



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103474546 B

(45)授权公告日 2016.12.07

(21)申请号 201210185708.X

TW 200623571 A, 2006.07.01,

(22)申请日 2012.06.07

US 2010/0123166 A1, 2010.05.20,

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 陈袁园

申请公布号 CN 103474546 A

(43)申请公布日 2013.12.25

(73)专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华大学清华-

富士康纳米科技研究中心401室

专利权人 鸿富锦精密工业(深圳)有限公司

(72)发明人 朱钧 张淏酥 朱振东 李群庆

金国藩 范守善

(51)Int.Cl.

H01L 33/44(2010.01)

(56)对比文件

CN 1791810 A, 2006.06.21,

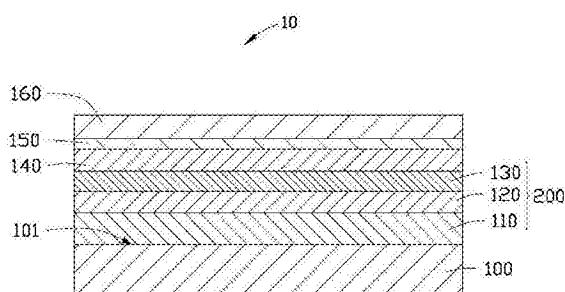
权利要求书2页 说明书15页 附图6页

(54)发明名称

半导体结构

(57)摘要

本发明涉及一种半导体结构，其包括：依次层叠设置的一第一半导体层、一活性层以及一第二半导体层；一第一光学对称层设置于所述第二半导体层远离第一半导体层的表面；一金属等离子体产生层设置于所述第一光学对称层远离第一半导体层的表面；一第二光学对称层设置于所述金属等离子体产生层远离第一半导体层的表面。



1. 一种半导体结构,其包括:

一基底;

一第一半导体层、一活性层以及一第二半导体层依次层叠设置于所述基底的一表面;

其特征在于:进一步包括一第一光学对称层、金属等离子体产生层以及第二光学对称层依次层叠设置于所述第二半导体层远离基底的表面,所述第二光学对称层的等效折射率 n_1 ,与所述基底、第一半导体层、活性层、第二半导体层以及第一光学对称层整体的等效折射率 n_2 的差值 Δn 大于等于0小于等于0.5,其中 $\Delta n = |n_1 - n_2|$ 。

2. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述金属等离子体产生层的材料的折射率为一复数,且该复数的虚部大于零或者小于零,且金属等离子体产生层的材料的介质常数为一复数,且该复数的实部为一负数。

3. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述金属等离子体产生层的材料为金、银、铝、铜或它们的合金或金属陶瓷。

4. 如权利要求3所述的半导体结构,其特征在于,所述金属陶瓷为金属材料和电介质材料构成的复合材料。

5. 如权利要求4所述的半导体结构,其特征在于,所述金属陶瓷的成分包括二氧化硅和银。

6. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述第一光学对称层的折射率小于所述第一半导体层、活性层以及第二半导体层形成的复合半导体层的折射率。

7. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述第一光学对称层的材料为二氧化硅、氟化镁或氟化锂。

8. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述第一光学对称层的厚度为5纳米至40纳米。

9. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述第一光学对称层的折射率的值的范围为1.2至1.8。

10. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述第二光学对称层的材料为硅、二氧化钛、氧化铪、氧化锆或者聚酰亚胺。

11. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述第二光学对称层的折射率大于所述第一半导体层、活性层以及第二半导体层形成的复合半导体层的折射率。

12. 如权利要求11所述的半导体结构,其特征在于,所述第二光学对称层的折射率的值的范围为2.5至3.4。

13. 如权利要求12所述的半导体结构,其特征在于,所述第二光学对称层的厚度为0.5纳米至9纳米。

14. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述第二光学对称层的折射率小于所述第一半导体层、活性层以及第二半导体层形成的复合半导体层的折射率。

15. 如权利要求14所述的半导体结构,其特征在于,所述第二光学对称层的厚度为50纳米至300纳米。

16. 如权利要求1所述的半导体结构,其特征在于,所述半导体结构进一步包括多个三维纳米结构,所述三维纳米结构设置于第二半导体层远离活性层的表面。

17. 如权利要求16所述的半导体结构,其特征在于,所述多个三维纳米结构并排延伸,

每一所述三维纳米结构包括一第一凸棱及一第二凸棱，所述第一凸棱与第二凸棱并排延伸，相邻的第一凸棱与第二凸棱之间具有一第一凹槽，相邻的三维纳米结构之间形成第二凹槽，所述第一凹槽的深度小于第二凹槽的深度，每一三维纳米结构在其延伸方向上的横截面为M形，所述横截面垂直于所述三维纳米结构的延伸方向。

18. 如权利要求16所述的半导体结构，其特征在于，所述第一光学对称层、金属等离子体产生层以及第二光学对称层依次层叠设置于所述多个三维纳米结构的表面。

19. 如权利要求18所述的半导体结构，其特征在于，所述第一光学对称层、金属等离子体产生层以及第二光学对称层与所述多个三维纳米结构的起伏趋势相同。

20. 一种半导体结构，其包括：

依次层叠设置的一第一半导体层、一活性层以及一第二半导体层；

一第一光学对称层，其设置于所述第二半导体层远离第一半导体层的表面；

一金属等离子体产生层，其设置于所述第一光学对称层远离第一半导体层的表面；

一第二光学对称层，其设置于所述金属等离子体产生层远离第一半导体层的表面；所述第二光学对称层的等效折射率 n_1 ，与所述第一半导体层、活性层、第二半导体层以及第一光学对称层整体的等效折射率 n_2 的差值 Δn 大于等于0小于等于0.5，其中 $\Delta n = |n_1 - n_2|$ 。

半导体结构

技术领域

[0001] 本发明涉及一种半导体结构。

背景技术

[0002] 由氮化镓半导体材料制成的高效蓝光、绿光和白光发光二极管具有寿命长、节能、绿色环保等显著特点，已被广泛应用于大屏幕彩色显示、汽车照明、交通信号、多媒体显示和光通讯等领域，特别是在照明领域具有广阔的发展潜力。

[0003] 传统的半导体结构通常包括一基底、N型半导体层、P型半导体层、设置在N型半导体层与P型半导体层之间的活性层、设置在P型半导体层上的P型电极（通常为透明电极）以及设置在N型半导体层上的N型电极。所述N型半导体层、活性层以及P型半导体层依次层叠设置在基底表面。半导体结构处于工作状态时，在P型半导体层与N型半导体层上分别施加正、负电压，这样，存在于P型半导体层中的空穴与存在于N型半导体层中的电子在活性层中发生复合而产生光，光从半导体结构中射出。

[0004] 然而，由于半导体的折射率大于空气的折射率，来自活性层的近场倏逝光波（衰减距离小于20纳米的波）在向外辐射的过程中均由于迅速衰减而无法出射，从而被限制在半导体结构的内部，直至被半导体结构内的材料完全吸收，影响了半导体结构的出光率。

发明内容

[0005] 综上所述，确有必要提供一种光取出效率较高的半导体结构。

[0006] 一种半导体结构，其包括：一基底；一第一半导体层、一活性层以及一第二半导体层依次层叠设置于所述基底的一表面；其中，进一步包括一第一光学对称层、金属等离子体产生层以及第二光学对称层依次层叠设置于所述第二半导体层远离基底的表面，所述第二光学对称层的折射率 n_1 ，与所述基底、第一半导体层、活性层、第二半导体层以及第一光学对称层的整体等效折射率 n_2 的差值 Δn 大于等于0小于等于0.5，其中 $\Delta n=|n_1-n_2|$ 。

[0007] 一种半导体结构，其包括：依次层叠设置的一第一半导体层、一活性层以及一第二半导体层；一第一光学对称层设置于所述第二半导体层远离第一半导体层的表面；一金属等离子体产生层设置于所述第一光学对称层远离第一半导体层的表面；一第二光学对称层设置于所述金属等离子体产生层远离第一半导体层的表面。

[0008] 与现有技术相比，本发明提供的半导体结构中，由活性层产生的近场倏逝波到达金属等离子体产生层后，在金属等离子体产生层的作用下被放大并转化为金属等离子体，金属等离子体向周围传播并经由第二光学对称层出射耦合成出射光，如此，可使活性层中的近场倏逝波出射，并成为可见光。

附图说明

[0009] 图1为本发明第一实施例提供的半导体结构的结构示意图。

[0010] 图2为本发明第二实施例提供的半导体结构的结构示意图。

- [0011] 图3为本发明第三实施例提供的半导体结构的结构示意图。
- [0012] 图4为图3所示的半导体结构中三维纳米结构阵列的结构示意图。
- [0013] 图5为图3所示的半导体结构中三维纳米结构阵列的扫描电镜照片。
- [0014] 图6为图4所示三维纳米结构阵列沿VI-VI线的剖面图。
- [0015] 图7为本发明第四实施例提供的半导体结构的结构示意图。
- [0016] 图8为本发明第五实施例提供的发光二极管的结构示意图。
- [0017] 图9为本发明第六实施例提供的发光二极管的结构示意图。
- [0018] 图10为本发明第六实施例提供的发光二极管与背景技术中发光二极管的光激发效率的对比示意图。
- [0019] 图11为本发明第七实施例提供的发光二极管的制备方法的工艺流程图。
- [0020] 图12为本发明第八实施例提供的发光二极管的制备方法的工艺流程图。
- [0021] 主要元件符号说明
- [0022]

| | |
|-----------|-------------|
| 半导体结构 | 10,20,30,40 |
| 发光二极管 | 50,60 |
| 基底 | 100 |
| 外延生长面 | 101 |
| 第一半导体层 | 110 |
| 第一电极 | 112 |
| 活性层 | 120 |
| 第二半导体层 | 130 |
| 本体部分 | 130a |
| 凸起部分 | 130b |
| 三维纳米结构 | 133 |
| 第二电极 | 132 |
| 第一光学对称层 | 140 |
| 金属等离子体产生层 | 150 |
| 第二光学对称层 | 160 |
| 第一凸棱 | 1332 |
| 第二凸棱 | 1334 |
| 第一凹槽 | 1336 |
| 第二凹槽 | 1338 |
| 复合半导体层 | 200 |

