



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 98808738.3

[45] 授权公告日 2003 年 11 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 1129192C

[22] 申请日 1998.8.28 [21] 申请号 98808738.3
[30] 优先权
[32] 1997. 8.29 [33] US [31] 08/920,409
[86] 国际申请 PCT/US98/17849 1998.8.28
[87] 国际公布 WO99/10936 英 1999.3.4
[85] 进入国家阶段日期 2000.2.29
[71] 专利权人 克里公司
地址 美国北卡罗莱纳
[72] 发明人 小戴维·B·斯莱特
杰拉尔德·H·尼格莱
约翰·亚当·埃德蒙
审查员 唐跃强

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 杜日新

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 6 页

[54] 发明名称 发光二极管

[57] 摘要

本发明提供了耐用于高温高湿条件的发光二极管，成标准封装，具有高可靠性。它包括 III 族元素氮化物异质结二极管，具有 p 型 III 族元素氮化物接触层，至 p 型接触层的欧姆接触，和在欧姆接触上的钝化层。二极管的特征是，在 85% 的相对湿度和 85℃ 的温度环境中在 10 毫安的电流经至少 1000 小时后它将发射其原始光能的至少 50%，工作电压保持基本不变。还提供了封装有二极管的 LED 灯。

ISSN 1008-4274

1. 一种发光二极管，它能承受高温和高湿条件，所述二极管包括：

碳化硅衬底（11）；

在所述衬底上的缓冲器结构（12）；

在所述缓冲器结构上的 III 族元素氮化物异质结二极管（13）；

在所述 III 族元素氮化物异质结二极管（13）上的 p 型 III 族元素氮化物接触层（14）；

与所述碳化硅衬底的底表面的欧姆接触（15）；

其特征在于：

至所述 p 型接触层的铂欧姆接触（16）；和

在所述铂欧姆接触上的氮化硅钝化层（17）。

2. 按权利要求 1 所述发光二极管，其中，所述二极管包括单个异质结二极管。

3. 按权利要求 1 所述发光二极管，其中，所述二极管包括双异质结二极管。

4. 按权利要求 1 所述发光二极管，其中，所述接触层包括氮化镓。

5. 按权利要求 1 所述发光二极管，其中，所述欧姆接触很薄足以成半透明状态。

6. 按权利要求 1 的高可靠的发光二极管，它在相对湿度为 85% 在 85℃ 温度的环境中在 10 毫安电流下经至少 1000 小时工作后，仍能发射其原始光功率的至少 50% 并保持工作电压基本不变。

7. 按权利要求 6 所述发光二极管，其中，在输入 20 毫安的正偏置电流时其原始光功率为 800 微瓦。

8. 按权利要求 6 所述发光二极管，其中，在输入 20 毫安正偏置电流时其原始光功率为 1600 微瓦。

9. 按权利要求 1 所述发光二极管，其中，所述碳化硅衬底是选

自由 3C、4H、6H 和 15R 多型碳化硅构成的组中的单晶。

10. 按权利要求 1 所述发光二极管, 其中, 所述异质结二极管和接触层包括:

在所述缓冲结构上的 n 型氮化镓外延层;

在所述氮化镓层上的 n 型氮化铝镓外延层;

在所述 n 型氮化铝镓有源层上的补偿 n 型氮化镓有源层;

在所述氮化镓有源层上的 p 型氮化铝镓层; 和

在所述 p 型氮化铝镓层上的 p 型氮化镓接触层。

11. 一种像素, 包括:

按权利要求 1 的发光二极管, 它在可见光谱的兰光区发光,

红色发光二极管, 和

绿色发光二极管。

12. 一种 LED 灯, 是在塑料透镜中封装有按权利要求 1 的发光二极管。

13. 一种显示器, 包括按权利要求 1 的多个发光二极管, 或多个按权利要求 11 的多个像素, 或多个按权利要求 12 的 LED 灯。

14. 按权利要求 13 的显示器, 其中, 所述发光二极管或 LED 灯在可见光谱的兰光区发光, 还包括多个红色发光二极管或 LED 灯, 和多个绿色发光二极管或 LED 灯。

