



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610169829. X

[45] 授权公告日 2008 年 11 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100438110C

[22] 申请日 2006.12.29

JP5 - 235408A 1993.9.10

[21] 申请号 200610169829. X

审查员 王小东

[73] 专利权人 北京太时芯光科技有限公司  
地址 100176 北京市北京经济技术开发区  
科创二街 4 号 2 幢 1-4 层南部

[74] 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有  
限公司

[72] 发明人 沈光地 陈依新 韩金茹

代理人 沈波

[56] 参考文献

US5048035 1991.9.10

US6121635A 2000.9.19

CN1670972A 2005.9.21

CN1365153A 2002.8.21

CN1334607A 2002.2.6

US5789768A 1998.8.4

CN1215931A 1999.5.5

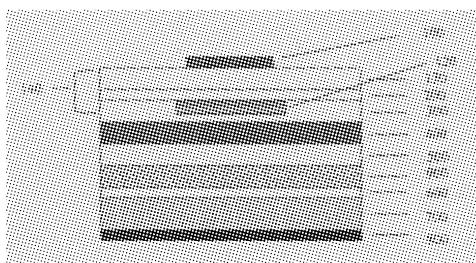
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称

一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管

[57] 摘要

一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，属于半导体光电子技术领域。包括上电极、电流扩展层、上限制层、有源区、下限制层、缓冲层、衬底、下电极，DBR 反光层，在上电极与电流扩展层之间设置有导电透光层，电流阻挡层设置在电流扩展层下面，并且在上限制层的里面，由导电透光层、电流扩展层和电流阻挡层结合形成电流输运增透窗口层。本发明制作工艺简单，电流输运增透窗口层减小了无效电流产生的光及热损耗；增大了出光角度，提高了光提取效率，增加了发光强度，更有利于器件大电流下工作；小尺寸管芯可获得大光强高光功率输出，产量高；成本低，适合批量生产。



- 1、一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，包括有从上往下依次纵向层叠生长的上电极、电流扩展层、上限制层、有源区、下限制层、缓冲层、衬底、下电极，其特征在于，在上电极与电流扩展层之间设置有导电透光层，还包括设置在电流扩展层下面的电流阻挡层，并且该电流阻挡层位于上限制层里面，由导电透光层、电流扩展层和电流阻挡层结合形成电流输运增透窗口层。
- 2、根据权利要求 1 所述的一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，其特征在于，在下限制层和缓冲层之间引入 DBR 反光层结构。
- 3、根据权利要求 1 或 2 所述的一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，其特征在于，上电极是 p-型上电极，电流扩展层是 p-型电流扩展层，上限制层是 p-型上限制层，下限制层是 n-型下限制层，缓冲层是 n-型缓冲层，衬底是 n-型衬底，下电极是 n-型下电极，导电透光层是 p-型导电透光层，由 p-型导电透光层、p-型电流扩展层和电流阻挡层结合形成电流输运增透窗口层。
- 4、根据权利要求 1 所述的一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，其特征在于，在电流输运增透窗口层的上面能够再引入对光能起到增透作用的结构。
- 5、根据权利要求 1 所述的一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，其特征在于，导电透光层所用的材料是既能导电、透光又能对光起到增透作用的材料。
- 6、根据权利要求 1 所述的一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，其特征在于，电流阻挡层的材料是绝缘材料或导电类型与导电透光层导电类型相反的材料。
- 7、根据权利要求 1 所述的一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，其特征在于，有源区的结构为 p-n 结，或 p-i-n 结，或双异质结构，或单量子阱结构，或多量子阱结构，或超晶格结构，或量子点发光结构，或多层量子点结构，或上述各种的任意组合结构。
- 8、根据权利要求 1 所述的一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，其特征在于，衬底是正装 LED 的对可见光吸收的材料，或是倒装焊结构的转移衬底材料。

