



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102742037 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 09

(21) 申请号 200980149203. 4

(22) 申请日 2009. 12. 07

(30) 优先权数据

12/316, 097 2008. 12. 08 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 06. 08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/006447 2009. 12. 07

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/077287 EN 2010. 07. 08

(73) 专利权人 克利公司

地址 美国北卡罗来纳州

(72) 发明人 詹姆斯·伊贝斯顿 邴挺

莫妮卡·汉森

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int. Cl.

H01L 33/46(2006. 01)

G02B 5/08(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2007/121739 A2, 2007. 11. 01,

WO 2007/115040 A2, 2007. 10. 11,

US 6784462 B2, 2004. 08. 31,

US 6784462 B2, 2004. 08. 31,

US 2008/0272391 A1, 2008. 11. 06,

WO 2008/107654 A1, 2008. 09. 12,

US 2008/0144688 A1, 2008. 06. 19,

审查员 吕阆

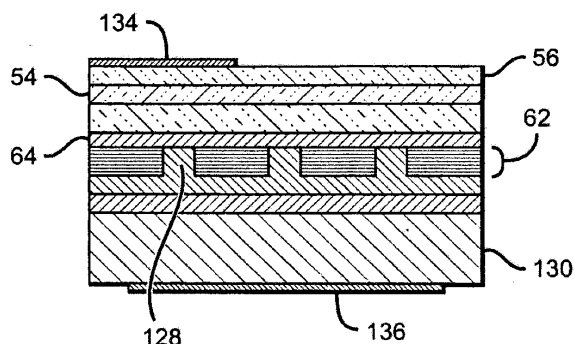
权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

复合高反射层

(57) 摘要

一种具有复合高反射层 (62) 的高效发光二极管, 该复合高反射层与所述 LED 形成一体以提高发射效率。发光二极管 (LED) 芯片的一个实施方式包括 LED 和复合高反射层 (62), 该复合高反射层与 LED 形成一体, 以反射从有源区 (54) 发射的光。该复合层包括第一层 (66)、位于第一层 (66) 上的交替布置的多个第二层 (68) 和第三层 (70)、以及位于所述多个第二层和第三层的最上面的反射层 (71、126)。第二层和第三层具有不同的折射率, 并且第一层的厚度是第二层和第三层中最厚的层的至少三倍。对于 LED 芯片内部的复合层, 可包括穿过复合层的导电通孔 (128), 以允许电信号经过复合层到达 LED。



1. 一种发光二极管 LED 芯片,包括:  
有源区,位于两个相对的掺杂层之间;以及  
复合高反射层,布置成反射从所述有源区发射的光,所述复合层包括:  
第一层;  
位于所述第一层上的一个或多个第二层以及多个第三层,所述第二层具有不同于第三层的折射率,所述第二层和第三层交替布置,并且每个第三层具有与其他的所述第三层不同的厚度;以及  
位于所述第二层和第三层的最上面的反射层。
2. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,其中,所述第一层具有的厚度是所述第二层和第三层中最厚的一个层的厚度的至少三倍。
3. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,其中,所述第一层具有的厚度是所述第二层和第三层中最厚的一个层的厚度的至少四倍。
4. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,其中,所述第一层提供一反射率视角分界,在所述反射率视角分界之上,所述复合层的反射率为 100%。
5. 根据权利要求书 4 所述的 LED 芯片,其中,与不具有所述第二层和第三层的复合层相比,所述第二层和第三层在所述视角分界之下提供改进的反射率。
6. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,其中,所述一个或多个第二层包括具有不同厚度的两个层。
7. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,其中,所述一个或多个第二层包括位于所述多个第三层之间的一个层。
8. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,其中,所述复合层包括比具有同样数量的层的四分之一波长的分布式布拉格反射体大的角度平均反射率。
9. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,还包括电流扩散层,以扩散经过所述复合层的电流。
10. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,其中,所述一个或多个第二层的所述第二层的数量和所述多个第三层的所述第三层的数量不同。
11. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,其中,所述复合层位于所述 LED 芯片的内部或位于所述 LED 芯片的外表面上。
12. 根据权利要求书 1 所述的 LED 芯片,其中,所述有源层发射蓝光,并且其中,所述第一层具有 500nm 至 650nm 范围内的厚度,并且其中,所述一个或多个第二层包括厚度分别为 100nm 至 120nm 和 40nm 至 60nm 范围内的两个层。
13. 一种发光二极管 LED 芯片,包括:  
子底座,LED 安装在所述子底座上;以及  
复合高反射层,布置于所述子底座和所述 LED 之间,以反射 LED 光,所述复合层包括多个层和穿过所述复合层的导电路径,电信号能够通过该复合层到达所述 LED,所述多个层包括包含相同材料和不同厚度的至少一对层。
14. 根据权利要求书 13 所述的 LED 芯片,其中,所述复合层包括第一层、位于所述第一层上的一个或多个第二层以及多个第三层,所述第二层具有不同于第三层的折射率,所述复合层还包括位于所述第二层和第三层的最上面的反射层。

15. 根据权利要求书 14 所述的 LED 芯片, 其中, 所述一个或多个第二层的所述第二层的数量和所述多个第三层的所述第三层的数量不同。

16. 根据权利要求书 14 所述的 LED 芯片, 其中, 所述多个第三层包括两个第三层, 并且所述一个或多个第二层包括夹在所述两个第三层之间的一个层。

17. 根据权利要求书 14 所述的 LED 芯片, 其中, 所述复合层还包括位于交替布置的第二层和第三层的最上面的反射层。

18. 根据权利要求书 14 所述的 LED 芯片, 其中, 每个第三层具有与其他的所述第三层不同的厚度。

19. 根据权利要求书 14 所述的 LED 芯片, 其中, 所述一个或多个第二层包括两个层, 每个层具有与其他的所述第二层不同的厚度, 并且每个所述第二层与所述第三层交替布置。

## 复合高反射层

### 技术领域

[0001] 本发明涉及发光二极管,并且涉及具有高反射率接触的发光二极管和形成该接触的方法。

### 背景技术

[0002] 发光二极管(LED)是将电能转换为光能的固态装置,并且通常包括夹在相对的 n 型掺杂层和 p 型掺杂层之间的半导体材料的一个或多个有源层。当向掺杂层施加一偏压时,空穴和电子被注入到有源层中进行重组发光。光线从有源层和 LED 的所有表面发射出来。

[0003] 对于典型的 LED,期望以最高的发光效率操作,并且可测量发光效率的一个方法是通过与输入功率相关的发射强度或每瓦流。最大化发光效率的一个方法是最大化地提取 LED 的有源区发射的光。对于具有单一出光(outcoupling)表面的传统 LED,外量子效率可能会受到来自 LED 发射区的光线的全内反射(TIR)的限制。TIR 可能由 LED 的半导体和周围环境之间的折射率的巨大差异引起。一些 LED 具有相对较低的光提取效率,这是因为与周围材料(如环氧树脂)的折射率相比衬底具有较高的折射率。这种差异产生了小出射锥,来自有源区的光线会从衬底通过小出射锥传输到环氧树脂中,并最终从 LED 封装件出射。没有出射的光会被半导体材料或反射光的表面吸收。

[0004] 已经研制出不同的方法来减少 TIR 并改进整体光提取,其中比较流行的一个方法是表面织构。通过提供允许光子有很多机会找到出射锥的可变表面,表面织构增加了光出射几率。没有找到出射锥的光继续进行 TIR,并且从织构表面以不同角度反射直至找到一出射锥。一些文章中已讨论了表面织构的优点。[参看 Windisch 等的 Impact of Texture-Enhanced Transmission on High-Efficiency Surface Textured Light Emitting Diodes, Appl. Phys. Lett., Vol. 79, No. 15, 2001 年 10 月, 第 2316-2317 页; Schnitzer 等的 30% External Quantum Efficiency From Surface Textured, Thin Film Light Emitting Diodes, Appl. Phys. Lett., Vol. 64, No. 16, 1993 年 10 月, 第 2174-2176 页; Windisch 等的 Light Extraction Mechanisms in High-Efficiency Surface Textured Light Emitting Diodes, IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 8, No. 2, 2002 年 3/4 月, 第 248-255 页; Streubel 等的 High Brightness AlGaInP Light Emitting Diodes, IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 8, No. 2002 年 3/4 月]。