[0023] 如下具体实施例将结合上述附图进一步说明本发明。

具体实施方式

[0024] 以下将结合附图详细说明本发明提供的半导体结构、发光二极管及其制备方法的实施例以及具体实施例。

[0025] 请参阅图1,本发明第一实施例提供一种半导体结构10,其包括一基底100、一第一

半导体层110、一活性层120、一第二半导体层130、一第一光学对称层140、一金属等离子体产生层150及一第二光学对称层160。所述第一半导体层110、活性层120、第二半导体层130、第一光学对称层140、金属等离子体产生层150、以及第二光学对称层160依次层叠设置于所述基底100的表面，且所述第一半导体层110靠近所述基底100设置。所述第一半导体层110、活性层120以及第二半导体层130形成一复合半导体层200。所述半导体结构10以金属等离子体产生层150为对称中心，所述第二光学对称层160的等效折射率，与基底100、复合半导体层200以及第一光学对称层140整体的等效折射率的差值小于0.5。

[0026] 所述基底100为一透明材料，其提供了用于生长第一半导体层110的一外延生长面101。所述基底100的外延生长面101是分子平滑的表面，且去除了氧或碳等杂质。所述基底100可为单层或多层结构。当所述基底100为单层结构时，该基底100可为一单晶结构体，且具有一晶面作为第一半导体层110的外延生长面101。所述单层结构的基底100的材料可以是SOI(silicon on insulator, 绝缘基底上的硅)、LiGaO₂、LiAlO₂、Al₂O₃、Si、GaAs、GaN、GaSb、InN、InP、InAs、InSb、AlP、AlAs、AlSb、AlN、GaP、SiC、SiGe、GaMnAs、GaAlAs、GaInAs、GaAlN、GaInN、AlInN、GaAsP、InGaN、AlGaInN、AlGaInP、GaP:Zn 或GaP:N等。当所述基底100为多层结构时，其需要包括至少一层上述单晶结构体，且该单晶结构体具有一晶面作为第一半导体层110的外延生长面101。所述基底100的材料可以根据所要生长的第一半导体层110来选择，优选地，使所述基底100与第一半导体层110具有相近的晶格常数以及热膨胀系数。所述基底100的厚度、大小和形状不限，可以根据实际需要选择。所述基底100不限于上述列举的材料，只要具有支持第一半导体层110生长的外延生长面101的透明基底100均属于本发明的保护范围。本发明第一实施例中，基底100的材料为蓝宝石。

[0027] 所述第一半导体层110的厚度可以根据需要制备。具体地，所述第一半导体层110的生长的厚度可为1微米至15微米。所述第一半导体层110为一掺杂的半导体层，该掺杂的半导体层为N型半导体层，所述N型半导体层的材料包括N型氮化镓、N型砷化镓及N型磷化铜等中的一种。所述N型半导体层具有提供电子移动场所的作用。本实施例中，所述第一半导体层110为Si掺杂的N型氮化镓，其厚度为1460纳米。

[0028] 所述活性层120的厚度为0.01微米至0.6微米。所述活性层120为包含一层或多层量子阱层的量子阱结构(Quantum Well)。量子阱层的材料为氮化铟镓、氮化铟镓铝、砷化镓、砷化铝镓、磷化铟镓、磷化铟砷或砷化铟镓中的一种或多种。本实施例中，所述活性层120为InGaN/GaN的复合结构，其厚度为10纳米。所述活性层120为光子激发层，为电子与空穴相结合产生光子的场所。在使用所述半导体结构10过程中，给P型半导体层和N型半导体层施加一电压，则P型半导体层产生的空穴和N型半导体层产生的电子在活性层120相结合产生光子。

[0029] 所述第二半导体层130为P型半导体层，所述P型半导体层具有提供空穴移动场所的作用。所述第二半导体层130设置于金属等离子体产生层150和活性层120之间。所述第二半导体层130的厚度可以根据需要制备。优选地，所述第二半导体层130的厚度为5纳米至250纳米。优选地，所述第二半导体层130的厚度为10纳米至200纳米。优选地，所述第二半导体层130的厚度为10纳米至30纳米。具体地，所述第二半导体层130的厚度可为10纳米、50纳米、100纳米或200纳米。本实施例中，所述第二半导体层130为镁(Mg)掺杂的P型氮化镓，其厚度为10纳米。

[0030] 所述金属等离子体产生层150的材料为任何可在光子作用下产生金属等离子体的材料,即,该金属等离子体产生层150的材料在光学上为金属性的材料。进一步,该金属等离子体产生层150的材料满足下述两个条件:第一,金属等离子体产生层150的材料的折射率为一复数,且该复数的虚部大于零或者小于零;第二,金属等离子体产生层150的材料的介质常数为一复数,且该复数的实部为一个负数。具体地,所述金属等离子体产生层150的材料的选择依据活性层120中产生的光的波长而定,不同材料的金属等离子体产生层150可与活性层120更好地相互作用。具体地,若活性层120产生的光为短波长的光,所述金属等离子体产生层150的材料可为金属材料,即纯金属或其合金。所述纯金属为银、铝、铜或者金等金属。优选地,所述金属等离子体产生层150的材料优选为银。若活性层120产生的光为长波长的光,则所述金属等离子体产生层150优选为金属复合材料,例如,金属陶瓷等。所述金属陶瓷为包含金属材料和电介质材料的复合材料。所述电介质材料即为不导电材料,所述电介质材料可为二氧化硅、硅或者陶瓷材料等。所述金属材料可为纯金属或合金。所述金属材料和电介质材料的比例不限,只需确保复合后的金属复合材料可满足上述两个条件,即只需确保复合后的金属复合材料在光学上仍为金属性的材料即可。具体地,所述金属陶瓷中,电介质材料的质量百分比小于等于40%、小于等于35%、小于等于30%、小于等于25%、小于等于20%、小于等于15%、小于等于10%或小于等于5%。具体地,所述电介质材料的质量百分比40%、35%、30%、25%、20%、15%、10%或5%。优选地,所述金属等离子体产生层150的材料为银和二氧化硅复合形成的金属陶瓷。在银和二氧化硅复合形成的金属陶瓷中,二氧化硅的质量百分比为小于等于40%时即可确保该金属陶瓷可产生金属等离子体。优选地,二氧化硅的质量百分比为小于等于30%,小于等于20%或小于等于10%。优选地,所述银和二氧化硅复合形成的金属陶瓷中,二氧化硅的质量百分比为20%,此时该种金属陶瓷对于活性层120中产生的波长为510纳米的绿光的出射效果较好。本实施例中,所述金属等离子体产生层150的材料为银。

[0031] 所述金属等离子体产生层150的厚度的范围为10纳米到30纳米。优选地,金属等离子体产生层150的厚度的范围为20纳米到30纳米。优选地,所述金属等离子体产生层150的厚度的范围为15纳米到20纳米。优选地,金属等离子体产生层150的厚度的范围为10纳米到15纳米。具体地,金属等离子体产生层150的厚度可为10纳米、15纳米、20纳米、25纳米或30纳米。通过选择合适厚度的金属等离子体产生层150,由活性层120产生的光子可以较好的通过金属等离子体产生层150,而避免被转化成热,还可以使金属等离子体产生层150可产生较多的金属等离子体,使金属等离子体产生层150和活性层120的相互作用较强。本实施例中,金属等离子体产生层150的厚度为15纳米。

[0032] 所述金属等离子体产生层150的作用为:第一,由活性层120产生的近场倏逝波到达金属等离子体产生层150后,在金属等离子体产生层150的作用下产生金属等离子体,金属等离子体向周围传播并经由第二光学对称层160或基底100的方向出射成为出射光,如此,可使活性层120中的近场倏逝波出射;第二,由活性层120产生的光子到达金属等离子体产生层150后,金属等离子体产生层150在光子的作用下产生金属等离子体,金属等离子体向周围传播,当金属等离子体传播到达活性层120之后,与活性层120中的量子阱作用,使活性层120激发出更多的二次光子。活性层120中产生的二次光子到达金属等离子体产生层150,使金属等离子体产生层150产生出更多的金属等离子体。如此,在金属等离子体产生层

150和活性层120的相互作用下,活性层120可以产生出更多的光子,使半导体结构10的出光率增加。因此,通过选择合适厚度的第二半导体层130,可使金属等离子体产生层150与活性层120之间距离较近,从而金属等离子体产生层150和活性层120的相互作用较强,还可保证电流在所述第二半导体层130的分布均匀。

[0033] 所述第一光学对称层140设置于第二半导体层130远离基底100的表面,具体的,所述第一光学对称层140设置于第二半导体层130和金属等离子体产生层150之间。优选的,所述第一光学对称层140的材料为低折射率的材料,所述“低折射率”为相对于所述复合半导体层200而言,即所述第一光学对称层140的折射率小于复合半导体层200的折射率。优选的,所述第一光学对称层140的材料的折射率为1.2至1.8。优选地,所述第一光学对称层140的材料的折射率为1.3至1.4。优选地,所述第一光学对称层140的材料的折射率为1.4至1.5。所述第一光学对称层140的材料可为二氧化硅、氟化镁(MgF_2)或氟化锂(LiF)。所述复合半导体层200的整体的折射率与第一光学对称层140的材料的折射率的差值大于等于0.7,优选地,所述折射率之差值大于等于1、1.1、1.2、1.3、1.4或1.5。所述折射率之差越大,则对活性层120中的热损耗抑制越有效,从而可使更多的倏逝波从活性层120中提取出来,从而所述半导体结构10的出光率越高。由于金属等离子体产生层150的折射率为一复数,其包括一实部和一虚部。当金属等离子体产生层150的折射率的虚部较大时,金属等离子体较容易转化成热。通过选用低折射率材料作为第一光学对称层140,可使金属等离子体产生层150的折射率的实部和虚部同时减少,从而使金属等离子体的热损耗减少,并且传播的路程更远,进而提高半导体结构10的出光率。本实施例中,所述第一光学对称层140的材料为 SiO_2 。