---

## 一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管

### 技术领域

在发光二极管（LED）中引入的电流输运增透窗口层结构，涉及一种新型的 LED 器件结构，属于半导体光电子技术领域。

### 背景技术

目前，普通的正装结构发光二极管的设计方法及其存在的问题：一般采用金属有机化学气相淀积（MOCVD）进行外延生长，器件结构如图 1 所示，包括有从上往下依次纵向层叠生长的上电极 10、电流扩展层 20、上限制层 30、有源区 400、下限制层 50、缓冲层 60、衬底 70、下电极 80。通过注入电流，电子空穴对在有源区辐射复合发光，产生的光子从器件的正面发射出来。该种器件存在的三个主要问题是：

1. 吸收衬底（如 GaAs, Si 等）对发光材料（如 AlGaInP, GaN, ZnO 等）产生的光有强的吸收，使得发射到衬底方向的光几乎全被吸收，最终以热的形式发出，严重影响了器件性能的进一步提高；
2. 窗口层材料的折射率与空气的折射率相差较大，发射到器件上表面的光只有很小的一部分（约 5%）能够发射到体外，其余的光绝大部分都被反射回来被衬底吸收，光的提取效率很低；
3. 电极正下方的垂直输运电流占总注入电流的比例相当大（视芯片尺寸，电极尺寸和电流扩展层的好坏而异），该部分电流产生的光由于电极的阻挡和吸收，不但不能发射到体外，反而在体内发热。

目前，针对衬底吸收的问题，人们提出办法是：在缓冲层和下限制层之间生长高反射的分布布拉格发射（DBR）层，能够对垂直发射到衬底方向的光进行反射，以提高光的提取效率，如图 2 所示。为了解决窗口层折射率较大的问题，有人通过在窗口层上生长增透膜的办法，能够有效的增加出光效率，如图 3 所示；另一办法是通过生长厚的窗口层，即厚的电流扩展层 12，例如：约 50 $\mu\text{m}$  的 GaP 窗口层，如图 4，既增加了电流的扩展，又有利于正面以及侧面的出光，大大提高了出光效率。关于解决电极下方电流密度较大的问题，国外有人曾提出过在上限制层与电流扩展层之间制作电流阻挡层的方法，如图 5 所示，该方法有效地阻

挡了电流从电极直接向下运输，增加电流的扩展，提高了发光效率，但是，他们采用的工艺几乎都是二次外延的办法，成本高，设备昂贵。也有人制作图 6 所示的结构，在上限制层 30 上外延一层厚  $10\mu\text{m}$ ，电阻率  $0.05\Omega \text{ cm}$  的厚的电流扩展层 12，其上再外延  $0.05\mu\text{m}$  厚，电阻率为  $0.01\Omega \text{ cm}$  的接触层 122，再把接触层中部刻蚀掉，然后长一层透明导电层 121——在中部与厚的电流扩展层 12 形成肖特基接触，起阻挡层作用，在周围与接触层形成导电连接。实际上由于上述厚的电流扩展层 12 的总电流扩展比接触层 122 还强，故电流将从周围接触层横向流到肖特基势垒阻挡层下方，而起不到电流阻挡的作用。更进一步在上述窗口层 12 和接触层 122 所构成的厚电流扩展层上进行离子注入形成阻挡层或扩散形成 n-p 结 123，如图 7，但此方法中的电流阻挡层或扩散层 123 的厚度很难精确控制，其下方仍存有电流扩展层，因而不能阻挡电流从电流扩展层再横向流入电极下的阻挡层下方，且厚电流扩展层（ $8-50\mu\text{m}$ ）和离子注入及扩散工艺复杂，成本高。以上提到的 6 种方法虽然都能从某一方面解决目前发光二极管存在的部分问题，但是它们都无法同时有效地解决存在的三个问题。

## 发明内容

本发明的目的是提供一种具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，来同时有效地解决衬底吸收、窗口层材料的折射率与空气的折射率相差较大、电极正下方的电流产生光及其被电极阻挡和吸收这三个问题，以提高出光效率，从而得到高效、高亮度的发光二极管，其制作工艺简单，成本低。

本发明中器件组成部分包括：从上往下依次纵向层叠生长的上电极 10、电流扩展层 20、上限制层 30、有源区 400、下限制层 50、缓冲层 60、衬底 70、下电极 80，在上电极 10 与电流扩展层 20 之间设置有导电透光层，还包括设置在电流扩展层 20 下面的电流阻挡层 120，该电流阻挡层 120 位于上限制层 300 的里面，由导电透光层、电流扩展层 20 和电流阻挡层 120 结合形成电流输运增透窗口层。

