

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410078343.6

[45] 授权公告日 2008 年 6 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 100395899C

[22] 申请日 2004.9.23

[21] 申请号 200410078343.6

[73] 专利权人 環圓光電股份有限公司

地址 台湾省桃园县

[72] 发明人 武良文 涂如钦 游正璋 温子稷  
简奉任

[56] 参考文献

JP2000-101135A 2000.4.7

JP2003-124518A 2003.4.25

JP2003-309287A 2003.10.31

CN1368764A 2002.9.11

CN1521868A 2004.8.18

US6172382B1 2001.1.9

审查员 杨永

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

代理人 郝庆芬

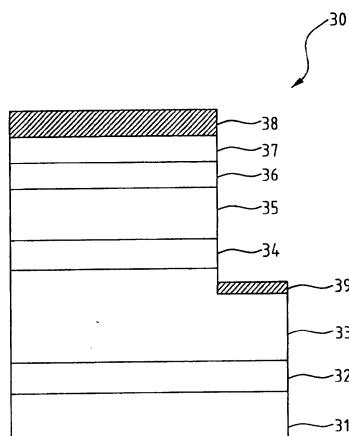
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称

具有增强发光亮度的氮化镓发光二极管结构

[57] 摘要

本发明提供一种多重量子阱发光二极管，包括：基板、缓冲层、n型氮化镓层、活性发光层、p型被覆层、p型接触层、位障缓冲层、以及透明接触层。此结构最底层为基板，材料为氧化铝单晶。形成于基板上为缓冲层，材料为氮化铝镓铟。而n型氮化镓层形成于缓冲层上。活性发光层形成于n型氮化镓层之上，材料为氮化铟镓。p型被覆层形成于活性发光层之上，材料为镁掺杂氮化铝铟。p型接触层形成于p型被覆层上，材料为氮化镓。形成于p型接触层上为位障缓冲层，材料为氮化镁或氮化镁/氮化铟或氮化镁/氮化铟镓。形成于位障缓冲层上为透明接触层，材料为铟锡氧化物。以及形成于n型氮化镓层上为n型电极层，材料为Ti/Al或Cr/Au。



1. 一种具有增强发光亮度的氮化镓发光二极管结构，包括：

一基板，其材料为氧化铝单晶；

一缓冲层，其材料为  $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ ，其中  $0 \leq X < 1$ 、 $0 \leq Y < 1$ ，且位于该基板上；

一 n 型氮化镓层位于该缓冲层上；

一活性发光层，其材料为氮化铟镓，位于该 n 型氮化镓层上；

一 p 型被覆层，其材料为镁掺杂的  $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ ，其中  $0 \leq X < 1$ ，且位于该活性发光层上；

一 p 型接触层，其材料为氮化镓，位于该 p 型被覆层上；

一位障缓冲层，其材料为氮化镁，位于该 p 型接触层上；

一透明接触层，其材料为铟锡氧化物，位于该位障缓冲层上；以及

一 n 型电极层，其材料为 Ti/Al 或 Cr/Au，位于该 n 型氮化镓层上。

2. 如权利要求 1 的氮化镓发光二极管结构，其中该位障缓冲层的厚度为介于 5 埃至 200 埃之间。

3. 如权利要求 1 的氮化镓发光二极管结构，其中该位障缓冲层的成长温度为介于 500℃至 1200℃的之间。

4. 如权利要求 1 的氮化镓发光二极管结构，其中该透明接触层的厚度小于或等于 5000 埃。

5. 如权利要求 1 的氮化镓发光二极管结构，其中该透明接触层的成长温度为介于 100℃至 600℃之间。

6. 一种具有增强发光亮度的氮化镓发光二极管结构，包括：

一基板，其材料为氧化铝单晶；

一缓冲层，其材料为  $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ ，其中  $0 \leq X < 1$ 、 $0 \leq Y < 1$ ，且位于该基板上；