[0034] 所述第一光学对称层140的厚度依据实际应用选择。优选地,所述第一光学对称层140的厚度范围为5纳米到40纳米。优选地,所述第一光学对称层140的厚度范围为5纳米到10纳米。优选地,所述第一光学对称层140的厚度范围为10纳米到20纳米。优选地,所述第一光学对称层140的厚度范围为20纳米到30纳米。优选地,所述第一光学对称层140的厚度范围为30纳米到40纳米。通过选择合适厚度的所述第一光学对称层140,可使金属等离子体产生层150和活性层120之间的距离较近,金属等离子体产生层150和活性层120之间的相互作用较强,使活性层120产生较多的光子。本实施例中所述第一光学对称层140的厚度为20纳米。

[0035] 本实施例半导体结构10中,所述基底100为蓝宝石,第一半导体层110的材料为N型氮化镓、活性层120的材料为InGaN/GaN的复合结构,第二半导体层130的材料为P型氮化镓,所述第一光学对称层140的材料为 SiO_2 。所述复合半导体层200的整体的折射率为2.5。

[0036] 所述第二光学对称层160折射率的范围为1.2~3.5。优选的,所述第二光学对称层160的折射率的范围为1.8~2.5;优选的,所述第二光学对称层160的折射率范围为2.5~3.4。所述第二光学对称层160的材料可为但不限于硅、二氧化钛、氧化铪、氧化锆或者聚酰亚胺。所述金属等离子体产生层150两侧的等效折射率相近。本发明中,所述“等效折射率”为多层材料复合在一起时,根据其折射率、厚度等运用色散方程求解所得到的一种折射率的数值。本实施例中,具体的,以金属等离子体产生层150为对称中心,所述第二光学对称层160的等效折射率 n_1 为所述第二光学对称层160与其所在的周边环境(如空气、真空或其他介质等等)通过色散方程求解得到的折射率。同理,所述基底100、复合半导体层200以及第

一光学对称层140的等效折射率也是通过色散方程求解得到的折射率。设第二光学对称层160的等效折射率为第一折射率 n_1 ,基底100、复合半导体层200以及第一光学对称层140的等效折射率为第二折射率 n_2 ,则两者之间的差值 Δn 满足: $0 \leq \Delta n \leq 0.5$,其中 $\Delta n = |n_1 - n_2|$ 。优选的, $0 \leq \Delta n \leq 0.3$ 。所述差值 Δn 越小,则所述半导体结构10的出光率越高。

[0037] 所述第二光学对称层160的厚度可根据其折射率的不同进行选择。具体的,当所述第二光学对称层160的材料为高折射率的材料时,所述第二光学对称层160的厚度可为0.5纳米~9纳米。所述“高折射率”为所述第二光学对称层160的折射率大于所述复合半导体层200的折射率,优选的,所述第二光学对称层160的折射率与复合半导体层200的折射率的差值大于0.7小于6.0,优选的,第二光学对称层160的折射率与复合半导体层200的等效折射率的差值大于0.8小于5.0;优选的,第二光学对称层160的折射率与复合半导体层200的等效折射率的差值大于0.9小于4.0;优选的,第二光学对称层160的折射率与复合半导体层200的等效折射率的差值大于1.0小于3.0。进一步的,所述第二光学对称层160的折射率越大时,其厚度可越小,使得所述半导体结构10具有较高的出光率。

[0038] 当所述第二光学对称层160的折射率为低折射率的材料时,即所述第二光学对称层160的折射率小于复合半导体层200的折射率,所述第二半导体层130的折射率可为1.2~2.5,优选的所述第二光学对称层160的折射率为1.8~2.0,此时可更加方便的对所述第二光学对称层160的厚度进行控制。所述第二光学对称层160的厚度为50纳米~5微米,优选的,所述第二光学对称层的厚度为50纳米~300纳米。所述第二光学对称层160的折射率越小,则所述第二光学对称层160的厚度越大,从而可提高所述半导体结构10的光子的出光效率。相应的,当所述第二光学对称层160的厚度较小,如为1纳米、3纳米、6纳米时,可通过选择高折射率的材料作为第二光学对称层160,形成所述准对称结构的半导体结构10;当所述第二光学对称层160的厚度较大,如为50纳米、200纳米时,可选择低折射率的材料作为第二光学对称层160,形成所述准对称结构的半导体结构10。无论哪种情况下,所述金属等离子体产生层150两侧所述各层的等效折射率相近,从而可提高光子的出光效率。

[0039] 进一步的,所述半导体结构10可进一步包括一缓冲层(图未示)设置于所述基底100与第一半导体层110之间,所述缓冲层可减少第一半导体层110与基底100之间的应力,并减少第一半导体层110形成过程中的晶格缺陷,提高所述半导体结构10的质量。

[0040] 所述半导体结构10具备以下有益效果:第一,由活性层120产生的近场倏逝波到达金属等离子体产生层150后,在金属等离子体产生层150的作用下转化为金属等离子体,金属等离子体向周围传播并经由第二光学对称层160出射成为出射光,如此,可使活性层120中的近场倏逝波出射,并耦合成为可见光;第二,金属等离子体产生层150在光子的作用下产生金属等离子体传播到达活性层120之后,与活性层120中的量子阱相互作用,使活性层120激光出更多的二次光子,活性层120中产生的二次光子到达金属等离子体产生层150,使金属等离子体产生层150产生出更多的金属等离子体,如此反复,在金属等离子体产生层150和活性层120的相互作用下,活性层120可以产生出更多的光子,使半导体结构10的发光效率较高;第三,通过选用低折射率材料作为第一光学对称层140,可使金属等离子体的等效折射率的实部和虚部同时减少,从而使金属等离子体的热损耗减少,并且传播的路程更远,进而提高半导体结构10的出光率;以及第四,通过设置第二光学对称层160,所述半导体结构10以金属等离子体产生层150为对称中心,位于金属等离子体产生层150两侧对称位置

的元件的折射率相近，故活性层120中产生的光由第二光学对称层160和基底100两个出光面均匀地出射，即两个出光面的光强相近，所述半导体结构10的出光均匀。

[0041] 请参阅图2，本发明第二实施例提供一种半导体结构20，其包括依次层叠设置的第一半导体层110、一活性层120、一第二半导体层130、一第一光学对称层140、一金属等离子体产生层150及一第二光学对称层160。所述第一半导体层110、活性层120以及第二半导体层130形成一复合半导体层200。

[0042] 本发明第二实施例提供的半导体结构20的结构与第一实施例中所述的半导体结构10基本相同，其不同在于，所述半导体结构20不包括基底100。所述第二光学对称层160的等效折射率，与第一光学对称层140、复合半导体层200复合层的等效折射率相近。具体的，两者之间的差值大于等于0小于等于0.5，优选的，其差值大于等于零，小于等于0.3。所述差值越小，则所述半导体结构20的出光率越高。由于所述半导体结构20不包括基底100，因此所述半导体结构20具有更好的散热能力，从而有效的降低半导体结构20的温度，提高其出光效率。

[0043] 请参阅图3，本发明第三实施例提供一种半导体结构30，其包括依次层叠设置的第一半导体层110、一活性层120、一第二半导体层130、一第一光学对称层140、一金属等离子体产生层150、一第二光学对称层160。所述第一半导体层110、活性层120以及第二半导体层130形成一复合半导体层200。所述第二半导体层130远离活性层120的表面具有多个三维纳米结构133。

[0044] 本发明第三实施例提供的半导体结构30的结构与第二实施例提供的半导体结构20基本相同，其不同在于，所述半导体结构30中，所述第二半导体层130远离活性层的表面进一步包括多个三维纳米结构133。

[0045] 所述设置于第二半导体层130表面的多个三维纳米结构133并排延伸形成图案化的表面，每一三维纳米结构133沿其延伸方向上的横截面为M形。请一并参阅图4，为了便于描述，将该第二半导体层130区分为一本体部分130a及一由该本体部分130a向远离该本体部分130a方向延伸的一凸起部分130b，所述本体部分130a与该凸起部分130b通过一“界面”整体分开，所述界面形成所述本体部分130a的表面。可以理解，所述“界面”是为方便描述而假设的平面，该平面可平行于所述第二半导体层130的靠近活性层120的表面。所述三维纳米结构133为一凸起结构，所述凸起结构为从所述第二半导体层130的本体部分130a向远离所述本体部分130a的方向突出的凸起实体。所述三维纳米结构133与所述第二半导体层130的本体部分130a为一体成型结构，即所述三维纳米结构133与所述第二半导体层130的本体部分130a之间无间隔的形成一体结构。在平行于所述活性层120表面的水平面内，所述多个三维纳米结构133的延伸方向相同，且在所述三维纳米结构133的延伸的方向上，所述三维纳米结构133的横截面为一M形。换个角度说，所述多个三维纳米结构133为形成于本体部分130a上的多个条形凸起结构，该多个条形凸起结构向同一方向延伸，在沿所述延伸方向的横截面为M形。