[0005] 同样属于 Cree 公司的美国专利第 6,657,236 号公开了形成于半导体层上的结构,用于提高 LED 的光提取。

[0006] 提高光提取效率的另一个方法是提供对光进行反射的反射表面,从而帮助从 LED 芯片或 LED 封装件进行有效发射。在图 1 所示的典型 LED 封装件 10 中,单个 LED 芯片 12 通过焊膏粘合剂或导电性环氧树脂安装在反射杯 13 上。一条或多条焊线 11 将 LED 芯片 12 的欧姆触点连接至引线 15A 和 / 或 15B,所述引线可附接于反射杯 13 或与之为一体。反射

杯可填充有封装材料 16, 所述封装材料可包括波长转换材料, 如磷光体。由 LED 发射的第一波长的光可被磷光体吸收, 磷光体可响应地发射第二波长的光。然后整个组件被封装在透明的保护树脂 14 中, 该保护树脂可被模塑成透镜的形状, 以校准从 LED 芯片 12 发射的光。当反射杯 13 可能沿向上方向引导光时, 光反射时可能会发生光学耗损。由于实际的反射体表面的反射率低于 100%, 一些光可能被反射杯吸收。一些金属在感兴趣的波长范围内可能具有小于 95% 的反射率。

[0007] 图 2 示出了另一 LED 封装件, 其中, 一个或多个 LED 芯片 22 可安装在一载体 (carrier) 上, 如印刷电路板 (PCB) 载体、衬底或子底座 23。安装在子底座 23 上的金属反射体 24 环绕 LED 芯片 22, 并反射由 LED 芯片 22 发射的光离开封装件 20。反射体 24 还对 LED 芯片 22 提供机械保护。在 LED 芯片 22 上的欧姆接触和子底座 23 上的电迹线 25A、25B 之间设有一条或多条连接焊线 11。然后, 用封装剂 26 覆盖所安装的 LED 芯片 22, 该封装剂可对芯片提供环境保护和机械保护, 同时还用作透镜。典型地, 金属反射体 24 借助焊膏或环氧树脂粘合剂附接于载体上。当光因为金属反射体也具有低于 100% 的反射率而被反射时, 该金属反射体 24 也可能发生光学耗损。

[0008] 图 1 和图 2 所示的反射体布置成反射从 LED 出射的光。还研制出了具有用以向 LED 内部反射光的内反射表面的 LED。图 3 示出了 LED 芯片 30 的示意图, 该 LED 芯片具有通过金属粘合层 36 安装在子底座 34 上的 LED 32。该 LED 进一步包括位于 LED 32 和金属粘合层 36 之间的 p 接触 / 反射体 38, 其中反射体 38 通常包含金属, 如银 (Ag)。这种布置用于市场上可获得的 LED 中, 如来自 Cree 公司的在 LED 的 EZBright™ 家族下可获得的那些 LED。反射体 38 可朝向子底座反射 LED 芯片发射的光, 并反射回 LED 的主发射表面。反射体还将 TIR 光反射回 LED 的主要发射表面。如同上述的金属反射体, 反射体 38 反射少于 100% 的光, 且在一些情况中, 反射少于 95% 的光。可使用薄膜设计软件 (如来自 Software Spectra 公司 ([www.sspectra.com](http://www.sspectra.com)) 的 TFCalc™) 由材料的光学常数来计算半导体层上的金属膜的反射率。

[0009] 图 4 示出一示图 40, 该示图示出了氮化镓 (GaN) 上的 Ag 以不同视角反射波长为 460nm 的光的反射率。GaN 的折射率为 2.47, 而银的复折射率在技术文献中可得到。[ 参看 E. Palik. 编写的 *Handbook of Optical Constants of Solids* ]。该示图示出了 p 极化反射率 42、s 极化反射率 44 和平均反射率 46, 其中平均反射率 46 通常示出金属的用以 LED 目的的总反射率, 在 LED 中以随机极化产生光。0 度时的反射率低于 90 度时的反射率, 并且这种差异会导致高达 5% 或更多的光在每次反射中耗损。在 LED 芯片中, 一些情况是, TIR 光线在出射之前会多次镜面反射, 因此, 镜面吸收中的小变动会导致 LED 亮度发生重大改变。每次反射时镜面吸收的累积效应会减弱光强度, 使得实际上来自 LED 的有源区的少于 75% 的光作为 LED 光出射。

## 发明内容

[0010] 本发明公开了一种用于 LED 和 LED 芯片中的高反射层, 以提高发射效率。根据本发明的发光二极管 (LED) 芯片的一个实施方式包括位于两个相对的掺杂层之间的有源区。布置有一复合高反射层, 以反射从有源区发射的光。该复合层包括第一层、位于第一层上的一个或多个第二层以及多个第三层。第二层具有与第三层不同的折射率。第二层和第三层

交替布置,并且每个第三层具有与其他第三层不同的厚度。在第二层和第三层的最上面包括反射层。

[0011] 根据本发明的 LED 芯片的另一实施方式包括子底座,LED 安装在孩子底座上。一复合高反射层布置在子底座和 LED 之间,以反射 LED 光。该复合层包括多个层和穿过复合层的导电路径,电信号可通过该复合层到达 LED。

[0012] 根据本发明的 LED 芯片的另一实施方式包括 LED 和一复合高反射层,该复合高反射层与 LED 形成一体,以反射从有源区发射的光。该复合层包括第一层以及位于第一层上的交替布置的多个第二层和第三层。第二层和第三层具有不同的折射率,并且第一层是第二层和第三层中最厚的层的厚度的至少三倍。

[0013] 根据本发明的 LED 芯片的又一实施方式包括 LED 和一复合高反射层,该复合高反射层与 LED 形成一体,以反射从 LED 发射的光。该复合层包括第一层、位于第一层上的一个或多个第二层以及多个第三层,其中第二层和第三层包括不完全 (incomplete) 的第二层对和第三层对。

[0014] 通过以下详细描述和借助实例示出本发明特征的附图,本发明的这些和其他方面和优势将变得显而易见。

#### 附图说明

[0015] 图 1 是现有技术中的 LED 灯的一个实施方式的剖视图;

[0016] 图 2 是现有技术中的 LED 灯的另一实施方式的剖视图;

[0017] 图 3 是现有技术中的 LED 芯片的另一实施方式的剖视图;

[0018] 图 4 是示出了金属反射体在不同视角下的反射率的示图;

[0019] 图 5a 是根据本发明的一种方法中一制作步骤下的 LED 芯片的一个实施方式的剖视图;

[0020] 图 5b 是图 5a 中的 LED 芯片在下一制作步骤时的剖视图;

[0021] 图 6 是根据本发明的复合层的一个实施方式的剖视图;

[0022] 图 7 是示出了根据本发明的一复合层的反射率的示图;

[0023] 图 8 是示出了根据本发明的一复合层的反射率的图表;

[0024] 图 9 是根据本发明的复合层的另一实施方式的剖视图;

[0025] 图 10a 是根据本发明的 LED 的另一实施方式的剖视图;

[0026] 图 10b 是图 10a 中的 LED 在下一制作步骤时的剖视图;

[0027] 图 10c 是图 10b 中的 LED 在下一制作步骤时的剖视图;

[0028] 图 10d 是图 10c 中的 LED 在下一制作步骤时的剖视图;

[0029] 图 11 是根据本发明的复合层的一个实施方式的平面图;

[0030] 图 12 是根据本发明的复合层的另一实施方式的平面图;

[0031] 图 13a 是根据本发明的 LED 芯片的另一实施方式的剖视图;

[0032] 图 13b 是图 13a 中所示的 LED 芯片在下一制作步骤时的剖视图;

[0033] 图 14 是根据本发明的 LED 芯片的另一实施方式的剖视图;以及

[0034] 图 15 是根据本发明的 LED 芯片的再一实施方式的剖视图。

## 具体实施方式

[0035] 本发明针对固态发射器和制作固态发射器的方法,其中该固态发射器设有一个或多个复合高反射率接触或层,用以增加发射器的发射效率。在此参照发光二极管(LED)描述本发明,但是应该理解的是,本发明同样可应用于其他固态发射器。本发明可用作与一个或多个接触结合的反射体或者可用作与接触分离的反射体。

