

[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 200480027969.2

[45] 授权公告日 2009 年 3 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 100470854C

[22] 申请日 2004. 9. 21

[21] 申请号 200480027969. 2

[30] 优先权

[32] 2003. 9. 30 [33] US [31] 10/676,953

[86] 国际申请 PCT/US2004/031050 2004. 9. 21

[87] 国际公布 WO2005/034254 英 2005. 4. 14

[85] 进入国家阶段日期 2006. 3. 27

[73] 专利权人 美商克立股份有限公司

地址 美国北卡罗莱纳州

[72] 发明人 郇挺 J·艾贝森 B·科勒

[56] 参考文献

US6225647B1 2001. 5. 1

US5644156A 1997. 7. 1

US2003/0057444A1 2003. 3. 27

US5376241A 1994. 12. 27

US2001/0010449A1 2001. 8. 2

JP7 - 7179A 1995. 1. 10

审查员 刘国梁

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 李玲

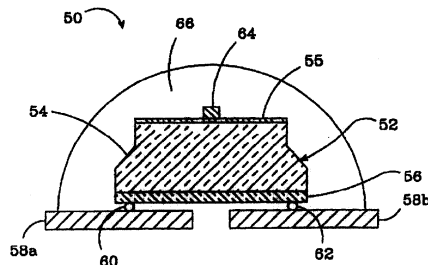
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 4 页

[54] 发明名称

具有多孔性碳化硅基层的发光二极管

[57] 摘要

本发明揭示一种用于在半导体材料表面上形成多孔层的方法与设备，其中提供电解质且将其与半导体材料层的一或多个表面接触置放。将电解质加热且在该电解质与半导体材料上引入偏压而引起电流在电解质与半导体材料之间流动。电流在与电解质接触的半导体材料的一或多个表面上形成多孔层。具有其多孔层的半导体材料可充当用于光发射器的基层。可在基层上形成半导体发射区域。半导体发射区域能够回应于偏压全方向地发射光，而使多孔层增强通过基层的发射区域的光的提取。



1. 一种光发射器，包括：

具有多孔层的基层；以及

形成于所述基层上的半导体发射区域，所述发射区域能响应于偏压全方向地发光，所述基层一个或多个表面上的所述多孔层不被所述发射区域覆盖，所述多孔层增强通过该基层的所述发射区域的光的提取。

2. 一种光发射器，包括：

具有多孔层的基层；以及

形成于所述基层上的半导体发射区域，所述发射区域能响应于偏压全方向地发光，所述多孔层增强通过该基层的所述发射区域的光的提取，其中，所述多孔层在相对于所述发射区域的所述基层的表面上。

3. 如权利要求2所述的光发射器，其特征在于，所述发射区域包含夹在两相对的掺杂层之间的活性层，横跨所述相对的掺杂层上施加偏压时所述活性层全方向地发光。

4. 如权利要求2所述的光发射器，其特征在于，所述基层与其发射区域沿倒装方向安装并将具有所述多孔层的所述基层的所述表面作为所述光发射器的主发射表面。

5. 如权利要求4所述的光发射器，其特征在于，所述基层与其发射区域被安装在金属层上，所述偏压通过所述金属层施加至所述发射区域。

6. 如权利要求2所述的光发射器，其特征在于，所述基层及其发射区域被封装在保护性环氧树脂中。

7. 如权利要求2所述的光发射器，其特征在于，所述基层系由碳化硅(SiC)制成。

8. 一种光发射器，包括：

具有多孔层的基层；以及

形成于所述基层上的半导体发射区域，所述发射区域能响应于偏压全方向地发光，所述多孔层增强通过该基层的所述发射区域的光的提取，其中，所述

发射区域形成于所述基层的一个表面上,相对于所述发射区域的所述基层的表面系被图案化,所述多孔层在所述基层的所述图案化表面上。

9. 如权利要求8所述的光发射器,其特征在于,相对于所述发射区域的所述基层的表面具有锯齿图案,所述多孔层形成于所述基层的所述锯齿图案化表面上。

10. 如权利要求8所述的光发射器,其特征在于,相对于所述发射区域的所述基层的表面具有渠沟图案,所述多孔层形成于所述基层的所述渠沟图案化表面上。

11. 如权利要求8所述的光发射器,其特征在于,相对于所述发射区域的所述基层的所述表面具有柱状图案,所述多孔层在所述基层的所述柱状图案化表面上。

12. 一种发光二极管封装件,包括:

发光二极管,包含:

在一个表面上具有多孔层的基层;

在相对于所述多孔层的一个表面上形成于所述基层上的发射区域;

一个或多个金属层,所述发光二极管被倒装至所述金属层,而所述基层的所述多孔层为所述发光二极管的主发射表面; 以及

两触点,用于在所述发射区域施加偏压,所述偏压引起所述发射区域全方向地发光,所述多孔层增强通过所述基层的发射区域的光的光提取。

13. 如权利要求12所述的发光二极管封装件,其特征在于,所述发射区域包含夹于两相对的掺杂层之间的一个活性层,所述偏压施加于所述相对的掺杂层上并引起所述活性层全方向地发光。

14. 如权利要求12所述的发光二极管封装件,其特征在于,所述发光二极管被封装在保护性环氧树脂中。

具有多孔性碳化硅基层的发光二极管

技术领域

本发明涉及基于半导体的光发射器，且更特定言的系关于包含形成于基层上的发射区域的发光二极管。

背景技术

发光二极管(LED)是将电能转换为光且通常包含夹在两相对的掺杂层之间的半导体材料的活性层的一种重要类型的固态装置。当将偏压施加于掺杂层上时，将空穴与电子注入活性层，在那里它们重新组合以产生光。自活性层和自LED的所有表面全方向地发光。