发光二极管

技术领域

本发明涉及发光二极管，特别涉及标准封装应用中的由 III 族元素的氮化物构成的发光二极管，耐用于高温和高湿条件中的显示。

背景技术

发光二极管是把电能转换成光发射的 p-n 结器件。特别是，在适当的正偏压条件下，在电磁光谱的紫外光区，可见光区和红外光区中 LED 的外自发发射。

正如对电磁光谱中的可见光和近可见光区及其特性所公知的，光的波长越短（如兰光和紫外光）则表示其频率越高，能量转换越高，光的波长越长（如红光和红外光）表示频率越低，能量转换越低。

因此，就发光二极管而言，在它们发射的特定光谱区，即，它们的颜色，取决于产生发射的转换能。因此，转换能确定具体材料的禁带大小范围。因此，为了使发光二极管在光谱的兰光或紫外光区发射，要求半导体材料的禁带要足够大（足够宽），以维持有充分的能量转换，而发兰光或紫外光。

而且，光谱的兰光区和紫外光区中的发光二极管所选用的材料只限于有宽禁带的某些材料，例如，钻石，碳化硅（SiC）和 III 族元素的氮化物。例如，由元素周期表的 III 族元素构成的二元，三元和四元氮化物，例如氮化镓（GaN），氮化铟镓（InGaN），和氮化铝镓（AlGaN）。

兰色发光二极管最近的开发工作主要集中在 III 族元素的氮化物，因为，它们的禁带宽，是直接转换材料而不是间接转换材料。正如本行业技术人员所公知的，直接的禁带材料能出现更高的频率，因为，它的能量转换主要以光的（光子）形式，而不是一部以光的形式和一部分以振动能（量子）形式转换。

LED 和其它光学器件的结构，量子力学和工作的更广泛的讨论已

由 Sze. Physics of Semiconductor Material. 2d Edition (1981, John Wiley & Sons. Inc)披露。这些原理本行业技术人员是公知的，除了本发明所要求的必要的说明和支持之外在此不再重复。

从最普遍意义上说，发光二极管通常包括导电类型相反的一起构成 p-n 结的两层材料。这些材料通常是以衬底上的外延层形式存在。最主要的要求是，与衬底和与顶层的外延层之间要构成欧姆接触，以构成能取得最佳封装效果的“竖直式”器件。

就这一点而言，LED 通常封装成作为最后使用的 LED 灯的形式。典型的 LED 灯包括 LED 芯片（或“管心”，术语“芯片”通常用来说明集成电路而不是 LED）和塑料透镜（有时也用玻璃透镜）要用作滤光器或用于提高对比度的某些 LED 的透镜要着色。但就蓝色 LED 的透镜而言应是无色的，以避免被要求的蓝光发射干扰。典型的灯构形是本技术领域所公知的，而且已由 Sze supra 在 697-700 中公开。当 LED 芯片封装成灯时，则可以在各种应用中使用，例如用作指示灯和数字显示。

但是，对某些类型的器件会有一些特殊的要求。例如，III 族元素氮化物器件通常在蓝宝石或碳化硅衬底上形成。由于 SiC 能电掺杂，因此在许多环境中最好用碳化硅衬底。因此，SiC 衬底能构成与“顶”和“底”有欧姆接触的“竖直式”器件的基础。反之，蓝宝石的绝缘特性妨碍了它在“竖直式”器件中的应用。

因此，n-型 SiC 衬底最好位于 p 型衬底上，因为 n-型 SiC 通常有更好的导电性和更好的透光性。

SiC 衬底上形成的 III 族元素氮化物器件通常包括 n-型衬底。n-型缓冲器结构（或多层组合层），n-型外延层和在器件“顶”上的 p-型层（例如，GaN）。

这种 III 族元素的氮化物 LED 近来已开发并进入商业应用。而且，确认商业应用中（术语“商业”通常是指已生产出来并在库存清单上已售出的产品，但不限于此）的产品受到具体的物理和化学损坏而最终导致器件的电子性能损坏。更具体地说，在正常环境条件下，在室温或室温以上的温度中，在正常的湿度条件下和其它环境因素下 LED 灯工作，欧姆接触和有关的钝化层会相互作用而造成光电性能损坏会变得更明显。