[0036] 复合接触/层(“复合层”)改进的反射率减少了反射从有源区发出的沿离开有效光发射的方向的光时可能发生的光学耗损,所述方向诸如朝向衬底或子底座,并且还减少了TIR光在LED内反射时可能发生的耗损。本发明的实施方式提供可包括复合层的各个层的各种独特组合。根据本发明的一个实施方式,复合层可包括第一相对较厚层、具有不同折射率和不同厚度的第二层和第三层、以及反射层。复合层可位于很多不同的位置,如LED的外表面上或LED的内部。

[0037] 本发明的不同实施方式还提供具有导电通孔或路径设置的复合层,所述导电通孔或路径设置提供贯穿复合层的导电路径。这允许电信号沿着通孔经过复合层,使得复合层可用作内层,其中电信号在操作过程中经过复合层。如下所详细描述,这种通孔设置可采取各种不同的形状和尺寸。

[0038] 在此参照某些实施方式来描述本发明,但是,应该理解的是,本发明可以体现为很多不同的形式,不应该局限于此处阐述的实施方式来构建。尤其是,除了此处描述的那些层之外,复合层还可包括不同材料制成的具有多种不同厚度的多种不同的层。除了此处描述的位置之外,复合层可位于不同固态发射器上的多个不同位置上。此外,复合层可具有或不具有允许电信号通过的导电结构。

[0039] 还应该理解的是,当提到一个元件(如层、区域或衬底)设于另一个元件“上”时,它可直接位于另一个元件上,或者还可存在插入元件。此外,此处可使用相关术语,如“内部”、“外部”、“上部”、“上方”、“下部”、“下方”和“下面”以及类似的术语,以描述一个层或另一个区域的关系。应该理解的是,这些术语用来包括装置的除了附图中描述的方位之外的不同方位。

[0040] 尽管此处可使用术语第一、第二等来描述各种元件、部件、区域、层和/或区段,但是这些元件、部件、区域、层和/或区段不应该限于这些术语。这些术语仅用于将一个元件、部件、区域、层或区段与另一个区域、层或区段区分开来。因此,下面讨论的第一元件、部件、区域、层或区段可称为第二元件、部件、区域、层或区段,而不会背离本发明的宗旨。

[0041] 在此参照作为本发明实施方式的示意图的横截面视图来描述本发明的实施方式。同样地,各个层的实际厚度可能不同,并且可预期由于例如制造技术和/或公差而造成的视图形状的变化。本发明的实施方式不应该限于此处所示区域的特殊形状来构建,而是包括由于例如制造引起的形状上的偏差。典型地,由于标准制造公差,所示或所述的方形或矩形的区域将具有圆形或弯曲特征。因此,附图所示出的区域实际上是示意性的,并且它们的形状不是用于示出装置的区域的精确形状,而且不用来限制本发明的范围。

[0042] 图5a和图5b示出根据本发明的LED芯片50的一个实施方式,尽管参照单一LED芯片的制作来描述本发明,但是,应该理解的是,本发明还可应用于晶圆级LED的制作、LED群的制作或封装的LED芯片的制作。然后,可将晶圆或LED群利用已知的分割或划片方法分离成单独的LED芯片。还参照具有竖向几何布置即倒装芯片的LED芯片来描述该实施方

式。如下面进一步描述的,本发明可与其他 LED 布置一起使用,如横向几何结构的 LED 和非倒装芯片方位。

[0043] LED 芯片 50 包括可具有以不同方法布置的多个不同半导体层的 LED52。LED 的制作和操作在现有技术中通常是众所周知的,因此在此仅简要地讨论。可利用已知工艺来制作 LED 52 的各层,其中一种适宜的工艺是利用 MOCVD 进行制作。LED 52 的各层通常包括夹在相对的 n 型掺杂的外延层 56 和 p 型掺杂的外延层 58 之间的有源层 / 区 54,所有的这些层相继形成于生长衬底 60 上。应该理解的是,LED 52 中也可包括其他层和元件,包括但不限于缓冲层、成核层、接触层和电流扩散层以及光提取层和元件。有源区 54 可包括单量子阱 (SQW)、多量子阱 (MQW)、双异质结构或超晶格结构。

[0044] 有源区 54 和层 56、58 可由不同的材料体系制作而成,其中,优选的材料体系是第 III 族氮化物基材料体系。第 III 族氮化物参看形成于周期表的 III 族中的氮和其他元素 (通常为铝 (Al)、镓 (Ga) 和铟 (In)) 之间的半导体化合物。该术语还涉及三元化合物和四元化合物,如氮化铝镓 (AlGa<sub>N</sub>) 和氮化铝铟镓 (AlInGa<sub>N</sub>)。在一个实施方式中,n 型层 56 和 p 型层 58 为氮化镓 (Ga<sub>N</sub>),而有源区 54 包括 InGa<sub>N</sub>。在替代实施方式中,n 型层 56 和 p 型层 58 可以为 AlGa<sub>N</sub>、砷化铝镓 (AlGaAs) 或磷化砷化铝镓铟 (AlGaInAsP) 及相关化合物。

[0045] 生长衬底 60 可由多种材料制作而成,如蓝宝石、碳化硅、氮化铝 (Al<sub>N</sub>)、Ga<sub>N</sub>,其中一种适宜的衬底是碳化硅的 4H 多型体,但也可使用其他的碳化硅多型体,包括 3C、6H 和 15R 多型体。碳化硅具有一定的优势,如与蓝宝石相比,与第 III 族氮化物的晶格更加匹配,因此形成更高质量的第 III 族氮化物膜。碳化硅还具有非常高的导热性,使得碳化硅上的第 III 族氮化物装置的总输出功率不受衬底散热性的限制 (如同形成在蓝宝石上的一些装置的情况)。美国北卡罗来纳州达勒姆的 Cree 研究公司可获得 SiC 衬底,而科学文献以及美国专利第 34,861 号、第 4,946,547 号和第 5,200,022 号中提出了生产 SiC 衬底的方法。

[0046] LED 52 的不同实施方式可发射出不同波长的光,这取决于有源区 54 以及 n 型层 56 和 p 型层 58 的组成。在示出的实施方式中,LED 50 发射波长范围约为 450-460nm 的蓝色光。LED 芯片 50 还可被覆盖以一种或多种转换材料,如磷光体,使得来自 LED 的至少一部分光经过一种或多种磷光体,并转换成一种或多种不同波长的光。在一个实施方式中,LED 芯片发射由来自 LED 的有源区的光和来自一种或多种磷光体的光组合而成的白光。

[0047] 在第 III 族氮化物装置的情况中,电流通常没有有效地扩散经过 p 型层 58,并且众所周知,一薄的电流扩散层 64 可覆盖部分或整个 p 型层 58。该电流扩散层有助于扩散电流从 p 型接触经过 p 型层 58 的表面,以提供改进的电流扩散经过 p 型层,在从 p 型层至有源区的电流注入方面具有相应的改进。电流扩散层 64 通常是金属 (如铂 (Pt)) 或透明的导电氧化物 (如氧化铟锡 (ITO)),但也可使用其他材料。电流扩散层可具多种不同的厚度,在一个实施方式中,ITO 扩散层的厚度大约为 115nm。电流扩散层 64 以及包括下述复合层的各层可利用已知的方法进行沉积。应该理解的是,在不关注电流扩散的实施方式中,可提供复合层而不提供电流扩散层。

[0048] 现在参照图 5b,一复合高反射层 62 可沉积在 p 型层 58 上,并且在示出的实施方式中,电流扩散层设于反射层 62 和 p 型层之间。与标准的金属接触或分布式布拉格反射体 (DBR) 相比,根据本发明的复合层 62 对 LED 52 产生的光的波长具有较高的反射率。该复合层通常包括一较厚材料层,接着是多个较薄层,这些层组合以提供改进的反射率。本发明提