本发明的具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，可以是图 8 和图 10 所示的结构，分别包括有纵向层叠（从上往下看）的 p-型上电极 100，p-型导电透光层 130，p-型电流扩展层 200，p-型上限制层 300，有源区 400，n-型下限制层 500，n-型缓冲层 600 和 n-型衬底 700，n-型下电极 800，电流阻挡层 120 分

别设置在 p-型电流扩展层 200 里面和 p-型上限制层 300 里面。由依次排列的 p-型导电透光层 130、电流阻挡层 120 和薄的 p-型电流扩展层 200，构成 p-型电流输运增透窗口层 140。图 9 和图 11 在结构上分别比图 8 和图 10 多一个 n-型 DBR 反光层 900。该电流输运增透窗口层结构的发光二极管的特征在于：由于有电流阻挡层 120 和导电透光层 130 的存在，从电极注入的电流很自然的扩展到电极的周围，阻止了 p-型电极 100 正下方的电流直接往下流动；p-型导电透光层 130 的引入带来了两个作用，一是增大了出光的角度，使得有源区产生的光子能够更多的发射到体外，二是增加了电流的扩展，这样一来，就可以大大降低 p-型电流扩展层 200 的厚度，从而降低成本。p-型导电透光层 130、电流阻挡层 120 和薄的 p-型电流扩展层 200 结合形成的 p-型电流输运增透窗口层 140，增加了电流的扩展，阻止了电流向电极正下方流动，减小了电流损耗，减小了热的产生，同时也起到了对光进行增透的作用，所以，该电流输运增透窗口层结构的引入提高了 LED 的出光效率和热饱和特性。实验结果显示，在 20mA 注入电流下，LED 的光强提高了 70% 左右，饱和工作电流增加了 20mA 以上。

本发明中电流输运增透窗口层的上面还可以引入增透膜、表面粗化层等能够对光能起到增透作用的结构。

本发明中的导电透光层所用的材料可以是 ITO（氧化铟锡），导电树脂，也可以是其它的既能导电、透光又能对光起到增透作用的材料。如：AlGaInP LED 中，折射率介于 GaP 与空气之间的 ITO 层。

本发明中电流阻挡层 120 的材料可以是本征半导体、不导电树脂、不掺杂非晶 Si, Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub> 和 Si<sub>x</sub>O<sub>y</sub> 等绝缘材料，也可以是与导电透光层导电类型相反的导电材料。

本发明中电流阻挡层 120 的形状以及尺寸可以和电极的相同，也可以不和电极的相同。

本发明中电流阻挡层 120 可以做在电流扩展层的里面或上限制层里面。

本发明中有源区 400 结构为 p-n 结，或 p-i-n 结，或双异质结构，或单量子阱结构，或多量子阱结构，超晶格结构或量子点发光结构，或多层量子点结构，或上述各种的任意组合结构。

本发明中电流输运增透窗口层结构的发光二极管可以引入 DBR 反光层，也可以是倒装结构镜面全反射结构或部分反射结构。

本发明中的电流输运增透窗口层结构的发光二极管其器件结构如前述 n 型在下， p 型在上，即在 n 型衬底上生长 LED 结构；也可以是 p 型在下， n 型在上，即在 p 型衬底上生长与上面器件结构颠倒的器件结构，而新型电流输运增透窗口层是 n 型。

本发明中上电极的形状可以是圆形、星形、条形、插指形等其他形状，压焊点直径可以是  $100\mu\text{m}$ ,  $80\mu\text{m}$  或其它的尺寸，材料可以是 AuZnAu ,也可以是其它的电极材料。

本发明中电流输运增透窗口层结构的发光二极管的衬底可以是正装 LED 的 GaAs, Si 等对可见光吸收的材料，也可以是倒装焊结构的铜、金、 Si 等转移衬底材料。

