



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202017909 U

(45) 授权公告日 2011. 10. 26

(21) 申请号 201020699215. 4

(22) 申请日 2010. 12. 27

(73) 专利权人 秦彪

地址 518172 广东省深圳市龙岗区中心城紫薇花园西 16-501

(72) 发明人 秦彪

(51) Int. Cl.

F21S 2/00(2006. 01)

F21V 29/00(2006. 01)

H01L 25/075(2006. 01)

H01L 33/64(2010. 01)

F21Y 101/02(2006. 01)

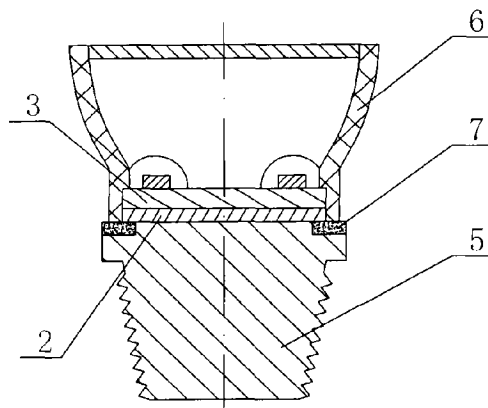
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

一种照明用 LED 光模组和 LED 芯片

(57) 摘要

本实用新型提供了一种照明用 LED 光模组和 LED 芯片。LED 晶片 (1) 设置在热扩散板 (3) 上, 热扩散板 (3) 采用铜或铝、或铜铝复合材料, 厚度大于 0. 4mm, 面积是其上 LED 晶片面积之和的五倍以上, 其目的和作用是降低热流密度。承担高压绝缘的高压绝缘片 (2), 采用烧结成瓷的陶瓷片, 厚度大于 0. 15mm, 设置在热扩散板 (3) 的另一面, 与外层绝缘体 (4) 一起将热扩散板隔离绝缘。这样的设计就可显著降低内导热热阻, 提高电的绝缘强度, 封装成本有效降低。本实用新型的 LED 灯芯中的导热芯 (5) 采用圆锥形或锥形螺柱结构, 解决了 LED 灯芯与散热片 (灯具) 之间的接触传热问题。



1. 一种用于照明的 LED 光模组,包括有多颗 LED 晶片 (1)、热扩散板 (3)、外层绝缘体 (4)、高压绝缘片 (2) 以及导热芯 (5),导热芯 (5) 向外传热的接触传热面采用了圆锥形结构或锥形螺柱结构,其特征在于:热扩散板 (3) 采用了铜质或铝质材料、或铜铝复合材料;LED 晶片 (1) 设置在热扩散板 (3) 的 A 面;热扩散板的面积是其上的 LED 晶片面积之和的五倍以上,热扩散板的厚度大于 0.4mm;高压绝缘片 (2) 设置在热扩散板 (3) 的 B 面与导热芯 (5) 的吸热面之间,高压绝缘片 (2) 采用了烧结成瓷的陶瓷片,该陶瓷片的厚度不小于 0.15mm;外层绝缘体 (4) 围着热扩散板 (3) 边缘侧壁,并与高压绝缘片 (2) 相连接。

2. 根据权利要求 1 所述的 LED 光模组,其特征在于:高压绝缘片 (2) 边缘处的绝缘强化提高结构采用了,导热芯 (5) 的吸热面凸起结构,该凸起边缘小于高压绝缘片 (2) 的边缘。

3. 一种用于照明的 LED 芯片,包括有多颗 LED 晶片 (1)、热扩散板 (3)、外层绝缘体 (4) 以及高压绝缘片 (2),其特征在于:热扩散板 (3) 采用了铜质或铝质材料、或铜铝复合材料;LED 晶片 (1) 设置在热扩散板 (3) 的 A 面;热扩散板的面积是其上的 LED 晶片面积之和的五倍以上,热扩散板的厚度大于 0.4mm;高压绝缘片 (2) 设置在热扩散板 (3) 的 B 面,高压绝缘片 (2) 采用了烧结成瓷的陶瓷片,该陶瓷片的厚度不小于 0.15mm;外层绝缘体 (4) 围着热扩散板 (3) 边缘侧壁,并与高压绝缘片 (2) 相连接。