供具有所需反射率的复合层,还最小化了层的数量,使得制造复杂性和成本最小化。

[0049] 现在参照图 6,示出了可包括根据本发明的复合层的一个实施方式的不同层,但应该理解的是,也可使用多种不同的材料、厚度和数量的层。复合层的第一层 66 设于电流扩散层 64 上,并且第一层可包含多种不同的材料,其中优选的材料包括电介质。可使用不同的电介质材料,如 SiN、SiO<sub>2</sub>、Si、Ge、MgO<sub>x</sub>、MgN<sub>x</sub>、ZnO、SiN<sub>x</sub>、SiO<sub>x</sub>、合金或其组合物,本实施方式中示出的第一层 66 的材料包括 SiO<sub>2</sub>。该第一层 66 应当相对较厚,以提供可靠的视角分界点,在该视角分界点之后,复合层反射率约为 100%,并且在与发蓝光的 LED 一起使用的一个实施方式中,第一层 66 可具有 500nm 至 650nm 范围内的厚度,在一个实施方式中,具有约为 591nm 的厚度。

[0050] 现在参照图 7 中的示图 72,示出了用于蓝色波长光的厚度范围为 500nm 至 650nm 的第一层 66 在不同视角时的 p 极化反射率 74、s 极化反射率 76 和平均反射率 78。视角分界位于大约 36 度的视角处。也就是说,复合层 62 的反射率在视角大于约 36 度时大约是 100%,而在小于 36 度的某些视角时的反射率会低到 94%。

[0051] 现在再次参照图 6,为了改进较低视角时的反射率并改进角度平均反射率 (AAR),复合层 62 还可包括第二层 68a、68b 和第三层 70a、70b,其中第二层和第三层由具有不同折射率的材料制作而成。在不同实施方式中,各层可使用不同的材料,并且可包括不同数量的层,其中在示出的实施方式中,具有两个包含 SiO<sub>2</sub>的第二层 68a 和 68b 以及两个包含 TiO<sub>2</sub>的第三层 70a 和 70b。SiO<sub>2</sub>的折射率为 1.46,而 TiO<sub>2</sub>的折射率为 2.34。两个 SiO<sub>2</sub>层可具有不同的厚度,且两个 TiO<sub>2</sub>层可具有不同的厚度,这提供了与标准 DBR 不同的复合层,在 DBR 中,不同材料的各层具有相同的厚度。该类 DBR 的一个实例是 1/4 波长的 DBR,其中,每个第二 SiO<sub>2</sub>层和第三 TiO<sub>2</sub>层可具有基本相同的光学厚度,大约等于光的 1/4 波长。在复合层的其他实施方式中,Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>可用来替代 TiO<sub>2</sub>。

[0052] 对于示出的与发蓝光的 LED 结合使用是复合层实施方式,第二层 68a 和 68b 可分别具有 100nm 至 120nm 和约 40nm 至 60nm 范围内的厚度,在一个实施方式中,第二层的厚度约为 108nm 至 53nm。第三 TiO<sub>2</sub>层 70a 和 70b 可分别具有 55nm 至 75nm 和 35nm 至 55nm 范围内的厚度,在一个实施方式中,其厚度分别为大约 65nm 和 46nm。

[0053] 复合层 62 还可包括位于第二层 68b 上的反射层 71,利用已知方法(如溅射法)沉积该反射层。反射层 71 可具有多种不同的厚度,并且可包含多种不同的反射材料,其中适宜的材料是 Ag、Al 和 Au。材料的选择可取决于很多因素,其中一个因素是所反射的光的波长。在示出的反射蓝色波长光的实施方式中,反射层可包含 Ag,厚度约为 200nm。在其他实施方式中,反射层 71 可包括复合金属层,如 TiAg、NiAg、CuAg 或 PtAg,并且在一些实施方式中,这些复合层对于所成形于其上的层可提供改进的粘着力,如对于第二层 68b。替换地,在第二层 68b 和反射层之间可包括一薄材料层,如氧化铟锡 (ITO)、Ni、Ti 或 Pt,也可改进粘着力。

[0054] 与标准的 1/4 波长的 DBR 相比,复合层 62 的结构提供了改进的 AAR。尽管这种布置提供这种改进可能有多种原因,但是,经证实,其中一个原因是第二层 68a、68b 和第三层 70a、70b 的不同厚度不同地呈现出各个入射角度的光。也就是说,光将以各个不同的角度到达复合层 62,并且在这些不同的角度下,第二层 68a、68b 和第三层 70a、70b 可以不同的厚度出现,如 1/4 波长厚度的几倍,这取决于角度。经证实,不同的厚度在 0 度至 90 度的视角范

围内提供最佳的整体 AAR。

[0055] 图 8 是示出了与图 6 中所示类似的复合层的反射率的示图 80, 并示出了不同视角时的 p 极化反射率 82、s 极化反射率 84 和平均反射率 86。在这个情况中, 反射率包括 ITO 电流扩散层 64 的效应, 该 ITO 电流扩散层的厚度为 115nm 且有限吸收系数为 500/cm, 这造成在视角大于约 36 度时的反射率接近但稍低于 100%。对于示出的复合层, 0 度至 90 度视角范围内的 AAR 大约为 98.79%, 这提供了优于具有由相同材料制作而成相似数量的层的标准 DBR 的改进。在一定的光波长下, 标准的 1/4 波长的 DBR 的 AAR 可约为 98.73% 或更低。这种差异对整体的 LED 亮度会具有较大影响, 因为光在从 LED 出射之前会由复合层反射多次。多次反射的组合效应放大了反射率中甚至是很小的差异。

[0056] 图 9 示出了复合层 100 的另一实施方式, 该复合层与上述的复合层 62 类似, 并且可与发蓝光的 LED 一起使用。复合层 100 可具有四层而不是五层。在该实施方式中, 第一层 102 位于电流扩散层 64 上, 但应该理解的是, 复合层 100 可在没有电流扩散层的情况下使用。第一层 102 与上述的第一层 66 类似, 并且可由多种材料制作而成, 且具有多种不同的厚度。在示出的实施方式中, 第一层 102 可包含  $\text{SiO}_2$ , 厚度在 500nm 至 650nm 的范围内, 在一个实施方式中, 具有约为 591nm 的厚度。

[0057] 在该实施方式中, 复合层 100 仅包括夹在两个第三层 108a 和 108b 之间的一个第二层 106。如同上述实施方式。也就是说, 与上述的复合层 62 不同, 交替设置的第二层和第三层的数量不一样, 正如传统的 DBR。这导致了第二层和第三层的组合包括不完全的对 (pairs) 或者是不对称的。在具有不完全的第二层对和第三层对的实施方式中, 可包括不同数量的每种层, 如两个第二层和三个第三层, 三个第二层和四个第三层, 等等。

[0058] 第二层 106 和第三层 108a、108b 可包含多种不同的材料, 并且具有多种不同的厚度。在示出的实施方式中, 第二层 106 可包含  $\text{SiO}_2$ , 并且可具有大约为 100nm 至 120nm 范围内的厚度, 在一个实施方式中, 具有 107nm 的厚度。第三层 108a 和 108b 可包含  $\text{TiO}_2$ , 并且可分别具有 45nm 至 65nm 和 65nm 至 85nm 范围内的厚度, 在一个实施方式中, 第三层具有分别约为 56nm 和 75nm 的厚度。复合层 100 还可包括位于第三层 108b 上的反射层 110, 该反射层可利用已知方法沉积并且可包括与上述的反射层 71 相同的材料。

[0059] 由于具有不对称布置, 复合层可具有较少的层, 相应地减少了制造步骤和成本。这还提供了对后续的层 (如反射层 100) 具有更好的粘着力的附加优势。在该实施方式中, 顶层包括为  $\text{TiO}_2$  的第三层 108b。与包含  $\text{SiO}_2$  的第二层 106 相比, 这种材料可提供对反射金属具有改进的粘着力。不过, 与图 6 中示出的六层布置相比, 反射层 110 可具有减少的 AAR, 在图 9 中示出的五层布置的一个实施方式中, AAR 大约为 98.61%。不过, 这体现了优于 AAR 大约为 96.61% 的标准五层 DBR 的改进。与上述的六层实施方式类似, 由于多次反射的组合效应, 这种差异可对整体的 LED 亮度具有很大影响。

[0060] 应该理解的是, 根据本发明的复合层可具有由不同的材料和厚度制作而成的多种不同的层。在一些实施方式中, 复合层可包括导电材料 (如导电氧化物) 制作而成的层。导电氧化物层可具有不同的折射率和不同的厚度, 以提供改进的反射率。不同实施方式可具有完全的和不完全的第二层对和第三层对的不同布置。还应该理解的是, 复合层可布置于 LED 上的不同位置处且可包括不同的特征, 以提供经过复合层的导热性或导电性。