在包括用作其顶层的 p 型 GaN 层、与该 p 型层为欧姆接触的那些器件中损坏问题特别产生。

因此，在用 III 族元素氮化物构成的某些商业类型的兰色 LED 中，封装本身是特殊的，由于在正常环境条件下已封装的 LED 芯片也容易破碎。例如，由 Nichia Chemical Industries of Tokushima, Japan 制造的 NSPG6305 中，p 型层、欧姆接触、和钝化层用软的透明聚合物材料覆盖，之后，封入例如环氧基聚物的硬树脂中。

例如，在 European Published Application No. 0622858 中（“Gallium nitride based III-V group compound semiconductor device and method of producing the same”），中村等人披露、“p-电极（至 p 型氮化镓）可以用任何适用的金属材料制成（第 6 页，第 7 行）。中村列出了 8 种候选金属：Au, Ni, Pt, Al, Sn, In, Cr 和 Ti，并声称最好选择镍（Ni）和金（Au）化合物。而且，选择钝化层（“保护膜”）时，中村提供了一些只是最普遍的原则（只要材料是透明和电绝缘的，对形成保护膜的材料无特别的限制，第 9 页，31-32 行）。之后，中村还列出了 4 种候选材料：二氧化硅（ SiO_2 ），氧化钛（TiO），氧化铝（ Al_2O_3 ）和氮化硅（ Si_3N_4 ）。

公开的 PCT 申请 No. WO96/24167，叙述了一种发射兰绿光至紫外光的半导体激光器，它具有碳化硅衬底和氮化镓有源层。

但是，以 GaN 为基的 LED 的更广泛的推广表明，这种材料的普遍选择是不合适的，而且，与用于商品器件的其它合适的材料相比，所制成的 LED 的损坏更快得多。特别是，包括：（1）P-型 GaN 的顶外延层；（2）用由某些金属或其化合物例如钛和金（Ti/Au）构成的欧姆接触；（3）用二氧化硅（ SiO_2 ）作钝化层的 LED 具有比商业上允许的更快的损坏。更具体地说，发现 SiO_2 的渗水性使大量的潮气到达 P 电极，使电极损坏，并最终使整个器件较快的损坏。

如上所述，理想的封装应为保护容易碎的管心结构而提出一种方案。但是，为了得到其最大的商业潜能，由 III 族元素氮化物构成的兰色 LED 应用这种方式制造，即，它们插入更通用的灯管壳中，灯管壳所用的材料应是 III 族元素的氮化物而不是别的。

而且，需要把能按正常形式封装的 LED 芯片在常温 and 高温下并在潮湿条件下进行充分的老化试验，试验的时间周期要足以使器件在各种大的商业应用范围内有效。

发明内容

本发明的目的是提供一种发光二极管，采用标准封装，能耐受高温和高湿条件。

本发明的另一目的是提供由发光二极管构成的象素、显示器以及发光二极管灯。

为实现上述目的，本发明的二极管包括 III 族元素异质结二极管，具有 p 型 III 族元素的氮化物（最好是氮化镓）接触层，至 p 型接触层的欧姆接触，和在欧姆接触上的钝化层，其特征是，在 10 毫安下，在相对湿度为 85% 和温度为 85℃ 的环境条件下工作至少 1000 小时后，二极管的至少发射原始光功率的 50%，并保持其工作电压基本不变。

根据本发明的一个方面，一种发光二极管，它能承受高温和高湿条件，所述二极管包括：碳化硅衬底；在所述衬底上的缓冲器结构；在所述缓冲器结构上的 III 族元素氮化物异质结二极管；在所述 III 族元素氮化物异质结二极管上的 p 型 III 族元素氮化物接触层；与所述碳化硅衬底的底表面的欧姆接触；其特征在于：至所述 p 型接触层的铂欧姆接触；和在所述铂欧姆接触上的氮化硅钝化层。