[0046] 所述多个三维纳米结构133可在第二半导体层130的本体部分130a上以直线、折线或曲线的形式并排延伸，延伸方向平行于所述本体部分130a的表面。所述“并排”是指所述相邻的两个三维纳米结构133在延伸方向的任一相对位置具有相同的间距，该间距范围为0纳米至200纳米。请一并参阅图5及图6，在本实施例中，所述三维纳米结构133为一条形凸起

结构，所述多个三维纳米结构133在第二半导体层130的本体部分130a上以阵列形式分布，形成所述第二半导体层130的远离基底100的表面，该表面具有一纳米图形，为一图案化的表面。所述多个条形凸起结构基本沿同一方向延伸且彼此平行设置于所述本体部分130a。定义该多个条形凸起结构的延伸方向为X方向，垂直于所述凸起结构的延伸方向为Y方向。则在X方向上，所述条形凸起结构的两端分别延伸至所述第二半导体层130的本体部分130a相对的两边缘，具体的，所述多个条形凸起可在第二半导体层130的本体部分130a以直线、折线或曲线的形式沿X方向延伸；在Y方向上，所述三维纳米结构133为一双峰凸棱结构，所述多个条形凸起并排排列，且所述条形凸起的横截面的形状为M形，即所述三维纳米结构133为一M形三维纳米结构。所述三维纳米结构133包括一第一凸棱1332及一第二凸棱1334，所述第一凸棱1332与第二凸棱1334并排延伸，相邻的第一凸棱1332与第二凸棱1334之间具有一第一凹槽1336，相邻的三维纳米结构133之间形成第二凹槽1338，所述第一凹槽1336的深度小于第二凹槽1338的深度。所述第一凸棱1332及第二凸棱1334的横截面分别为锥形，所述第一凸棱1332与第二凸棱1334形成一双峰凸棱结构。所述第一凸棱1332与第二凸棱1334的高度可为150纳米至200纳米。所述第一凹槽1336的深度可为30纳米至120纳米，所述第二凹槽1338的深度可为100纳米至200纳米。本实施例中，所述第一凹槽1336的深度为80纳米，所述第二凹槽1338的深度为180纳米。

[0047] 所述第二光学对称层160、金属等离子体产生层150以及第一光学对称层140覆盖所述图案化的表面，具体的，所述第一光学对称层140整体覆盖所述三维纳米结构133，并且所述第一光学对称层140的起伏趋势与所述三维纳米结构133的起伏趋势相同。由于所述第二半导体层130的表面具有多个三维纳米结构133，则所述第一光学对称层140与所述第二半导体层130接触的表面也形成一图案化的表面。具体的，所述第一光学对称层140与所述第二半导体层130接触的表面具有多个三维纳米结构，所述三维纳米结构为向第一光学对称层140内部延伸形成的凹进空间，并且该凹进空间与第二半导体层130中所述凸起实体的三维纳米结构133相啮合，进而形成一W形的凹进空间。所述“啮合”是指，所述第一光学对称层140表面形成的三维纳米结构同样包括多个凹槽及凸棱，并且，所述凹槽与所述三维纳米结构133中的第一凸棱1332及第二凸棱1334相配合；所述凸棱与所述三维纳米结构133中的第一凹槽1336及第二凹槽1338相配合，从而所述第一光学对称层140与所述第二半导体层130具有三维纳米结构133的表面无间隙的复合。同样，所述第二光学对称层160以及金属等离子体产生层150的起伏趋势依次与所述三维纳米结构133的起伏趋势相同。从而，所述第二光学对称层160、金属等离子体产生层150以及第一光学对称层140依次为与所述三维纳米结构133起伏趋势相同的层状结构。

[0048] 进一步的，当所述第二光学对称层160的厚度较大时，所述第二光学对称层160远离金属等离子体产生层150的表面也可形成一平面。

[0049] 本发明第三实施例提供的半导体结构30的有益效果是：第一，在使用过程中，当光子以大角度光入射到该三维纳米结构时，可改变所述光子的出射角度，而使之从出光面射出，进一步提高了所述半导体结构30的出光效率；第二，所述三维纳米结构使得金属等离子体产生层150也形成三维纳米结构，该金属等离子体产生层150表面的原有的随机的粗糙被放大为规则的起伏，使得金属等离子体产生层150表面产生更多的散射，从而使得金属等离子体产生层150中产生的金属等离子体可以更容易地从金属等离子体产生层150中释放出

来,从而提高了所述半导体结构10的发光效率。

[0050] 进一步的,可在所述第一半导体层110与活性层120接触的表面也可形成多个三维纳米结构(图未示),从而增大第一半导体层110与活性层120之间的接触面积,提高空穴与电子的复合几率。同时,在活性层120远离第一半导体层110的表面,亦可同时形成多个三维纳米结构(图未示),进而也增加第二半导体层130与活性层120的接触面积。通过在所述活性层120至少一表面形成多个三维纳米结构,因此增大了所述活性层120与第一半导体层110及第二半导体层130之间的接触面积,提高了空穴与电子的复合几率,提高了复合密度,进而提高了所述半导体结构30的发光效率,制备方法简单,效率高。

[0051] 如图7所示,本发明第四实施例提供一种半导体结构40,其包括一基底100、一第一半导体层110、一活性层120、一第二半导体层130、一第一光学对称层140、一金属等离子体产生层150及一第二光学对称层160。所述半导体结构40的结构与所述半导体结构30基本相同,其不同在于,所述半导体结构40可进一步包括一基底100,所述第一半导体层110、一活性层120、一第二半导体层130、一第一光学对称层140、一金属等离子体产生层150及一第二光学对称层160依次层叠设置于所述基底100表面。进一步的,所述基底100远离第一半导体层110的表面可进一步包括多个三维纳米结构(图未示),从而提高所述半导体结构40从基底100表面的出光率。

[0052] 如图8所示,本发明第五实施例提供一种发光二极管(LED)50,其包括一第一半导体层110、一活性层120、一第二半导体层130、一第一光学对称层140、一金属等离子体产生层150、一第二光学对称层160、一第一电极112以及一第二电极132。所述第一电极112覆盖所述第一半导体层110远离活性层120的表面,并与所述第一半导体层110电连接。所述第二电极132与所述第二半导体层130电连接。第一半导体层110、活性层120、第二半导体层130构成发光二极管50的复合半导体层200。所述第二光学对称层160的折射率,与第一半导体层110、活性层120、第二半导体层130、第一光学对称层140的等效折射率相近。

[0053] 本发明第五实施例提供的发光二极管50的结构与第二实施例提供的半导体结构20基本相同,其不同在于,所述发光二极管50进一步包括一第一电极112及第二电极132。

[0054] 所述第一电极112可为N型电极或P型电极,其与第一半导体层110的类型相同。所述第二电极132设置于第二半导体层130的表面。该第二电极132可为N型电极或P型电极,其与第二半导体层130的类型相同。所述第一电极112或第二电极132至少为一层结构,它们的厚度为0.01微米至2微米。所述第一电极112覆盖所述第一半导体层110远离活性层的表面,从而使所述发光二极管50中的电流基本沿垂直于所述复合半导体层200表面的方向传播,即所述发光二极管50形成一垂直结构的发光二极管。所述第一电极112、第二电极132的材料包括钛、铝、镍及其合金中的一种或其任意组合。本实施例中,所述第二电极132为P型电极,该第二电极132为两层结构,包括一厚度为150埃的钛层及一厚度为2000埃的金层。所述第一电极112为N型电极,该第一电极112为两层结构,包括一厚度为150埃的镍层及一厚度为1000埃的金层。

[0055] 所述第二半导体层130远离活性层120的表面根据功能分为第一区域及第二区域,所述第一光学对称层140、金属等离子体产生层150以及第二光学对称层160依次层叠设置于所述第一区域;所述第二电极132设置于未被第一光学对称层140等覆盖的第二区域,从而与所述第二半导体层130电连接。

[0056] 进一步的，所述发光二极管50可进一步包括一反射层(图未示)，所述反射层可设置于所述第一半导体层110远离活性层120的表面，所述反射层可将入射到该表面的光子进行反射，使之从相对的发光二极管50的表面出射。

[0057] 本发明第五实施例提供的发光二极管50的有益效果是：第一，所述发光二极管50在使用过程中，通过第一电极112和第二电极132分别给第一半导体层110和第二半导体层130施加电压，进而活性层120产生光子，由活性层120产生的近场倏逝波到达金属等离子体产生层150后，在金属等离子体产生层150的作用下转化为金属等离子体，金属等离子体向周围传播并经由第二光学对称层160出射并耦合成出射光，如此，可提高发光二极管50的出光率；第二，金属等离子体产生层150在光子的作用下产生金属等离子体，金属等离子体向周围传播，当金属等离子体传播到达活性层120之后，与活性层120中的量子阱相互作用，使活性层120激光出更多的二次光子。同时，活性层120中产生的二次光子再次到达金属等离子体产生层150，使金属等离子体产生层150产生出更多的金属等离子体。如此，在金属等离子体产生层150和活性层120的相互作用下，活性层120可以产生出更多的光子，使发光二极管50的发光效率较高；第三，由于所述发光二极管50以金属等离子体产生层150为对称中心，金属等离子体产生层150两侧的位于对称位置的两元件的折射率或等效折射率基本相近，故，所述发光二极管50在使用过程中活性层120中产生的光由第二光学对称层160和基底100两个出光面均匀地出射。

[0058] 请参阅图9，本发明第六实施例提供一种发光二极管60，其包括一第一半导体层110、一活性层120、一第二半导体层130、一第一光学对称层140、一金属等离子体产生层150、一第二光学对称层160、一第一电极112以及一第二电极132。所述第一电极112覆盖所述第一半导体层110远离活性层120的表面，并与所述第一半导体层110电连接。所述第二电极132与所述第二半导体层130电连接。第一半导体层110、活性层120、第二半导体层130构成发光二极管50的复合半导体层200。所述第二半导体层130远离活性层120的表面具有多个三维纳米结构133。