4. 根据权利要求 3 所述的 LED 芯片,其特征在于:高压绝缘片 (2) 所采用的陶瓷片是氧化铝陶瓷片。

5. 根据权利要求 3 所述的 LED 芯片,其特征在于:高压绝缘片 (2) 边缘处的绝缘强化提高结构采用了,

高压绝缘片 (2) 的边缘大于热扩散板 (3) 的边缘结构、

或热扩散板 (3) 的 B 面边缘采用了倒角结构、

或热扩散板 (3) 的 B 面采用了凸起结构,该凸起的边缘小于高压绝缘片 (2) 的边缘。

6. 根据权利要求 3 所述的 LED 芯片,其特征在于:热扩散板 (3) 的 A 面设置有采用了气相沉积法生成的陶瓷绝缘膜或阳极氧化法直接从热扩散板表面的金属铝生长出的氧化铝膜,该氧化铝膜厚度不大于 50 μm 。

7. 根据权利要求 3 所述的 LED 芯片,其特征在于:采用了定位片 (8),定位片 (8) 上开有晶片嵌口,LED 晶片 (1) 镶嵌在晶片嵌口中,并一起贴附在热扩散板的 A 面,LED 晶片 (1) 与热扩散板 (3) 的 A 面之间的连接采用了焊接或粘接连接;定位片 (8) 采用了绝缘片制成,定位片 (8) 上设置有电路和引线焊盘,引线焊盘和 LED 晶片上的电极焊盘之间的导通连接采用了导线焊接连接、焊料焊接连接、导电胶粘结连接。

8. 根据权利要求 7 所述的 LED 芯片,其特征在于:定位片 (8) 上设置有断路保护元件,断路保护元件设置在定位片的表面上,或采用了镶嵌结构镶嵌在定位片中。

9. 根据权利要求 7 所述的 LED 芯片,其特征在于:定位片 (8) 上设置有或镶嵌有温度感应元件。

一种照明用 LED 光模组和 LED 芯片

技术领域

[0001] 本实用新型属于 LED 照明技术领域,特别涉及降低 LED 光模组或 LED 芯片内导热热阻,并且提高其内电的绝缘强度的封装结构。

技术背景

[0002] LED 照明被认为是人类下一代绿色环保照明技术。但当前 LED 照明产品造价高,阻碍着其应用普及,LED 照明产品造价高的根本原因是 LED 散热造成。LED 散热过程包括:内部导热传热和外部空气对流(和辐射)传热,本实用新型只涉及内部导热传热。

[0003] 现公开的 LED 芯片的内导热传热热阻占整个传热热阻非常大的比例,现产品热阻最低的也要达到 $6^{\circ}\text{C}/\text{W}$,如果再加上铝基板上的绝缘层热阻,最小也要达到 $10^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。这么高的内导热热阻,原因是为解决芯片内电的绝缘问题所致,即使是前述的那么高的内导热热阻,其电的绝缘强度也是不到 2000V,要得到更高安全的用电绝缘强度,热阻还要增加。有提出采用高导热陶瓷片(如 AlN 陶瓷片)作 LED 芯片中的“热沉”,可以解决绝缘与传热之间的矛盾,但是 AlN 这类高导热陶瓷,成本造价高。

[0004] 光源模组化、标准化是 LED 照明发展的必然方向,中国专利(专利号 ZL2009201340325,《一种 LED 灯芯及其 LED 照明灯》)提出了采用圆锥形结构或锥形螺柱结构的导热芯,解决了光源模组与灯具(散热片)之间的接触热阻问题。但没有提出解决从 LED 晶片到导热芯(灯具)之间的电绝缘与热传导之间的矛盾。

发明内容

[0005] 本实用新型的目的是针对以上所述的 LED 光模组以及 LED 芯片内部导热传热以及电的绝缘(特别是高电压绝缘)问题,依据传热学基本原理,提出一种新架构,不必选用昂贵的 AlN 之类的高导热陶瓷,就可以实现高电压绝缘,满足更高的用电安全要求,而内部导热热阻更低,整个造价显著降低。