由于包括高击穿场、宽带隙(室温下对于GaN为3.36 eV)、大传导带偏移与高饱和电子漂移速率的材料特性的独特组合，由基于第III族氮化物的材料系统形成的LED最近非常受关注。通常在可由诸如硅(Si)、碳化硅(SiC)与蓝宝石(Al_2O_3)的不同材料制成的基层上形成掺杂的和活性层。因为SiC晶片具有匹配第III族氮化物的更靠近的晶格而产生更高品质的第III族氮化物薄膜，所以通常SiC晶片是较佳的。SiC亦具有非常高的热传导性，使得在SiC上的第III族氮化物装置的总输出功率不受晶片的热电阻(如在某些装置形成于蓝宝石或Si上的状况下)限制。同样，半绝缘SiC晶片的可用性提供了使商业使用的装置成为可能的装置绝缘能力与减小的寄生电容。可自Durham, North Carolina的Cree Inc. 购得SiC基层，并且生产该基层的方法在科学文献以及在美国专利Nos. Re. 34,861、4,946,547与5,200,022中被提及这些。

在制造高效LED中主要关注的是有效提取来自LED的光。对于具有单个外耦合表面的已知LED，外部量子效率受限于通过基层的来自LED发射区域的光的全内反射(TIR)。TIR是由在LED半导体与周围环境之间的折射率的较大差异而引起的。因为与诸如环氧树脂(约1.5)的周围材料的折射率相比，SiC具有较高的

折射率(约2.7), 所以具有SiC基层的LED具有相对低的光提取效率。此差异导致较小的逃逸锥, 自逃逸锥来自作用区域的光射线可从SiC基层透射入环氧树脂且最终从LED封装件中逃出。

已研发了不同方法以减少TIR和改善全部光提取, 且更风行的方法之一为表面变形。表面变形通过提供允许光子有多倍机会发现逃逸锥的可变表面而增加光的逃逸机率。未发现逃逸锥的光继续经历TIR, 且以不同角度自变形的表面反射直至其发现逃逸锥为止。在若干文献中已论述表面变形的益处。[见 Windisch 等人的 Impact of Texture-Enhanced Transmission on High-Efficiency Surface Textured Light Emitting Diodes, Appl. Phys. Lett., 第79卷, No. 15, 2001年10月, 第2316至2317页; Schnitzer等人的30% External Quantum Efficiency From Surface Textured, Thin Film Light Emitting Diodes, Appl. Phys. Lett., 第64卷, No. 16, 1993年10月, 第2174至2176页; Windisch等人的Light Extraction Mechanisms in High-Efficiency Surface Textured Light Emitting Diodes, IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, 第8卷, No. 2, 2002年3月/4月, 第248至255页; Streubel等人的High Brightness AlGaInP Light Emitting Diodes, IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, 第8卷, No. , 2002年3月/4月]。

已证实难以在SiC上产生有用的粗糙表面且相信由于SiC的化学惰性本质导致这些困难。因此, 在SiC基层上由发射区域形成的LED可不包括在SiC基层上的有用的粗糙表面以增强光提取。已尝试重叠光SiC基层的背部表面以提供有用的粗糙程度, 但是这些尝试取得的成功有限且未产生具有显著增强的光提取的LED。

已通过在UV照射下在HF中使材料阳极化而在n型6H-SiC上制造多孔SiC。[Shor等人的Direct Observation of Porous SiC Formed by Anodization in HF, Appl. Phys. Lett., 第62卷, No. 22, 1993年5月, 第2636至2638页]。也示出以多孔SiC作为其发光层的蓝色发光LED。[Mimura等人的Blue Electroluminescence From Porous Silicon Carbide, Appl. Phys. Lett.,

第 65 卷, No. 26, 1994 年 12 月, 第 3350 至 3352 页]。还使用电子显微法与光谱学椭圆光度法研究多孔 SiC 的微型结构与光学特性。[Zangooie 等人的 Surface, Pore Morphology, and Optical Properties of 4H-SiC, Journal of Electrochemical Society, 第 148 卷, No. 6, 第 G297 至 G302 页]。

发明内容

本发明寻求提供用于在半导体材料的表面上形成多孔层, 随后将该半导体材料用作LED的基层的方法与设备。配置多孔层以改善通过基层的LED光的提取。

根据本发明用于在半导体表面上形成多孔层的设备包括容纳于储集层中的基于HF的电解质。配置储集层以允许电解质接触半导体材料层的一个或多个表面。该设备进一步包括用于加热电解质的加热器及用于在电解质与半导体材料层上施加偏压的电源。偏压使电流在电解质与半导体材料层之间流动, 而在与电解质接触的一个和或多个表面上形成多孔层。

根据本发明用于在半导体表面上形成多孔层的方法包含提供电解质并使电解质与半导体材料层的一个或多个表面接触。加热电解质且在电解质与半导体材料上引入偏压, 从而使电流在电解质与半导体材料之间流动, 在与电解质接触的半导体材料的一个或多个表面上形成多孔层。

