



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105579763 B

(45)授权公告日 2018.06.01

(21)申请号 201480049626.X

(22)申请日 2014.07.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105579763 A

(43)申请公布日 2016.05.11

(30)优先权数据
61/957,768 2013.07.10 US
14/042,569 2013.09.30 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.03.09

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/046205 2014.07.10

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/006593 EN 2015.01.15

(73)专利权人 黄金眼公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 威廉·利夫赛 斯科特·齐默尔曼
理查德·L·罗斯
爱德华多·迪恩达

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 顾丽波 井杰

(51)Int.Cl.
F21K 9/20(2016.01)
F21K 9/62(2016.01)
F21S 8/02(2006.01)
H01L 23/00(2006.01)
H01L 33/60(2010.01)
F21Y 115/10(2016.01)
H01L 33/50(2010.01)
H01L 33/64(2010.01)

(56)对比文件
US 2013099264 A1,2013.04.25,
CN 101449100 A,2009.06.03,
CN 2490404 Y,2002.05.08,
CN 103148446 A,2013.06.12,
US 2004233664 A1,2004.11.25,

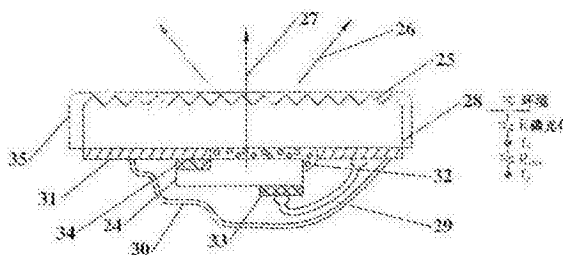
审查员 代云丽

权利要求书2页 说明书37页 附图26页

(54)发明名称
自冷却光源

(57)摘要

一种固态光源,其具有与导热半透明元件热接触的LED,其中从LED发射的光被定向以从元件的散热表面出射。导热半透明元件被布置为或与反射器组合为形成光循环利用腔。随着在腔体内侧的LED发射的光持续地反射和循环利用直到非常高比例的LED发射的光最终穿过并均匀且全向地发射,形成腔体的导热半透明元件的外表面变得发光。同时,来自LED的热传导通过并到达腔体的元件的发光外表面,该表面以辐射和对流方式冷却光源,从而消除了对大体积附加散热器的需要。



1. 一种自冷却光源,包括:

至少一个发光二极管(LED),用于发射光;和

至少一个光传输导热元件,所述至少一个发光二极管被安装在所述至少一个光传输导热元件上,所述至少一个光传输导热元件具有散热表面,通过该散热表面耗散来自所述至少一个发光二极管的热;

其中所述自冷却光源被构造为将所述至少一个发光二极管发射的光重新定向以穿过所述至少一个光传输导热元件并通过所述散热表面从所述至少一个光传输导热元件离开;

其中所述至少一个光传输导热元件还起到光反射器的作用。

2. 根据权利要求1所述的自冷却光源,其中所述至少一个光传输导热元件是半透明的。

3. 根据权利要求1所述的自冷却光源,还包括:

至少一个波长转换元件,其介于所述至少一个发光二极管的发光表面与所述光传输导热元件之间。

4. 根据权利要求1所述的自冷却光源,其中安装在所述光传输导热元件的至少一部分上的所述至少一个发光二极管与光反射器组合,所述光反射器使所述至少一个发光二极管发射的光循环回到并穿过所述光传输导热元件。

5. 根据权利要求4所述的自冷却光源,其中所述光反射器是金属反射器。

6. 根据权利要求4所述的自冷却光源,其中所述光反射器是塑料反射器。

7. 根据权利要求4所述的自冷却光源,其中所述光反射器是部分光反射且部分光传输的。

8. 一种自冷却光源,包括:

至少一个发光二极管(LED),用于发射光;和

至少一个光传输导热元件,所述至少一个发光二极管被安装在所述至少一个光传输导热元件上,所述至少一个光传输导热元件具有散热表面,通过该散热表面耗散来自所述至少一个发光二极管的热;

其中所述自冷却光源被构造为将所述至少一个发光二极管发射的光重新定向以穿过所述至少一个光传输导热元件并通过所述散热表面从所述至少一个光传输导热元件离开;

其中所述至少一个光传输导热元件是反射型有孔金属材料。

9. 一种自冷却光源,包括:

至少一个发光二极管(LED),用于发射光;和

多个光传输导热元件,所述至少一个发光二极管被安装在所述多个光传输导热元件上,所述多个光传输导热元件具有散热表面,通过该散热表面耗散来自所述至少一个发光二极管的热;

其中所述自冷却光源被构造为将所述至少一个发光二极管发射的光重新定向以穿过所述多个光传输导热元件并通过所述散热表面从所述多个光传输导热元件离开;

其中:

多个光传输导热元件用于将所述至少一个发光二极管发射的光重新定向回到并穿过所述多个光传输导热元件。

10. 一种自冷却光源,包括:

多个光传输导热元件;以及

至少一个发光二极管(LED),用于发射光;其中所述多个光传输导热元件起到所述至少一个发光二极管的主要散热装置的作用,并且还起到针对所述至少一个发光二极管发射的至少一部分光的出光装置的作用;

其中:

所述至少一个发光二极管安装至所述多个光传输导热元件中的至少一个;并且

其中所述多个光传输导热元件形成光循环利用腔,该光循环利用腔通过所述多个光传输导热元件从所述至少一个发光二极管出射光的效率高。

11.根据权利要求10所述的自冷却光源,其中所述光循环利用腔具有超过形成所述光循环利用腔的所述多个光传输导热元件的光透射率的出光效率。

12.根据权利要求10所述的自冷却光源,其中所述多个光传输导热元件具有大于50%的反射率,但是被包围在所述光循环利用腔中的所述至少一个发光二极管发射的光的超过50%通过形成所述光循环利用腔的所述多个光传输导热元件出射。

13.根据权利要求10所述的自冷却光源,其中形成所述光循环利用腔的所述多个光传输导热元件被布置为允许空气流过所述光循环利用腔并且还防止光在不穿过所述多个光传输导热元件的情况下离开。

自冷却光源

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是于2012年8月10日提交的、要求于2011年8月11日提交的美国临时申请序列No. 61/574,925的利益和优先权的美国申请No. 13/572,608的部分继续,通过引用将其并入本文。本申请还要求于2013年7月10日提交的美国临时专利申请No. 61/957,768的利益和优先权,通过引用将其全部也并入本文。本申请还要求于2013年9月30日提交的美国申请序列No. 14/042,569的利益和优先权,通过引用将其全部并入本文。

背景技术

[0003] 相比白炽和荧光照明,基于发光二极管(LED)技术的固态光源提供了节能保证,并且不具有荧光或有机发光二极管(OLED)光源中使用的有毒物质。

[0004] 然而,为了实现(基于无机LED的)固态照明的广泛应用和接受度,要求其价格具有竞争力,以与白炽和含汞荧光灯源相竞争。即使其具有更环保的属性以及对环境有利的影响,然而普通消费者仍将根据光源的最初成本来做出购买决定。虽然固态光源将比白炽或荧光光源寿命更长并且当考虑了在其使用寿命期间的节能因素时其提供了更经济的保证,但这无关紧要。大多数消费者不希望为了以后的最终节省而(最初)支付更多。但是,对于照明公司而言降低固态光源的成本是一个巨大的挑战。根据美国能源部,固态光源的70%的成本归因于LED封装(40%)和附加的散热器(30%)。在美国公开专利申请NO. 20130099264 (Livesay) (其被共同地指定并通过引用并入本发明中,并且其由本发明的作者先前提交)中,显示了如何通过将散热器和封装组合为发光散热元件来消除这两者。还示出了可以实现这一点的几种方式,包括使导热发光材料为波长转换材料,或者可替代地将波长材料放置在导热半透明材料和LED之间。Livesay列出了可用于导热半透明材料或元件的几种材料,通过使来自LED的光定向至或穿过半透明元件而使这些材料变得发出光(即,发光)。在本发明之前,据认为,为了实现高效率(光输出对能量输入),要求半透明材料具有高的光学透明度。但是,为了在陶瓷材料中实现高的透明度,通常需要更加昂贵的处理。例如,为了在钽掺杂钒铝石榴石中实现更高的透明度,需要高的烧结温度和随后的热等静压。类似地,利用更高成本的烧结和热等静压,Al₂O₃(氧化铝)变得更透明。这些处理增加了用于光源的材料成本,如Livesay和本发明中所实践的那样。为了经自然对流和辐射有效地冷却,需要大表面积的透光导热材料(如Livesay教导的那样),以耗散附接到这些材料的LED所产生的热。然而,如果对透光导热材料进行处理的成本较高,则这成为光源成本中的重要因素。如果存在可以使用更廉价的透光导热或半透明材料的方法,这将是有益的。这样就会降低光源的成本并加速对这些环境友好光源的采用。