[0006] 本实用新型的 LED 光模组的构成包括有:多颗 LED 晶片、热扩散板、外层绝缘体、高压绝缘片以及导热芯,导热芯向外传热的接触传热面采用了圆锥形结构或锥形螺柱结构。本实用新型的特征是:LED 晶片设置在热扩散板的一面,该面称为热扩散板的 A 面,热扩散板采用了铜或铝质材料、或铜铝复合材料,热扩散板的面积是其上的 LED 晶片面积之和的五倍以上,热扩散板的厚度大于 0.4mm。高压绝缘片设置在热扩散板的另一面(该面称为 B 面)与导热芯的一端面(也就是导热芯的热量导入面,称为吸热面)之间;高压绝缘片采用了烧结成瓷的陶瓷片,该陶瓷片的厚度不小于 0.15mm;外层绝缘体围着热扩散板边缘侧壁,并与高压绝缘片相连接,外层绝缘体与高压绝缘片一起将热扩散板包围绝缘隔离。

[0007] 导热芯采用圆锥形结构或锥形螺柱结构,有效解决了光模组与散热片之间的接触热阻,中国专利(专利号 ZL2009201340325,《一种 LED 灯芯及其 LED 照明灯》)中有详细的解说。

[0008] 从 LED 晶片到导热芯(散热片)导热热阻主要是由于 LED 晶片面积小,形成高热

流密度所致。导热温差（即热阻）与热流密度和导热距离成正比，与材料导热系数成反比。绝缘材料导热系数低（除 AlN 之类的高导热陶瓷），比铜和铝要小数十倍。1×1mm 大小的晶片，1W 发热功率，其热流密度就到 $10^6\text{W}/\text{m}^2$ ，采用现产品结构，采用 0.15mm 厚氧化铝陶瓷（导热系数 $20\text{W}/\text{m}\cdot\text{h}$ ）作绝缘片，晶片直接设置在该陶瓷片上，绝缘强度可达 1500V，但导热温差就要达到 7.5°C 。

[0009] 本实用新型中，将晶片设置在铜或铝材的热扩散板上，承担高电压绝缘的高压绝缘片则设置在热扩散板与导热芯之间。同样是 1×1mm，1W 发热功率的晶片，0.15mm 厚氧化铝陶瓷作高压绝缘片，即同样的绝缘强度，但是高热流密度经热扩散板后，热流密度下降，若热流密度降低 5 倍，则高压绝缘片上的导热温差就可降低到 1.5°C ，热阻降低非常显著。本实用新型的设计思想是：先不考虑 LED 晶片与热扩散板之间的绝缘（高电压绝缘），首先是降低热流密度，再实施高电压绝缘，就可有效降低内导热热阻。采用金属导电材料制成的热扩散板与晶片之间无绝缘或绝缘强度低，因而热扩散板的高电压绝缘就成了主要问题。

[0010] 本实用新型中的热扩散板，虽然与现产品的热沉的传热过程类似，但本实用新型首次明确强调其最重要作用——热扩散作用，因而称之为热扩散板，当今 LED 行业普通都不清楚热扩散的概念及其重要性。由于铜和铝的导热系数高，价格低，因而首选铜质材料或铝制材料、或铜铝复合材料制作热扩散板。

[0011] 作为热扩散作用的热扩散板不仅要采用导热性高的材料，其面积和厚度也要足够大。热扩散板的面积应是其上的 LED 晶片面积之和的五倍以上，设计时最好选十倍以上；热扩散板的厚度应大于 0.4mm。如果晶片为 1X1mm，1W，热扩散板的厚度应达到 1.0mm 以上，其目的和作用就是使热量在热扩散板内有效扩散，降低热流密度。

[0012] LED 晶片最好是直接焊接在热扩散板上，因为 LED 晶片与热扩散板结合处热流密度最高，结合面的材料（焊料或粘胶）的导热系数要尽可能高，金属材料的导热系数高，比如锡的导热系数为 $60\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ，数倍地高于导热粘胶（比如银胶）。

[0013] 烧结成瓷的陶瓷片，致密、绝缘强度高，导热系数高，因而本实用新型选用烧结成瓷的陶瓷片作为高压绝缘片。氧化铝陶瓷片，是电子元件中最常用的陶瓷基片，造价低，导热系数高，96 氧化铝陶瓷的导热系数可达 $20\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ，因而是首选的高压绝缘片材料。

[0014] 本实用新型中提出高压绝缘片的陶瓷片的厚度不小于 0.15mm，一是从制造工艺难度方面考虑，太薄的陶瓷片不容易生产，易破碎；二是从绝缘强度方面来考虑，希望有绝缘强度达到 1500V 以上。高的绝缘强度，有利于减化驱动电源，比如采用非隔离式驱动电源，就可降低驱动电源的成本。