根据本发明的另一个方面，一种象素，包括：上述的发光二极管，它在可见光谱的兰光区发光。红色发光二极管，和绿色发光二极管。

根据本发明的又一个方面，一种 LED 灯，是在塑料透镜中封装有上述的发光二极管。

根据本发明的再一个方面，一种显示器，包括上述的多个发光二极管，或多个上述的多个象素，或多个上述的 LED 灯。

通过以下结合附图所作的详细说明，使本发明的这些目的和其它目的和发明的优点变得更清楚。

附图说明

图 1 是以氮化镓为基的发光二极管的照片；

图 2 是第二张照片，它是图 1 所示的以氮化镓为基的发光二极管的

照片的某些部分的放大照片；

图 3 是本发明的 LED 的透视图；

图 4 是封有按本发明的二极管的 LED 灯的示意图；

图 5 是在 85/85/10 的条件下某些 III 族元素氮化物二极管的相对强度与时间的关系曲线图；

图 6 是在 85/85/10 的条件下某些 III 族元素氮化物二极管的正偏压 (V_f) 与时间的关系曲线图；

图 7 是在 85/85/10 的条件下按本发明的二极管的相对强度与时间的关系曲线图；

图 8 是在 85/85/10 的条件下按本发明的二极管的正偏压 (V_f) 与时间的关系曲线图。

具体实施方式

本发明是一种发光二极管，它在标准封装中能承受高温和高潮条件。

正如在背景技术中所述的，为了防止 III 族元素氮化物 LED 被损坏，欧姆接触必须从物理，机械，环境和封装应力等方面加以保护。

就此而言，图 1 是整体 LED (“管心”) 的照片。图 1 所示器件中，二氧化硅 (玻璃) 的钝化层已除去，只留下管心外部边缘四周的部分。仍然有玻璃存在的部分用环绕基本上是方形的管心的周边的斑点或斑点状态部分表示。图 1 所示的管心从约 3:00 点钟的位置开始脱落，沿顺时针方向移动，到约 11:00 点钟的位置。钝化层不在管心的中心，处于管心正中的焊丝球焊接头仍然搭接到焊盘。该特例中，钝化层中心部分已除去，而管心在试验后除去封装。

图 1 所示的管心的钝化层在试验过程中已在封装中脱落，并允许潮气渗入位于下面的钝化层中，所造成的脱离使该特定器件的初始光输出降低了 20%。随后，潮气渗过 LED 灯的环氧透镜而包围灯管壳底部伸出的引线，使薄的半透明欧姆接触损坏，并最终使其完全脱落。该损坏随后造成光输出连续下降，并最终导致器件的正偏压增大。图 1 的照片所示的器件中，接触损坏正如管心中心右边出现的黑暗区或粗糙区。

图 2 是图 1 所示照片的放大照片。如图 2 所示，留在周边上的玻璃

在器件的内台面有破碎，P-接触有破损。出现的暗区、粗糙面是成球形的欧姆接触（本例中是钛和金）位置。众所周知，当接触与p型层的一致性变小时，它会起球而不浸润p型层。随后，当Ti/Au在焊盘周围起球时，器件就慢慢地分离，而且在接触变成不连续的区域不再发光。因为p型氮化镓的表面是不良导体，通常有高电阻率，在空白区中的电流散布差，不能提供有助于发光的电流路径。

图3示出按本发明的二极管的第一实施例，它能承受高温和高潮湿条件。二极管总的用数字10指示，它包括碳化硅衬底11，其产品和特性已由本发明的代理人所代理的另一美国专利披露，包括例如No. RE34861（在No. 4866005之前）。在优选实施例中，碳化硅衬底是选自3C、4H、6H和15R的碳化硅变型的单晶。