[0005] 在典型的固态光源中的LED和磷光体材料内产生的热经由传导装置而传递至大的附加散热器,该散热器通常由铝或铜制成。LED结和散热器之间的温差通常为40°C至50°C。考虑到LED结与散热器表面之间通常存在显著的温降(热阻),周围环境与附加散热器的表面中的各表面之间的温差通常非常小。在散热器与周围环境之间的温差小的情况下,发生很小的辐射冷却。该小温差不仅消除了大部分的辐射冷却,而且要求散热器相当大(且重),

以提供足够的表面积来有效地冷却LED。散热器越大,则LED结与散热器鳍片的表面之间的温降越大。为此,利用热管和主动冷却来降低温降或增加对流冷却,以使得可以使用更小的散热器体积。通常,所增加的散热器和/或主动冷却的重量增加了运输、安装的成本,并且对于空中应用,在一些情况下造成安全风险。如果散热器温度接近LED结温度以使得光源能够更多地辐射冷却,则这将是有益的。

发明内容

[0006] 本技术属于具有共用的发光表面和散热表面的固态光源。本技术涉及基于LED的固态光源,所述LED安装至光传输导热元件并且与所述光传输导热元件热接触,所述光传输导热元件具有足够的表面积来提供对流和辐射冷却,以耗散LED产生的大部分热。简而言之,在一般方面,本技术呈现了一种自冷却光源,其包括至少一个发光二极管(LED)以及LED安装至的至少一个光传输导热元件,该元件具有散热表面,通过该散热表面来耗散来自LED的大部分热。理想地,所述光源被构造为重定向LED发出的光,以使其通过光传输导热元件的散热表面穿过并离开光传输导热元件。在大多数情况下,所述光传输导热元件也部分地反射,因此本文中有时也将其称作反射/透射(或反射和透射光传输)导热元件。此外,本文使用术语“半透明”来描述这样的元件:其使入射其上的光部分地反射且部分地透射,而且能够对入射到元件内的光进行波导和散射。可通过利用光透射更低(即,反射为主)的导热半透明元件来实现更经济的自冷却固态光源。本文使用“反射为主”来描述光反射率比光透射率更高的光传输元件。值得注意的是,当布置反射为主因而光透射低(低于16%至20%)的导热元件来形成闭合腔或壳体(其导致安装在元件的内表面上的LED发出的光反射并在由此形成的光循环利用腔内循环利用)时,据发现LED发出的光的高比例(例如>80%)最终通过各个反射为主的部分光传输导热元件中的一个或多个传输并出射,从而从腔体的外表面发出。因而,腔体的全部外表面发光(发出光)并且它们还同时经由对流和辐射来耗散LED产生的热。这产生了视觉愉悦、非常均匀且全向的光源,并且不需要附加的散热器。由于对附加的散热器不存在需求,因此不会阻挡来自光源任意发光侧的光,从而产生了真正全向光源。可选地,可与至少一个LED和至少一个导热半透明元件配合使用反射器来形成光循环利用腔,从而产生从各侧面中的一个或多个发光的定向光源(例如,发射到半球对立体角)。

[0007] 可以将与LED的电互连件以及其他半导体器件集成到导热半透明元件上。电互连件可以为导热半透明元件上的高反射导电迹线或者可选地为透明导电迹线。在本发明的一个实施例中,使用多个部分反射且部分透射的导热元件来形成光循环利用腔,从而对安装至位于形成腔体的导热半透明元件上的互连件的LED所发出的光进行反射和循环利用。由于其中有多次光反射,导致每个LED发出的光的一部分将通过形成腔体的导热反射和透射元件中的一个或多个传输。本文使用的术语“反射为主”是指反射了超过最初入射到其上的光的50%的导热元件。可选地,可以利用更昂贵的一致光透射率更高(大于70%)的材料(例如,透明氧化铝,TPA)。它们通常反射小于30%。波长转换可以通过以下方式实现:LED上的磷光体涂层或帽、将陶瓷或有机波长转换元件覆盖或接合到导热半透明元件上或可选地并入到导热半透明元件。如上所述,利用光传输(可选的,半透明)导热元件或反射更多的导热元件构建光源,通过在足够大以使得可以使用对流和辐射方式来冷却器件的区域上有效传递和扩散在LED中产生的热,可以完全或部分地消除对任何附加散热器的需求。

[0008] 此外,使用光透射更低材料使得允许使用导热性更高的材料,这降低了LED p-n结(产生热的地方)与光源的发光表面(耗散热的地方)之间的热阻。这有效地使得待冷却的发光表面温度更高(更接近LED结的温度),这使得能够更有效地与周围环境进行辐射和对流冷却。

附图说明

[0009] 图1A和图1B示出了现有技术直立倒装芯片安装的LED封装的侧视图和热示意图,其中光发射大体上在热排出的相反方向上。

[0010] 图2A、图2B和图2C示出了本发明的利用发光导热发光元件和互连件的自冷却固态光源的侧视图和热示意图。

[0011] 图3A、图3B和图3C示出了本发明的具有多个晶片的自冷却固态光源的侧视图。

[0012] 图4A、图4B和图4C示出了本发明的用于各种LED晶片类型的发光导热元件上的印刷的电互连件的侧视图。

[0013] 图5A、图5B、图5C和图5D示出了本发明的各种形状的波长转换元件的侧视图。

[0014] 图6A和图6B示出了本发明的波长转换元件上的LED的两种不同安装的侧视图。

[0015] 图7A、图7B和图7C示出了本发明的LED晶片上的印刷的互连件的侧视图。

[0016] 图8A、图8B、图8C和图8D示出了本发明的自冷却光源的各种环境密封的侧视图。

[0017] 图9A和图9B示出了本发明的成形用于增强型双侧出光的晶片的侧视图。

[0018] 图10A和图10B示出了本发明的波长转换元件中蓝色和红色晶片的侧视图和曲线图。

[0019] 图11示出了本发明的三管脚自冷却光源的顶视图。

[0020] 图12示出了本发明的具有集成驱动器的自冷却光源的顶视图。

[0021] 图13A和图13B示出了本发明的具有额外冷却装置的自冷却光源的侧视图和透视图。

[0022] 图14示出了本发明的具有热隔离部分的自冷却光源的顶视图。

[0023] 图15示出了本发明的针对蓝色和红色晶片具有分开的驱动方案的自冷却光源的顶视图。

[0024] 图16A和图16B示出了本发明的删减红色磷光体和增加红色LED的曲线图。

[0025] 图17示出了本发明的具有青色和黄色LED的自冷却光源的谱的曲线图。

[0026] 图18A和图18B示出了本发明的具有发光涂层的各种形状的侧视图和透视图。

[0027] 图19A和图19B示出了本发明的自冷却光源的光学件的侧视图。

[0028] 图20A、图20B和图20C示出了本发明的修改自冷却光源的远场光学图案的方式的侧视图。

[0029] 图21A、图21B和图21C示出了本发明的发光片(patch)光源及其与波导材料配合使用的侧视图。

[0030] 图22示出了合并了LED封装和附加的散热器的现有技术光源的侧视图。

[0031] 图23A示出了本发明的将LED直接安装至形成了光源的散热和发光功能的单个元件的侧视图。图23B示出了本发明的用于将多个图23A的LED互连的印刷电路的侧视图。

[0032] 图24A示出了本发明的一个安装有LED的高反射性导热元件和反射器形成光循环

利用腔的侧视图。图24B示出了具有波长转换元件的光循环利用腔的侧视图。图24C示出了具有分布式波长转换元件的光循环利用腔的侧视图。

[0033] 图25A示出了本发明的一个实施例的截面图,其中布置多个高反射性导热元件以形成不带出光孔的光循环利用腔。图25B示出了图25A的本发明的透视图。

[0034] 图26A示出了本发明的另一个实施例的侧面图,其中高反射性导热元件是管形式,并且LED安装在该管的内部且与该管热接触。图26B示出了图26A的本发明的透视图。