[0061] 现在参照图 10a 至图 10d, LED 120 的另一实施方式具有多个与图 5a 和图 5b 示出

的 LED 50 相同的特征,并且对于那些相同的特征,将会使用相同的参考标号。LED 50 制作成使得其可以以倒装芯片方位来布置,所以,对于该实施方式,如下所述,LED 芯片的端部将具有作为内层布置的复合层 62(或复合层 100),如下面进一步描述的。因此,电信号应当经过复合层 62。现在参照图 10a 和图 11,可穿过复合层 62 以任意间隔或规则间隔形成孔 122,所述孔的尺寸和位置使得导电材料可沉积在孔内,以形成导电通孔。在示出的实施方式中,孔 122 以规则间隔布置。

[0062] 在具有电流扩散层 64 的不同实施方式中,孔 122 可穿过或不穿过电流扩散层 64。可利用很多已知的工艺来形成孔 122,如传统的蚀刻工艺或机械工艺(如微孔钻削)。孔 122 可具有多种不同的形状和尺寸,在示出的实施方式中,孔 122 具有直径约为 20 微米的圆形横截面。相邻的孔 122 可远离大约 100 微米。应该理解的是,孔 122(及所产生的通孔)可具有不同形状的横截面,如方形、矩形、椭圆形、六边形、五边形等等。在其他实施方式中,孔的尺寸和形状不均匀,且相邻的孔之间具有不同的间隔。

[0063] 现在参照图 12,代替孔,可形成穿过复合层 62 的互相连接的格栅 124,然后,导电材料沉积在格栅 124 内,以形成穿过复合层的导电路径。除了图 11 中示出的形式外,格栅 124 可采取多种不同的形式,在不同的实施方式中,格栅的各部分以不同的角度互相连接。应用于格栅 124 的电信号可沿着互相连接的部分在格栅上扩散。应该进一步理解的是,在不同实施方式中,格栅可与孔组合使用。

[0064] 现在参照图 10b,可在复合层 62 上沉积导电层 126,该导电层覆盖其反射层并填充孔 122,以形成穿过复合层 126 的通孔 128。在其他实施方式中,导电层可不覆盖整个复合层 62。导电层 126 可包含多种不同的材料,如金属或导电氧化物,可利用已知的技术沉积这两种材料。

[0065] 现在参照图 10c,可利用已知安装技术将 LED 120 以倒装芯片方式安装在子底座 130 上。在示出的实施方式中,LED 50 通过导电粘合材料 132 以倒装芯片方式安装在子底座上。应该理解的是,在 LED 芯片 120 以晶圆级形成然后进行分割的实施方式中,LED 芯片 120 可以是利用已知的晶圆粘合技术粘合在子底座 130 上的晶圆。子底座 130 可由多种不同的材料制作而成,并且可具有多种不同的厚度,优选的子底座 130 是导电的,使得电信号可经过子底座 130 应用于 LED 的有源区。该信号还沿着导电通孔 128 经过复合层。

[0066] 现在参照图 10d,可利用已知的研磨和/或蚀刻工艺去除生长衬底 60(如图 10c 所示)。可在 n 型层 56 上沉积第一接触 134,并且可在子底座 130 上沉积第二接触 136。第一接触 134 和第二接触 136 可包含多种不同的材料,如 Au、铜(Cu)、镍(Ni)、铟(In)、铝(Al)、银(Ag)、或其组合物。在其他实施方式中,第一接触和第二接触可包含导电氧化物和透明的导电氧化物,如 ITO、氧化镍、氧化锌、氧化镉锡、氧化铟、氧化锡、氧化镁、 $\text{ZnGa}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnO}_2/\text{Sb}$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{Sn}$ 、 $\text{AgInO}_2/\text{Sn}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3/\text{Zn}$ 、 $\text{CuAlO}_2$ 、 $\text{LaCuO}_2$ 、 $\text{CuGaO}_2$  和  $\text{SrCu}_2\text{O}_2$ 。所用材料的选择可取决于接触的位置以及所需材料的特性,如透明度、结电阻率和表面电阻。例如,可通过激光织构工艺、机械成形工艺、蚀刻(化学或等离子)工艺、划痕工艺或其他工艺来织构或成形 n 型层 56 的顶表面,以增强光提取。

[0067] 在操作过程中,电信号通过第一接触 134 和第二接触 136 应用于 LED50。第一接触 134 上的信号扩散到 n 型层 56 中并扩散至有源区 54。第二接触 136 上的信号扩散到子底座 130 中,沿着通孔 128 经过复合层 62,然后经过电流扩散层 64 进入 p 型层 58 中,并到达

有源区 54。这使得有源区 54 发射光,并且复合层 62 布置成朝向子底座 128 反射从有源区发射的光,或者朝向子底座 130 反射由 TIR 反射的光,然后反射回 LED 芯片 50 顶部。复合层 62 促进朝向 LED 芯片 50 顶部的发射,并且由于其改进的反射率,而减少了反射过程中发生的耗损。

[0068] 应该理解的是,复合层可以多种不同的方式使用,并且可设于 LED、LED 芯片和其他固态发射器上的多个不同位置处。如图 13a 和图 13b 所示,复合层可与横向几何结构的 LED 芯片 150 结合使用,其中,两个接触位于 LED 的一侧上。LED 150 的各层通常与 LED 芯片 50 的各层相同,并且可包括夹在相对的 n 型掺杂的外延层 156 和 p 型掺杂的外延层 158 之间的有源层 / 区 154,所有的这些层相继形成于生长衬底 160 上。对于横向几何结构的 LED,例如,通过蚀刻方法去除 p 型层 158 和有源区 154 的一部分,以露出 n 型层 156 上的接触台面 161。在该实施方式中,与上述的复合层 62 类似,可在 n 型层 156 的表面上和 p 型层 158 的表面上包括复合层 162,该复合层具有与上述金属层 126 和通孔 128 类似的金属层 164 和导电通孔 166。

[0069] 现在参照图 13b,可利用已知的安装工艺将 LED 芯片 150 以倒装芯片方式安装在子底座 168 上,优选地,通过导电粘合剂 170 安装于复合层 162 上的金属层 164。来自子底座 168 的电信号通过导电粘合剂 170 和复合层 162 应用于 LED,使得 LED 芯片发射光。复合层 162 将指向子底座 168 的光反射回 LED 芯片 150 的发射表面。复合层 162 的改进反射率减少了 LED 芯片 150 的反射率耗损并改进了整体发射效率。

[0070] 图 14 示出了根据本发明的 LED 180 的又一实施方式,该 LED 也具有夹在相对的 n 型掺杂外延层 186 和 p 型掺杂外延层 188 之间的有源层 / 区 184,所有这些层都相继形成在生长衬底 190 上。例如,通过蚀刻来去除 p 型层 188 和有源区 184 的一部分,以露出 n 型层 186 上的接触台面。在该实施方式中,在 p 型层 188 上和 n 型层 186 的接触台面上沉积 p 型接触 192 和 n 型接触 194,并且可在衬底 190 的底表面上包括复合层 196。

[0071] 在该实施方式中,电信号没有通过复合层 196 应用于 LED。相反,电信号通过 p 型接触 192 和 n 型接触 194 应用,并横向扩散至有源区 184。因此,电信号不需要经过复合层 196,并且复合层 196 不需要导电通孔。相反,在整个衬底底表面上可包括不间断的复合层,以朝向衬底反射从有源区发射的光和朝向衬底反射的 TIR 光。应该理解的是,在不同实施方式中,复合层也可覆盖 LED 180 的整个或部分侧表面,并且可与 p 型接触 192 和 n 型接触 194 一起使用复合层来改进它们的反射率。

[0072] 还应该理解的是,在倒装芯片的实施方式中,复合层还可用在子底座的底表面上,其中子底座是透明的。在这些实施方式中,不需要图 13b 所示的内复合层 162,也可实现所需的反射率。