[0015] 高压绝缘片可以设计成与导热芯焊接（或粘接）成一体的部件，也可以与热扩散板焊接（或粘接）成一体的部件。依据该第二种设计，本实用新型又提出一种 LED 芯片，包括有多颗 LED 晶片、热扩散板、外层绝缘体以及高压绝缘片。其特征是：LED 晶片设置在热扩散板的 A 面，热扩散板采用了铜或铝质材料、或铜铝复合材料，热扩散板的面积是其上的 LED 晶片面积之和的五倍以上，热扩散板的厚度大于 0.4mm。高压绝缘片设置在热扩散板的 B 面；高压绝缘片采用了烧结成瓷的陶瓷片，该陶瓷片的厚度不小于 0.15mm；外层绝缘体围着热扩散板边缘侧壁，并与高压绝缘片相连接。

附图说明

[0016] 下面结合附图和具体实施方式对本实用新型作进一步说明。

[0017] 图 1 是一种本实用新型 LED 光模组的特征剖面示意图, 导热芯为圆锥形结构, 示出了本实用新型 LED 光模组的基本结构特征。

[0018] 图 2 是一种本实用新型 LED 光模组的特征剖面示意图, 示出了一种强化提高高压绝缘片边缘处绝缘强度的结构特征。导热芯为锥形螺柱结构, 并设置有灯罩。

[0019] 图 3 是一种本实用新型 LED 芯片的特征剖面示意图, 采用了高压绝缘片外边缘大于热扩散板结构, 来强化提高高压绝缘片边缘处绝缘强度。

[0020] 图 4 是一种本实用新型 LED 芯片的特征剖面示意图, 设置有定位片, LED 晶片镶嵌在定位片中, 示出了一种强化提高高压绝缘片边缘处绝缘强度的结构特征。

[0021] 图 5 是一种本实用新型 LED 芯片的特征剖面示意图, 采用了热扩散板的 B 面凸起结构, 来强化提高高压绝缘片边缘处绝缘强度。

[0022] 图 6 是一种本实用新型 LED 芯片的特征剖面示意图, 热扩散板的 A 面设置有低压绝缘层。

[0023] 图 7 是一种断路保护元件的电路原理图。

[0024] 图中: 1、晶片, 2、高压绝缘片, 3、热扩散板, 4、外层绝缘体, 5、导热芯, 6、灯罩壳, 7、绝缘胶(漆), 8、定位片, 9、导线, 10、焊料或导电胶, 11、低压绝缘层, 12、电源引线, 13、绝缘套, 14、稳压二极管, 15、可控硅。

具体实施方式

[0025] 图 1 所示的本实用新型 LED 光模组, 导热芯 5 采用圆锥形结构, 热扩散板 3 为平板式结构, 图中示出两颗 LED 晶片 1。设计时应注意, 单颗 LED 晶片功率不要太大, 最好不要超过 2 瓦, LED 晶片在热扩散板上分布应呈辐射形分散分布。外层绝缘体 4 围着热扩散板的边缘侧壁, 外层绝缘体 4 延伸到高压绝缘片 2, 和高压绝缘片一起将热扩散板与导热芯(或附近的导体)绝缘隔开, 起到高压绝缘作用, 外层绝缘体的绝缘强度应高于高压绝缘片。外层绝缘体可以是一部件, 也可以是绝缘漆(或胶), 或绝缘部件与绝缘漆(或胶)组合。

[0026] 高压绝缘片与外层绝缘体是两个部件, 两种材料, 高压绝缘片厚度薄(一般不超过 0.5mm), 图 1 中所示结构, 高压绝缘片 2 与外层绝缘体 4 结合处, 绝缘强度低, 很容易出现击穿现象。为加强高压绝缘片与外层绝缘体结合处(也就是高压绝缘片的边缘处)的绝缘强度, 图 2 所示的本实用新型光模组示出了一种结构: 导热芯 5 的吸热面设计成凸起, 凸起边缘小于高压绝缘片的边缘, 这样就留有间隙, 在间隙处填充绝缘胶(漆)7, 就可强化提高高压绝缘片 2 边缘处的绝缘强度。

