的许多的导电通路的其中之一反射以及可在不与该些微发光二极管的其中之一表面相互作用下于该发光二极管之内反射。在该栅格中或在下层中的光耗将会造成某些 TIR 光在其逸出新发光二极管的最终边缘之前被吸收掉。栅格 54 将此问题减少, 因为从微发光二极管发射的光在传播仅仅一短距离之后(最多为两个微发光二极管的长度)就到达一侧面, 从而使逸出该装置的光增加。

在图 7 中, 微发光二极管是随机性地成形以及具有随机的互连通路。此外, 在该些通路下有半导体材料。该随机结构使 TIR 光在遇到其中一栅格开口中的其中一微发光二极管之前可供 TIR 光传播的通路数目降低。如上所述, 在图 6 及 7 中环绕微发光二极管的虚线示出微发光二极管 76 及 86 和环绕在其周边的 LEEs, 以下

将会充分地叙述。

开口尺寸及开口之间的距离最好在 1 到 30 μm 之间，但可以较大或者较小。该开口的可以是非周期或周期结构，因为光与微发光二极管边缘的相互作用在本质上并不需要以上任一条件。在较佳实施例中，在一 p-型 AlGaInN 层上的栅格开口的宽度在 1 微米到 20 微米之间，微发光二极管的宽度则在 1 微米到 30 微米之间。

先前的三个实施例全部都可在微发光二极管之间的 LEEs 结合来进一步增加光发射。该 LEEs 既可在微发光二极管的侧面上，又可在第一分散层的表面形成，或者，在那些不具有第一分散层的实施例中则可在导电基板上形成。

尽管可以使用其它的 LEEs 形状以及本发明的保护范围也不限于所示的形状，图 8 仍示出了若干可供选择的 LEEs 形状，这些形状包含在本发明的实施例中。LEE s 82、84、86 具有曲面，而 LEEs 88、90、92、94 则具有分段的线性表面。另外，该 LEE 可为一随机糙面层，其可做为—光弥散器。

LEE s 可用标准蚀刻技术来形成，例如湿式化学蚀刻，RIE，或离子研磨。在该较佳实施例中，LEE s 是通过使用—商用的做为—烧蚀蚀刻掩模的聚合物来形成的（例如—紫外线或电子束敏感光阻）。此聚合物首先被沉积，并形成类似方边的结构。该聚合物会加热到一个温度，并如玻璃般重熔以致该聚合物的边缘形成—逐渐线性或弯曲的形状。该聚合物厚度、结构形状、加热温度及加热时间将决定该边缘形状。该结构可以以 RIE 转换到基于 AlGaInN 的微发光二极管。用此方法可轻易地制造线性及曲形的 LEEs，而通过使用多个蚀刻掩模可轻易地构造分段式线性 LEEs。

用来形成 LEEs 的第二种技术是使用负极性 UV 可曝光光阻。首先，使该光阻持续曝光—特定的曝光时间，并将其加工以产生—负极性。然后使该光阻显影以在其截面产生—削底的弯曲或线性形状。然后此结构可经由—干式蚀刻技术转换到半导体材料。对这两个实施例而言，干式蚀刻的环境也会影响半导体材料中透镜的最终形状。

图 9-15 所示为新发光二极管的实施例，其中 LEEs 以各种各样的方式与微发光二极管阵列结合以加强光放出。这些实施例说明根据本发明的 LEEs 的一些可行的使用方式，而本发明的保护范围并不受限于所述的实施例。

图 9 所示为一类似于图 4 及 5 中的发光二极管 51 的新的发光二极管 100，但其在微发光二极管 104 之间具有 LEEs 101、102、103。这些 LEEs 101、102、103 使被导向穿过—微发光二极管的侧面的光可从该 LEEs 反射出去，并将光从该基板重新导向到—外壳中。从基板 108 及第一分散层 106 之间的介面反射出去的光透过

TIR 还可以与 LEEs 101、102、103 相互作用而逸出到该外壳中以提供一较强的光输出。在图 8 中所述的 LEEs 可以沉积在新发光二极管上，或是加工到新发光二极管中。如上所述，LEE 的厚度也可改变，较佳的厚度在 $0.5\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$ 的范围内。

图 10 所示为一新发光二极管 110，其类似于图 9 的发光二极管 100，但其在该微发光二极管 113 之间具有随机的糙面的弥散 LEE 112。光与粗糙层的相互作用使 TIR 光能以小于其临界角之下抵达表面，并且在被吸收之前逸出。在该较佳实施例中，通过使用聚苯乙烯或硅微球体作为一蚀刻掩模将微量粗糙度转到半导体中来形成该粗糙面。随机粗糙度的厚度及宽度可小于 20nm，或多到 500nm，较佳的尺寸大约为发光二极管所产生的光的波长。

图 11 所示为一新发光二极管 120，其类似于图 10 的发光二极管 110，但其包括一在该微发光二极管中的电流阻隔层。该阻隔层 122 将电流导引到弥散 LEE 124 之下，增加了光与 LEE 相互作用及逸出的机会。