[0073] 图 15 示出了 LED 芯片 210 的又一实施方式,该 LED 芯片具有有源层 / 区 214、相对的 n 型掺杂外延层 216 和 p 型掺杂外延层 218,所有这些层相继形成在生长衬底 220 上。LED 210 具有竖向几何结构,其中 p 型接触 224 位于 p 型层 218 上。一薄的半透明的电流扩散层(未示出)可覆盖部分或整个 p 型层 218,电流扩散层通常为金属(如 Pt)或透明的导电氧化物(如 ITO),但也可使用其他材料。在衬底 220 上包括复合层 226,并且因为 LED 210 具有竖向几何结构,所以电信号可通过复合层 226 应用于 LED。该复合层包括与上述导电通孔类似的导电通孔 228,允许电信号通过复合层 226。复合层 226 还可包括金属层 230,

该金属层上具有 n 型接触 232。该实施方式尤其可应用于具有导电衬底的 LED, 并且应用于 p 型接触 224 和 n 型接触 232 的电信号扩散到 LED 的有源区 214, 使得其发射光。还应该理解的是, 可在 p 型接触中包括复合层, 以改进其反射率。

[0074] 在本发明的不同实施方式中, 除了传导电信号外, 通孔还可用作其他目的。在一些实施方式中, 通孔可以导热, 以帮助散去 LED 产生的热量。热量可通过可散热的通孔从 LED 中散去。

[0075] 虽然参照本发明的某些优选配置详细描述了本发明, 但是其他方案也是可行的。因此, 本发明的精神和范围不应局限于上述方案。

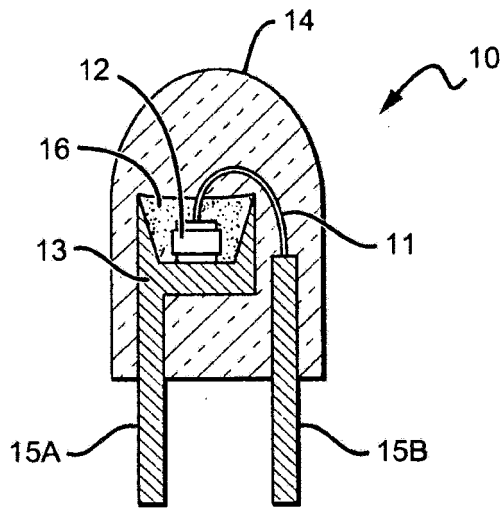


图 1(现有技术)

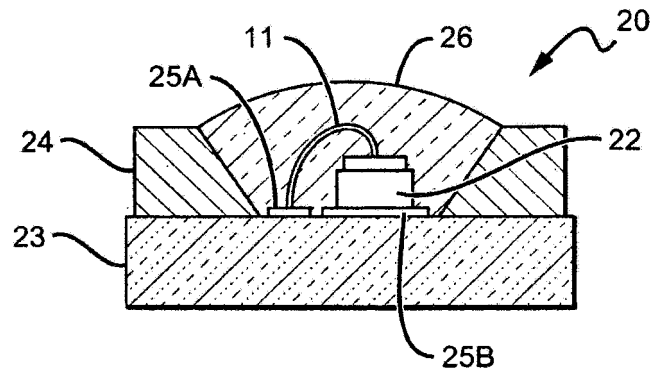


图 2(现有技术)

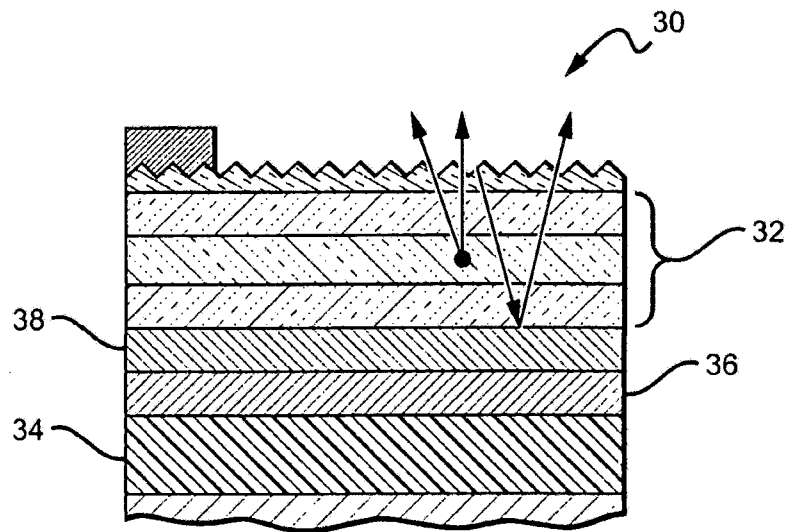


图 3(现有技术)