一 n 型氮化镓层位于该缓冲层上；

一活性发光层，其材料为氮化铟镓，位于该 n 型氮化镓层上；

一 p 型被覆层，其材料为镁掺杂的  $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ ，其中  $0 \leq X < 1$ ，且位于该活

性发光层上；

一 p 型接触层，其材料为氮化镓，位于该 p 型被覆层上；

一短周期超晶格位障缓冲层，其材料为氮化镁/氮化铟，位于该 p 型接触层上；

一透明接触层，其材料为铟锡氧化物，位于该短周期超晶格位障缓冲层上；以及

一 n 型电极层，其材料为 Ti/Al 或 Cr/Au，位于该 n 型氮化镓层上。

7. 如权利要求 6 的氮化镓发光二极管结构，其中该短周期超晶格位障缓冲层的材料为氮化镁/氮化铟，且其结构可以为：氮化镁在上/氮化铟在下，或氮化铟在上/氮化镁在下，且此结构的重复次数大于或等于 2，其厚度各介于 5 埃至 200 埃之间。

8. 如权利要求 6 的氮化镓发光二极管结构，其中该短周期超晶格位障缓冲层的成长温度为介于 500℃ 至 1200℃ 之间。

9. 如权利要求 6 的氮化镓发光二极管结构，其中该透明接触层的层的厚度小于或等于 5000 埃。

10. 如权利要求 6 的氮化镓发光二极管结构，其中该透明接触层的层的成长温度为介于 100℃ 至 600℃ 之间。

11. 一种具有增强发光亮度的氮化镓发光二极管结构，包括：

一基板，其材料为氧化铝单晶；

一缓冲层，其材料为  $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ ，其中  $0 \leq X < 1$ 、 $0 \leq Y < 1$ ，且位于该基板上；

一 n 型氮化镓层位于该缓冲层上；

一活性发光层，其材料为氮化铟镓，位于该 n 型氮化镓层上；

一 p 型被覆层，其材料为镁掺杂的  $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ ，其中  $0 \leq X < 1$ ，且位于该活性发光层上；

一 p 型接触层，其材料为氮化镓，位于该 p 型被覆层上；

一短周期超晶格位障缓冲层，其材料为氮化镁/氮化铟镓，位于该 p 型接触层上；

一透明接触层，其材料为铟锡氧化物，位于该短周期超晶格位障缓冲层

上；以及

一 n 型电极层，其材料为 Ti/Al 或 Cr/Au，位于该 n 型氮化镓层上。

12. 如权利要求 11 的氮化镓发光二极管结构，其中该短周期超晶格位障缓冲层的材料为氮化镁/氮化铟镓，且其结构可以为：氮化镁在上/氮化铟镓在下，或氮化铟镓在上/氮化镁在下，且此结构的重复次数大于或等于 2，其厚度各介于 5 埃至 200 埃之间。

14. 如权利要求 11 的氮化镓发光二极管结构，其中该短周期超晶格位障缓冲层的成长温度为介于 500℃至 1200℃之间。

15. 如权利要求 11 的氮化镓发光二极管结构，其中该透明接触层的层的厚度小于或等于 5000 埃。

16. 如权利要求 11 的氮化镓发光二极管结构，其中该透明接触层的层的成长温度为介于 100℃至 600℃之间。

## 具有增强发光亮度的氮化镓发光二极管结构

### 技术领域

本发明是有关于氮化镓发光二极管结构，特别是以 ITO 为材料所制成的顶部透射接触层、以形成增加透射光线且增强发光亮度的氮化镓发光二极管结构。

### 背景技术

据了解，通常在现有技术中使用氮化铟镓(InGaN)/氮化镓(GaN)多重量子阱发光二极管(MQW LEDs)作为发光装置，而广泛应用于各种静态显示功能与用途，例如：钟表、显示屏幕、以及广告面板等中的数字或影像的显示。然而，这种装置的发光亮度与光线透射效率受到其顶部透明接触层的限制，其目前透光率至多仅达到 62%，因此，其使用效果并不十分理想。