优选实施例中，本发明的LED还包括位于碳化硅衬底11上的缓冲结构12。缓冲结构有助于提供结晶和以碳化硅衬底11至器件的残留III族元素的氮化物部分的机械转换。适当的缓冲结构已在全部由本发明代理人代理的美国专利例如No. 5393993, 5523589, 5592501和5739554中披露。二极管10还包括具有在缓冲结构12上的p型III族元素氮化物接触层14的III族元素氮化物异质结二极管结构13。与衬底11构成的欧姆接触15和与p型氮化镓外延层构成的另一欧姆接触16。欧姆接触16选自铂、钨、金、钛和金的化合物，铂和金的化合物，钛、铂和金的化合物，或铂和铟锡氧化物的化合物组成的材料组，最好用铂或钨制成。用欧姆接触16上的钝化层完成器件，上面列出了适合的候选材料，但最好还是用氮化硅制成。

优选实施例中的p型接触层是氮化镓。欧姆接触是铂。优选实施例中，异质结二极管是双异质结构，它包括在缓冲结构上的n型氮化镓外延层，n型氮化镓层上的n型氮化铝镓外延层，在n型氮化铝镓层上的补偿n型氮化镓有源层，和氮化镓有源层上的p型氮化铝镓层。与在p型氮化铝镓层上的p型氮化镓接触层。

表1列出了对按本发明要求的器件的适用性的多种欧姆接触材料。表1中用的额定范围内，“A”是指最优特性，“C”是指总的弱特性。

表 1

性能 \ 触点	Pt	Pd	Au	Ti/Au	Pt/Au	Ti/Pt/Au	Pt/ITO
欧姆特性	A	A	B	B	A	B	A
最小吸水性	B	B	A	A	A	B	A
透明度	B	B	A	A	A	B	A
电流散布性	B	B	A	A	A	A	A
在 85/85/10 下钝化层的粘接性	A	A	B	B	B	B	A
化学稳定性	A	B	B	C	B	B	B

如图 3 所示，在优选实施例中，欧姆接触 16 覆盖 p 型氮化镓层的主要部分，以促使电流在 p 型氮化镓层上散布。由于它覆盖了器件的发光部分，欧姆接触 16 最好是很薄，足以成为半透明状态。

另一方案中，发明包括发光二极管，它包括 p 型接触层 14、至 p 型层 14 和钝化层 17 的欧姆接触 17。但是，其特性是二极管将按其原始光能的至少 50% 发射，并在相对湿度为 85%，温度为 85℃ 的环境中在 10 毫安的电流工作至少 1000 小时后在工作电压下基本保持不变。这些条件是为了确定在极限条件下的二极管的可靠性而进行试验用的公知的“85/85/10”条件。

当然，应该承认，即使劣质二极管在技术上也能保持其原始光能的 50%（很差）。因此，应该了解，优选实施例中，原始光能通常很高，例如，在输入正偏置电流为 20 毫安时光功率为 800 微瓦，甚至在输入电流为 20 毫安时光功率为 1600 微瓦。经 85/85/10 试验后，器件能使这样的输出保持在其原始光功率的至少 50%，这就认为这样的器件在这些器件中有显著的优点。

图 3 所示二极管能在许多应用领域中使用。这种二极管通常用作显示器，通常叫做“数字”，或“字母”显示器，尽管不限于这些应用，但它包括许多按本发明的发光二极管。某些实施例中，按本发明的兰色发光二极管与红色和绿色 LED 混用，构成红-绿-兰（RGB）像素。由于这些像素单独产生三原色，因此它们能发出人眼可见的几乎全部颜

色。

其它的应用中，二极管，如图 3 所示的二极管 10 封成 LED 灯。图 4 展示出这种典型灯的一种变型。当然，应该知道，图 4 所示的灯是灯结构形式的一种简单范例，它可以用来包封按本发明的二极管，但绝不是对能使用按本发明的二极管的灯型的限制。