根据本发明的光发射器包含具有多孔层的基层与形成于基层上的半导体发射区域。发射区域能响应于偏压全方向地发射光, 而使多孔层增强通过基层的发射区域的光提取。

根据本发明的发光二极管(LED)封装件包括具有在一个或多个表面上具有多孔层的基层的LED与形成于基层的不具有多孔层的一个表面上的发射区域。封装件进一步包含一金属层, 其中LED系倒装至金属层, 以使基层成为该LED的主发射表面。包括至少两个触点用于在发射区域上施加偏压, 而使发射区域全方向地发光。多孔层增强通过基层发射区域的光的光提取。

熟习此项技术者将自以下详细描述结合随附图式了解本发明的这些及其他进一步特征及优点。

附图说明

图1为根据本发明的用于在半导体表面上形成多孔层的设备的实施例的剖视图；

图2为根据本发明的用于在半导体的表面上形成多孔层的方法的实施例的流程图；

图3为根据本发明的具有含多孔层的基层的LED的一个实施例的剖视图；

图4为说明用于与已知LED相比、根据本发明的LED的改善光提取的表；

图5为根据本发明的具有含锯齿图案的基层的LED的另一实施例的剖视图；

图6为根据本发明的具有含渠沟图案的基层的LED的另一实施例的剖视图；

及

图7为根据本发明的具有含柱状图案的基层的LED的又一实施例的剖视图。

具体实施方式

形成多孔层的设备及方法

图1示出根据本发明的用于在半导体材料12的表面上形成多孔层的设备10的一个实施例，而该设备10较佳用以在碳化硅(SiC)表面上形成多孔层。设备10包括容纳基于HF的液态电解质16的杯状储集层14，其中包含不同浓度的不同溶液。对于电解质16的合适溶液包含乙醇(C_2H_5OH)与水，其中乙醇的浓度在10%至50%的浓度范围内。另一合适的溶液包含基于经缓冲HF的电解质，它随时间的流逝而提供更恒定的pH值且其提供挥发性更小以及工作危险更小的溶液。较佳的基于经缓冲HF的电解质包含氟化铵(NH_4F)与水，而 NH_4F 具有不同浓度，例如每体积20%。

对半导体12加以配置使其紧邻储集层14的底部表面17，且储集层14的底部具有开口18以允许基于HF的溶液流出储集层14。在半导体12与开口18周围的储集层底部表面17之间及在接近底部表面的外侧边缘处提供不透水密封。尽管可以使用诸如垫圈或聚硅氧密封剂的其他密封元件，但较佳由O形环20提供密封。

当以基于HF的电解质16填充储集层14时,某些电解质流过开口18并填充储集层14与半导体12之间的空间。O形环20使电解质16保持与半导体12的顶部表面接触并防止电解质16越过O形环20泄漏。

设备10还包含自储集层14顶部浸入电解质16中的阴极22。阴极22可由将电荷传导至电解质16而同时不与电解质16反应且不溶于电解质16中的许多不同材料制成。对于阴极22的较佳材料为铂(Pt)。

将第一导体24耦合于电源25的负极端子与阴极22之间,使得在负极端子处的电讯号传至阴极22。将第二导体26耦合于电源25的正极端子与半导体12之间,使得在正极端子处的电讯号传至半导体12中。电源25在其正极与负极端子处提供偏压,将其传导至阴极22与半导体材料12。然后偏压使电流在阴极22与半导体材料12之间流动。储集层开口18应足够大以允许电流在阴极22与半导体12之间流动,而电流经过与电解质16接触的半导体12的大部分表面而进入半导体12中。

第二导体26应在不与电解质16接触的位置耦合至半导体12,以确保电流流经半导体而不仅在阴极22与第二导体26之间流动。在设备10中可使用许多不同电源,而较佳电源为具有可提供预设恒定电流或恒定电压的电脑控制界面的精密电流电压源仪表。可使用由Keithley Instruments Inc提供的诸如Keithley 2400 Source Meter的市用电源。

可对电源25设定许多不同电流限制,但是若电流限制设定的太高则可能难以控制多孔层的形成过程,且若电流限制设定的太低则该过程是耗时的。对于电流限制的适当范围为0.1至100 毫安/cm²。亦可对电源设定许多不同电压,适当电压为2至3伏特。电压上限可设定为5伏特以允许更好地控制微孔的形成过程。电源25较佳提供诸如在0.1至100 毫安/cm²的范围内的恒定电流驱动密度,且允许电压变化以满足电流需求,而电压则保持在设定上限以下。

与具有含不经电解质加热而形成的多孔层的基层的LED相比,当用作LED基层时,在形成多孔层期间加热电解质16导致半导体表面具有更好的光提取特征。可使用诸如市售浸没式加热器28或市售热板的多种不同加热机制来加热电解质。可在多孔层形成过程期间将电解质加热至不同温度,适当温度范围为

40℃至90℃。

在根据本发明的用于在半导体表面上形成多孔层的设备的另一实施例中，可在微孔形成过程期间由UV光照射电解质16，适当UV光源(灯)提供宽波带UV照明。可将灯配置于电解质上方且向下定向以提供照射。或者，可将控制镜配置于电解质上方以使灯光重定向而向下照在电解质16上。