[0059] 本发明第六实施例提供的发光二极管60的结构与所述发光二极管50的结构基本相同，其不同在于，所述发光二极管60中，第二半导体层130远离活性层120的表面进一步包括多个三维纳米结构133。所述三维纳米结构133与第三实施例中所述半导体结构30中的三维纳米结构相同。进一步的，所述第一光学对称层140、金属等离子体产生层150以及第二光学对称层160依次层叠设置于所述三维纳米结构133的表面，并且与所述三维纳米结构133的起伏趋势相同。如图11所示，本实施例中通过在第二半导体层130表面设置三维纳米结构133，从而使得所述设置在三维纳米结构133表面的第一光学对称层140以及金属等离子体产生层150形成多个三维纳米结构，进而使所述金属等离子体产生层150中的产生的等离子体更多的被散射出来，大大提高了发光二极管60的出光效率。可以理解，当第一光学对称层140的厚度较大时，所述第一光学对称层140远离第二半导体层130的表面也可为一平面。

[0060] 进一步的，所述三维纳米结构也可设置于所述第一半导体层110以及活性层120远离第一电极112的表面中的至少一表面，即所述三维纳米结构也可设置于所述第一半导体层110远离第一电极112的表面或活性层120远离第一电极112的表面，也可同时设置于所述第一半导体层110以及活性层120远离第一电极112的表面。由于所述三维纳米结构的存在，增加了活性层120与第一半导体层110或第二半导体层130之间的接触面积，从而增加了电

子及空穴的复合密度，提高了产生光子的数量。

[0061] 请参阅图11，本发明第七实施例提供一种发光二极管50的制备方法，其包括以下步骤：

[0062] 步骤S110：提供一基底100，该基底100具有一外延生长面101；

[0063] 步骤S120：在基底100的外延生长面101依次外延生长一第一半导体层110、一活性层120以及一第二半导体层130；

[0064] 步骤S130：在所述第二半导体层130远离基底100的表面形成一第一光学对称层140；

[0065] 步骤S140：在所述第一光学对称层140远离基底100的表面形成一金属等离子体产生层150；

[0066] 步骤S150：在所述金属等离子体产生层150远离基底100的表面形成一第二光学对称层160，该第二光学对称层160形成的等效折射率，与第一光学对称层140、第一半导体层110、活性层120以及一第二半导体层130的等效折射率相近；

[0067] 步骤S160：去除所述基底100，暴露出所述第一半导体层110远离活性层120的表面；以及

[0068] 步骤S170：制备一第一电极112覆盖所述第一半导体层110暴露的表面，制备一第二电极132与第二半导体层130电连接。

[0069] 在步骤S110中，所述基底100的材料及厚度与第一实施例中的基底100的材料及厚度一致。

[0070] 在步骤S120中，所述第一半导体层110、活性层120以及第二半导体层130的生长方法可以分别通过分子束外延法(MBE)、化学束外延法(CBE)、减压外延法、低温外延法、选择外延法、液相沉积外延法(LPE)、金属有机气相外延法(MOVPE)、超真空化学气相沉积法(UHVCVD)、氢化物气相外延法(HVPE)、以及金属有机化学气相沉积法(MOCVD)等中的一种或多种实现。本实施例采用MOCVD工艺制备所述第一半导体层110、活性层120以及第二半导体层130。

[0071] 所述制备第一半导体层110的过程中，采用高纯氨气(NH₃)作为氮的源气，采用氢气(H₂)作载气，采用三甲基镓(TMGa)或三乙基镓(TEGa)作为Ga源，采用硅烷(SiH₄)作为Si源在反应室中生长一N型氮化镓层作为第一半导体层110。进一步，在制备第一半导体层110之前可包括一制备缓冲层的步骤。所述制备缓冲层的过程中，以氨气(NH₃)作为氮的源气，采用氢气(H₂)作载气，采用三甲基镓(TMGa)或三乙基镓(TEGa)作为Ga源在一反应室中低温生长GaN层，该低温GaN层作为缓冲层。

[0072] 所述活性层120的生长方法与第一半导体层110基本相同。在生长完第一半导体层110之后，紧接着生长所述活性层120。具体的，生长所述活性层120时采用三甲基铟作为铟源。

[0073] 在生长完活性层120之后，采用二茂镁作(Cp₂Mg)为镁源生长第二半导体层130。通过控制生长第二半导体层130的时间，使第二半导体层130的厚度为5纳米至60纳米。

[0074] 本实施例中，所述第二半导体层130的厚度为10纳米，所述活性层120的厚度为10纳米，所述第一半导体层110的厚度为1460纳米。

[0075] 可选择地，第二半导体层130的制备方法还可为先通过MOCVD制备较厚的第二半导

体层130,之后通过刻蚀或研磨的方法刻蚀所述第二半导体层130,使第二半导体层130的厚度为5纳米至60纳米。

[0076] 在步骤S130中,所述第一光学对称层140的制备方法依据所述第一光学对称层140的材料而定,具体地可为溅射或蒸镀。所述第一光学对称层140的材料的折射率的范围为1.2至1.8。所述第一光学对称层140的材料可为但不限于二氧化硅、氟化镁(MgF₂)或氟化锂(LiF)。通过控制制备条件,所述第一光学对称层140的厚度介于5纳米至40纳米。本实施例中,所述第一光学对称层140的材料为二氧化硅,其折射率为2.55,制备方法为蒸镀,厚度为20纳米。

[0077] 进一步的,在制备的过程中,将所述第二半导体层130远离基底100的表面包括一第一区域和一第二区域,使用光刻胶做掩模使所述第一光学对称层140仅形成于第二半导体层130的第一区域。所述第二半导体层130的第二区域暴露,以利于后续将第二电极132直接形成于第二半导体层130的暴露的第二区域。

[0078] 在步骤S140中,所述金属等离子体产生层150的制备方法依据所述金属等离子体产生层150的材料而定。具体地,所述金属等离子体产生层150的制备方法可为物理气相沉积法,例如蒸镀、溅射等工艺。本实施例中通过蒸镀的方法形成一层银膜做为金属等离子体产生层150,该银膜的厚度为10纳米。

[0079] 在步骤S150中,所述第二光学对称层160的制备方法依据所述第二光学对称层160的材料而定,具体地可为溅射或蒸镀。本实施例中,所述第二光学对称层160的材料为Si,所述第二光学对称层160通过蒸镀的方法形成,厚度为1纳米。

[0080] 在步骤S160中,所述基底100的去除方法可为激光照射法、腐蚀法或温差自剥离法(利用基底与半导体层之间的膨胀系数不同进行剥离)。所述去除方法可根据基底100以及第一半导体层110材料的不同进行选择。本实施例中,所述基底100的去除方法为激光照射法。具体的,所述去除方法包括以下步骤:

[0081] S161,将所述基底100中未生长第一半导体层110的表面进行抛光并清洗;

[0082] S162,将经过表面清洗的基底100放置于一平台(图未示)上,并利用激光对所述基底100与第一半导体层110进行扫描照射;

[0083] S163,将经激光照射后的基底100浸入溶液中去除所述基底100。

[0084] 在步骤S161中,所述抛光方法可为机械抛光法或化学抛光法,使所述基底100的表面平整光滑,以减少后续激光照射中激光的散射。所述清洗可用盐酸、硫酸等冲洗所述基底100的表面,从而去除表面的金属杂质以及油污等。

[0085] 在步骤S162中,所述激光从基底100抛光后的表面入射,且入射方向基本垂直于所述基底100抛光后的表面,即基本垂直于所述基底100与第一半导体层110的界面。所述激光的波长不限,可根据第一半导体层110以及基底100的材料选择。具体的,所述激光的能量小于基底100的带隙能量,而大于第一半导体层110的带隙能量,从而激光能够穿过基底100到达第一半导体层110,在第一半导体层110与基底100的界面处进行激光剥离。所述界面处第一半导体层110的缓冲层对激光产生强烈的吸收,从而使得界面处的缓冲层温度快速升高而分解。本实施例中所述第一半导体层110为GaN,其带隙能量为3.3ev;基底100为蓝宝石,其带隙能量为9.9ev;所述激光器为KrF激光器,发出的激光波长为248nm,其能量为5ev,脉冲宽度为20~40ns,能量密度为400~600mJ/cm²,光斑形状为方形,其聚焦尺寸为0.5mm×

0.5mm；扫描位置从所述基底100的边缘位置开始，扫描步长为0.5mm/s。在扫描的过程中，所述GaN开始分解为Ga和N₂。可以理解，所述脉冲宽度、能量密度、光斑形状、聚焦尺寸以及扫描步长可根据实际需求进行调整；可根据第一半导体层110对特定波长的激光具有较强的吸收作用选择相应波长的激光。

[0086] 由于所述第一半导体层110与基底100界面处对上述波长的激光具有很强的吸收作用，因此，所述缓冲层的温度快速升高而分解；而所述第一半导体层110中其他部分对上述波长的激光吸收较弱，因此所述第一半导体层110并不会被所述激光所破坏。可以理解，对于不同的第一半导体层110可以选择不同波长的激光，使缓冲层对激光具有很强的吸收作用。

[0087] 所述激光照射的过程在一真空环境或保护性气体环境进行以防止在激光照射的过程中碳纳米管被氧化而破坏。所述保护性气体可以为氮气、氦气或氩气等惰性气体。

[0088] 在步骤S163中，可将激光照射后的基底100浸入一酸性溶液中进行酸化处理，以去除GaN分解后的Ga，从而实现基底100与第一半导体层110的剥离。所述溶液可为盐酸、硫酸、硝酸等可溶解Ga的溶剂。