现在请参考图 1 说明这种现有技术多重量子阱发光二极管(MQW LEDs)的结构及其所受的限制。如图 1 所示，这种结构包括：基板 11、缓冲层 12、未掺杂 n 型氮化镓(GaN)层 13、n 型氮化镓(GaN)层 14、多重量子阱层 15、氮化镓(GaN)被覆层 16 层、p 型氮化镓(GaN)层 17、Ni/Au 透明接触层 18、以及 Ni/Al 透明接触层 19。

在上述结构中的最底层为基板 11，其材料为氧化铝单晶(Sapphire)。形成于基板 11 上的缓冲层(buffer layer)12，其材料为氮化铟镓(InGaN)。未掺杂 n 型氮化镓(GaN)层 13 形成于缓冲层 12 上。其次，n 型氮化镓(GaN)层 14 形成于此未掺杂 n 型氮化镓(GaN)层 13 之上。然后，将多重量子阱层 15 形成于 n 型氮化镓层 14 之上，其材料为 InGaN/GaN。形成于此多重量子阱层上为氮化镓(GaN)被覆层 16。然后，p-型 GaN 层 17 形成于氮化镓(GaN)被覆层 16 之上。最后，Ni/Au 透明接触层 18 形成于 p-型 GaN 层 17 之上，以及 Ni/Al 透明接触层 19 形成于 n 型氮化镓(GaN)层 14 之上。

这种现有技术多重量子阱发光二极管结构为一种“n-型被覆层在下结构”(n-Down Structure)即：将 InGaN/GaN 的多重量子阱(MQW)活性层成长于 n-型被覆层(n-GaN)上，然后将 p-型 GaN 被覆层成长于此多重量子阱活性层上。

以此方式所制成的发光二极管，其目的在于使用其中的多重量子阱(MQW)活性层的优良结晶品质，而可以在下部的 n-GaN 层达成较佳电流扩散，以及因此形成此二极管装置的较低导通(turn on)电压。

然而，这种现有的多重量子阱发光二极管(InGaN/GaN MQW LED)的主要特色为使用：n 型氮化镓(GaN)层作为接触层(Contacting layer)，以及以 Ni/Au 作为 p-型导电电极与透明接触层。依据图 2 中的实验数字显示，该 Ni/Au 透明接触层的透光率(Transmittance)(即入射光的透射百分比)在绿色光谱波段(505-525nm)仅约为 75%，而其透光率在蓝色光谱波段(460-470nm)更不到 70%。因此，现有技术的发光二极管受限于这种透明接触层的本身透光特性而无法提高其发光亮度，此为其重大的缺点与限制。

本发明的目的即在改善现有技术发光二极管上述的缺点与限制，以实现大幅提高其发光亮度与光输出功率的功能与目的。

#### 发明内容

因此，本发明的目的在于提供一种多重量子阱发光二极管，其将传统现有发光二极管结构作大幅改进与调整，且使用更具透光效率的透明接触层，以大幅提升此发光二极管的发光亮度与光线输出效率。

这种多重量子阱发光二极管的主要结构包括：基板、缓冲层、n 型氮化镓(GaN)层、活性发光层、p 型被覆层、p 型接触层、位障缓冲层、以及透明接触层。其中，此结构的最底层为基板，其材料为氧化铝单晶(Sapphire)。形成于基板上为缓冲层(buffer layer)，其材料为氮化铝镓铟( $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ )。而 n 型氮化镓(GaN)层形成于缓冲层上。然后，活性发光层形成于 n 型氮化镓(GaN)层之上，其材料为氮化铟镓(InGaN)。其次，p 型被覆层(cladding layer)形成于活性发光层之上，其材料为镁掺杂(Mg-doped)氮化铝铟( $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ )。然后，p 型接触层形成于 P 型被覆层上，其材料为氮化镓(GaN)。形成于 p 型接触层上为位障缓冲层，其材料为氮化镁(MgN)或氮化镁/氮化铟(MgN/InN)或氮化镁/氮化铟镓( $\text{MgN/In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ )。形成于位障缓冲层上为透明接触层，其材料为铟锡氧化物(ITO)。以及形成于 n 型氮化镓层上为 n 型电极层，其材料为 Ti/Al 或 Cr/Au。