图2示出了根据本发明的用于在半导体材料的表面上形成多孔层的方法30的一个实施例的流程图。尽管可使用其他微孔形成设备，但是方法30在形成过程中可利用设备10。在步骤32中提供基于HF的电解质，它可以是上述的作为电解质16的基于HF的电解质或基于经缓冲HF的电解质。在步骤34中，通过浸没式加热器或热板等适当加热方法加热电解质。在步骤36中，通过通过(例如)在具有使电解质通过的孔并接触半导体的储集层中提供电解质而使电解质与半导体材料接触。提供密封剂或其他保持构件以使电解质与半导体保持接触，同时不允许所有电解质流出储集层。如上所述，可配置半导体以使其紧邻储集层孔，O形环可包括在储集层与半导体之间，在孔的周围。

在步骤38中，在电解质与半导体上施加偏压，它引起电流在电解质与半导体之间流动。电流在与电解质接触的半导体的表面上形成多孔层且施加偏压直至微孔在半导体中达到要求深度为止。成为多孔的半导体材料的体积与经过电解质施加的电流对时间的积分成比例；即具有微孔的半导体材料的总体积与经过电解质施加至材料的总电荷成比例。使用经过电解质的电流密度为0.1至100 毫安/cm²的电流，尽管可施加更长或更短时间的偏压，但是通常施加偏压的时间在500秒至1500秒的范围内。此通常形成约三(3)微米深的多孔层。

在步骤40中，在形成时间结束时从电解质与半导体移除偏压，且在步骤42中，撤去半导体与电解质的接触。方法40结束后，可使用该半导体进一步加工成LED的部分。半导体可充当基层，在相对于多孔层的半导体表面上形成LED发射区域。在根据本发明的方法的一个实施例中，多孔层为形成于可随后用作LED的基层的SiC中。

方法30亦可包括在多孔层形成期间提供UV照射电解质的可选步骤44。

发光二极管

图3示出根据本发明的LED封装50的一个实施例,它包括一个LED 52,该LED 52包含具有多孔层55的基层54以改善通过基层54的LED的光提取。基层54可由多种材料制成且可以有许多不同厚度,适当材料为厚度在125至500微米的范围内的SiC。LED 52包含使用诸如金属有机化学气相沉积(MOCVD)的已知方法形成在基层54的标准发射区域56。传统LED的运作细节是已知的并且仅被简要地论述。LED发射区域56可包括夹于两相对掺杂层之间的活性层,这些层具有标准厚度且当在相对的掺杂层上施加偏压时活性层全方向地发光。发射区域的层可由诸如基于第III族氮化物的材料系统的多种不同半导体材料系统制成。将LED 52以倒装方向配置于封装件50中,而基层54为LED主发射表面。

LED 52是安装在于第一与第二金属层58a、58b上的倒装结构。将第一触点60耦合于第一金属层58a与发射区域56中相对的掺杂层的一个之间并将第二触点62耦合于第二金属层58b与发射区域的另外一个掺杂层之间。可将偏压通过第一与第二金属层58a、58b施加至触点60、62,并随后通过触点60、62将偏压传导至发射区域中的相对的掺杂层,从而引起活性层发光。

在具有具备足够传导性以传输电荷的基层的另一LED实施例中,可使用基层触点64将偏压施加至相对的掺杂层的一个。使另一掺杂层与配置在金属层58a、58b和LED之间的触点60、62的一个接触。通过触点64与金属层58a、58b中的一个将偏压施加至LED,并通过自金属层58延伸至触点64的导线(未图示)将偏压自金属层58a、58b的另一层传导至基层触点64。

金属层58a、58b的顶部表面也可为反射性的,使得从发射区域朝向金属层58a、58b发射的光被反射回去以利于LED封装件50的全部发射。可将LED 52与其触点封装在透明保护性材料66中,透明保护性材料66典型为覆盖LED 52与金属层58a、58b顶部表面的透明环氧树脂。

或者,可将LED 52安装于通常具有用于在相对的掺杂层的发射区域上的触点上施加偏压的导电路径(未图示)的“金属杯”的水平基座上。金属杯的顶部表面也可为反射性的以反射来自发射区域的光,从而利于LED封装件的光发射。

基层54包含多孔层55,它在LED 52的倒装配置中为LED 52的顶部与主发射表面。配置多孔层55以增强LED 52的光发射。传统LED的效率受到不能发射由

活性层产生的所有光的限制。当倒装配置的LED发射时，光以许多不同角度到达主发射基层表面。典型基层半导体材料具有与周围空气或包封环氧树脂相对较高的折射率。在特定临界角(相对于表面法线方向)内从高折射率的区域传播至低折射率的区域的光将穿过至更低折射率区域。超过临界角而到达表面的光将不会穿过，而是经历全内反射(TIR)。在LED的状况下，TIR光可在LED中继续反射直至被吸收为止。由于这中现象，多数由传统LED产生的光不发射，从而降低其效率。

多孔层55通过提供可使在其他情况中将由于全内反射(TIR)而陷入于LED 52中的光从基层逃逸以利于光发射的可变表面而改善LED 52的光提取。在多孔层中的变化增加TIR光在临界角度内到达的基层表面并被发射的机会。对于未通过多孔层逃逸出基层的光，多孔层的变化将以不同角度反射光，从而增加光在下次通过时逃逸的机会。

多孔层增强光提取的能力将随其深度增加而开始增加。然而存在一点，在该点上增加深度不再改善光提取而是实际上减少光提取。对于由SiC制成并具有使用在图2中已描述的方法30形成的多孔层的基层54，适当的多孔层深度为约三(3)微米。使用不同电解质的不同多孔层形成过程可导致不同的适当多孔层深度。