本发明中 n-型电极可以是 AlGaInP LED 的 AuGeNi，也可以是其它材料系的 LED 的 n-型电极材料。

本发明中电流输运增透窗口层结构的发光二极管的管芯面积可以是  $225\mu\text{m}\times225\mu\text{m}$ ,  $200\mu\text{m}\times200\mu\text{m}$ ，也可以是其他的尺寸。

#### 本发明的主要优越性：

1) 电流输运增透窗口层结构的 LED 中的电流阻挡层 120 能够有效地甚至完全地阻止电极正下方的电流输运，而改为电流向电极周围的导电窗口层的横向输运扩展，从而提高了发光效率和光提取效率，相同条件下，器件的提取效率甚至可以增加一倍以上。

2) 电流输运增透窗口层结构的 LED 中的导电透光层不但增强了注入电流的横向输运和扩展，也起到了对光进行增透的作用，使得有源区产生的光子更多的发射到体外。

3) 电流阻挡层 120 与导电透光层的结合，增强了电流的横向输运和扩展，从而大大降低了电流扩展层的厚度，减少了生长时间，从而节省了原材料，降低了器件的成本。

4) 器件的 MOCVD 外延生长时间由原来的 4-5 小时减少至 3 小时，整个器件的生长到器件制备的完成只需要 12 个小时左右，工艺简单，工艺流程短。

5) 由于电流横向输运与扩展得到增强，电极下无电流流动，不产生无法输出的光和热，所以器件有着更好的热饱和特性，更加有利于大电流下工作。

6) 由于电流阻挡层 120 和薄且强的电流扩展层的存在，器件尺寸减小将不导致光强和光功率的减小，即可在小尺寸芯片下得到高亮度大功率光输出的 LED，可大大提高产量和产值。

7) 具有电流输运增透窗口层结构的发光二极管，具有的重要优点是：电流损耗小，亮度高，光效高；制作工艺简单，重复性好；器件尺寸小，产值高，成本低，适合于大批量生产。

### 附图说明

图 1：普通的正装结构发光二极管的结构示意图；

图 2：带有 DBR 反光层的正装结构发光二极管的结构示意图

图 3：带有增透膜的正装结构发光二极管的结构示意图

图 4：引入厚电流扩展层的正装结构发光二极管的结构示意图

图 5：通过二次外延工艺引入电流阻挡层的正装结构发光二极管的结构示意  
图

图 6：在厚电流扩展层上方进行刻蚀形成电流阻挡的正装发光二极管结构示  
意图

图 7：在厚电流扩展层上方进行扩散形成 n-p 结或离子注入制备电流阻挡  
层的正装发光二极管结构示意图

图 8：具有电流输运增透窗口层结构的正装发光二极管的结构示意图（电流  
阻挡层 120 置于 p-型电流扩展层 200 的里面）

图 9：具有电流输运增透窗口层结构的正装发光二极管的结构示意图（电流  
阻挡层 120 置于 p-型电流扩展层 200 的里面，在 n-型下限制层 500 与 n-型缓冲  
层 600 之间引入了 DBR 反光层 900）

图 10：具有电流输运增透窗口层结构的正装发光二极管的结构示意图（电流  
阻挡层 120 置于 p-型上限制层 300 的里面）

图 11：具有电流输运增透窗口层结构的正装发光二极管的结构示意图（电流  
阻挡层 120 置于 p-型上限制层 300 的里面，在 n-型下限制层 500 与 n-型缓冲层  
600 之间引入了 DBR 反光层 900）

图中：10 为上电极，20 为电流扩展层，30 为上限制层，400 为有源区，50  
为下限制层，60 为缓冲层，70 为衬底，80 为下电极，90 为 DBR 反光层，11 为

增透膜，12 为厚的电流扩展层，120 为电流阻挡层，121 为透明导电层，122 为接触层，123 为离子注入或 n-p 扩散区，130 为 p-型导电透光层，100 为 p-型上电极，200 为 p-型电流扩展层，300 为 p-型上限制层，500 为 n-型下限制层，600 为 n-型缓冲层，700 为 n-型衬底，800 为 n-型下电极，900 为 n-型 DBR 反光层，140 为 p-型电流输运增透窗口层。