上述本发明这种特殊设计的多重量子阱发光二极管结构的特征为：其顶

层的透明接触层使用ITO为材料，而非以现有技术所使用的Ni/Au为材料。因此，如图2中的实验数据所显示，此以ITO为材料的透明接触层的透光率，在绿色光谱波段(505-525nm)中的520nm处，可达到95%的非常理想境界。也就是说，此ITO透明接触层的入射光线的95%可透射出。因此，根据这种设计，本发明的多重量子阱发光二极管可以大幅提升其发光亮度与光线透射效率。

#### 附图说明

图1是根据现有技术的氮化镓发光二极管结构；

图2显示本发明使用ITO作为透明接触层材料与现有技术使用Ni/Au作为透明接触层材料的透光率比较图；

图3是根据本发明实施例1的氮化镓发光二极管结构；

图4是根据本发明实施例2的氮化镓发光二极管结构；

图5是根据本发明实施例3的氮化镓发光二极管结构。

#### 图中

10 现有发光二极管结构

11 基板

12 缓冲层

13 未掺杂n型氮化镓层

14 n型氮化镓层

15 多重量子阱层

16 被覆层

17 p型氮化镓层

18 透明接触层

19 透明接触层

30 发光二极管结构一

31 基板

32 缓冲层

33 n型氮化镓层

34 活性发光层

35 p型被覆层

- 
- 36 p型接触层
  - 37 位障缓冲层
  - 38 透明接触层
  - 39 n型电极层
  - 40 发光二极管结构二
  - 41 基板
  - 42 缓冲层
  - 43 n型氮化镓层
  - 44 活性发光层
  - 45 p型被覆层
  - 46 p型接触层
  - 47 位障缓冲层
  - 48 透明接触层
  - 49 n型电极层
  - 50 发光二极管结构三
  - 51 基板
  - 52 缓冲层
  - 53 n型氮化镓层
  - 54 活性发光层
  - 55 p型被覆层
  - 56 p型接触层
  - 57 位障缓冲层
  - 58 透明接触层
  - 59 n型电极层

#### 具体实施方式

本发明的各种特点与优点将由以下说明并参考附图而详细阐明。

现在参考所附图式说明本发明的各个实施例。

#### 实施例 1

首先, 请参考图 3。图 3 为根据本发明实施例 1 的具有增强发光亮度的

氮化镓发光二极管结构一 30，其包括：基板 31、缓冲层 32、n 型氮化镓(GaN)层 33、活性发光层 34、p 型被覆层 35、p 型接触层 36、位障缓冲层 37、透明接触层 38、以及 n 型电极层 39。

其中，此结构的最底层为基板 31，其材料为氧化铝单晶(Sapphire)。形成于基板 31 上的缓冲层(buffer layer) 32，其材料为氮化铝镓铟( $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ )，其中  $0 \leq X < 1$ ， $0 \leq Y < 1$ 。n 型氮化镓(GaN)层 33 形成于缓冲层 32 上。活性发光层 34 形成于 n 型氮化镓(GaN)层 33 之上，其材料为氮化铟镓(InGaN)。p 型被覆层(cladding layer)35 形成于活性发光层 34 之上，其材料为镁掺杂(Mg-doped)氮化铝铟( $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ )，其中  $0 \leq X < 1$ 。形成于 P 型被覆层 35 上为 p 型接触层 36，其材料为氮化镓(GaN)。形成于 p 型接触层 36 上为位障缓冲层 37，其材料为氮化镁(MgN)。形成于位障缓冲层 37 上为透明接触层 38，其材料为铟锡氧化物(ITO)。以及形成于 n 型氮化镓层 33 上为 n 型电极层 39，其材料为 Ti/Al 或 Cr/Au。