[0089] 在步骤S170中，所述第一电极112及所述第二电极132可分别通过电子束蒸发法、真空蒸镀法及离子溅射法等方法中的一种制备。进一步的，可将一导电基板通过导电胶等方式贴附于所述第一半导体层110远离活性层的表面形成所述第一电极112。

[0090] 本发明第七实施例提供的发光二极管50的制备方法具有以下优点：第一，通过调整制备参数，使金属等离子体产生层150与活性层120更好的相互作用，产生更多的光子，提高发光二极管50的发光效率；第二，通过在金属等离子体产生层150上制备一第二光学对称层160形成一准对称结构的发光二极管50，使活性层120中产生的光予以金属等离子体产生层150为对称中心，向金属等离子体产生层150的靠近基底100的一侧和远离基底100的一侧均传播较好，使发光二极管50的出光均匀，且发光效率提高。

[0091] 请一并参阅图12，本发明第八实施例提供一种发光二极管60的制备方法，主要包括以下步骤：

[0092] 步骤S110：提供一基底100，该基底100具有一外延生长面101；

[0093] 步骤S120：在基底100的外延生长面101依次外延生长一第一半导体层110、一活性层120以及一第二半导体层130；

[0094] 步骤S130：在所述第二半导体层130远离活性层120的表面形成多个三维纳米结构133；

[0095] 步骤S140：在所述三维纳米结构133的表面形成一第一光学对称层140；

[0096] 步骤S150：在所述第一光学对称层140远离基底100的表面形成一金属等离子体产生层150；

[0097] 步骤S160：在所述金属等离子体产生层150远离基底100的表面形成一第二光学对称层160，该第二光学对称层160形成的等效折射率，与第一光学对称层140、第一半导体层110、活性层120以及一第二半导体层130的等效折射率相近；

[0098] 步骤S170：去除所述基底100，暴露出所述第一半导体层110远离活性层120的表面；以及

[0099] 步骤S180：制备一第一电极112覆盖所述第一半导体层110暴露的表面，制备一第

二电极132与第二半导体层130电连接。

[0100] 本发明第八实施例提供的发光二极管60的制备方法与所述发光二极管50的制备方法基本相同,其不同在于,进一步包括一在所述第二半导体层130表面形成多个三维纳米结构133的步骤。

[0101] 具体的,在步骤S130中,所述三维纳米结构133的制备方法包括以下步骤:

[0102] 步骤S131,在所述第二半导体层130的表面设置一掩模层(图未示);

[0103] 步骤S132,纳米压印并刻蚀所述掩模层,使所述掩模层图形化;

[0104] 步骤S133,刻蚀所述第二半导体层130,使所述第二半导体层130的表面图形化,形成多个三维纳米结构预制体;

[0105] 步骤S134,去除所述掩模层,形成所述多个三维纳米结构。

[0106] 在步骤S131中,所述掩模层可为一单层结构或复合层结构。本实施例中,所述掩模层为一复合层结构,所述复合层结构包括一第一掩模层及一第二掩模层,所述第一掩模层及第二掩模层依次层叠设置于所述第二半导体层130表面,所述第一掩模层的材料为ZEP520A,第二掩模层的材料为HSQ(hydrogen silsesquioxane)。

[0107] 在步骤S132中,通过纳米压印及刻蚀所述掩模层图形化的方法具体包括以下步骤:

[0108] 步骤(a),提供一表面具有纳米图形的模板,所述纳米图形包括多个并排延伸的凸部,相邻的凸部之间具有一凹槽。

[0109] 步骤(b),将模板具有纳米图形的表面与所述第二掩模层贴合,并在常温下挤压所述模板与第二半导体层130后,脱模。

[0110] 步骤(c),通过刻蚀去除所述凹槽底部的第二掩模层,露出第一掩模层。

[0111] 步骤(d),去除与所述第二掩模层的凹槽对应位置处的部分第一掩模层,露出第二半导体层130,形成图形化的所述掩模层。所述“图形化”是指所述掩模层在第二半导体层130的表面形成多个并排延伸的凸起结构,相邻的凸起结构之间形成一沟槽,与沟槽对应区域的第二半导体层130的表面暴露出来,所述凸起结构覆盖此区域之外第二半导体层130的表面。

[0112] 在步骤S133中,刻蚀所述第二半导体层130,使所述第二半导体层130的表面图形化,并形成多个三维纳米结构预制体。

[0113] 所述刻蚀方法可通过将上述第二半导体层130放置在一感应耦合等离子体系统中,利用刻蚀气体对所第二半导体层130进行刻蚀。本实施例中,所述刻蚀气体为混合气体,所述混合气体包括Cl₂、BCl₃、O₂及Ar气体。所述等离子体系统的功率可10瓦至150瓦,所述混合气体的通入速率可为8至150sccm,形成的气压可为0.5帕至15帕,刻蚀时间可为5秒至5分钟。本实施例中,所述等离子系统的功率为70W,所述等离子体的通入速率为40sccm,气压为2Pa,刻蚀时间为120秒,其中,所述Cl₂的通入速率为26sccm,所述BCl₃的通入速率为16sccm,所述O₂的通入速率为20sccm,所述Ar的通入速率为10sccm。在刻蚀的过程中,与掩模层中沟槽部分第二半导体层130被气体所刻蚀去除,从而在第二半导体层130的表面形成一凹槽。

[0114] 本实施例中,所述第二半导体层130的刻蚀主要包括以下步骤:

[0115] (a),所述刻蚀气体对未被掩模层覆盖的第二半导体层130表面进行刻蚀,在第二半导体层130表面形成多个凹槽,所述凹槽的深度基本相同。

[0116] (b), 在所述等离子体的轰击作用下, 所述掩模层中相邻的两个凸起结构逐渐相向倾倒, 使所述两个凸起结构的顶端逐渐两两靠在一起而闭合, 所述等离子体对该闭合位置内所述第二半导体层130的刻蚀速率逐渐减小, 从而在第二半导体层130表面形成所述第一凹槽1336, 在未发生闭合的两个凸起结构之间, 形成第二凹槽1338, 且形成的所述第二凹槽1338的深度大于所述第一凹槽1336的深度。

[0117] 在步骤(a)中, 所述刻蚀气体对未被掩模层覆盖的第二半导体层130表面进行刻蚀, 在刻蚀的过程中, 所述气体会与第二半导体层130反应, 从而在刻蚀表面形成一保护层, 阻碍气体的进一步刻蚀, 使得刻蚀面逐渐减小, 即形成所述凹槽的宽度沿刻蚀方向逐渐减小。同时, 所述刻蚀气体对所述掩模层中所述凸起结构的顶端(即远离第二半导体层130表面的一端)进行刻蚀。并且, 由于所述掩模层远离第二半导体层130表面的部分侧面被刻蚀, 从而使得所述凸起结构顶端的宽度逐渐变窄。

[0118] 在步骤(b)中, 主要包括以下几个过程:

[0119] 第一过程, 在气体刻蚀的过程中, 由于所述气体的轰击作用下, 相邻的凸起结构之间依次两两闭合, 即相邻的两个凸起结构的顶端逐渐两两靠在一起。

[0120] 第二过程, 由于相邻的两个凸起结构逐渐闭合, 所述刻蚀气体对该闭合位置内所述第二半导体层130的刻蚀速率逐渐减小, 即在该位置处形成凹槽的宽度沿刻蚀深度进一步减小, 进而形成一V形结构的凹槽, 且该V形凹槽的深度较浅。而未闭合的凸起结构之间, 由于所述刻蚀气体可继续以近似相同的刻蚀速率对该位置处的第二半导体层130进行刻蚀, 因此该位置处相对于闭合位置处形成的凹槽的深度较深。

[0121] 第三过程, 所述凸起结构两两闭合后, 使所述刻蚀气体无法再对该闭合位置处的第二半导体层130进行刻蚀, 从而在第二半导体层130的表面形成所述第一凹槽1336。同时, 在未发生闭合的两个凸起结构之间, 所述刻蚀气体可以继续对所述第二半导体层130进行刻蚀, 进而形成第二凹槽1338, 因此该位置处第二凹槽1338的深度, 大于所述第一凹槽1336的深度, 从而形成所述三维纳米结构预制体。

[0122] 在步骤S634中, 所述掩模层可通过有机溶剂如四氢呋喃(THF)、丙酮、丁酮、环己烷、正己烷、甲醇或无水乙醇等无毒或低毒环保溶剂作为剥离剂, 溶解所述掩模层等方法去除, 从而形成所述多个三维纳米结构。本实施例中, 所述有机溶剂为丁酮。

[0123] 可以理解地, 所述三维纳米结构还可形成于第一半导体层110与活性层120接触的表面或者活性层120远离第一半导体层110的表面。同样, 所述三维纳米结构也可形成于所述第一半导体层110远离活性层120的表面, 从而增加所述发光二极管60中光子从第一半导体层110出射的几率。

[0124] 本发明第八实施例提供的发光二极管60的有益效果是: 第一, 在使用过程中, 当光予以大角度入射到该三维纳米结构时, 可改变所述光子的出射角度, 而使之从出光面射出, 进一步提高了所述发光二极管60的出光效率; 第二, 通过在所述活性层120至少一表面形成多个三维纳米结构, 因此增大了所述活性层120与第一半导体层110及第二半导体层130之间的接触面积, 提高了空穴与电子的复合几率, 提高了复合密度, 进而提高了所述发光二极管50的发光效率, 制备方法简单, 效率高。