## 具体实施方式

### 实施例 1

如图 8 所示，以 AlGaInP LED 为例。该器件由以下各部分组成：p-型电极 100，p-型电流扩展层 200，p-型上限制层 300，有源区 400，n-型下限制层 500，n-型缓冲层 600，n-型衬底 700，n-型电极 800，n-型 DBR 反光层 900，以及由 p-型导电透光层 130、电流阻挡层 120 和 p-型电流扩展层 200 构成的 p-型电流输运增透窗口层 140；其制备过程和方法如下：

1. 在 GaAs 等能够与 AlGaInP 匹配的材料形成的 n-型衬底 700 上，用 MOVCD 方法依次外延生长 n-型缓冲层 600，n-型下限制层 500，有源区 400，p-型上限制层 300，p-型电流扩展层 200，这样就得到了 AlGaInP 发光二极管的外延片；
2. 再通过后工艺的办法：首先将外延片进行清洗，甩胶，光刻出要做阻挡层的区域，带胶湿法腐蚀，腐蚀深度与 p-型电流扩展层 200 的厚度相同，清洗，然后利用 PECVD 系统在表面淀积一层 SiO<sub>2</sub> 绝缘层，厚度与腐蚀深度相同，接下来，进行剥离，得到了电流阻挡层 120，再蒸镀上一层导电透光材料 ITO 层 130，通过这些步骤，完成了电流输运增透窗口层 140 的制作；
3. 接下来，在正面蒸发一层 AuZnAu 金属层，并在电流阻挡层 120 的正上方光刻出 p-型电极 100，将整个外延片衬底进行减薄至约 100-200μm，然后在减薄的这一面蒸发一层 AuGeNi 形成 n-型电极 800，完成了上下电极的制作；将做好的外延片解理成 225μm×225μm 的管芯，压焊在管座上；

图 9 所示的器件在结构上比图 8 多一个在 n-型下限制层 500 与 n-型缓冲层 600 之间生长的 n-型 DBR 反光层 900，工艺上的唯一区别是 MOCVD 生长时多生长一层 n-型 DBR 反光层 900。

## 实施例 2

如图 10 所示，以 AlGaInP LED 为例。该器件由以下各部分组成：p-型电极 100，p-型电流扩展层 200，p-型上限制层 300，有源区 400，n-型下限制层 500，n-型缓冲层 600，n-型衬底 700，n-型电极 800，以及由 p-型导电透光层 130、电流阻挡层 120 和 p-型电流扩展层 200 构成的 p-型电流输运增透窗口层 140；其制备过程和方法如下：

1. 在 GaAs 等能够与 AlGaInP 匹配的材料形成的 n-型衬底 700 上，用 MOVCD 方法依次外延生长 n-型缓冲层 600，n-型下限制层 500，有源区 400，p-型上限制层 300，p-型电流扩展层 200，这样就得到了 AlGaInP 发光二极管的外延片；
2. 再通过后工艺的办法：首先将外延片进行清洗，甩胶并光刻出要做阻挡层的区域，利用离子注入的办法在该区域电流扩展层下方注入能起阻挡层作用的离子，形成电流阻挡层 120，去胶并清洗，然后蒸镀上一层 ITO 导电透光材料，通过这些步骤，完成了电流输运增透窗口层 140 的制作；
3. 接下来，用蒸发的办法在正面蒸发一层 AuZnAu 金属层，并光刻出 p-型上电极 100，将整个外延片衬底进行减薄至约 100μm，然后在减薄的这一面蒸发一层 AuGeNi 形成 n-型下电极 800，完成了上下电极的制作；将做好的外延片解理成 225μm×225μm 的管芯，压焊在管座上。

图 11 所示的器件在结构上比图 10 多一个在 n-型下限制层 500 与 n-型缓冲层 600 之间生长的 n-型 DBR 反光层 900，工艺上的唯一区别是 MOCVD 生长时多生长一层 n-型 DBR 反光层 900。