[0035] 图27A、图27B、图27C、图27D、图27E、图27F和图27G示出了本发明的不同实施例,其中高反射性导热元件是光源的发光表面和散热表面。

[0036] 图28示出了本发明的另一实施例的透视图,其中利用多色LED来形成可以被调节为任意颜色的光源。

[0037] 图29示出了本发明的另一实施例的透视图,其中光源具有敞开顶部和底部,以允许空气在高反射性导热材料的两侧流动。

具体实施方式

[0038] 根据本发明,如这里要实践的一种方式,在半透明导热元件(例如,氧化铝(Al_2O_3)、透明氧化铝(TPA)、尖晶石、蓝宝石等)上沉积导电互连件(透明或反射型)。这可以通过光刻来实现,或者优选的,可以通过丝网印刷来实现。LED或表面可安装陶瓷衬底上的LED(这里也被称作LED封装)被安装(例如,通过焊接或导电粘合剂安装)至半透明导热元件上的互连件。优选的是,该安装方法建立从LED到光传输导热元件的低热阻接触。LED发出的光被定向至导热半透明元件,其中所述光穿过导热半透明元件并通过导热光传输(从而发出光,发光)元件发出。光传输导热元件具有比LED(或安装至陶瓷表面安装衬底的LED)更大而足以耗散LED所产生的热的表面积。如本发明中实践的那样,经由对流和辐射从导热光传输(且可选半透明)元件的发光(发出光)表面(或多个表面)耗散LED所产生的热,从而消除对附加的大体积且重的散热器的任何需要。

[0039] 对于实践本发明而言,要求光透射或半透明导热材料或元件的较大表面积;因此,期望使这些材料的成本最小化。本文公开的是这样的手段:将较低成本材料用于导热半透明元件来制造自冷却固态光源,其中导热半透明元件发射来自LED的光并耗散来自LED的热量。据发现,通过利用反射多于传输的导热光透射或半透明元件形成光循环利用腔,可使用更低成本的材料。例如,常规处理过的氧化铝(Al_2O_3)相对廉价(<10美分每平方英寸)。然而,在入射光的透射率小于20%时,即使具有相对薄的厚度(从500微米至1毫米),所述常规处理过的氧化铝(Al_2O_3)也会高度反射(白色),因此,被用作为LED被这些材料包围的光源或LED包围在这些材料中的光源中的发光元件时,其似乎是较差的候选。相比而言,高度透明氧化铝(TPA)更加昂贵(>50美分每平方英寸),但其可具有大于80%的入射光透射率,其中的大多数为各表面处的菲尼尔反射。但是,本发明的实施例之一将导热半透明元件布置为闭合外壳,使它们变为与美国专利NO.7,040,774和美国专利No.6,960,872(两者均被共同地指定并通过引用并入本发明中)中公开的光循环利用腔相类似的光循环利用腔。虽然可使用更透明的半透明导热元件的成本更高的材料来形成这些光循环利用腔,但是据发现成本更低的反射更多(透明性更差)的导热半透明材料(例如,常规处理过的氧化铝(Al_2O_3))可具有与更昂贵的透明材料几乎一样好的效果。例如,可利用反射率大于83%的含96%氧化

铝的六个薄片形成光循环利用腔。如本文所实践的那样,将LED或LED表面可安装封装(安装在小片陶瓷衬底上的LED)安装在更大的反射为主的半透明导热元件(其形成完全闭合腔)的内表面上。

[0040] 对于这些反射为主的导热半透明材料,优选材料是96%氧化铝(Al_2O_3),因为其相对廉价。如果制作白光光源,则将波长转换材料(磷光体)覆盖在LED的发光表面上。这样的波长转换材料可以是磷光体帽、陶瓷磷光体芯片或利用比如硅树脂或环氧树脂之类的透明粘合层涂覆在LED上的磷光体。从LED(安装在腔体的内侧)发射且可选地进行过波长转换的光照射到闭合的光循环利用腔的相对各侧上,并且由于此情况下的半透明导热元件是反射为主的,因此只有少量光(例如,84%反射氧化铝元件的情况下,传输量小到16%)被传输并对外表面发出。然而,未被传输的光被反射回到如此形成的腔体的相对其他侧,并且84%的经反射光中的16%(~13.4%)穿过腔体的其他表面并通过其他表面发出。该过程持续进行,直到LED所发出的光中的非常高比例的光穿过(体色和外观为白色的)反射为主的导热半透明元件(例如,氧化铝)并由光源发出。值得注意的是,即使高反射率元件(例如,氧化铝)具有小于17%的光透射率,LED发出的光中超过80%的光最终仍将通过其外观看起来像是白色不透明外壳(或壳体)的各侧发出。使该方法有效的关键参数是:反射为主的导热半透明元件(例如,氧化铝)具有低吸收性但是高效地使光散射。因此,需要仔细选择在氧化铝陶瓷生产中通常使用的助烧结剂和其他材料。对人眼而言,这通常表明该材料本身为体色。虽然散射是基于波长的,但是这并非必须理解为在循环利用腔应用中增加吸收。

[0041] 在先前引用的关于光循环利用腔的专利中,其公开了必须使吸收损耗最小化以建立高效的循环利用光学系统。在本公开中,利用部分反射(<50%)的导热元件形成循环利用腔,并且在一个实施例中,利用反射更多(>50%)的导热元件形成循环利用腔。所述元件是散射半透明的,并可具有>80%的反射率而仍可实现闭合的光循环利用腔中的LED的高出光效率。作为一个示例,由薄氧化铝(Al_2O_3)侧面(LED或LED封装安装于其上)组成的立方体形成该立方体内部的循环利用腔。该立方体各侧(例如,氧化铝元件)的内表面上的反射互连件(例如,银)或透明互连件(例如,钢锡氧化物)能够将电连接和电力施加至安装到该立方体的内表面的LED和/或LED封装。可选地,可使用管脚(pin)、线、导电过孔、柔性电路等将电力经由外部电源提供到腔体内。这种方法固有的轻重量允许每克50流明输出水平或者更高,这超过了白炽光源和荧光光源的每克流明。与白炽光源和荧光光源一样,这些光循环利用腔光源不需要额外的散热器,这是因为腔体的发光表面也是散热表面,从而实质上消除了对额外散热元件的需要。但是,与美国专利6,960,872中描述的光循环利用腔(其公开了物理出口孔)不同的是,只有穿过组成了腔体各侧面的导热半透明元件,LED和/或LED封装产生的光才可以从(本文公开的)光循环利用腔中发出。这导致从闭合腔体的所有外部表面输出非常均匀的光,这建立了完全的全方向光源。因为反射更多的导热半透明元件(例如,氧化铝(Al_2O_3))只传输照射到其上的入射光的10%到20%,因此LED和/或LED封装发出的大部分光被多次反射,由此形成循环利用腔,其中该腔体的各侧面是部分传输的。如此,公开了包括部分传输的导热元件的循环利用腔。

[0042] 还公开了相同的循环利用腔,其进一步包括固态LED和/或LED封装。还进一步公开的是光循环利用源,其包括部分传输的导热元件,其中LED和/或LED封装经由反射型互连件和电力输入装置供电。如果氧化铝、互连件、以及LED和/或LED封装的吸收损耗足够小,则经

反射光线在循环利用闭合腔内四处反弹并最终传出光循环利用腔。在数学上,这可以建模为无限幂级数。如果吸收损耗低,则在循环利用闭合腔内即使没有发生几百次反射也可发生几十次反射。这不仅允许高效率,而且在发光闭合腔或壳体的发射表面上产生了非常均匀的输出分布。如此,基于部分传输导热元件形成循环利用腔以建立强度均匀的光源是本发明的实施例。这种循环利用腔的效率如此测量:在腔体外测量以固定电压和电流驱动的LED自身的原始流明输出,然后测量具有以相同电压和电流驱动的LED的光循环利用腔的输出。