[0125] 另外, 本领域技术人员还可在本发明精神内作其它变化, 当然这些依据本发明精神所作的变化, 都应包含在本发明所要求保护的范围内。

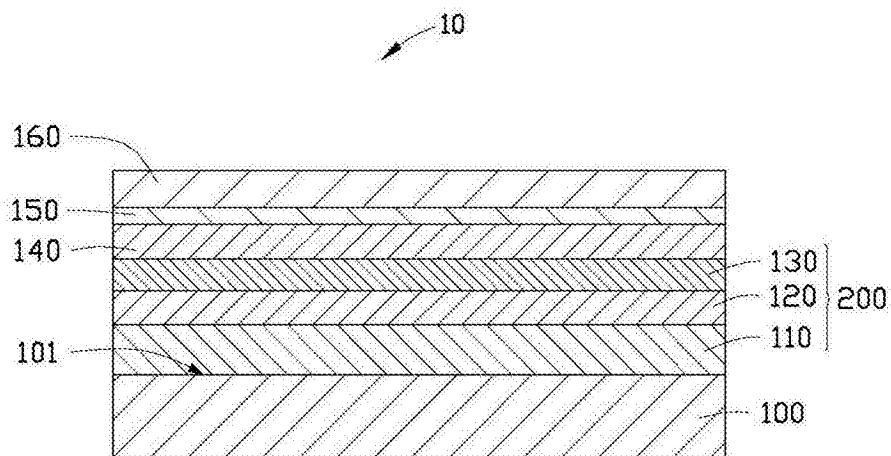


图1

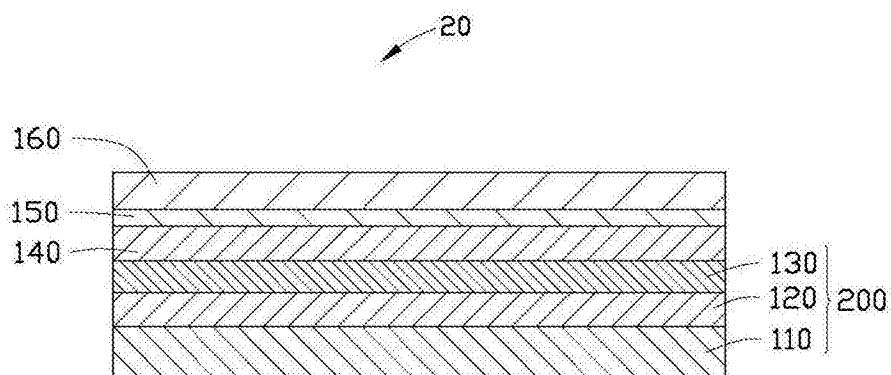


图2

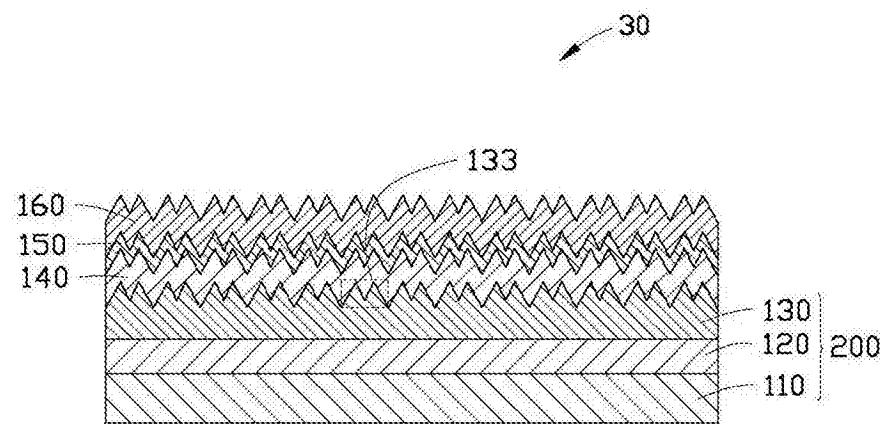


图3

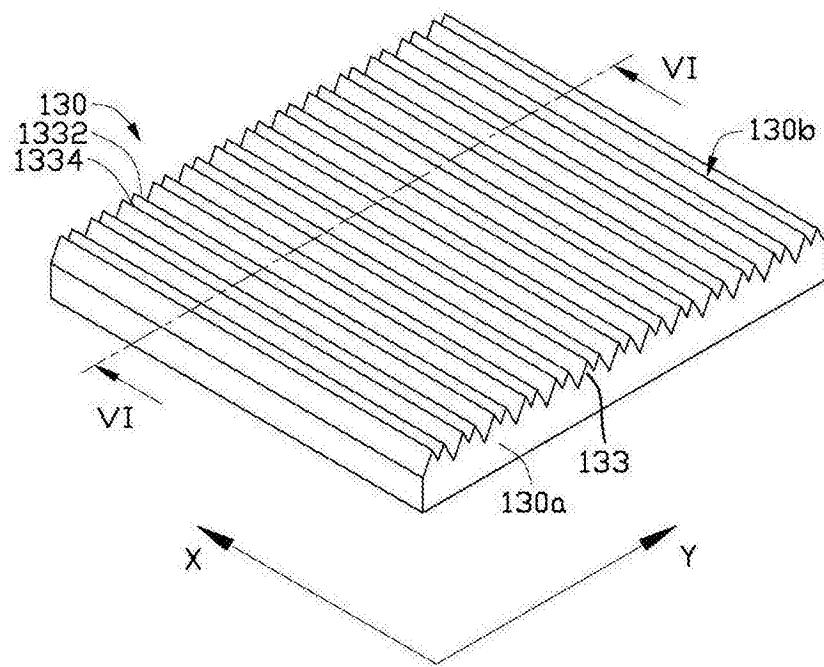


图4

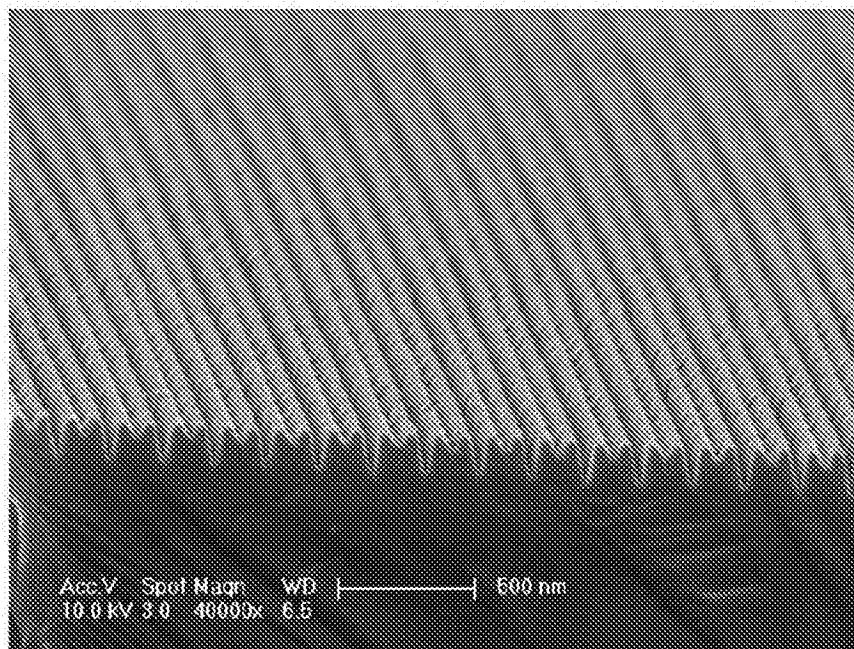


图5