图 4 中，灯 20 包括封装在塑料（例如聚合物）透镜 21 中的按本发明的二极管 10。透镜所用塑料材料可从很宽的本行业众所周知的各种聚合物材料中选择，而不必进行过分的实验。很多情况下，透镜 21 是用环氧树脂制成的。灯 20 还包括用于把灯与其它电子电路元件进行电连接的金属引线框架 22。如图 4 所示，金属引线框架 22 包括阳极 23 和阴极 24。

在本发明的二极管实施例中，许多灯 20 能混连构成适用的显示装置。特别是，这种类型的氮化镓器件在可见光谱的兰光区发射，按本发明的这些发光二极管灯能很好地与红色和绿色 LED 灯混连构成全色显示器。这些显示器的实例例如已在待审查的由共同代理人代理的申请流水号为 No. 08/580771、申请日为 1995 年 12 月 29 日，发明名称为“True Color Flat Panel Display Module”，和申请号 No. 08/631,926，申请日为 1996 年 6 月 10 日，发明名称为“LED Dot Matrix Drive Method and Apparatus”的专利申请文件中公开。

图 5 至 8 画出了突出本发明优点的一些对比数据。图 5 画出了在所述的 85/85/10 的测试条件下某些 III 族元素的氮化物二极管的相对光强度（即，认为每个二极管的起始光强度为 100%）与时间的关系。图 5 和 6 是从具有 p 型氮化镓（GaN）接触层，钛/金（Ti/Au）欧姆接触和二氧化硅（SiO₂）钝化层的二极管反映出来的数据。

如图 5 所示，在 200 小时以内的时间里二极管的原始光强度下降 50% 立即开始损坏。图 6 画出与图 5 中所示的相同二极管在相同的测试条件下的正偏压（Vf）与时间（小时）之间的关系曲线，并确定在 500 小时内有显著损坏的二极管的主要数量。

图 7 和 8 突出了按本发明的二极管的优点，并包括具有 p 型 GaN 接触层，铂（Pt）欧姆接触，和氮化硅（Si₃N₄）钝化层。关于相对光强

度, 在 85/85/10 的条件下经 1000 小时后所有被测试的二极管 (图 7 和 8 中示出的是 9 个) 均保持其原始光强度的 80%。关于 V_f , 即使在测试条件下经 1000 小时后 9 个二极管只表现出轻微变化。