[0043] 光循环利用腔的效率是该腔体的内表面和腔体内的其他元件的反射率的函数。理论上,如果全部内表面都是100%反射的,则仅有的损耗是脱离的光或被LED或互连件吸收的光。LED和/或波长转换材料优选地具有尽可能高的反射率,但是还是发生一些吸收。这将对效率产生影响,因为入射回到LED或波长转换元件上的光将趋于被吸收或者在波长转换元件的情况下被进一步转换。这在将LED封装于由此形成的循环利用腔内时很容易观察到,因为LED封装的色温降低了几百度开尔文。因此,使用循环利用腔从更高色温的LED封装建立更低色温的光源是本发明的实施例。这出现在如下情况:如上形成的循环利用腔具有蓝色发光LED和用于将蓝色转换为更长波长的磷光体帽。由于在腔体内对返回到波长转换元件的蓝光进行循环利用,因此更多蓝光因光循环利用而被转换为更长的波长。入射在反射为主的部分传输导热元件(例如,氧化铝(Al_2O_3))上的光将被反射或者被发出。应当注意的是,甚至反射更多的部分传输导热元件(例如,氧化铝(Al_2O_3))可提供某种波长转换。据发现,由于蓝波长光子以非常类似于铬掺杂蓝宝石(红宝石激光器)的方式激发氧化铝基体中的铬离子,因而导致标准氧化铝(Al_2O_3)中的非故意设置的铬掺杂物将发出窄带红光。因此,将掺杂物或发光元素添加至部分传输导热元件也是本发明的实施例。

[0044] 由于部分传输导热元件提供了针对光源的散热方式,因此与包括腔体内表面的LED或磷光体帽的区域相比,要求相对大区域的部分传输导热元件(例如,氧化铝(Al_2O_3))。需要以此提供足够大的内表面用于辐射和对流冷却,从而耗散LED产生的热。这意味着腔体的反射率主要由部分传输导热半透明元件确定。虽然氧化铝(Al_2O_3)是用于形成本文公开的循环利用腔光源的部分传输导热元件的优选材料,但是呈现低吸收损耗、合理导热系数和热稳定性的复合材料、其他陶瓷材料、多晶材料、以及单晶材料是本发明的实施例。作为一个示例,可在比如聚硅氮烷的低吸收光学聚合物内分离(flake)氮化硼(BN)以建立部分传输导热元件。还注意到,随着LED和/或LED封装变得更有效率,存在可以满足部分传输导热元件的要求的更大范围的材料。未来,在出现更有效率的LED时,在仍提供合理输出水平的同时使用玻璃($1\text{W}/\text{mK}$)是有可能的。利用当前技术水平的LED并将氧化铝(Al_2O_3)用于反射为主的部分传输导热元件,已实现了具有超过20000ftL的表面亮度的自冷却光源。还可以将高导热系数的金属用于反射为主的部分传输导热元件。通过使用具有许多小孔或穿孔的、涂覆有银或镀有银的铜和/或铝的薄条或片,可通过调整穿过元件的微孔(洞或穿孔)的密度来实现光循环利用腔的反射率对透射率的期望比。所述穿孔可以通过冲孔、钻孔、激光烧灼等来形成。

[0045] 通过在足够大以使得可使用对流和辐射方式来冷却器件的区域上高效地传递和扩散LED和发光元件自身中产生的热,可使用导热发光元件来完全或部分地消除对任何附加散热方式的需求。换句话说,发出光的表面也以对流和辐射的方式对器件进行冷却。可选

地,还可以提供导热发光元件用于对LED发出的一部分(0至100%)辐射进行高效的波长转换。可以通过被制造在导热和部分光传输元件上的不透明和/或透明的导体来实现LED与其他半导体器件的电互连。可以在低成本自冷却固态光源上印刷具有大于30%反射率的厚膜印刷银导体或可选的透明导体(例如,铟锡氧化物或锌氧化物)。

[0046] 本发明还可被定义为自冷却固态光源,其包括至少一个发光二极管(LED)晶片和接合至所述至少一个LED晶片的至少一个导热发光元件;其中在与发出的光基本相同的方向上从光源传输热。更具体地,主要在穿过所述至少一个发光元件的方向上从LED晶片发出光,而主要在与光发出的方向相同的方向上传输光源中产生的热。通过来自所述至少一个发光元件的辐射、传导和对流的组合来耗散来自光源的热,而无需器件散热器。

[0047] 可选地,发光导热元件可对来自LED的辐射和/或经由波导被导热发光元件转换的辐射的至少一部分提供光扩散。导热发光元件用作波导,其对于长于550nm的波长具有小于 10cm^{-1} 的 α 。在这种情况下,可通过导热发光元件对发射波长长于550nm的LED进行安装和冷却,并且它们的发射的至少一部分也在导热发光元件内经由波导而被高效地扩散。

[0048] 具有InGaN和AlInGaP LED的导热发光元件可以将InGaN谱的至少一部分转换为480nm和700nm之间的波长。单晶、多晶、陶瓷、和/或火焰喷涂Ce:YAG、锶硫代镓酸盐(Strontium Thiogallate)或者发射480nm和700nm之间的波长并对于500nm和700nm之间的波长呈现出低于 10cm^{-1} 的 α 的其他发光材料可以为导热固态发光光扩散元件。

[0049] 基于这些导热光扩散发光元件来安装InGaN和AlInGaP LED可以形成固态扩展区光源,其相关色温低于4500K并且效率高于50L/W且可选地显色指数大于80。

[0050] 本发明的一个实施例是这样一种发光导热半透明元件,其具有大于 1W/mK 的导热系数,其由以下材料中的一种或多种组成:氧化铝、ALN、尖晶石、氧化锆、BN、YAG、TAG、以及YAGG。可选地,可在发光导热半透明元件的至少一个表面上形成电互连件,以提供与LED的电连接。

[0051] 发光导热元件可具有大于 1W/mK 的导热系数并且具有大于0.2的辐射率(emissivity)。自冷却固态光源可具有至少一个发光导热元件,该发光导热元件具有大于 1W/mK 的导热系数和大于0.2的辐射率。自冷却固态光源可具有大于 50°C 的平均表面温度和大于50L/W的发光效率。可选地,自冷却固态光源可具有大于 50°C 的平均表面温度和大于50L/W的发光效率,所述自冷却固态光源包括至少一个发光导热元件,该发光导热元件具有大于 1W/mK 的导热系数和大于0.2的辐射率。自冷却固态光源可经由自然对流冷却和辐射冷却耗散大于 0.3W/cm^2 。

[0052] 半透明导热元件可经由如下方法形成:晶体生长、烧结、涂覆、熔涂、注射成型、火焰喷涂、溅射、CVD、等离子喷涂、熔接、和压制。对大致一个相的氧化物进行压制和烧结将改善基于发光粉末的半透明度。或者,可利用在烧结过程中或在烧结过程之后形成的波长转换层涂覆具有大于 1W/mK 的导热系数和小于 10cm^{-1} 的 α 的半透明元件。(波长转换或非波长转换的)单晶或多晶材料可用作导热发光元件。具体地,可在制造TPA(透明多晶氧化铝)、尖晶石、立方氧化锆、石英、以及其他低吸收导热材料的过程中或所述过程之后形成具有波长转换层的这些材料。诸如压制、挤压、以及空间火焰喷涂之类的技术可形成接近净成形或完成的部件。可经由浸渍涂覆、火焰喷涂、熔化、蒸镀、溅射、CVD、激光烧灼或熔接来为这些材料中的任意材料添加额外的波长转换层。受控颗粒尺寸和相可以改善半透明度。

[0053] 涂覆物可改善自冷却光源的环境特性和/或辐射率特性,尤其是在涂覆物是具有和不具有发光属性的高辐射率涂覆物的情况下。单晶、多晶、陶瓷、涂层或者火焰喷涂可同时作为涂覆材料和作为块体材料Ce:YAG使用,其具有高辐射率或环保涂层。尤其是,可通过浸渍涂覆、蒸镀、喷涂或其他涂覆方法在附接LED之前或之后涂覆聚硅氧烷、聚硅氮烷和其他透明环境外层。可向这些外层添加额外的波长转换材料,例如但不限于:量子点、波长变换染料(诸如Eljen制造的)和其他波长转换材料。

[0054] 无线功率传递元件、功率调节元件、驱动电子件、功率因子调节电子件、红外/无线发射器、和传感器可集成到所述自冷却固态光源中。

[0055] 自冷却固态光源可具有色温小于4500K时大于50L/W的发光效率以及大于70的显色指数。自冷却固态光源可具有高于40°C的表面温度,以对流和辐射的方式冷却大于0.3W/cm²的光源表面积,并且具有大于50L/W的发光效率。