以上所述仅为本发明的具体实施例，并非用以限定本发明的保护范围，凡其它未脱离权利要求书范围内所进行的各种改型和修改，均应包含在本发明的保护的范围内。

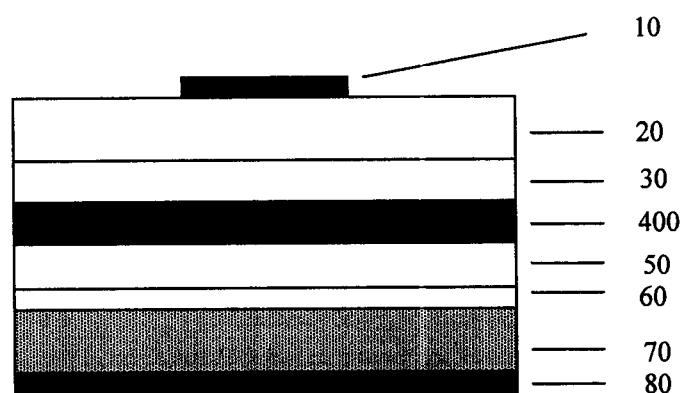


图 1

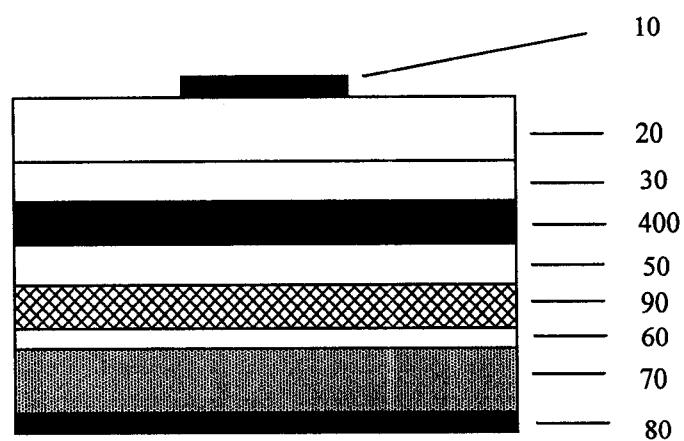


图 2

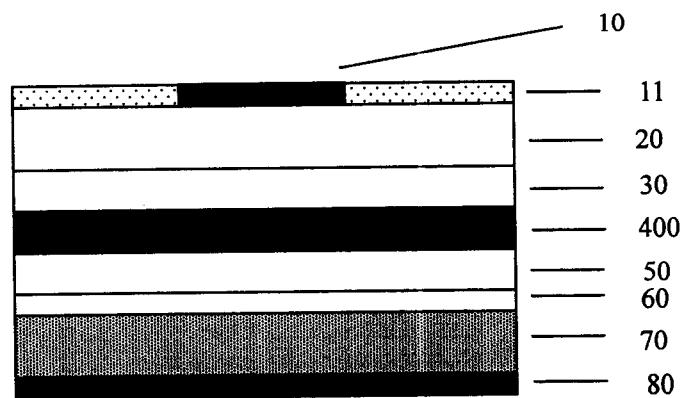