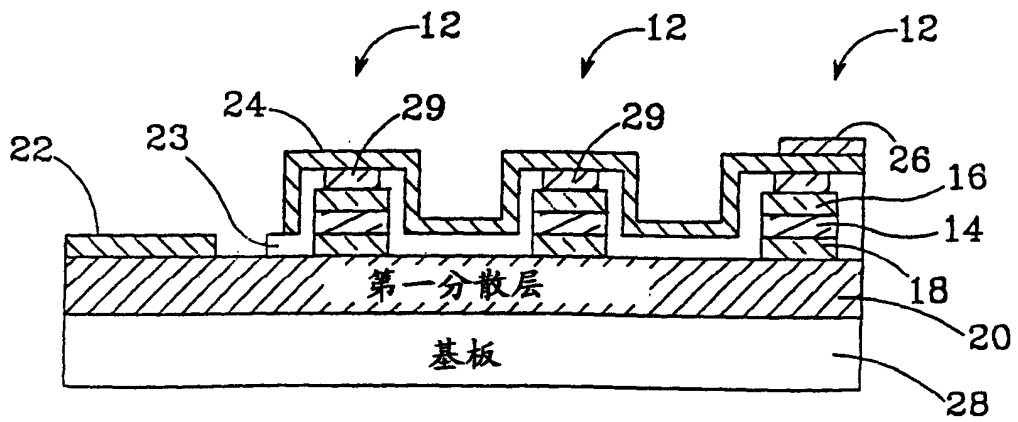
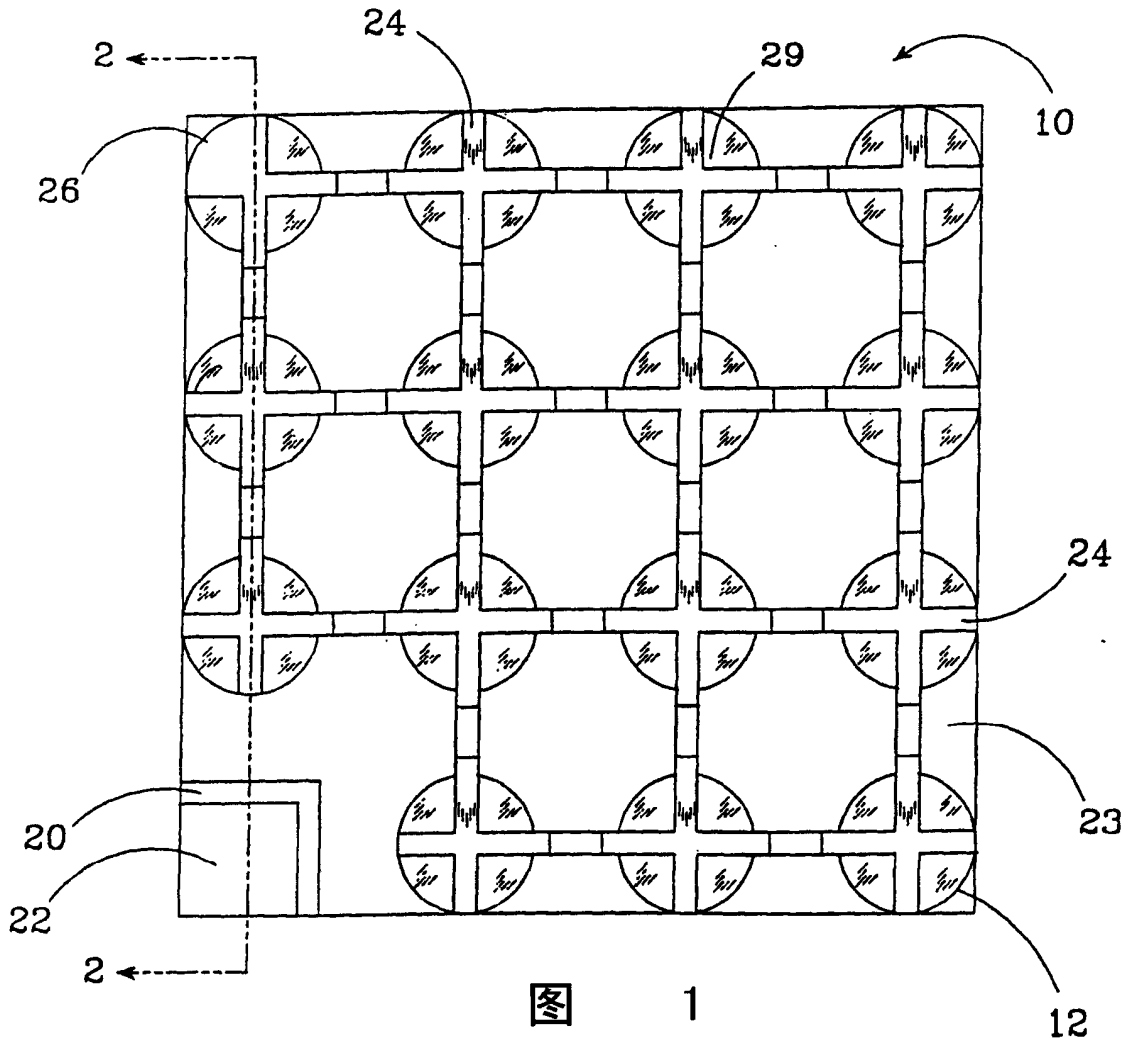
作为在微发光二极管之间形成 LEEs 的选择，可使 LEEs 直接形成于微发光二极管的侧面上。图 12 所示为一新发光二极管 130，其类似于图 9、10 及 11 的发光二极管，但其具有直接形成于每个微发光二极管的侧面上的不同的 LEEs 131-133。该 LEEs 可利用如上所述的相同的方法来形成。向微发光二极管侧面传播的光线被改向以使光线从基板 134 的其中一面通过第一分散层 135 或微发光二极管 132 逸出。由于在微发光二极管边上的该些 LEEs，还使自基板 134 反射回来的光的逸出机会增加。

图 13 所示为一新发光二极管 140，其有形成于微发光二极管 144 的侧面上的曲面的 LEEs 142。该曲面 LEE 142 有额外的益处，其使发光二极管的光聚焦到一更明确的方向。LEE 142 的厚度及宽度可以随着任何一个 LEE 的较佳厚度而改变，该较佳厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 到 $50\mu\text{m}$ 。