[0056] 包括蓝色和红色LED两者的自冷却固态光源可具有在色温小于4500K时大于50L/W的发光效率以及大于85的显色指数。在包括至少一个蓝色LED和至少一个具有长于500nm的发射波长的LED的自冷却固态光源中,使用至少一个对于长于500nm的波长具有小于10cm⁻¹的 α 的发光导热元件。涂覆物和/或元件形式的额外的波长转换材料(包括但不限于磷光体粉末、荧光晶片、波长转换体、量子点、以及其他波长转换材料)可进一步改善效率和显色指数。

[0057] 固态光源的长宽比和形状可以为(包括但不限于)板、棒、圆棒、球、半球、椭圆、以及其他非平面形状。晶片贴装可减轻边缘效应并形成更加均匀的发射器。

[0058] 可将额外的散射、重定向、循环利用、以及成像元件附接至设计为改变远场分布的固态光源和/或在其附近。可将导热系数大于0.1W/mK的额外元件附接至固态光源,以便通过将固态光源内产生的热传导至该额外元件并随后传导至周围环境而为固态光源提供额外冷却。外部框架可提供机械支撑,可附接至固态光源,以及/或者可提供外部电互连。与额外光学元件一起或不一起布置的多个固态光源可产生特定远场分布。尤其是,可彼此不平行地布置多个固态光源,以使得在远场中减轻表面和边缘的变化。固态光源表面之间的间隔距离大于2mm是优选的,以有助于对流冷却。安装和附加光学元件可通过诱导通风效应增强对流冷却。

[0059] 导热发光元件还可提供用于对LED发出的一部分辐射进行有效率的波长转换。可选地,发光导热元件可对来自LED的辐射和/或被导热发光元件转换的辐射的至少一部分提供光扩散。

[0060] 所公开的是一种自冷却固态光源,其包括光传输导热元件,该元件具有高于50°C的表面温度并且其表面积大于安装在光传输导热元件上的半导体器件的表面积。更优选地,自冷却固态光源包括至少一个光传输导热元件,该元件具有高于100°C的表面温度并且其表面积大于所安装的半导体器件的表面积。最优选地,自冷却固态光源包括至少一个光传输导热发光元件,该元件具有大于1W/mK的平均导热系数。作为一个示例,使用喷雾干燥将4wt%的掺杂了2%铈的YAG分散至氧化铝基体中。该粉末被压制为紧凑体并随后以1500°C真空烧结8小时,随后以1600°C在氩中热等静压4小时。该材料被金刚石锯划片为1mm厚的片,其面积为1/2英寸×1英寸。该部件被激光加工以形成互连沟槽,在沟槽中对银膏进行丝网印刷和烧结。随后对烧结的银迹线(silver trace)进行研磨以形成光滑表面,直接晶片

附接的LED晶片被焊接至该表面。利用激光切割凹口 (pocket), 以使得两个片可以夹在一起从而将直接晶片附接的LED晶片嵌入两片陶瓷Ce:YAG/氧化铝材料内。以这种方式, 形成自冷却光源。直接晶片附接的LED通过银迹线电互连并且热连接至陶瓷Ce:YAG/氧化铝材料。直接晶片附接的LED和陶瓷Ce:YAG/氧化铝内产生的热在比LED的区域更大的区域上扩散。在该示例中, 基于自然对流和辐射冷却, 可在维持低于120°C的节温度且陶瓷Ce:YAG/氧化铝上的表面温度为80°C至90°C的同时耗散大于1W/cm²的功率密度。如此, 在没有任何附加的散热或冷却装置的情况下, 1/4英寸×1/2英寸的固态光源可发射超过100流明。

[0061] 辐射率高于0.3的材料是优选的, 以增强从固态光源的发光表面辐射的热量。更优选的是对于小于200°C的表面温度来说辐射率大于0.7的材料。在25°C环境中, 表面温度为50°C、自然对流系数为20W/m²/k的自然对流冷却表面在表面辐射率大于0.8的情况下将会把其能量的约25%以辐射方式传递给周围环境, 并且可耗散大约0.08W/cm²的光源表面积。类似的表面温度为100°C的自然对流冷却表面可将其能量的30%以辐射方式传递给周围环境并耗散大于0.25W/cm²的表面积。类似的表面温度为150°C的自然对流冷却表面可将其热量的35%以辐射方式传递并耗散大于0.4W/cm²。假定固态光源可接近50%电光转换率并且典型谱转换为300流明/光瓦, 利用该方法, 自冷却固态光源针对每1.0cm²的光源表面积可以发射75流明。作为一个示例, 1/4英寸×1/2英寸×2mm厚的自冷却光棒可产生大于150流明, 并在同时保持表面温度小于100°C。高功率器件的典型LED节温度可超过120°C并仍保持优异的寿命和效率。对于温度低于120°C的表面, 大部分辐射能量的形式是波长大于8微米的红外线。因此, 高辐射率涂覆物、材料、以及表面(它们在可见光谱中实质上透明但是具有高红外线热辐射率)是自冷却光源的优选实施例。

[0062] 材料的红外线辐射率差异较大。玻璃具有约0.95的辐射率而氧化铝的辐射率可在0.5和0.8之间。诸如聚酰亚胺之类的有机物在厚层形式时可具有相当高的辐射率。然而, 这会由于有机物的低导热系数而对热的传递造成负面影响。因此, 优选高导热系数高辐射率的材料和涂覆物。在J.R.Grammer发表于NASA Contract NAS 3-7630 (1966年9月30日)的“Emissivity Coatings for Low-Temperature Space Radiators”中描述了高辐射率/低可见光吸收系数的涂覆物。公开了具有大于0.85的辐射率和小于0.2的吸收系数的各种硅酸盐。

[0063] 为了使传递至环境空气的热最大化, 存在对这样的发光导热材料的需求: 其可将由集中的半导体和无源器件(例如, LED、驱动器、控制器、电阻器、线圈、电感器、电容器等)产生的热经由热传导高效地扩散至比半导体晶片的表面区域更大的表面区域, 并随后经由对流和辐射来将产生的热高效地传递至环境空气。同时, 这些发光导热材料还可以可选地将LED光发射的至少一部分高效地转换为可见光谱的另一部分, 从而建立具有较高的每瓦特流明效率和良好显色的自冷却固态光源。常规的固体和粉末形式的波长转换器与LED晶片或半导体器件的尺寸大致相同。这使得发光材料的体积最小化, 但由于斯托克斯损耗(Stokes' loss)和其他转换损耗导致产生的热集中在发光元件内。当今, 固态光源产生的约50%的热位于发光材料内。通过使用低掺杂浓度的导热发光元件(其也可以用作LED发出的激发光的波导), 可在更大体积上扩散发光转换损耗所产生的热。此外, 可以产生更分布式的光源, 而不是如常规LED封装中所见的那样的集中式点光源。以这种方式, 可消除或最小化对额外扩散和光学元件的需求。因此, 对半透明或部分传输发光导热元件(其表面积大于

安装在该发光元件上的半导体器件)的使用是优选实施例。

[0064] 以下将在对附图的描述中详细说明本发明的这些和其他实施例。

[0065] 图1A示出了安装在衬底4上的现有技术直立LED晶片3。直立LED晶片3通常涂覆有无机/有机基体7,其包含磷光体粉末(例如但不限于硅树脂材料中的Ce:YAG)。引线接合2用于将直立LED晶片3电连接至互连件5,直立LED晶片3随后被涂覆有无机/有机基体7。直立LED晶片3的另一侧通常经由共晶焊料或导电粘合剂与互连件6接触。还将透镜1附接至衬底4,以对该组件进行环境密封、增强从直立LED晶片3出射的光,并且改变器件所发射的光的远场光学图案。在这种情况下,发射光线9实质上在与热线8相反的方向上传播。