图4为比较标准LED封装件性能与根据本发明的具有多孔层的LED封装件性能的表80。表80示出施加至LED的电流82与LED的输出光通量84的关系曲线。第一曲线86关于标准LED且展示了输出光通量84随电流82的增加而增加。第二曲线88关于根据本发明的具有多孔层的LED，它还示出输出光通量84也随电流82的增加而增加。然而，在与标准LED相同的电流的状况下，对于多孔层LED的输出通量通常更大，特别当施加至LED的电流增加超过约50 毫安时。

多种不同类型的LED可利用根据本发明的多孔层以增加光提取。图5示出根据本发明的LED封装件100的另一实施例，它包括具有基层104的LED 102，该基层104具有形成于其表面中的一个上的半导体发射区域106。发射区域106类似于在图3中的发射区域56。将LED 102安装在具有触点110、112的第一与第二金属层108a、108b上以接触发射区域106中的相对的掺杂层。可将施加至金属层

108a、108b的偏压通过触点110、112施加至相对的掺杂层。将LED 102倒装使得基层的底部表面为LED 102的主发射面。也可将LED 102封装在保护性透明环氧树脂114中。

LED 102的发射表面(基层104的表面)不是平坦的,而是具有锯齿图案105。使用诸如蚀刻的已知方法在基层104上形成锯齿图案105并在锯齿图案105中形成多孔层116。可使用上文描述并在图1与2中示出的设备10与方法30形成多孔层。通过提供可变表面以允许TIR光从LED中逃逸而使锯齿图案105增强光提取。多孔层116与锯齿图案105的组合可提供与具有多孔层的平坦基层表面相比更大程度的光提取。

图6示出根据本发明的还具有包含基层134与发射区域136的倒装的LED 132的LED封装130的另一实施例。将LED 132安装至具有触点140、142的金属层138a、138b以将偏压施加至发射区域136。也可将LED 132封装在保护性透明环氧树脂139中。基层134的发射表面具有渠沟图案135,每一渠沟具有垂直侧壁144与水平底部表面146。在基层134上形成渠沟图案135后,将多孔层148形成在渠沟图案上。渠沟图案135与多孔层148的组合提供自LED 132的增强的光提取。

图7示出根据本发明的也具有包含基层164与发射区域166的倒装LED 162的LED封装件160的又一实施例。将LED 162安装至具有两触点170、172的金属层168a、168b以将偏压施加至发射区域166。也将LED 162封装在保护性透明环氧树脂169中。基层164的发射表面具有类似于在图6中的渠沟图案135的柱状图案165。每一柱状图案具有垂直侧壁174,然而柱之间的底部表面176为V状。在基层164上形成柱状图案165后形成多孔层178,且柱状图案165与多孔层178的组合提供来自LED 162的增强的光提取。

尽管本发明已参考其某些较佳组态相当详细地描述了本发明,但是其他型式是可能的。上文所描述的LED封装的实施例各可具有诸如替代金属层的金属杯的不同组件。根据本发明的LED封装的不同实施例可具有在其LED中的不同位置的多孔层。基层亦可具有超出上文所描述的这些图案的许多不同图案。因此,本发明的精神与范畴不限于上文所描述的本发明的较佳型式。