图 14 及 15 所示为两个额外的实施例。图 14 所示为一新发光二极管 150，其在微发光二极管 154 的侧面上有一组合曲面的 LEEs 152 以及在该微发光二极管 154 之间有完全曲面的 LEEs 156。该些 LEEs 共同作用，使光线折射及反射穿过基板逸出该发光二极管的外壳来加强光放出。

图 15 所示为新的发光二极管 160，其使用类似于图 3 所示的实施例的具体的倒装式安装。其在微发光二极管 164 的侧面上有曲面 LEEs 162。该第二分散层 164 为反光的以及该基板 166 为主要的发射表面。LEE 162 及第二分散层 164 的部份共同作用，使光线折射及反射穿过基板逸出发光二极管的外壳来加强光放出。

虽然本发明已根据其若干较佳的配置作出了相当详细的叙述，其它的变型也是可能的。举例来说，在微发光二极管阵列中的微发光二极管的下层可以连接。所使用的光放出结构也可以作许多不同的组合以及有许多不同的形状及尺寸。同时，所述的发光二极管结构可具有多于一个夹在相反掺杂层之间的活性层。因此，本发明的权利要求书的精神及保护范围并不受限于其所述的较佳实施例。



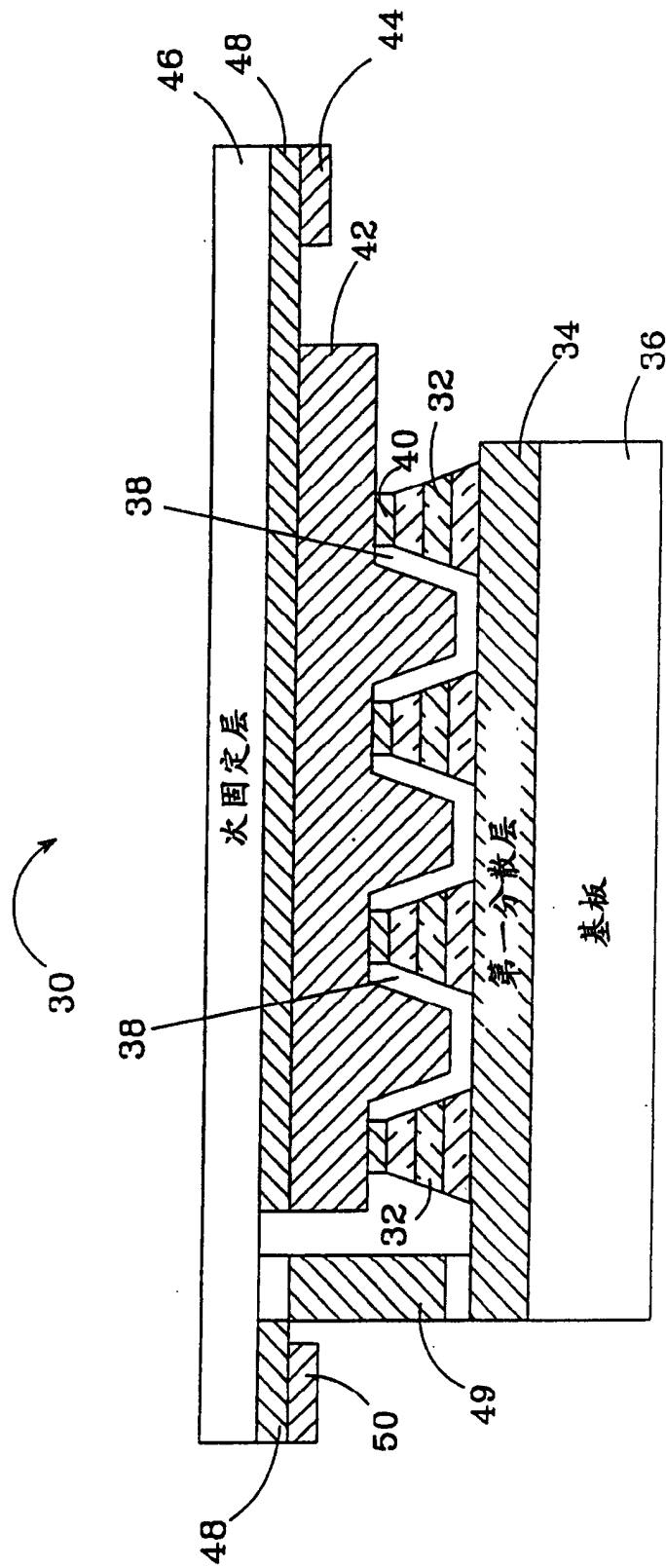


图 3

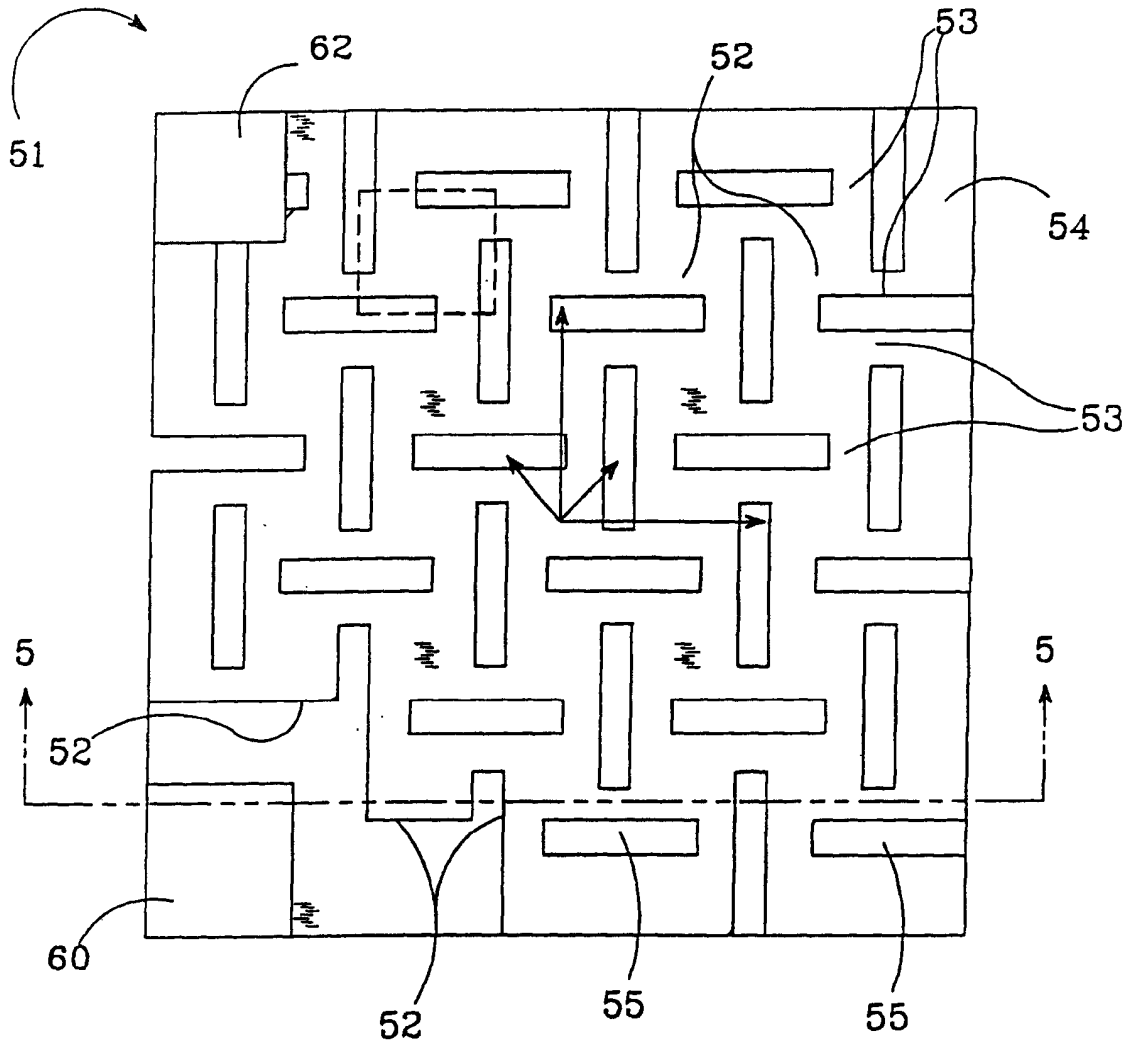


图 4

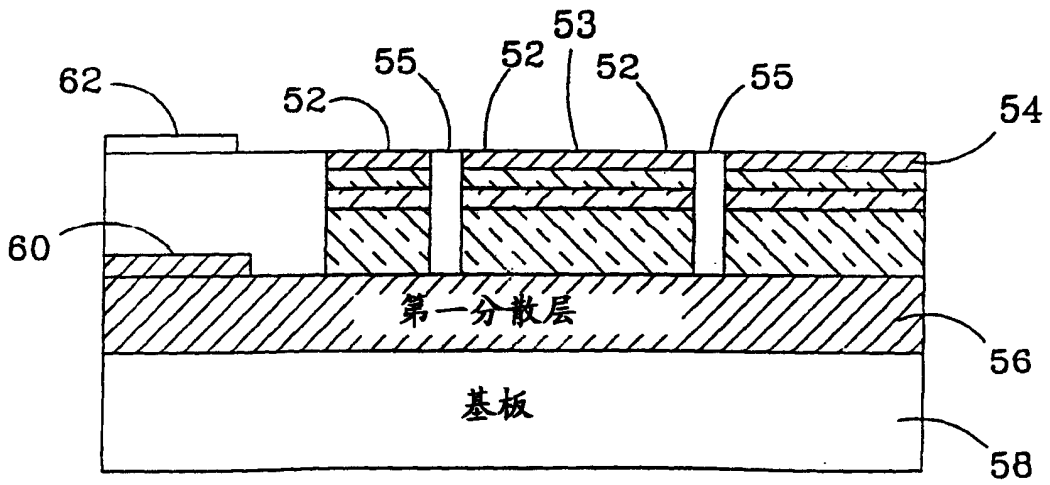
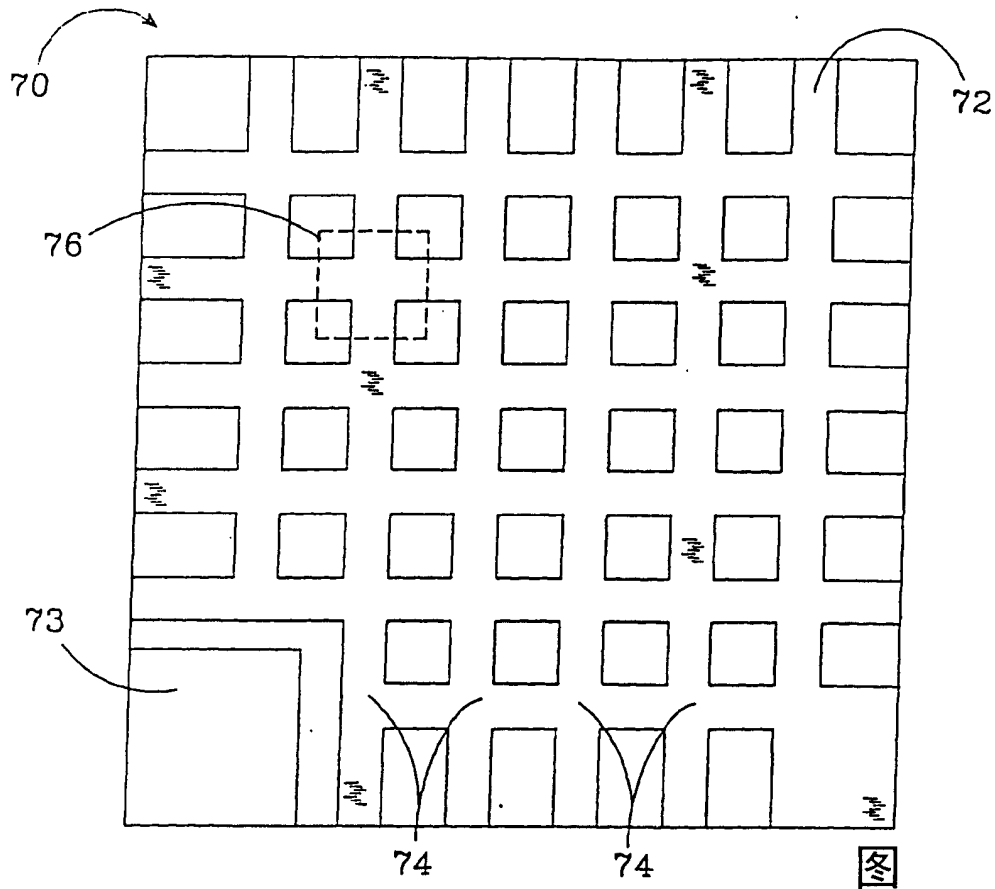
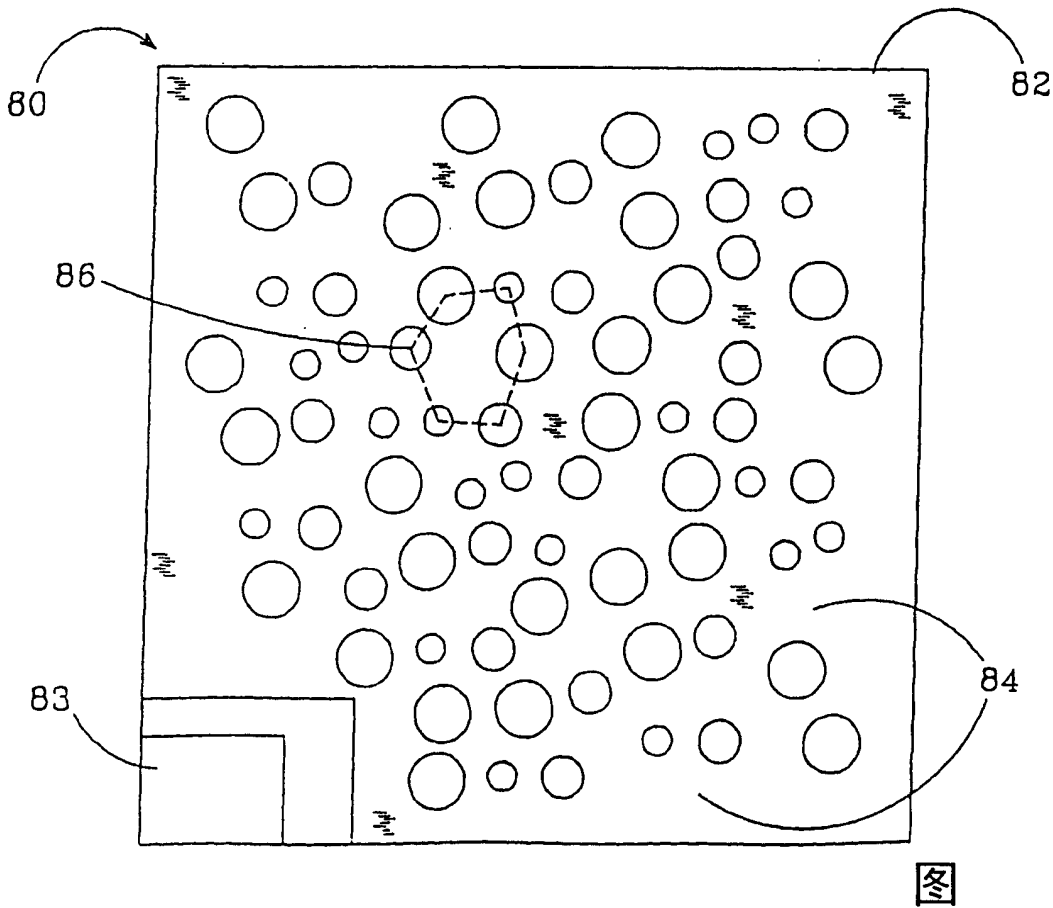