[0027] 图 2 所示本实用新型 LED 光模组, 导热芯 5 采用锥形螺柱结构, 设置有灯罩, 并利用灯罩壳 6 作为外层绝缘体, 与绝缘胶(漆)7 一起将热扩散板 3 绝缘隔离。

[0028] 图 3 所示的本实用新型 LED 灯芯, 和图 1 所示的光模组区别有: LED 灯芯没有导热芯; 为强化提高高压绝缘片 2 边缘处的绝缘强度, 图 3 所示的 LED 灯芯中, 高压绝缘片的边缘大于热扩散板的边缘, 这样就可以加大热扩散板边缘与散热片(导热芯)等外设导体的爬电距离, 自然就增加了绝缘强度。设计时, 高压绝缘片的边缘应大于热扩散板的边缘 0.5mm 以上, 以保证足够、可靠的绝缘强度。

[0029] 图 4 所示的本实用新型 LED 灯芯, 设置有定位片 8, 定位片 8 上开有晶片嵌口, LED

晶片 1 镶嵌在晶片嵌口中,并一起贴附在热扩散板 3 的 A 面,LED 晶片与热扩散板的 A 面之间应该采用焊接或粘接连接,最好是焊接,降低 LED 晶片与热扩散板之间的热阻;定位片采用了绝缘片制成,定位片上设置有电路和引线焊盘,引线焊盘靠近 LED 晶片上的电极焊盘,两焊盘之间的导通连接可采用导线焊接连接,比如超声波金线球焊,还可以采用焊料焊接连接、导电胶粘接连接。图 4 中所示的定位片上的引线焊盘与 LED 晶片上的电极焊盘之间的导通连接是通过导线 9 连通,即采用导线焊接连接。

[0030] 图 4 中示出了另一种强化提高高压绝缘片边缘处绝缘强度结构,热扩散板 3 的 B 面边缘采用了倒角结构,高压绝缘片 2 的边缘大于热扩散板 3 倒角的内侧边缘,如图中所示,高压绝缘片与热扩散板尺寸一致,由于有倒角,自然形成一三角口,图中还示出,在该三角口中填充有绝缘胶(漆)7,这样又进一步提高了热扩散板在高压绝缘片边缘处的绝缘强度。

[0031] 在图 5 所示的本实用新型 LED 芯片中,强化提高高压绝缘片边缘处的绝缘强度,采用了与图 2 类似的结构,在热扩散板 3 的 B 面采用了凸起结构,与高压绝缘片 2 紧贴的面(承担传热的面)凸起,凸起的边缘小于高压绝缘片 2 的边缘,因而在热扩散板 3 边缘处与高压绝缘片 2 边缘处形成间隙,图中示出,在该间隙中还填充有绝缘胶(漆)7,这样就可强化提高高压绝缘片边缘处的绝缘强度。图 5 所示的 LED 芯片,也采用了定位片 8,定位片 8 上的引线焊盘与晶片上的电极焊盘之间的导通连接通过焊料(或导电胶)10 导通连接,即焊料焊接导通连接、导电胶粘接导通连接,

[0032] LED 晶片可分为两类:一是衬底为导体,pn 结电极为 L 接触(Lateral-contact,水平接触)、简称为 L 型电极,比如碳化硅衬底的 LED 晶片;另一是衬底为绝缘体,pn 结电极为 V 接触(Vertical-contact,垂直接触),简称为 V 型电极,比如蓝宝石衬底的 LED 晶片。如果 LED 晶片之间采用了串联结构,LED 晶片又是直接接触到热扩散板上的金属(铜或铝),只能选用绝缘衬底的 LED 晶片,并且应采用正装结构,图 1、图 2、图 3、图 4、图 5 所示的结构方可以选用。如果采用导体衬底、或绝缘体衬底,倒装式(也称履晶式)结构,LED 晶片之间还是采用串联式结构,则就应在热扩散板 3 的 A 面设置有绝缘层,因为考虑到 LED 晶片与热扩散板的 A 面之间的热流密度高,为降低该处的导热热阻,该处的绝缘层厚度应该薄,该处的绝缘强度低,则就称此为低压绝缘层。