[0066] 如图1A中的热示意图所示,对无机/有机基体7的冷却几乎完全经由通过直立LED晶片3经互连件6进入衬底4的热传导而发生。无机/有机基体7内由于斯托克斯损耗和散射吸收而产生的热以通过热阻确定的速率热传导至直立LED晶片3,所述热阻由无机/有机基体7的容积导热系数确定。如简化热示意图中所示,无机/有机基体7的平均温度由热阻R(磷光体/密封剂)和直立LED晶片3的平均温度 T_2 确定。为了使无机/有机基体7内产生的热被耗散至周围环境,在其可以被耗散到周围环境之前,必须经过LED晶片3(RLED)和衬底4(R封装)的热阻。这是一个简化热示意图,其将容积和界面热阻与器件内的空间变化混合。但通常而言,由于围绕无机/有机基体7的其他材料(例如,透镜)的导热系数低,导致无机/有机基体7内产生的热必须主要通过直立LED晶片3来耗散。利用金属、复合物或陶瓷元件,额外的散热装置可以进一步增加表面积以增强向周围环境散热,但是热的流动仍基本不变。透镜1用作发射光线9的出射元件,但是还起到了对热线8的屏障的作用。通常用导热系数小于 0.1W/mK 的硅树脂或环氧树脂来形成透镜1,其充当绝热体。透镜1还可限制直立LED 3和无机/有机基体7的热辐射,因为其辐射率低。通常,该设计要求来自直立LED 1内的有源区的大约50%的各向同性发射必须被器件内的某个表面反射,并且要求器件的远场输出大致上是方向性或实质上是朗伯的(lambertian)。即使在利用高反射层的情况下,对于这种途径而言,这代表了损耗机制。这些额外损耗与光线必须经过的额外路径长度以及被背部电极的多次反射相关联。基于LED自身的吸收损耗,该额外路径长度和反射(其是使直立LED 1的有源区中产生的光出射所要求的)从根本上降低了LED的效率。无机/有机基体7内产生的光的一大部分也必须穿过直立LED 1并被其反射。由于直立LED 1不是无损反射器,因此所增加的这些光线的路径长度也降低了整体效率。

[0067] 图1B示出了现有技术倒装芯片安装的LED 15。焊料或热压接合将倒装芯片安装的LED 15经由接触件16和21分别附接至衬底19上的互连件17和18。发光转换器14可以是如图1A中讨论的无机/有机基体或者固体发光元件,例如Ce:YAG陶瓷、单晶Ce:YAG,多晶Ce:YAG或本领域已知的其他固体发光材料。在每种情况下,采用该设计具有相同的冷却不足。实际上,对发光转换器14进行任何冷却必须通过倒装芯片安装的LED 15。再说一次,发射光线12在与热线13大致相反的方向上传播,并且再一次地,倒装芯片安装的LED 15的有源区的约50%的各向同性发射必须在器件内重定向,这就要求使用比如Ag的贵金属,使用专门的涂覆方法,并且在光子晶体的情况下甚至要使用纳米光刻。

[0068] 由于在形成良好欧姆接触通常所需的温度下Ag的反射率降低,导致在LED晶片区域的大部分上形成均高度反射的接触件且仍然形成低电阻率接触对本行业是主要挑战。这种高光反射率和低电阻率导致额外成本和效率损失。由于必须在一侧制作两个接触件,因

此通常使用底部填充剂20来填充在由于使用倒装芯片接触而产生的空隙中。透镜11还形成针对因对流和辐射而流出器件的热屏障。通常在将倒装芯片安装的晶片15安装并与衬底19互连之后附接发光转换器14。倒装芯片安装的晶片15和发光元件14之间的粘合层23进一步对发光元件14进行绝热。通常, InGaN功率LED UV/蓝芯片表现出接近60%的效率而白InGaN功率LED封装通常为40%。因此, 发光转换器14内的损耗代表了器件内总损耗的大部分。在图1A的无机/有机基体发光转换器的情况下, 转换损耗由于硅树脂或环氧树脂基体的低导热系数而导致进一步集中在各单独磷光体粉末内。固体发光转换器14具有更多横向扩散, 这是由于固体材料的更高导热系数导致的。两种情况均是典型的铈掺杂YAG, 其具有14W/mK的固有导热系数。但是, 由于硅树脂基体具有小于0.1W/mK的导热系数并且充分地环绕全部磷光体粉末, 因此无机/有机基体具有大致等于硅树脂或环氧树脂自身的宏观导热系数。可以使用非常高的装填水平的磷光体粉末, 但是会导致由更高散射导致的效率损失。

[0069] 对于发光转换器14中产生的热只能经由粘合层23热传导到倒装芯片安装的LED 15中, 而不存在其他任何可去之处。在大多数情况下, 固体发光转换器14必须具有附加泄露涂层22, 其对倒装芯片安装的LED 15的边缘泄露出的蓝光进行处理。无机/有机基体遭遇与图1A相同的各种问题。在图1A和图2B两者中, 发射表面实质上不同于冷却表面。图1B的热示意图与图1A类似的地方在于, 发光转换器14内产生的热实质上通过倒装芯片安装的LED 15耗散。在出现高功率LED的情况下, 器件内产生的大部分热可集中在发光转换器14内。这种集中已引起了各种解决方案, 包括使用非接触式磷光体。通常, 发光转换器14随着其平均温度 T_4 的增加而效率降低。在现有技术中, 发光转换器14通过倒装芯片安装的LED 15 (其具有平均温度 T_5) 来耗散其大部分热。这是比周围环境固有地更高的温度。需要这样的技术, 即, 对于更高效率的器件而言, 凭借该技术可降低发光转换器14内产生的热。

[0070] 图2A示出了本发明的直立LED 24, 其中发射光线26在与热线27大致相同的方向上传播。导热发光元件25为直立LED 24发射的至少一部分光提供波长转换, 并充当光学和热扩散元件、出射装置以及电互连件的衬底。在图2中, 外层30可以是反射型、透明型、部分反射型, 并且呈现出取决于波长和/或偏振的反射率。

[0071] 引线接合29将互连件28连接至接触垫33, 接触垫33经由导电油墨或共晶焊料附接至互连件31。透明/半透明粘合层32使耦合进入导热发光元件25并最终离开器件的光和热最大化。透明/半透明粘合层32可包括但不限于玻璃原料、聚硅氧烷、聚硅氮烷、硅树脂、以及其他透明/半透明粘合材料。透明/半透明粘合层32具有大于0.1W/mK的导热系数, 更优选地, 大于1W/mK。导热发光元件可包括但不限于单晶发光材料、多晶发光材料、非晶发光材料、导热透明/半透明材料 (例如蓝宝石、TPA、氮化物、尖晶石、立方氧化锆、石英、以及涂覆有导热发光涂层的玻璃)、以及导热透明/半透明材料和导热发光材料的复合物。

[0072] 在图2A中, 可将高辐射率层35涂覆至导热发光元件25, 以增强辐射冷却。此外, 特别是在使用出射元件来提高导热发光元件25的出射的情况下, 高辐射率层35还可以通过充当周围空气和导热发光元件25之间的折射率匹配层来提供增强的出射效率。与之前的现有技术热示意图不同的是, 导热发光元件25中产生的热的流动经由导热发光元件25自身表面对流和辐射冷却而直接耦合至周围环境。这种直接耦合途径只有在以下情况下才能够有效实现, 即, 其中导热发光元件25的容积导热系数足够高, 以便能够在足够大以能够有效地传递热到周围环境的区域上将热扩散出去。因此, 导热发光元件的表面积大于所附接的LED

的表面积,且该导热发光元件的平均容积导热系数大于 1W/mK ,其中在直立LED 24和导热发光元件25内产生的热经由导热发光元件25的表面的对流和辐射而充分地传递至周围环境。最优选地,高辐射率层35在 100°C 时具有大于0.8的辐射率并且在整个可见谱具有小于0.2的吸收系数。或者,导热发光元件25的辐射率在 100°C 时大于0.8,并且在整个可见谱具有小于0.2的吸收系数。

[0073] 图2B示出了经由透明/半透明粘合层43安装在导热发光元件42上的倒装芯片安装的LED 36,其经由接触件41和40电连接至导热发光元件25上的互连件44和45。互连件44和45是通过丝网印刷、喷墨打印、光刻方式或这些其他方式的组合形成的厚膜银导体。作为一个示例,导热发光元件42可包含大约5微米深的激光切割沟槽,银膏被丝网印刷和烧结到该沟槽中。随后,可选地对导热发光元件42的表面进行研磨,以形成互连件44和45的光滑表面。所产生的表面现在足够光滑,从而用于热压接合晶片方法、利用整体共晶焊料直接晶片附接晶片方法、以及其他直接附接接合方法。通常在高于 400°C 的温度烧结互连件44和45。互连件44和45是厚膜或喷墨银迹线,其线宽小于或大于倒装芯片安装的LED 36的宽度。可以通过使银的使用量最小化、使互连迹线的宽度最小化和使银迹线的反射率最大化来使器件内的光学损耗最小化。或者,可以通过增加银厚度或面积的量来使倒装芯片安装的LED 36和导热发光元件42之间的热阻最小化。外层37可包括但不限于玻璃原料、聚硅氧烷、聚硅氮烷、火焰喷涂陶瓷、以及蒸镀/CVD涂覆物。外层37中的高反射层是可选的。以这种方式,可形成紧凑的指向光源。透明/半透明粘合层为器件起到环境和短路屏障的作用。在所有高温处理之后可以涂覆外层37中的反射体,从而使该层的反射率最大化。图2B所示的热示意图再一次示出了与图1器件相当不同的导热路径。导热发光元件42提供了器件的冷却表面以及对来自LED 36的光进行转换。器件的发射表面也是器件的冷却表面。