附图和说明书中公开了本发明的典型实施例, 尽管使用了一些专门术语, 它们也只是用在一般性的描述中, 而不是对发明的限制, 发明的范围由所附的权利要求书确定。

图1

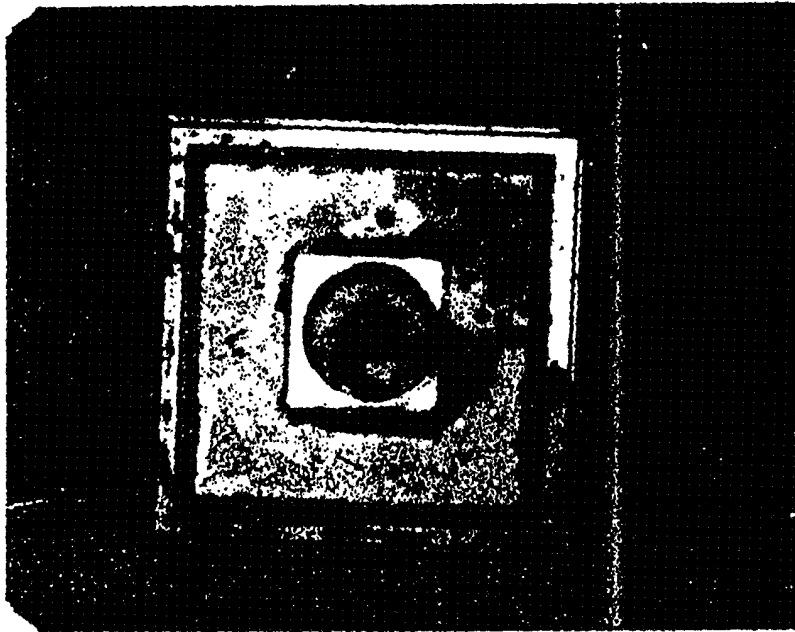
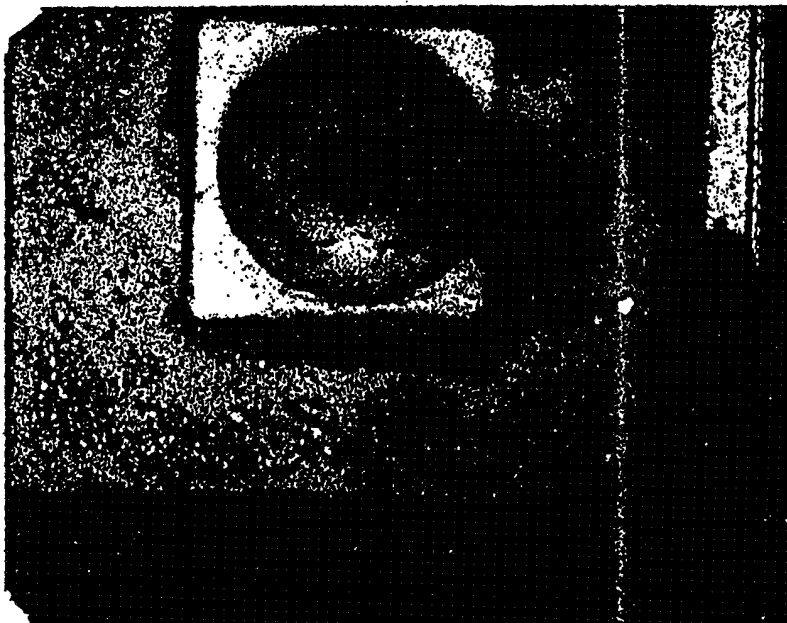


图2



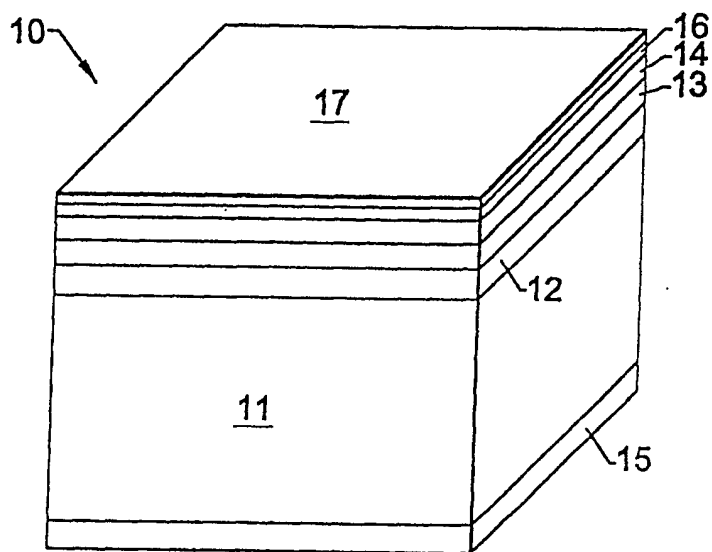


图 3

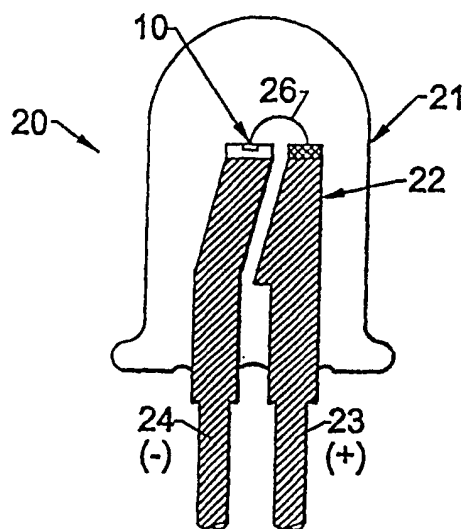


图 4