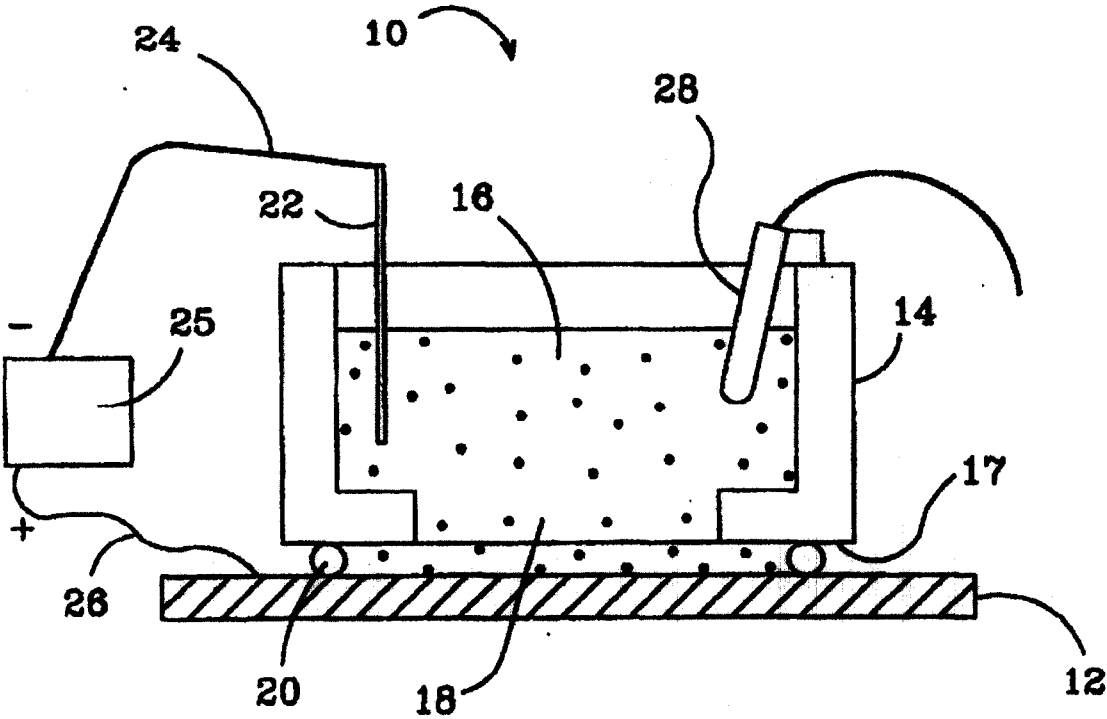


图 1

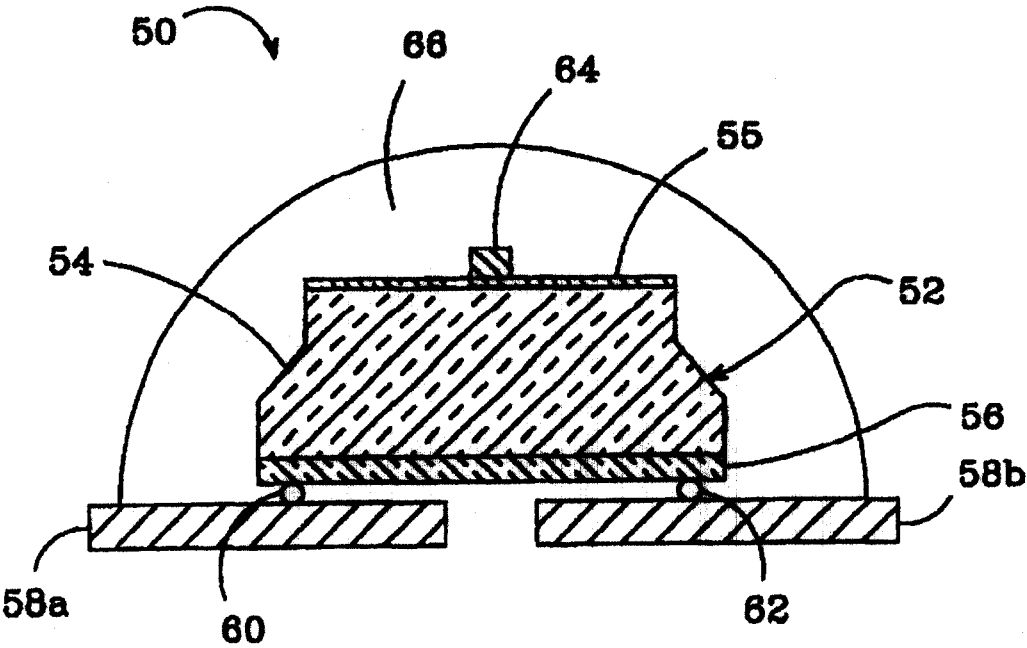


图 3