[0074] 图2C示出了安装在导热发光元件46上的横向LED 53。如图2A和图2B一样,光发射50和热线51在大致相同的方向上传播。在该构造中,透明/半透明外层48耦合从器件的背侧出来的热线56和光发射57。光发射50和光发射57就发射谱、强度或偏振而言可以彼此相同或不同。添加物、涂覆物、以及两者的组合可以在外层48内影响发射谱、强度和偏振。互连件49和54可以包括但不限于介电基体中的导电材料。可以在大于 400°C 下印刷和烧结反射率大于50%的银片厚膜膏丝网,以在介电基体中形成导电材料。引线接合47和52将LED接触件56和55分别连接至互连件49和54。金线是优选的,但是引线接合可以为线、箔、带形式的银、镀银的金、以及铝。热示意图示出了通过器件到周围环境的热流动。透明/半透明外层48还可以包含发光材料。作为一个示例,透明/半透明外层48可以包括含至少一种发光材料(例如但不限于E1jen EJ-284荧光染料,其用于将绿色和黄色发射转换为红色)的无机/有机基体,例如但不限于HT 1500聚硅氮烷(Clariant Inc.)。可以通过浸渍涂覆、喷涂、喷墨、以及其他沉积技术来涂覆发光涂覆物以在包含至少一个导热发光元件46的发光器件上形成透明/半透明外层48。

[0075] 图3A示出了一种自冷却光源,其包括单个导热发光元件60,该元件热附接且光学附接在至少一个LED 61上。LED 61可包括基于InGaN、GaN、AlGaN、AlInGaP、ZnO、AlN和金刚石的发光二极管。诸如但不限于InGaN和AlInGaP LED之类的蓝色发光二极管和红色发光二极管这两者被光学附接且热附接到至少一个导热发光元件60。LED 61和导热发光元件60产生的热59和光发射58在比LED 61充分大的面积和体积上扩散出去。以这种方式,所产生的

热可以有效地传递至周围环境。

[0076] 单晶、多晶、陶瓷和火焰喷涂形式的Ce:YAG是用于导热发光元件60的优选材料选择。还可以使用各种合金和掺杂物,包括但不限于钷、镨和铽。导热发光元件60可以为通过EPG生长的厚度大于500微米的单晶铈掺杂YAG,其中铈掺杂浓度在0.02%和2%之间,优选地在0.02%和0.2%之间。或者,导热发光元件60可以为火焰喷涂的Ce:YAG,其中可选地进行后退火。可以通过在受控环境下直接火焰喷涂、HVOF、等离子体喷涂到LED 61上来形成导热发光元件60。这种方法通过直接接合至LED 61而不是使用中间材料将LED 61接合至导热发光元件60,而使导热发光元件和LED 61之间的热耦合和光耦合最大化。或者,可以利用以下方法中的至少一种方法来形成导热发光元件60;热压、真空烧结、大气烧结、放电等离子体烧结、火焰喷涂、等离子体喷涂、热等静压、冷等静压、熔炉烧结、激光融合、等离子体融合、以及其他基于熔化的工艺。导热发光元件60可以为单晶、多晶、非晶、陶瓷或者无机物的熔化复合物。作为一个示例,将100克的氧化铝和Ce掺杂Yag混合在一起的粉末放在容器中。利用2Kw光纤激光器将该粉末一起熔化,从而形成粉末容积内的熔化球。以这种方式,该粉末起到了用于熔化球的坩埚的作用,从而消除了来自容器壁的任何污染。取决于光束尺寸,使用光纤激光器可允许在大约4秒内形成熔化物。虽然仍处于熔化状态,但是可选地,可以在SiC压台之间将这个球锻造为板。最优选地,熔化球的直径大于10mm,以在对熔化材料进行次级处理时允许充分的操作时间。可利用真空烧结、大气烧结、或热等静压来进一步处理该板以形成导热发光元件60。与热压或真空烧结相比,作为降低能源成本的方法,使用基于光纤激光器的熔化工艺是用于形成发光氧化物、氮化物、以及氮氧化物的优选方法。公开了在基于激光的熔化工艺中使用受控大气,包括真空、氧气、氢气、氩气、氮气和氨气。虽然优选光纤激光器,但是公开了使用局部光化辐射来在粉末物质中形成熔化物质从而形成导热发光元件60。

[0077] 图3B示出了一种自冷却光源,其包括附接到至少一个LED 64的至少两个导热发光元件62和63。在这种情况下,热发射64和光发射65可从LED 64的两侧扩散出去和出射。在任何情况下,允许利用适当的电互连来将多个LED并联、串联、反并联以及三者的组合。在这种情况下,光发射65可以在器件的两侧上大致相似或不同。作为一个示例,导热发光元件62可以为通过EPG瓶形成的1mm厚的单晶Ce掺杂YAG,其随后被划片为19mm×6mm的晶圆。划片表面增强了Ce:YAG发射光从高折射率Ce:YAG材料的出射。或者,导热发光元件63可以为在玻璃原料基体内的压制和烧结过的半透明多晶氧化铝,其具有Mn掺杂锶硫代镓酸盐热熔层和Eu掺杂硫化锶钙层。以这种方式,可形成较宽范围的光发射谱。

[0078] 在该特定情况下,器件的两侧将发射略微不同的谱。通常,除非在导热发光元件62和63之间布置不透明反射器,则将在器件内存在显著的谱混合。这种构造可用于四分灯(quarter light)、洗墙灯、枝形吊灯、以及其他灯具,其中光发射65的实质部分要求在两个不同方向上出现。诸如BEF、微光学、亚波长元件、以及光子结构之类的指向性元件可以或多或少地影响导热发光元件62和/或63的光发射65的指向性。

[0079] 在另一示例中,通过火焰、HVOF或等离子体喷涂形成铈掺杂YAG,随后可选地退火、放电等离子体烧结、微波烧结、或HIP,从而改善其针对导热发光元件62和/或63之一或两者的发光属性。至少一个InGaN LED和至少一个AlInGaP LED被用于至少一个LED 64。

[0080] 在另一示例中,高纯度氧化铝被直接火焰喷涂到针对导热发光元件62的至少一个

LED晶片64上,从而形成半透明反射器。火焰喷涂的氧化铝的辐射率一般为0.8,从而允许那个表面进行增强辐射冷却。导热发光元件63是单晶Ce:YAG,其通过凝壳熔炼法形成并被划片为0.7mm厚0.5英寸×1英寸面积的晶圆,其铈掺杂浓度在0.1%和2%之间。在这种情况下,导热发光元件62不必包含发光材料但是对于LED 64和导热发光元件62两者产生的热起到了扩散反射器和热扩散元件的作用。通过将LED 64直接嵌入到导热发光元件62中,可以消除拾取和放置、晶片焊接工艺和材料,并通过消除不必要的界面来使热传递64和光发射65这两者最大化。可以将额外的发光材料和不透明反射体布置/涂覆在导热发光元件62或63中/上。凹口和嵌入的晶片可使得晶片嵌入,使得印刷技术包括但不限于喷墨、丝网印刷、注射滴涂和光刻方式。