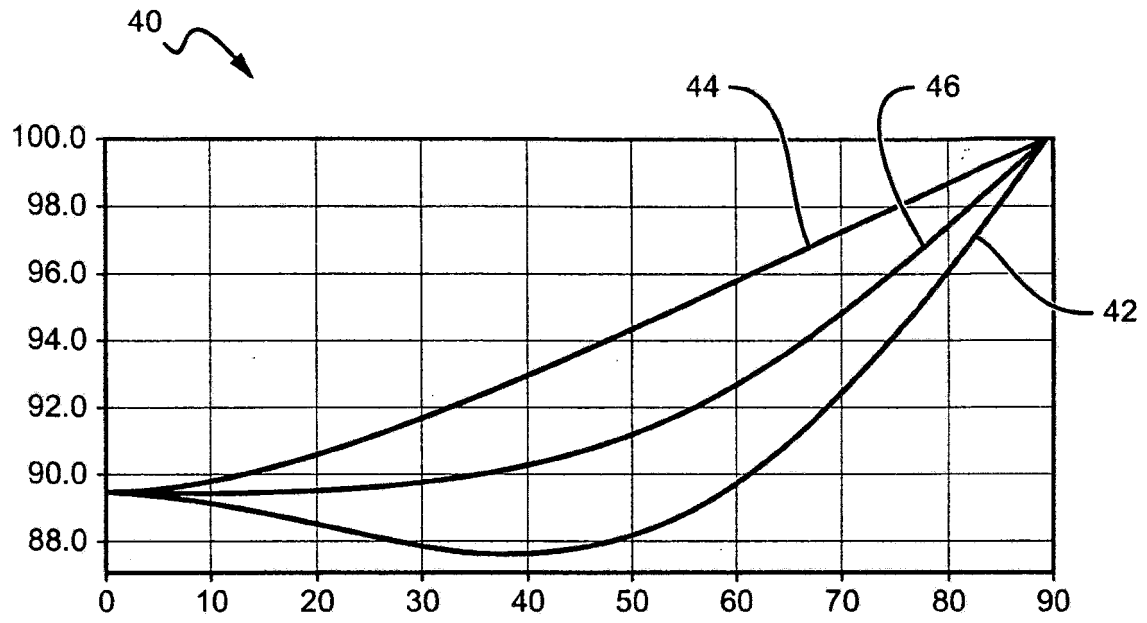


图 4

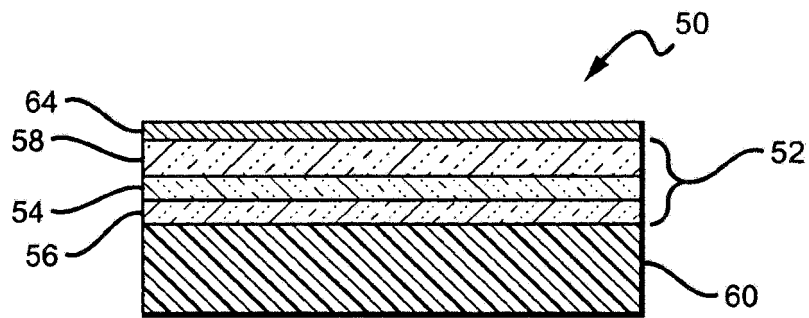


图 5a

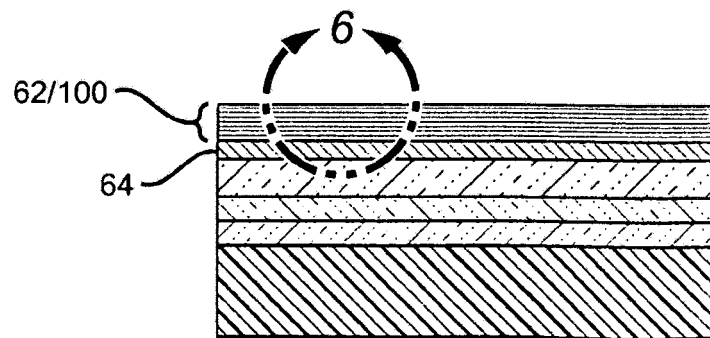


图 5b

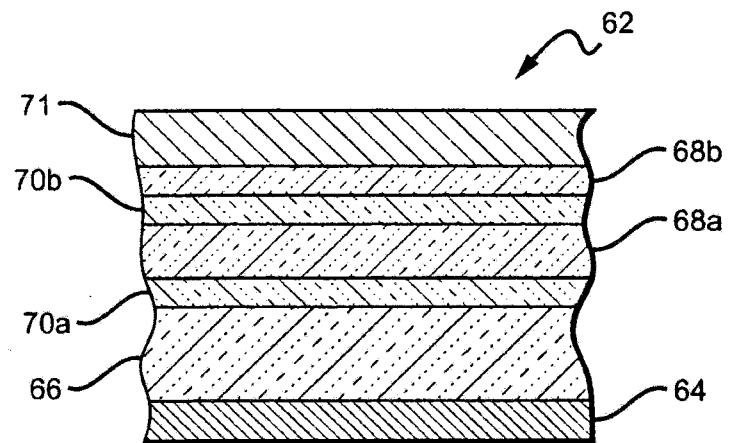


图 6

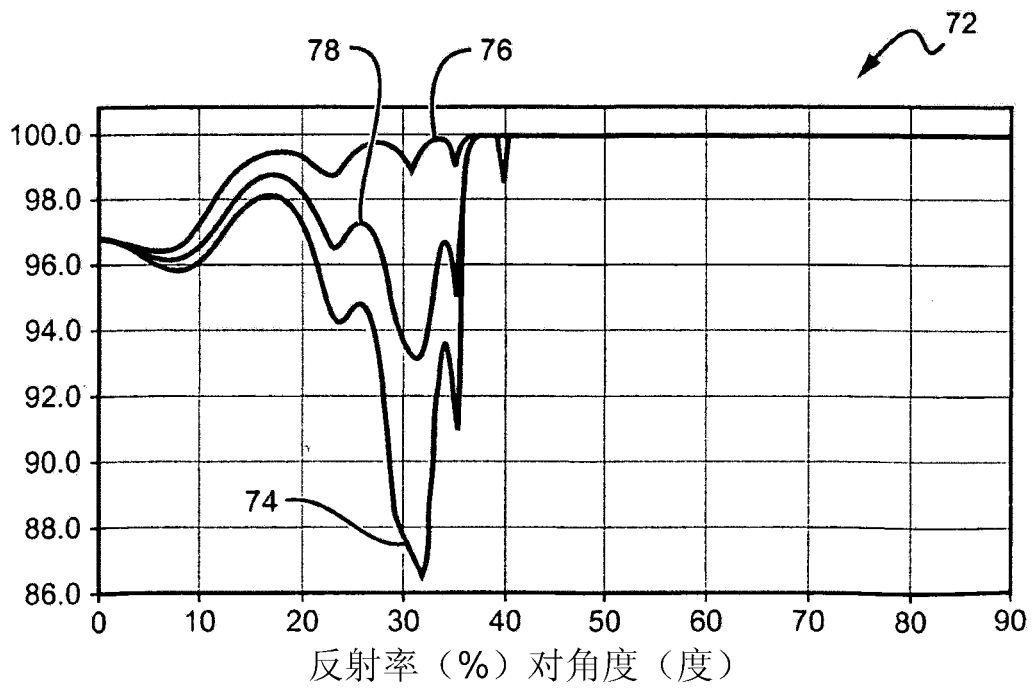


图 7



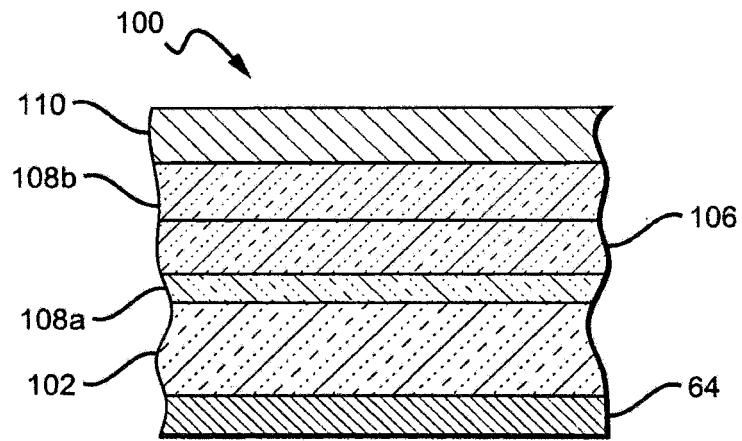


图 9

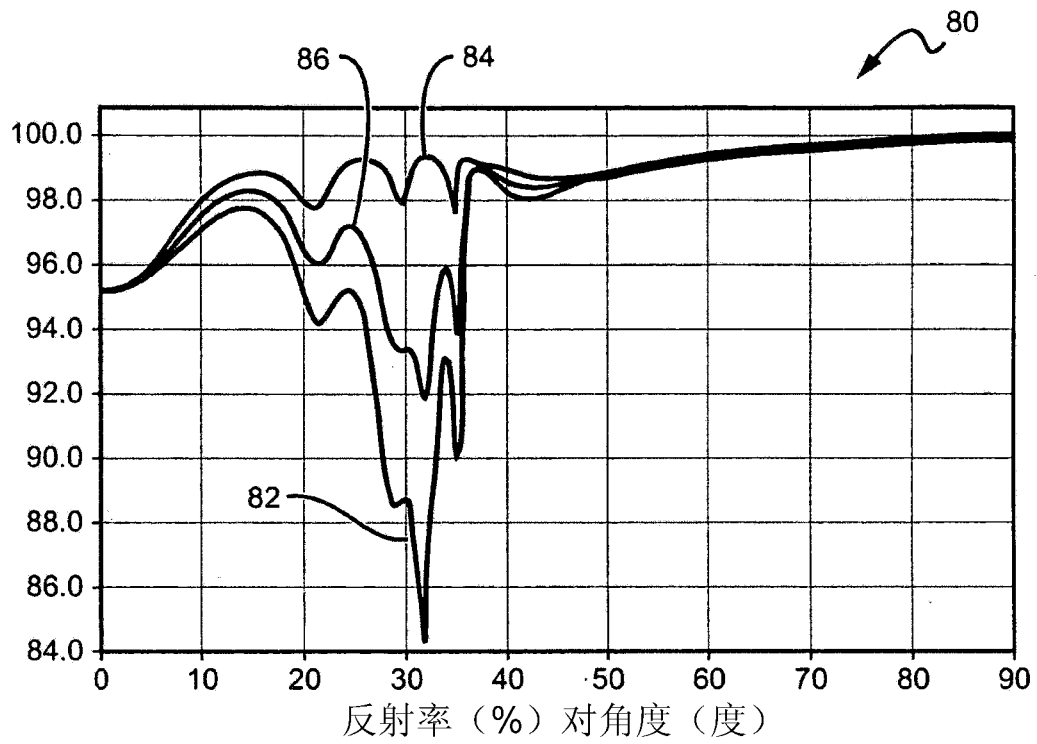


图 8

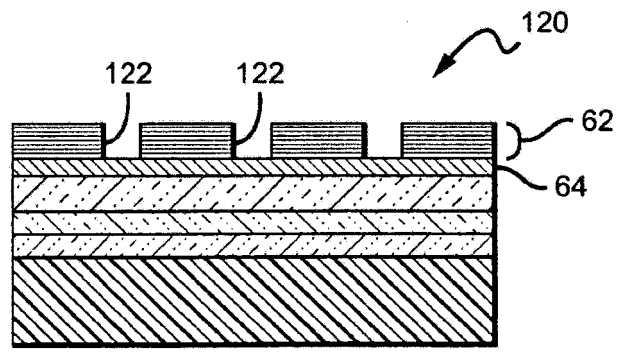


图 10a

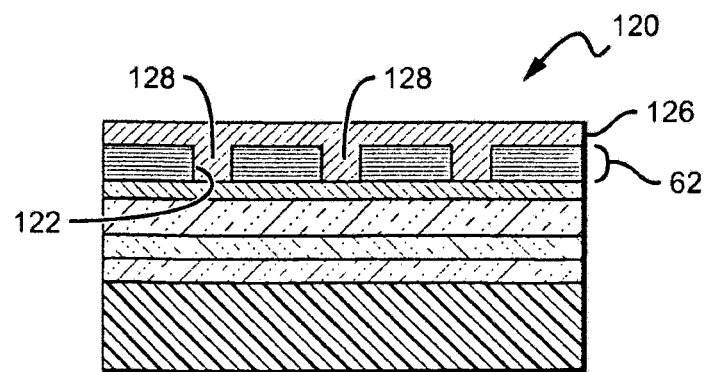