[0033] 采用气相沉积工艺生成的陶瓷膜,比如金钢石、SiC、AlN、BN、BeO、Al₂O₃ 等陶瓷膜,致密、绝缘性好、导热性高,特别是金刚石、SiC、AlN、BN、BeO 为高导热性陶瓷,可用于本实用新型中的热扩散片 A 面上的低压绝缘层。气相沉积工艺包括有物理气相沉积(PVD)和化学气相沉积(VCD),这两种工艺都可用于制造本实用新型中的低压绝缘层。

[0034] 气相沉积工艺虽然生成的陶瓷膜,致密、导热性高,但陶瓷膜的厚度薄(几微米),成本高,特别是要得到耐压上百伏的陶瓷膜(膜厚度要达到 10 μm 以上),成本就更高。采用阳极氧化工艺,直接从热扩散板表面上的金属铝生长出氧化铝膜,作为低压绝缘层,虽然生成的氧化铝膜的导热性不如气相沉积工艺制造的高,但成本低,容易得到较厚的膜,绝缘强度达到 100V 以上。设计时,低压绝缘层的氧化铝膜厚度应小于 50 μm,控制该处的导热热阻。

[0035] 虽然铜比铝贵,更不容易加工成型,但由于热扩散板材料用量非常少,外形简单(片状),制造容易,更重要的是 LED 晶片的热流密度高,则高导热性材料更重要,因而热扩

散板应首先选用铜。要想在铜热扩散片表面生成阳极氧化的氧化铝绝缘层,就应采用铜铝复合材料,在铜板表面覆有一层铝。热扩散片 A 面上的铝层厚度要薄,其厚度只要够用于阳极氧化所需的铝厚即可。

[0036] 图 6 所示的本实用新型 LED 芯片,在热扩散板 3 的 A 面设有低压绝缘层 11,可采用气相沉积工艺生成的陶瓷膜、或采用阳极氧化直接从热扩散板表面上的金属铝生长出的氧化铝膜。

[0037] 图 6 中还示出,LED 灯芯设有灯罩,利用灯罩外壳 6 作为外层绝缘体,并采用了热扩散板 3 的 B 面边缘倒角结构,再加填充绝缘胶(漆)7,以及高压绝缘片 2 的边缘大于热扩散板 3 的边缘结构,来强化提高高压绝缘片边缘处的绝缘强度。图中示出,LED 晶片的电源引线 12,穿过高压绝缘片 2,热扩散板 3 以及定位片 8,电源引线 12 与定位片 8 上的电路相连接(焊接),并采用了绝缘套 13,在热扩散板 3 上,电源引线 12 的穿孔处采用了倒角结构,形成三角口,填充有绝缘胶(漆)7,强化该处的绝缘强度。

[0038] 当采用到装式结构,如采用了定位片,引线焊盘在定位片的表面时,LED 晶片上的电极焊盘就应设置在 LED 晶片的侧壁上,采用焊料焊接,或导电胶粘接,实现定位片上的引线焊盘与 LED 晶片上的电极焊盘之间的导通连接。图 6 中示出,一侧的 LED 晶片 1 上的电极焊盘设置在 LED 晶片的侧壁上,适用于晶片衬底为导电体的 LED 晶片。

[0039] 本实用新型的 LED 光模组或 LED 芯片中,包括有数多颗 LED 晶片,采用串联连接,如果某一颗 LED 晶片失效、断路,则会影响该光模组或芯片的工作,因而可以在每颗,或多颗 LED 晶片上并联有断路保护元件。图 7 示出了一种 LED 晶片断路保护元件的电路原理图,当与之并联的 LED 晶片失效,并且断路时,由于电压升高,超过图 7 中的稳压二极管 14 的稳定电压(该电压可设定为 LED 正常工作电压的电压 1.5 倍,或更高点),稳压二极管 14 导通,触发可控硅 15 导通,因而电流就绕过失效、断路的 LED 晶片,保证其他正常的 LED 晶片工作。[0040] 断路保护元件可以设置在定位片的表面上,也可以采用类似于图 4、5、6 中 LED 晶片镶嵌于定位片中的镶嵌结构,镶嵌在定位片中。在定位片上还可以设置有或镶嵌有温度感应元件,用于保护 LED 晶片不超温。比如采用 PTC 元件,当感应温度超过规定值时,关闭电流,又比如温度感应元件为热电偶,热电阻或热敏电阻,探测到温度信号送到驱动电源中,调节驱动电流。定位片上还可以设置有或镶嵌有其它保护元件(比如防静电元件)。