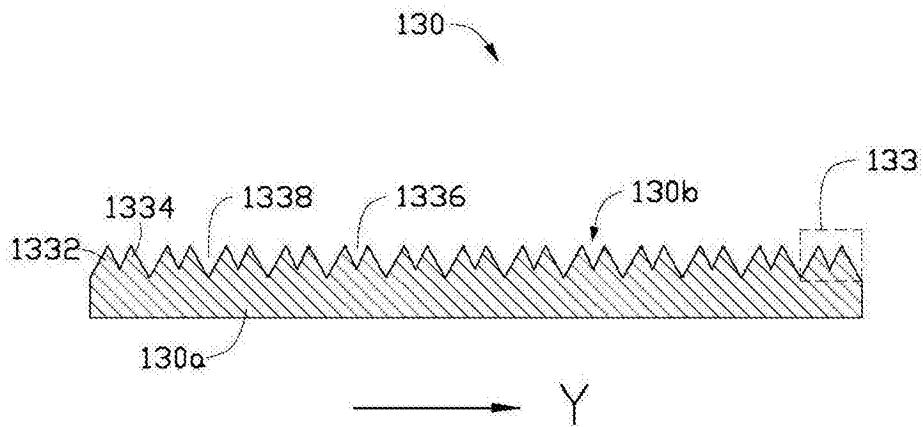


图6

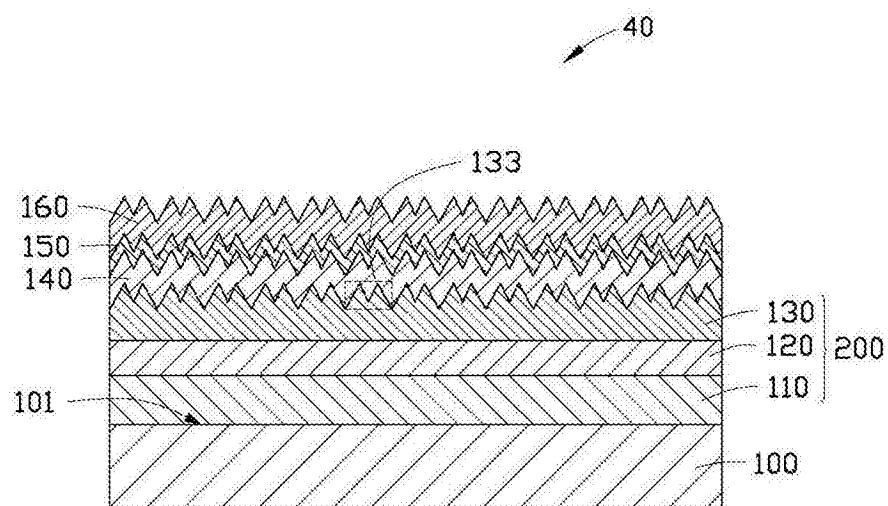


图7

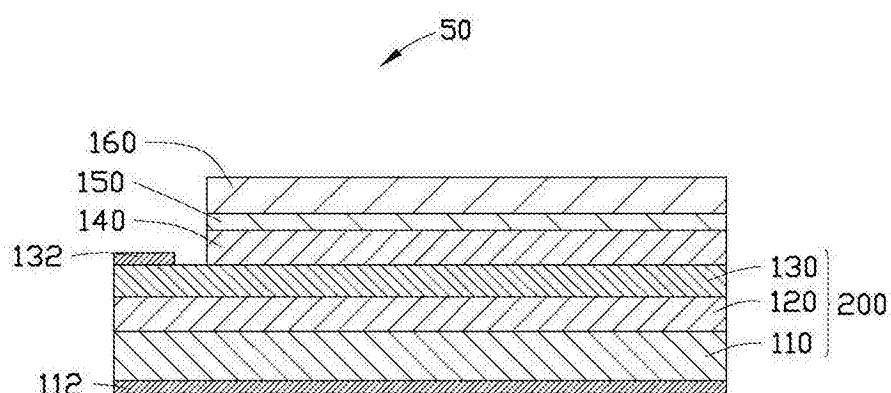


图8

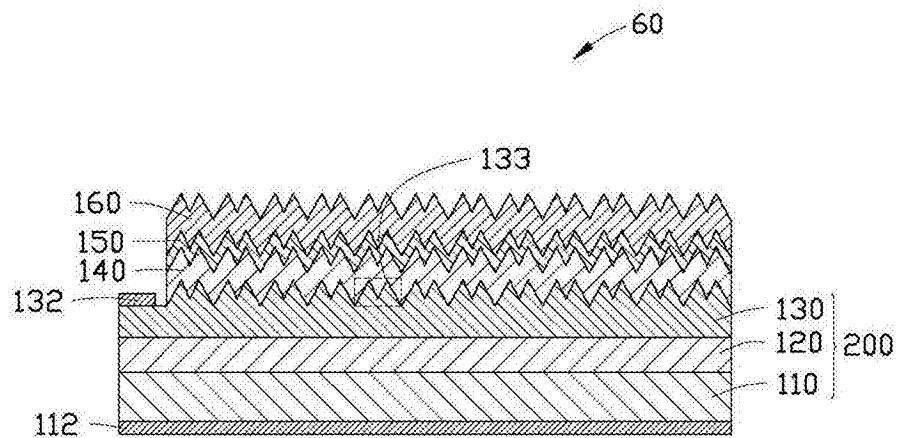


图9

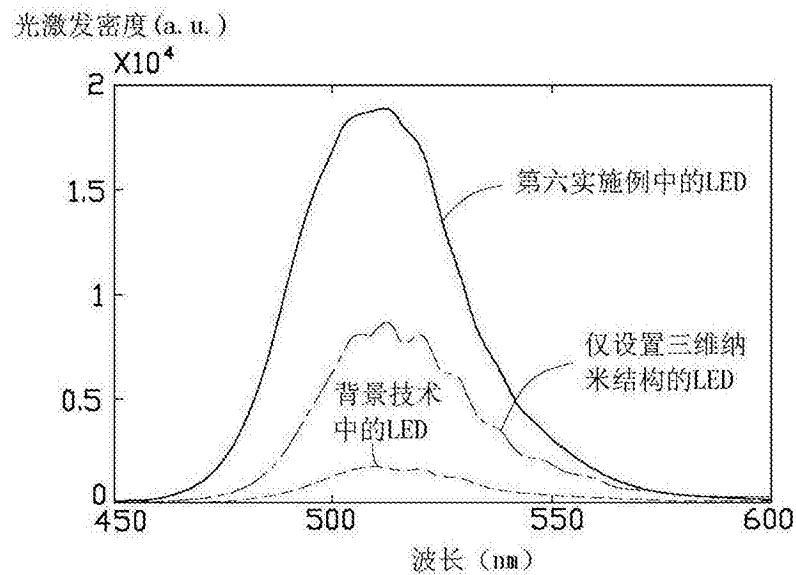


图10

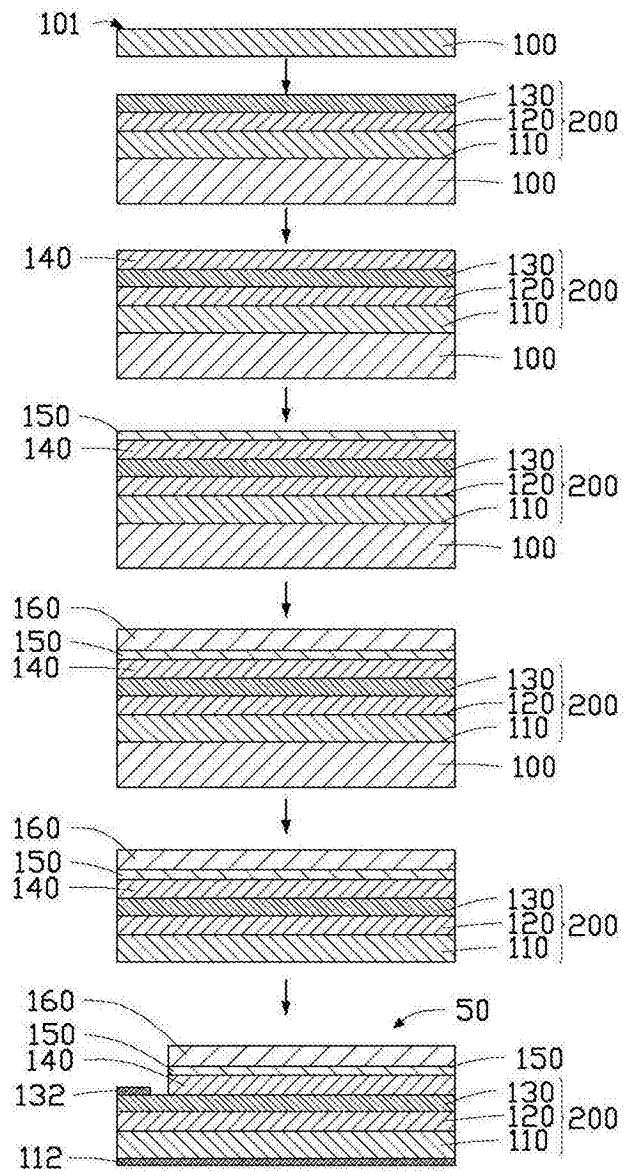


图11

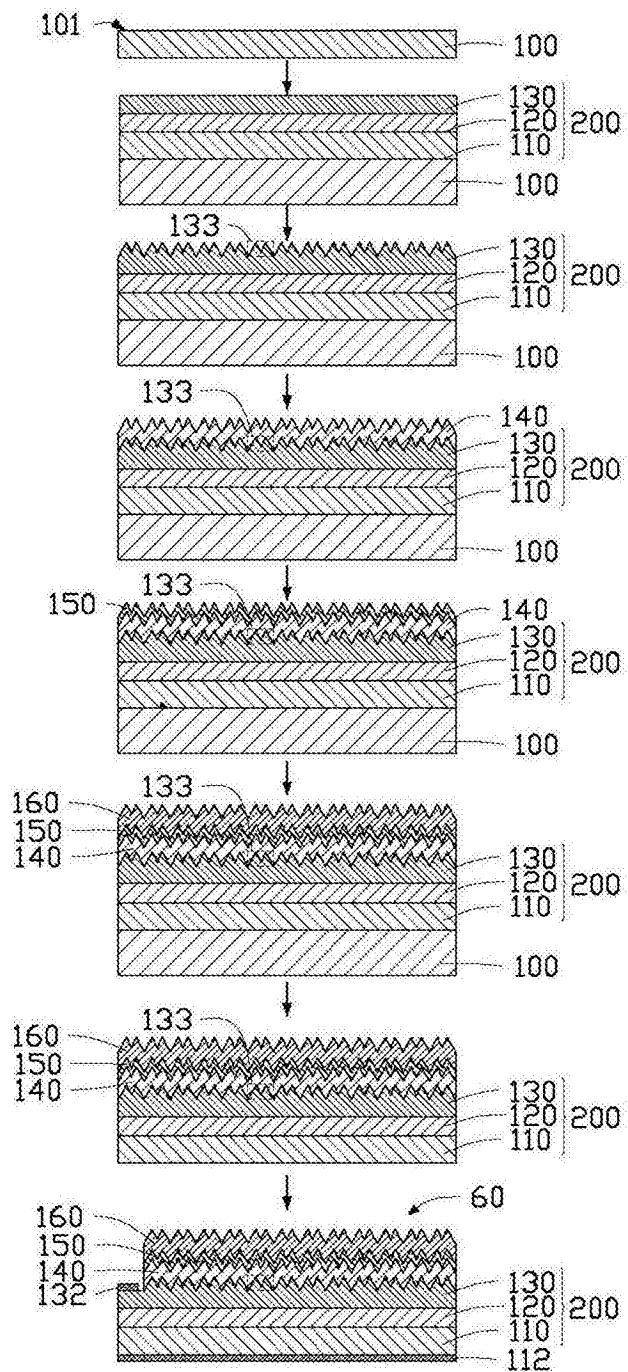


图12