图 3

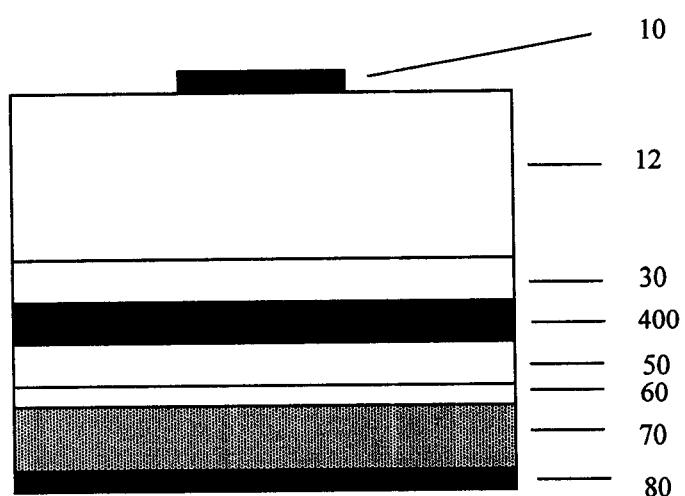


图 4

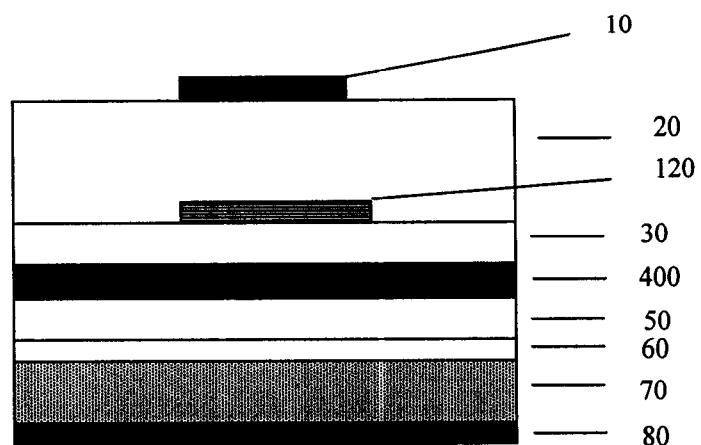


图 5

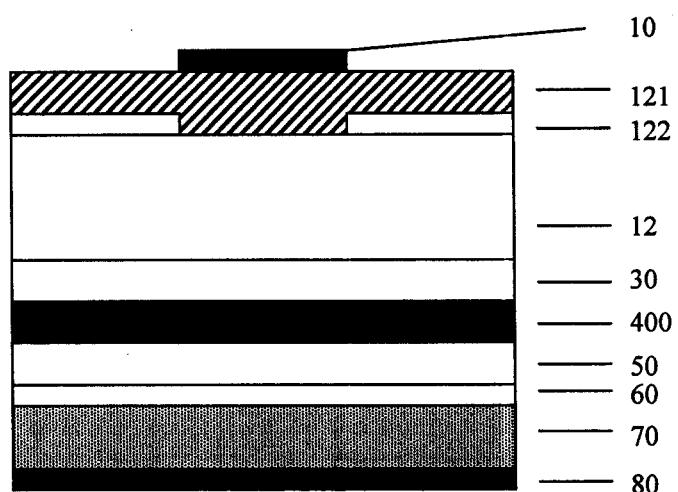


图 6

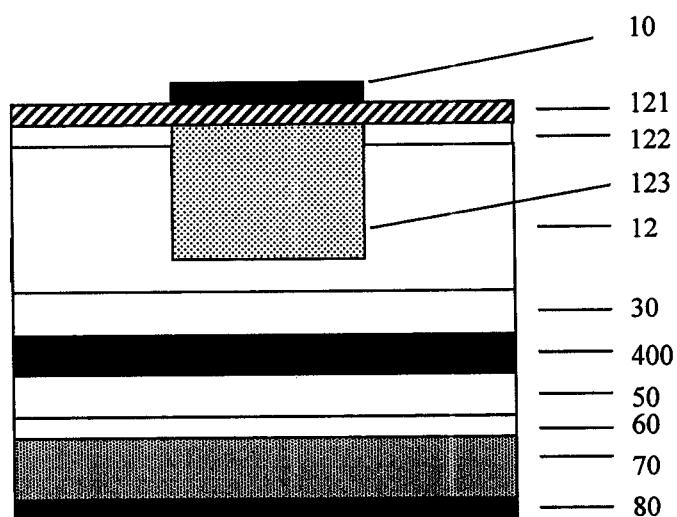