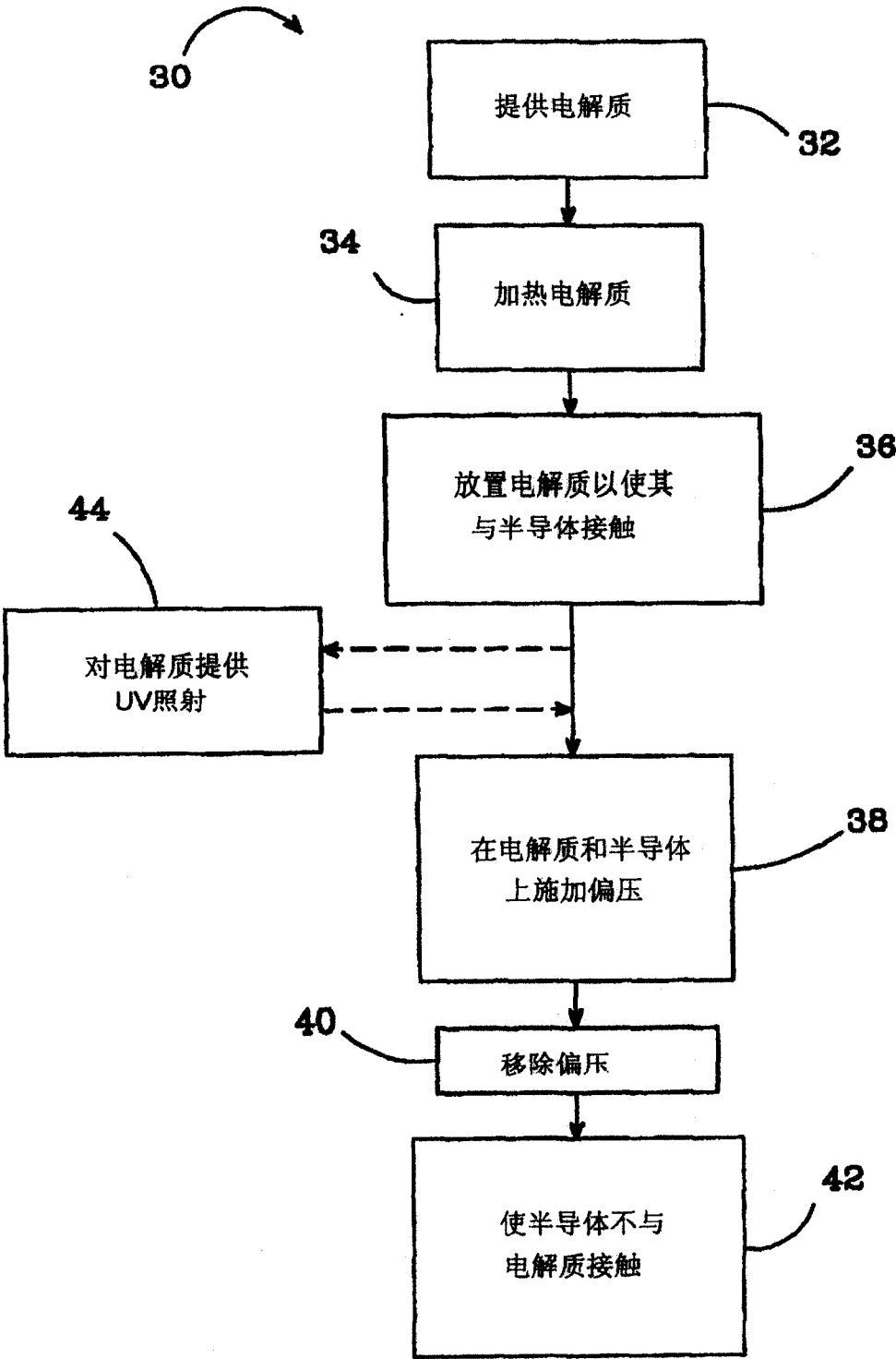


图 2

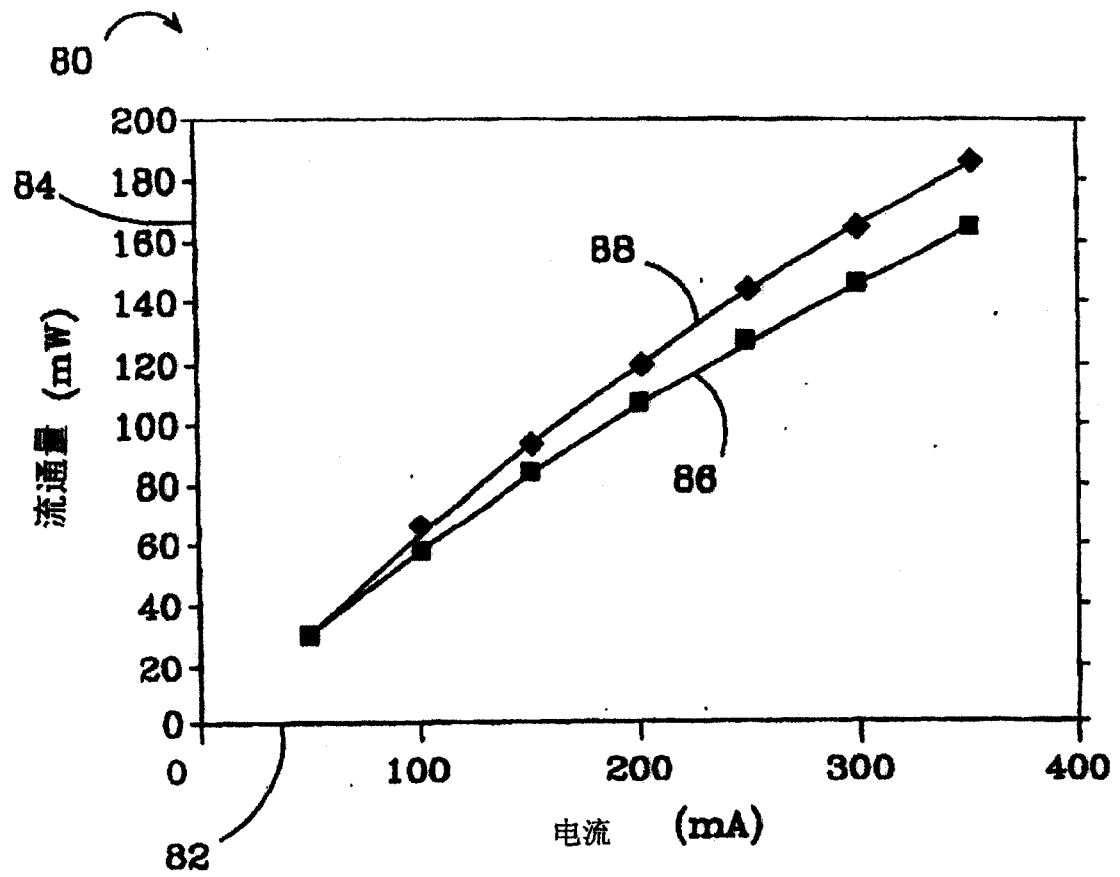


图 4

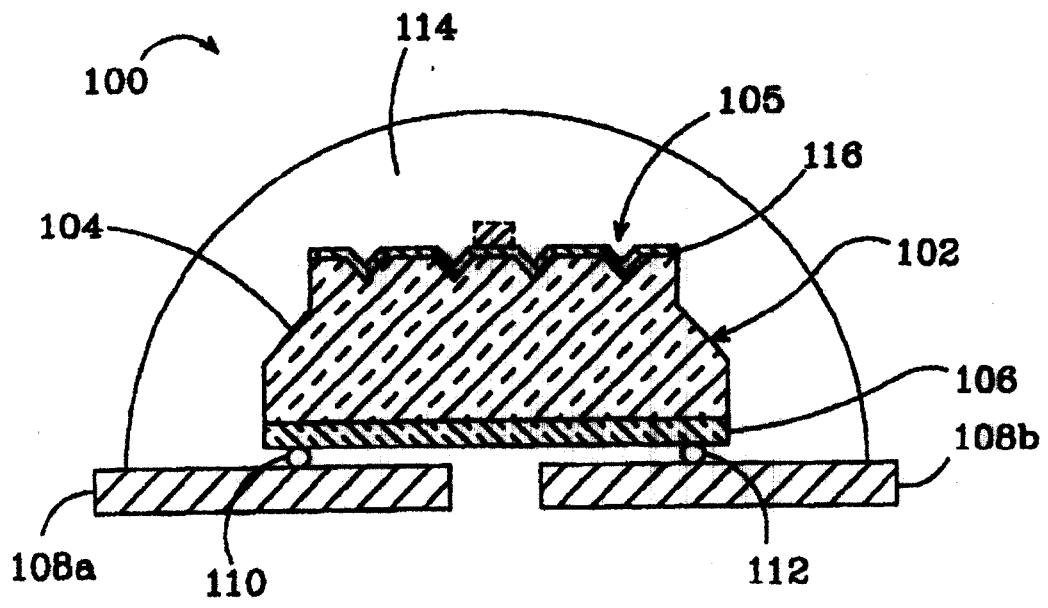