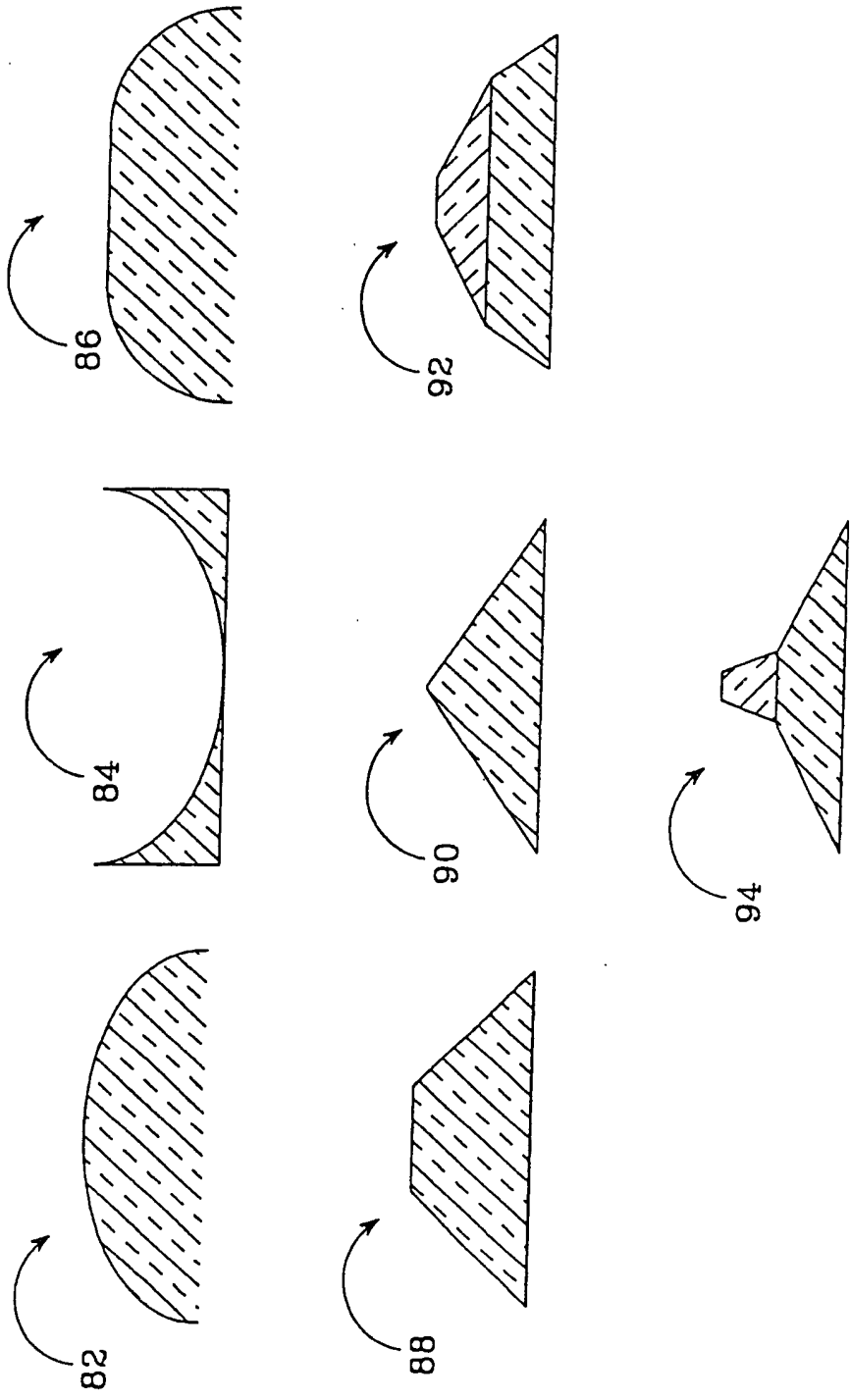
图 5



6



7



8



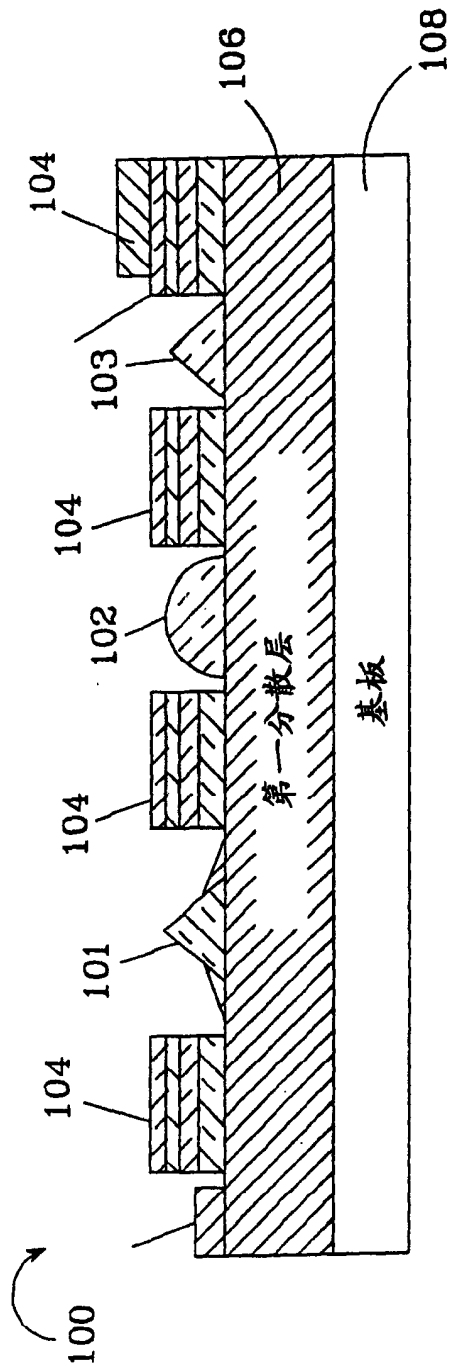


图 9

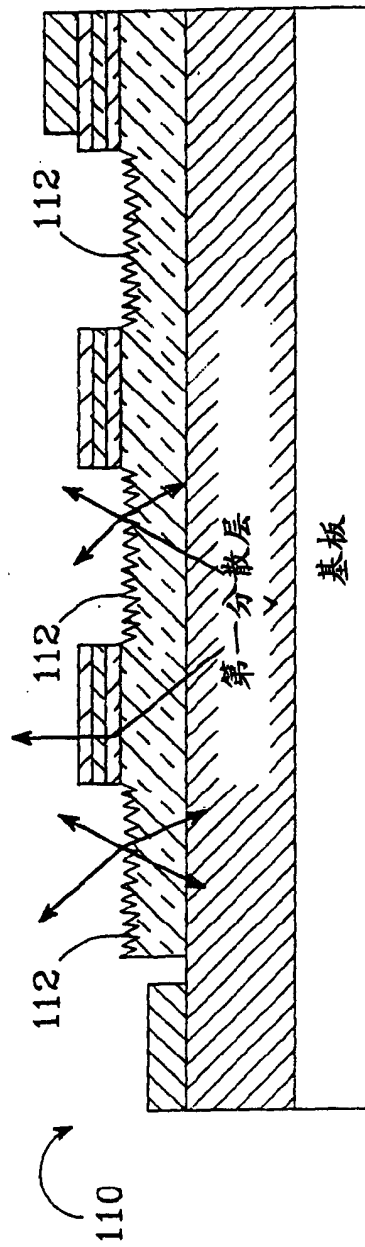