在此结构中，位障缓冲层(MgN)37 的厚度为介于 5 埃至 200 埃之间，其成长温度介于 500°C 至 1200°C 之间。

## 实施例 2

其次，请参考图 4。图 4 为根据本发明实施例 2 的具有增强发光亮度的氮化镓发光二极管结构二 40，其包括：基板 41、缓冲层 42、n 型氮化镓(GaN)层 43、活性发光层 44、p 型被覆层 45、p 型接触层 46、短周期超晶格位障缓冲层 47、透明接触层 48、以及 n 型电极层 49。

其中，此结构的最底层为基板 41，其材料为氧化铝单晶(Sapphire)。缓冲层(buffer layer)42 形成于基板 41 之上，其材料为氮化铝镓铟( $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ )，其中  $0 \leq X < 1$ ， $0 \leq Y < 1$ 。n 型氮化镓(GaN)层 43 形成于缓冲层 42 上。形成于 n 型氮化镓(GaN)层 43 上的活性发光层 44，其材料为氮化铟镓(InGaN)。p 型被覆层(cladding layer)45 形成于活性发光层 44 之上，其材料为镁掺杂(Mg-doped)氮化铝铟( $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ )，其中  $0 \leq X < 1$ 。形成于 P 型被覆层 45 上为 p 型接触层 46，其材料为氮化镓(GaN)。形成于 p 型接触层 46 上为短周期超晶格位障缓冲层(short-period superlattice barrier buffer layer) 47，其材料为氮化镁/氮化铟(MgN/InN)，以及形成于短周期超晶格位障缓冲层 47 上为透明接触层

48，其材料为铟锡氧化物(ITO)。以及形成于n型氮化镓层43上为n型电极层49，其材料为Ti/Al或Cr/Au。

在上述结构中，短周期超晶格位障缓冲层(MgN/InN)47的厚度分别介于5埃至200埃之间，其重复次数大于或等于2，其结构可以为：MgN在上/InN在下、或MgN在下/InN在上，其成长温度介于500℃至1200℃之间。

### 实施例3

最后，请参考图5。图5为根据本发明实施例3的具有增强发光亮度的氮化镓发光二极管结构350，其包括：基板51、缓冲层52、n型氮化镓(GaN)层53、活性发光层54、p型被覆层55、p型接触层56、位障缓冲层57、透明接触层58、以及n型电极层59。

其中，此结构的最底层为基板51，其材料为氧化铝单晶(Sapphire)。缓冲层(buffer layer)52形成于基板51之上，其材料为氮化铝镓铟( $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_x\text{In}_y\text{N}$ )，其中 $0 \leq X < 1$ ， $0 \leq Y < 1$ 。n型氮化镓(GaN)层53形成于缓冲层52上。形成于n型氮化镓(GaN)层53上的活性发光层54，其材料为氮化铟镓(InGaN)。p型被覆层(cladding layer)55形成于活性发光层54之上，其材料为镁掺杂(Mg-doped)氮化铝铟( $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ )，其中 $0 \leq X < 1$ 。形成于P型被覆层55上为p型接触层56，其材料为氮化镓(GaN)。形成于p型接触层56上为短周期超晶格位障缓冲层(short-period superlattice barrier buffer layer)57，其材料为氮化镁/MgN/In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N，以及形成于短周期超晶格位障缓冲层57上为透明接触层58，其材料为铟锡氧化物(ITO)。以及形成于n型氮化镓层53上为n型电极层59，其材料为Ti/Al或Cr/Au。

在上述结构中，短周期超晶格位障缓冲层(MgN/In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N)57的厚度分别介于5埃至200埃之间，其重复次数大于或等于2，其结构可以为MgN在上/In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N在下、或MgN在下/In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N在上，其成长温度介于500℃至1200℃之间。