图 5

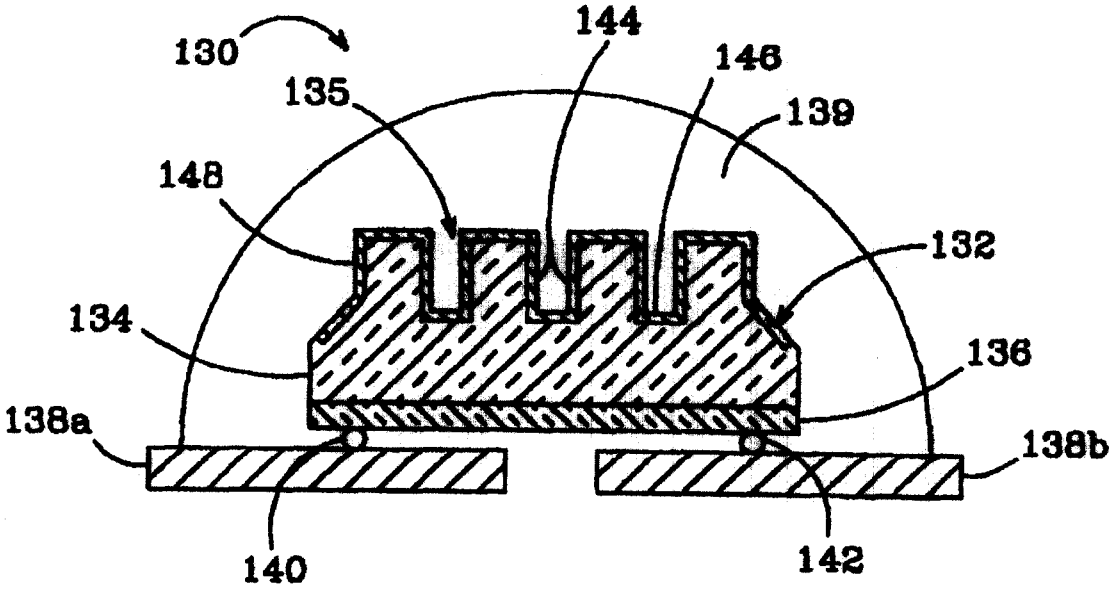


图 6

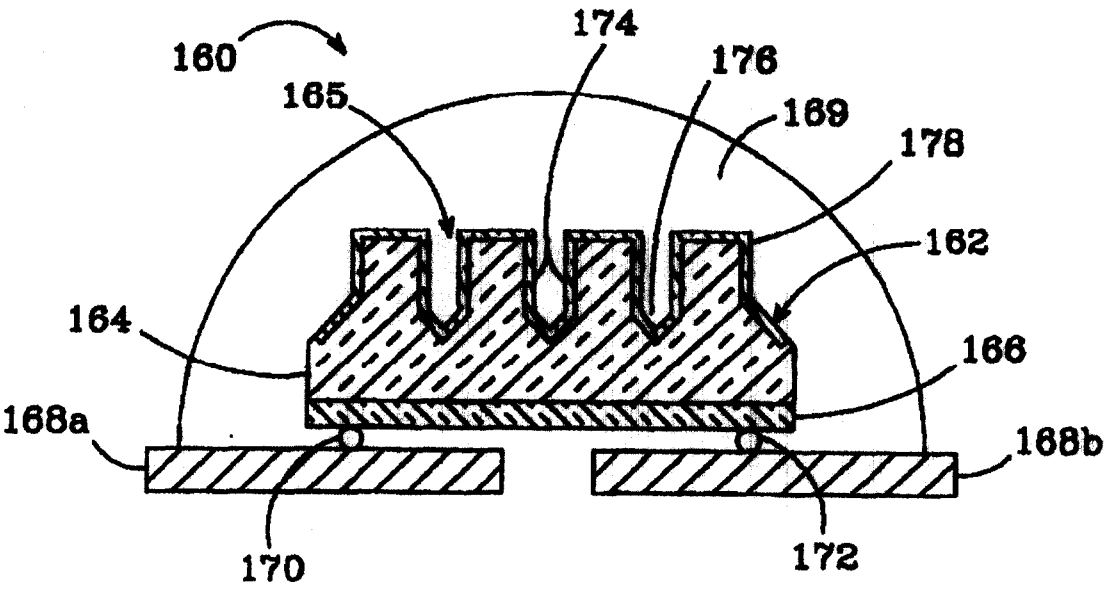


图 7