图 7

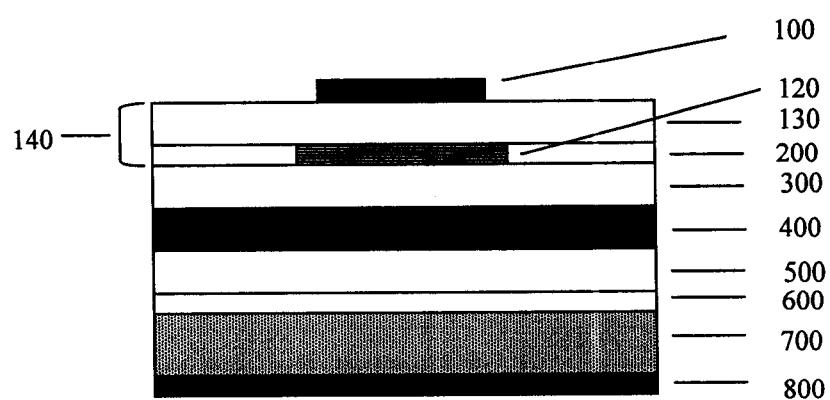


图 8

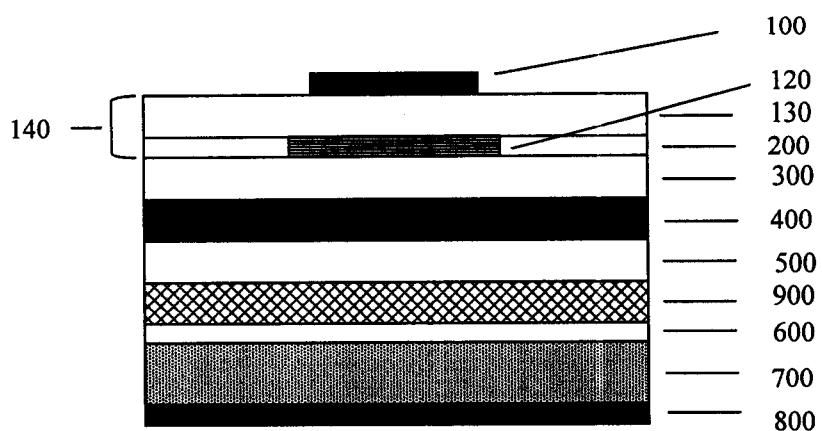


图 9

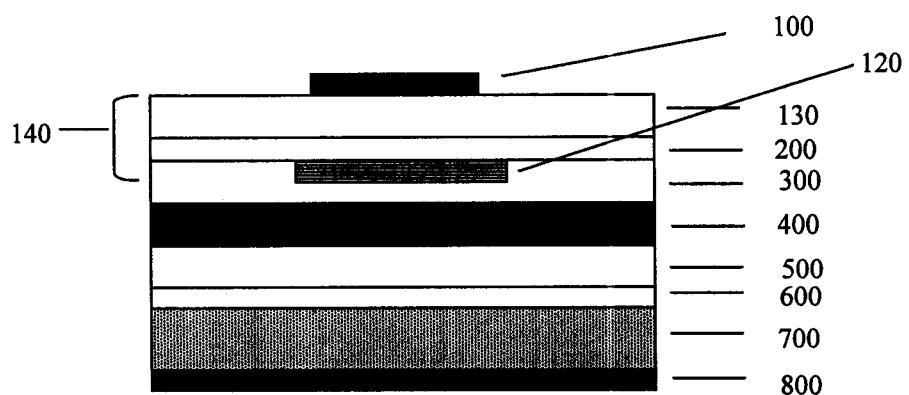


图 10

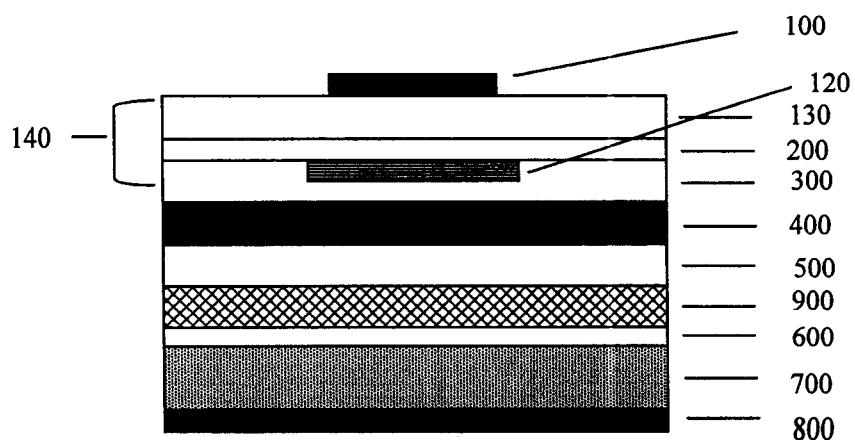


图 11