图 10b

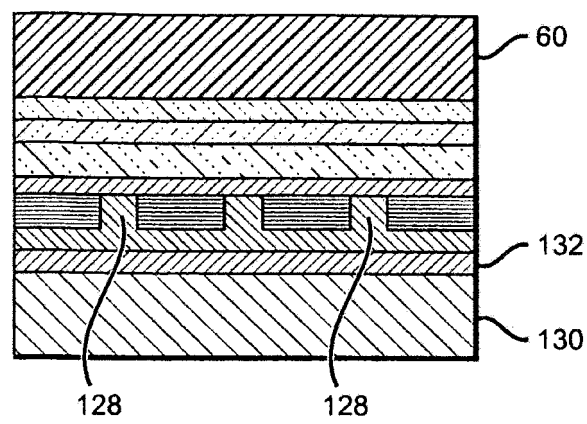


图 10c

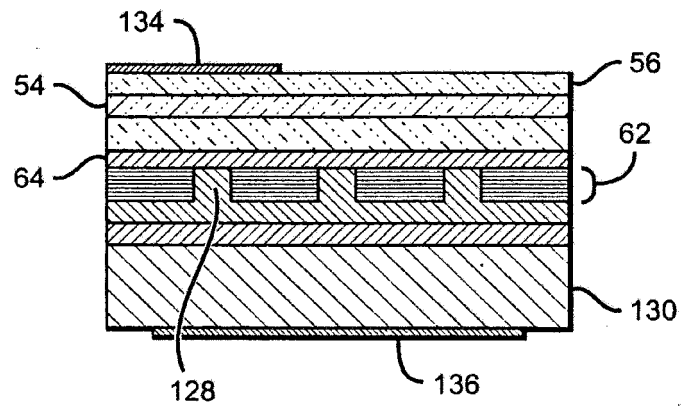


图 10d

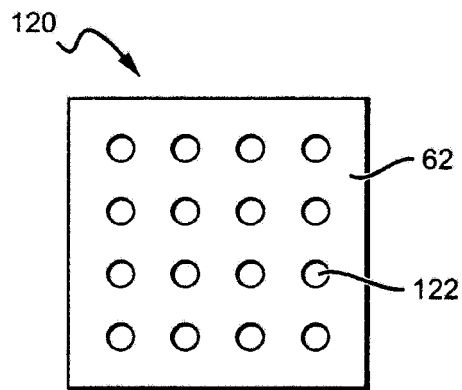


图 11

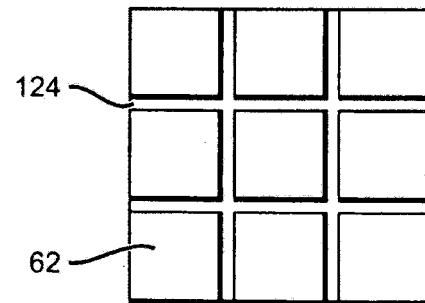


图 12

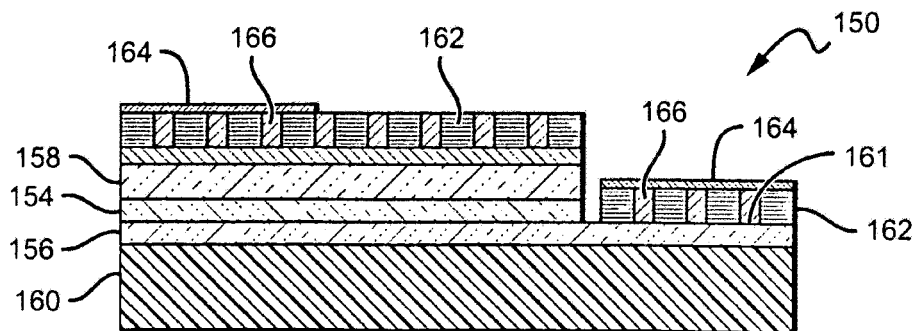


图 13a

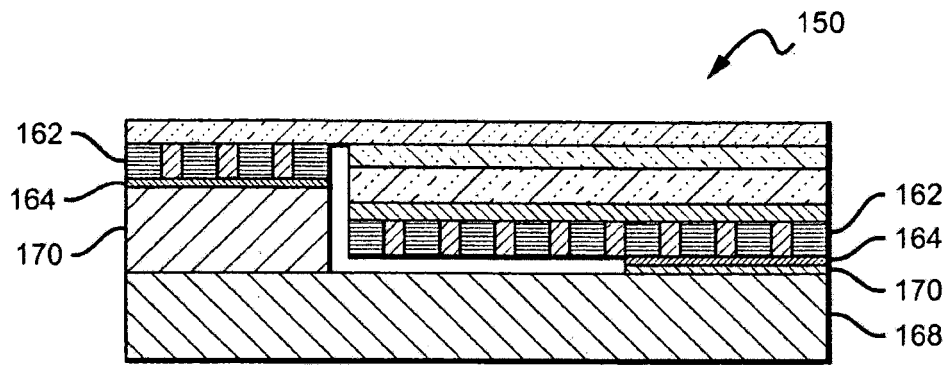


图 13b

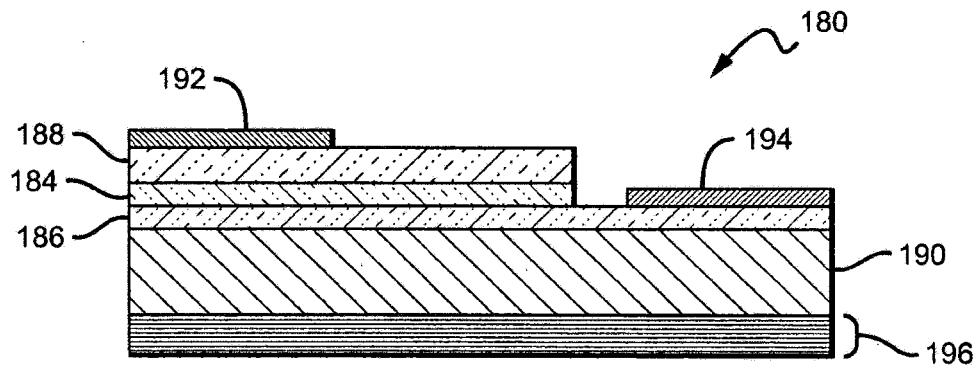


图 14

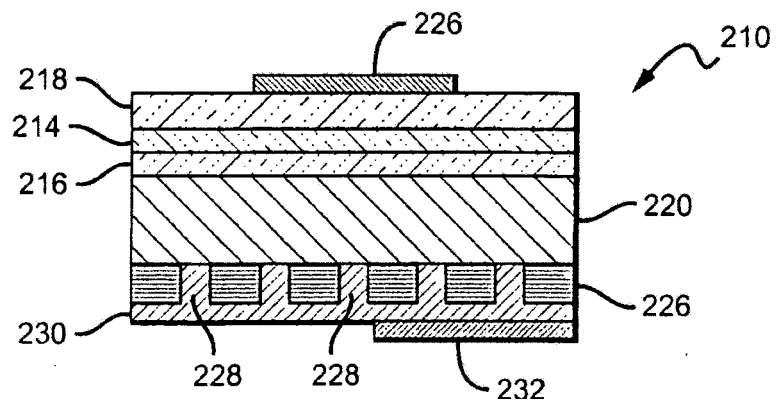


图 15