图 10

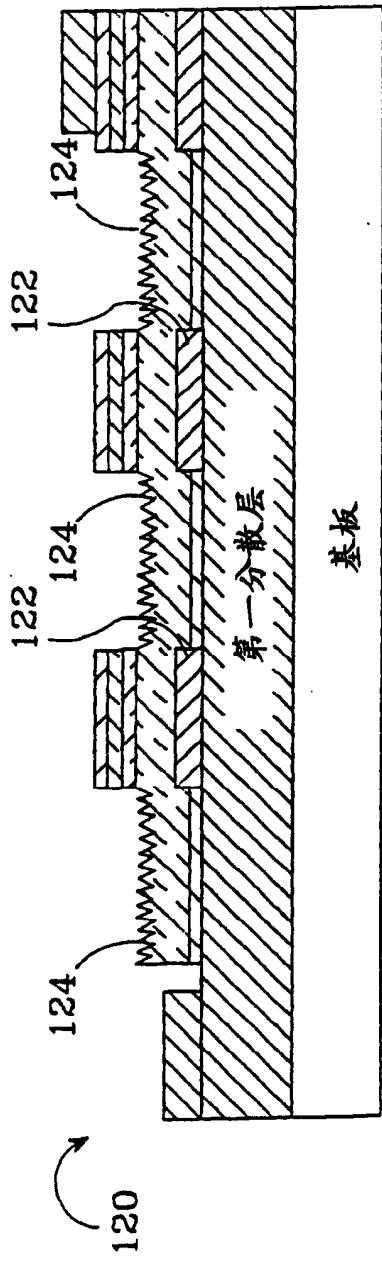


图 11

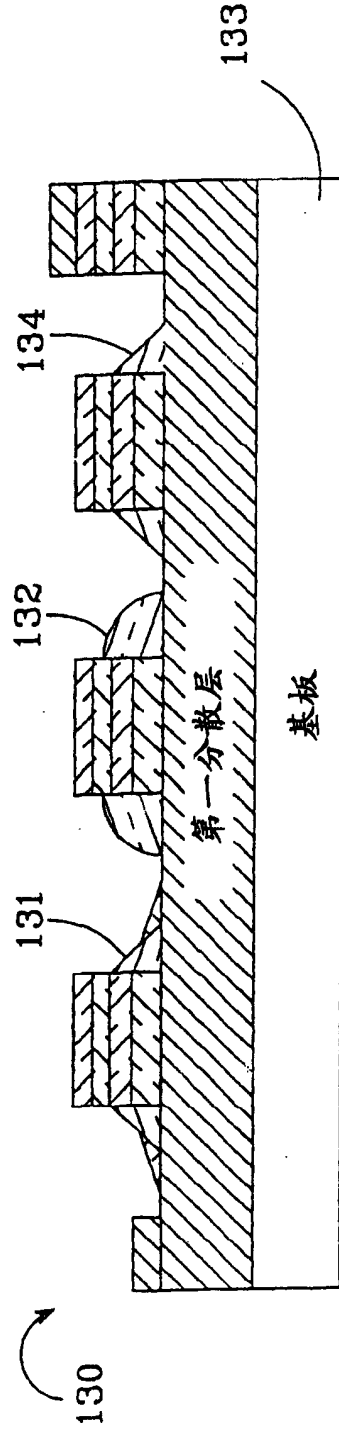


图 12