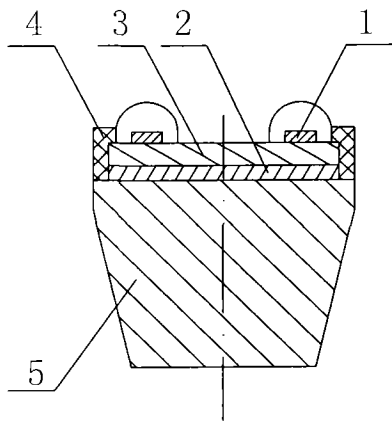


图 1

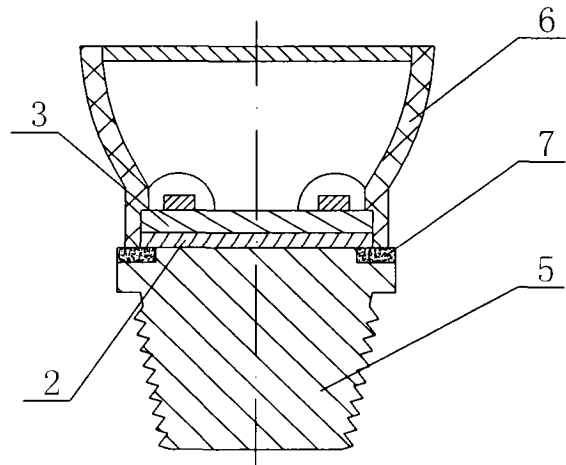


图 2

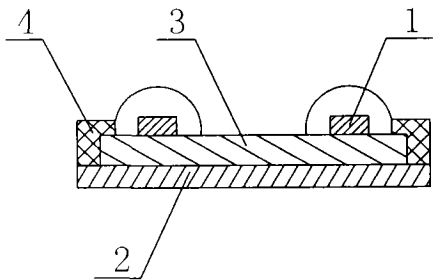


图 3

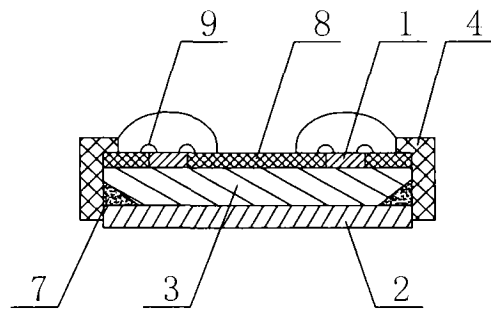


图 4

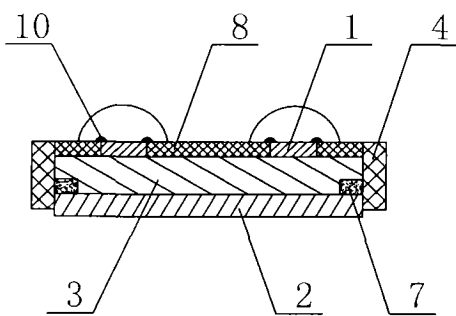


图 5

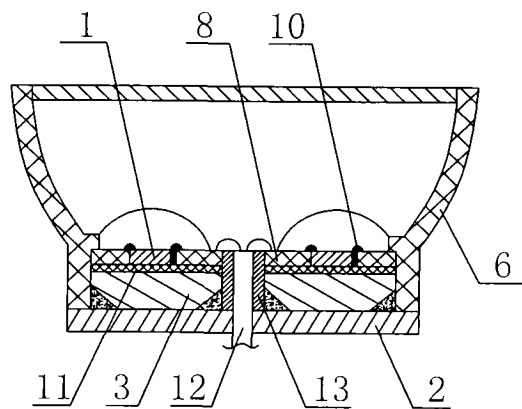


图 6

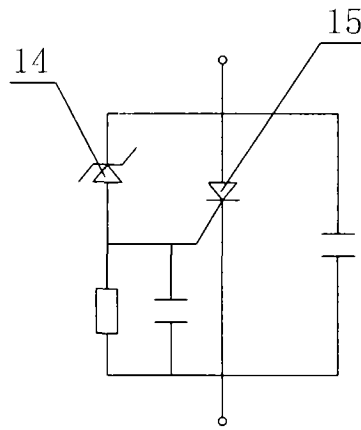


图 7