以上三个实施例中透明导电层使用ITO(铟锡氧化物)作为其材料，然而，本发明透明导电层所使用的材料并不受限于ITO，而是可以包括以下材料：n型透明导电氧化物层(TCO)，例如：ITO、CTO、ZnO:Al、ZnGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、SnO<sub>2</sub>:Sb、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Sn、AgInO<sub>2</sub>:Sn、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Zn等；或

p型透明导电氧化物层(TCO)，例如：CuAlO<sub>2</sub>、LaCuOS、NiO、CuGaO<sub>2</sub>、SrCu<sub>2</sub>O<sub>2</sub>等。

由以上详细说明的三个实施例，以及图2的相关实验数据可知，根据本发明的发光二极管结构，确实可以改善现有技术发光二极管的缺点与限制，尤其可将该发光二极管的透光率从现有技术的62%提升至本发明的95%以上，而可大幅增强其发光亮度与光线透射效率。因此，本发明具有产业上的利用价值，且符合专利要件。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，其仅用于说明目的而非用以限制本发明与权利要求的范围；凡是其它在未偏离本发明所揭示的精神与范围内所作的等效改变或修饰，均应包含在以下所述的权利要求的范围内。

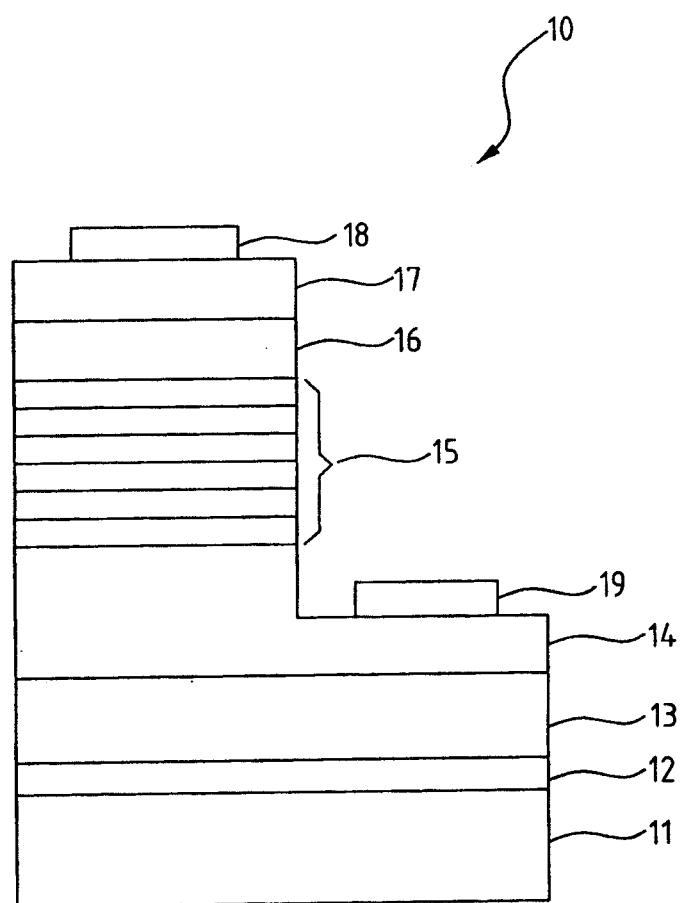


图 1

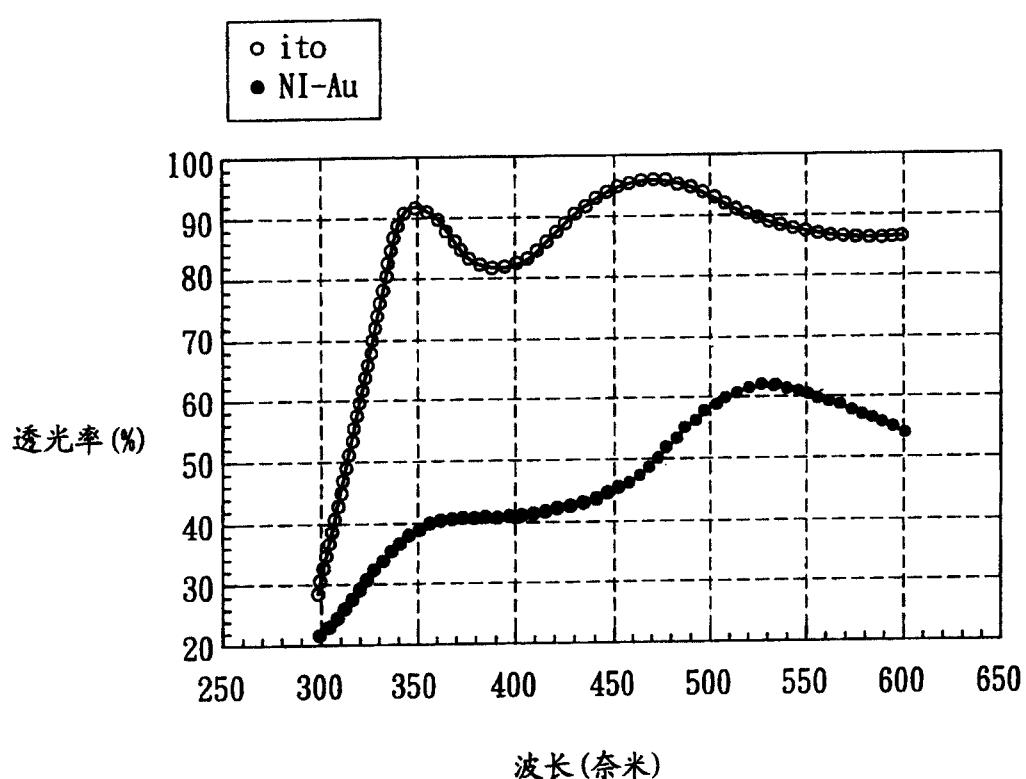


图 2

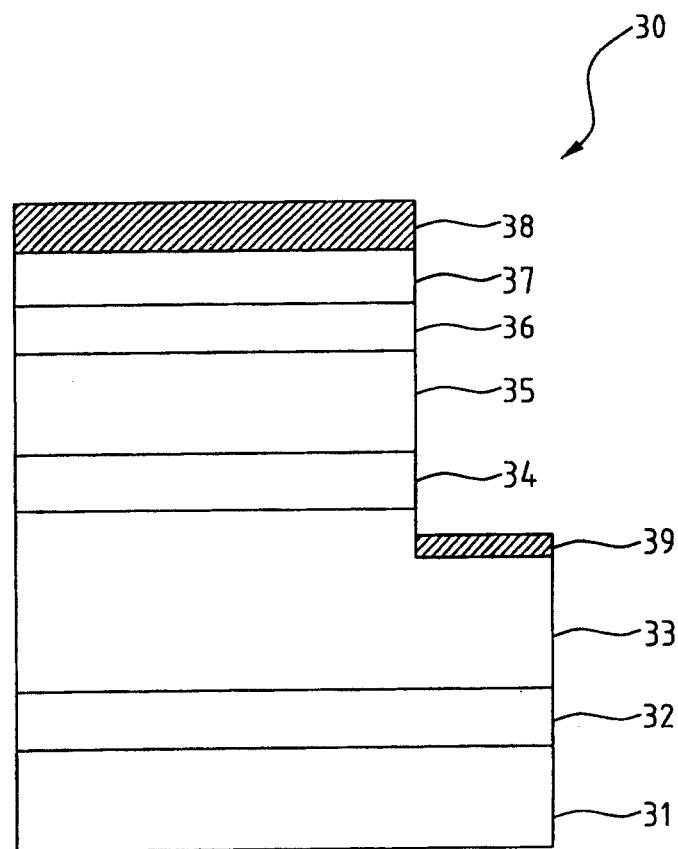


图 3

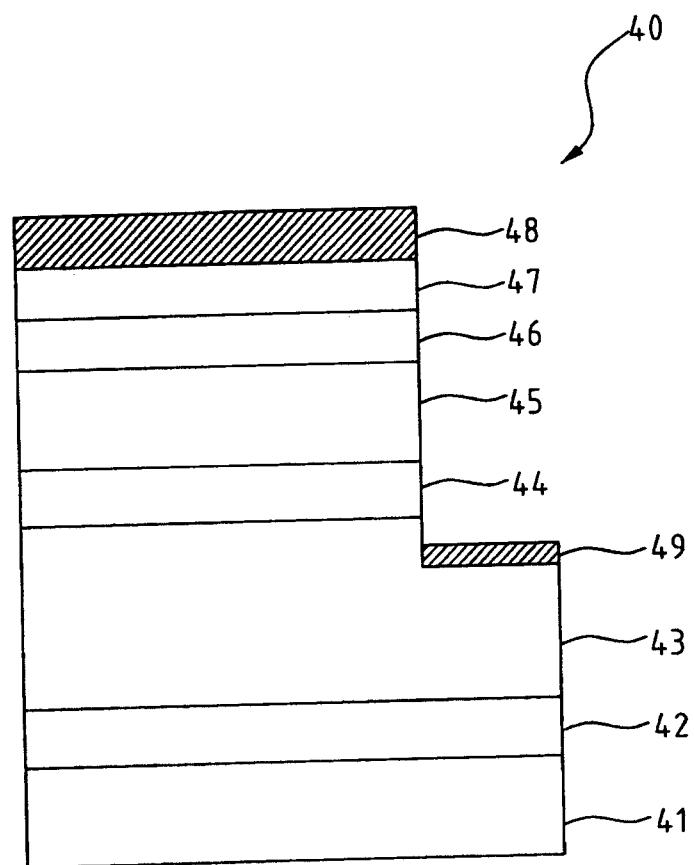


图 4

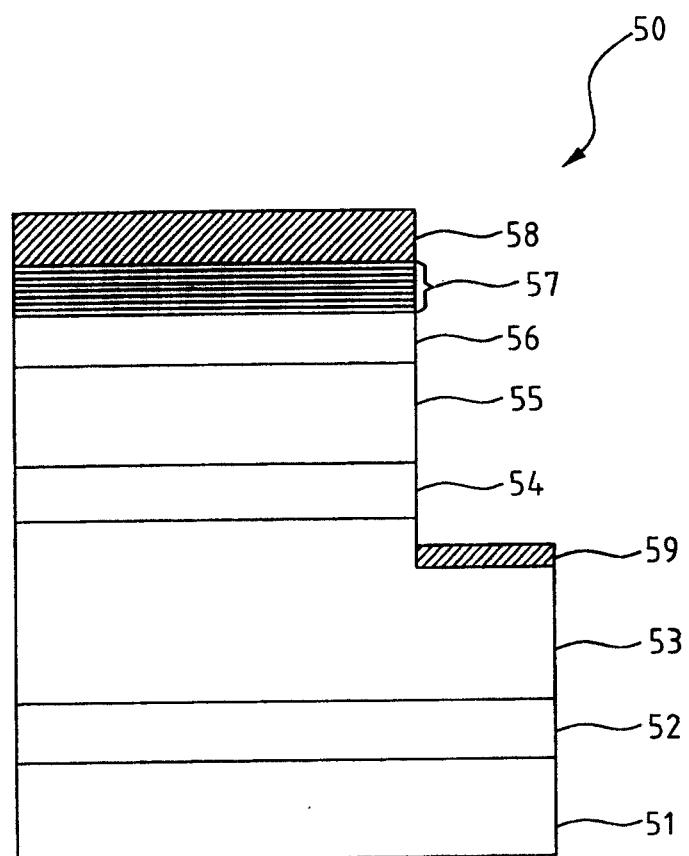


图 5