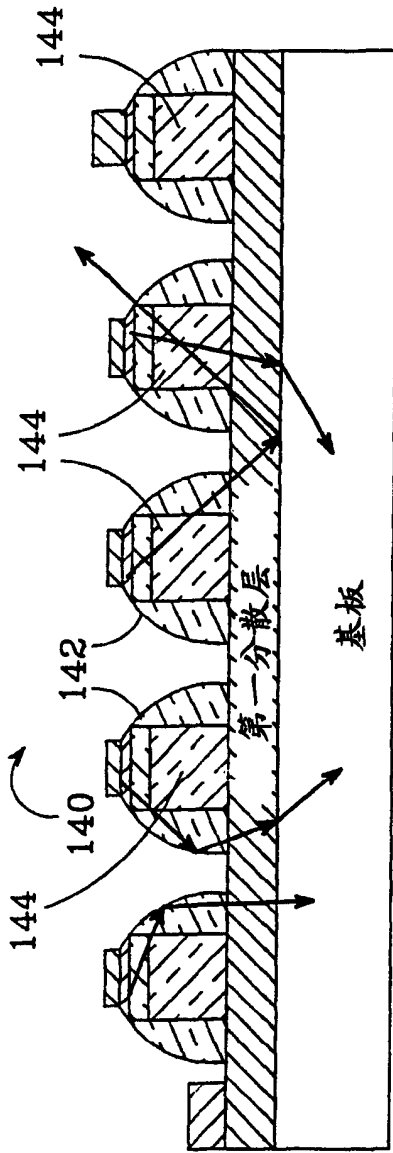


图 13

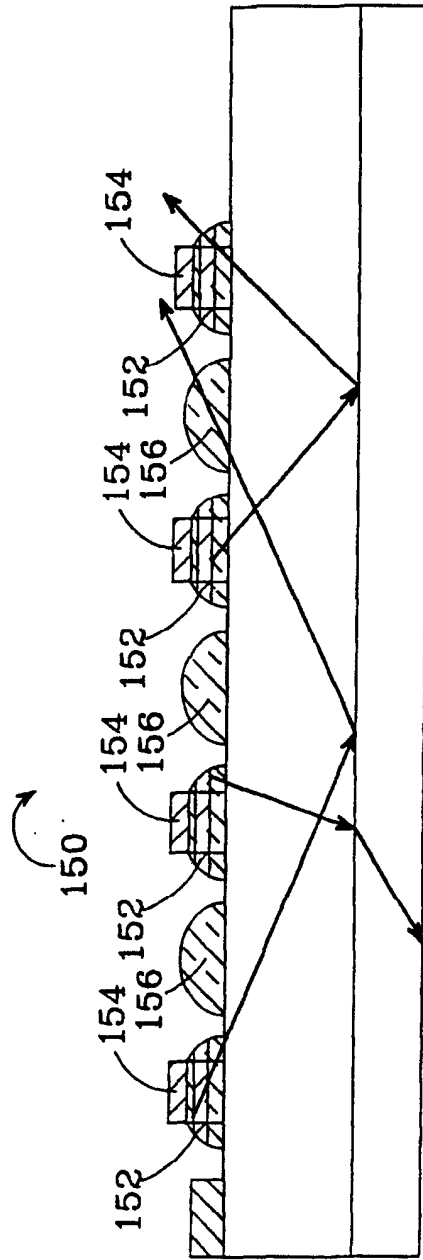


图 14

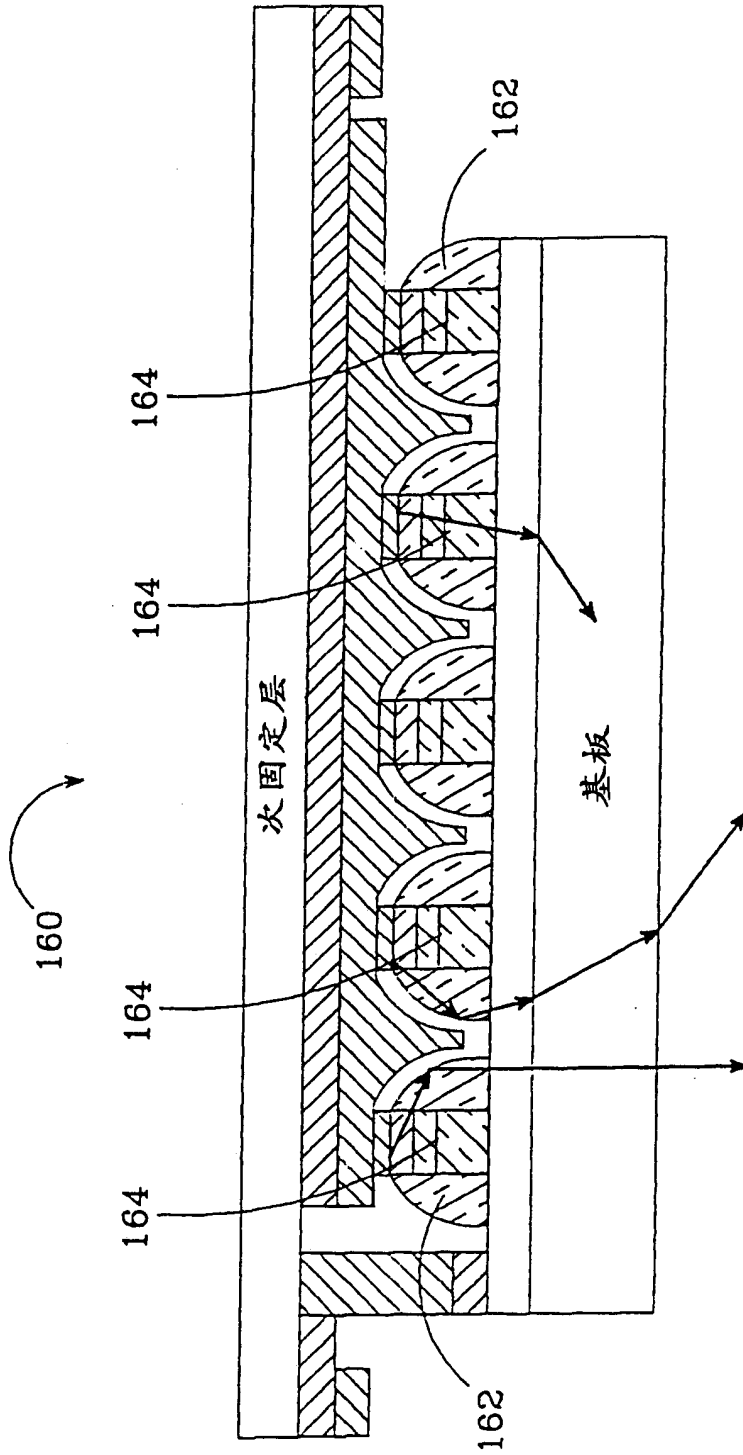


图 15