[0081] 图3C示出了向额外的冷却装置71和73提供导热路径74和79的两个导热发光元件72和74。在这种情况下,导热发光元件72和74允许热发射76和光发射77并且还提供了导热路径74和79。额外的冷却装置71和73还可经由先前在图2中公开的互连装置来向LED75提供电连接。一个或多个额外冷却装置71和73进一步提高了器件可以耗散的热量。作为一个示例,典型的自然对流系数为 $20\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$,并且Ce:YAG接近室温时具有0.8的辐射率。自冷却光源包括两个 $1/4$ 英寸× $1/2$ 英寸×1mm厚的Ce:YAG片72和74以及焊接在银厚膜互连迹线上的四个直接附接LED 75,该自冷却光源的表面积大约为 2.3cm^2 。利用自然对流和辐射冷却,在表面温度约 100°C 且环境温度为 25°C 且辐射率为0.8的情况下,可从自冷却光源的表面耗散大约500毫瓦的热。在这500毫瓦中,350毫瓦的热通过自然对流冷却耗散,而150毫瓦通过辐射耗散。典型的4000K谱输出具有每光瓦特300流明的光学效率。如果固态光源具有50%的电光转换效率,则对于每500毫瓦产生的热而言,产生500毫瓦的光输出。在这些条件下,在约 100°C 表面温度下工作的 $1/4$ 英寸× $1/2$ 英寸固态光源可输出150流明,而不需要额外散热装置。对额外冷却装置71和73的使用可被用于通过增加可以对流和辐射方式将热传递至周围环境的表面积来显著提升该输出水平。如在示例中容易看出那样,增加表面积直接正比于可耗散的热量。还清楚的是,电光转换效率动态地影响产生的热量,这是本发明的关键点。与常规LED封装不同的是,在该自冷却固态光源中产生的光从器件的两侧出射。如所示地,各向同性出射的效率理论上比朗伯出射的效率高20%。同样使用该方法,在导热系数大于 $10\text{W}/\text{mK}$ 并且附接LED 75以使得与环绕的导热发光元件72和74存在小热阻的情况下,LED 75结与导热发光元件72和74之间的温差可以非常小。此外,冷却装置71和73可以物理地不同,从而允许器件正确地连接至不同的外部电源。作为一个示例,冷却装置71可以为管脚而冷却装置73可以为插口,以使得形成匹配的(keyed)电互连。或者,冷却装置71和73可以包含磁体,其允许附着外部电源。更优选地,磁体具有不同极性,从而可以形成匹配的互连。额外的冷却装置71和73可以包括但不限于热管、金属、玻璃、陶瓷、氮化硼纤维、碳纤维、热解石墨薄膜、和导热复合材料。作为一个示例,使用用于形成固体片的压制、冷等静压、暖等静压、和/或热等静压,用剥落氮化硼薄片压制氮化硼纳米管纤维(如BNNT Inc.提供的)以形成热互连骨干基体。氮化硼纳米管纤维与氮化硼薄片互连并接合至氮化硼薄片的表面,从而形成连续热基体。随后,所产生的骨干基体可被灌入聚合物或聚合物陶瓷前体(包括但不限于聚硅氮烷、聚硅氧烷、玻璃、硅树脂、以及其他聚合物材料),从而形成复合物。或者,氮化硼纳米管纤维可形成成为纱线并被织成布或毡并随后被浸渍,从而形成导热复合物。或者,可使用高导热碳纤维和薄膜,但与基于碳的方法相比,氮化硼由于其低光吸收而是优选的。

或者,基于碳的额外冷却装置71和73可包括反射层,以降低吸收损耗并将来自光源的光重新定向,以及提供额外冷却。额外的冷却装置71和73还可以扩散、反射、或吸收从导热发光元件72或74的相邻边缘之间或相邻边缘发出的光发射77。以这种方式,可调整器件的远场发射的强度和谱。只要额外冷却装置71和73的热阻较低,利用额外的冷却装置71和73来使表面冷却面积加倍就可以使流明输出近似地加倍。

[0082] 图4A示出了嵌入在导热发光元件83内的至少一个LED 85。可通过如本领域公知的对氧化铝进行压制烧结以形成半透明多晶氧化铝TPA来形成导热发光元件83,其具有足够深的凹陷,以允许将LED85嵌入。发光涂层84可以实质上只位于导热发光元件83中形成的凹口内,或者可以实质上覆盖导热发光元件83的全部表面。

[0083] 或者,可以将单晶、多晶或非晶磷光体、片、板、棒和颗粒熔化或接合至导热发光元件83中或导热发光元件83上。以这种方式,针对导热发光元件81,可以使发光材料的量最小化,同时保持高导热系数。

[0084] 作为一个示例,1mm×1mm且300微米厚的单晶Ce:YAG片可熔接至形成在TPA压制烧结板中的1.1mm×1.1mm×500微米深的凹口中,随后在真空中在1700℃烧结10小时,以使得单晶YAG片光熔接且热熔接至TPA凹口中。然后,可将LED 85接合至凹口的剩余深度中并用于局部地激发单晶Ce:YAG片。来自LED 85和单晶Ce:YAG片的组合光发射将通过烧结压制的TPA扩散开并出射,同时仍保持高导热系数。

[0085] 或者,玻璃原料形式的发光粉末、聚硅氧烷、聚硅氮烷、以及其他透明粘合剂可加入发光涂层84。具体地,发光涂层84中的高温粘合剂(诸如聚硅氮烷与发光粉末、薄片、棒、纤维,并且组合进行预固化并作为粘合剂)可位于导热发光元件83和至少一个LED 85之间。

[0086] 具有高可见谱透射、较低折射率、高导热系数、以及针对最终净成形处理成本低材料是用于导热发光元件83的优选材料。这些材料包括但不限于TPA、尖晶石、石英、玻璃、ZnS、ZnSe、ZnO、MgO、AlON、ALN、BN、金刚石、以及立方氧化锆。特别是,通过压制烧结形成的尖晶石和TPA是制造成本低的净成形部件。使用用于形成TPA部件(如本领域公知的透明齿形扣件)的技术,并将发光元件作为涂覆物或接合元件,可以形成导热发光元件83。

[0087] 在LED 85嵌入导热发光元件83的情况下,可使用印刷和光刻方法来将至少一个LED 83电互连至外部电源和/或其他LED或器件。与引线接合不同,这种方法建立了将LED互连的简便方法,其使多重粘合的装配简化并降低了成本。

[0088] 在一个示例中,LED 85被接合到在1mm厚的尖晶石晶圆中通过激光烧灼形成的凹口中,从而形成导热发光元件83。在该示例中,尖晶石可包括或不包括发光元素或发光属性。反之,大部分波长转换经由发光涂层84和/或额外发光涂层82集中在LED 85附近发生。这使得必需的发光材料量最小化,并仍允许发光材料与周围环境之间的低热阻。虽然在图4中只示出了单侧,但是该光源还可接合至另一光源、散热器、另一透明/半透明导热元件,从而进一步增强光源内的LED 85和任意发光元件的冷却和光分布。利用包含0.1%至2%掺杂Ce:YAG的颗粒尺寸低于10微米的聚硅氮烷将LED 85接合至凹口中。

[0089] 透明/半透明介电层81被喷墨打印在至少一个LED 85上,接触垫87和86除外。在LED 85使用基于TCO的接触件的情况下,至少一部分TCO不被透明/半透明介电层81覆盖,从而允许电接触。可选地,可在至少一个LED 85上印刷或形成额外的发光涂层82,以允许额外的波长转换并形成器件的更均匀的谱分布。随后,可以在对透明/半透明介电层81进行固化

之前或之后,涂覆互连件80和88。聚硅氮烷、聚硅氧烷、玻璃原料、旋涂玻璃、以及有机涂覆物是透明/半透明介电层81的示例,优选地,涂覆物可以在300°C以上保持透明度。在具有和不具有发光元素的情况下,包含聚硅氮烷的配制材料是用于额外的发光涂层82、透明/半透明介电层82和发光涂层84的优选材料。优选的发光元素是粉末磷光体、量子点、荧光染料(来自E1jen科技公司的示例波长转换染料)以及发光薄片和纤维。

[0090] 对于横向LED设计,与LED 85的电连接是经由互连件80和88的。对银导电油墨进行精确喷墨印刷和/或对厚膜银油墨进行丝网印刷形成互连件80和88。作为一个示例,厚膜银膏被丝网印刷并烧结到导热发光元件83上,直到LED 85的凹口为止。喷墨印刷透明/半透明介电层81以使得只暴露出接触件87和86,且透明/半透明介电层81覆盖LED 85的其余暴露表面和至少一部分导热发光元件83,以这种方式,防止LED 85短路的同时仍允许对稍早涂覆的厚膜银膏导体进行操作。在对透明/半透明介电层81以及可选地对额外的发光涂层82进行固化之前或之后,喷墨印刷导电油墨,从而将先前涂覆的厚膜银导体与接触件86和87相连接。利用这种方法,可克服由于具有图像识别和对准功能的喷墨系统的可用性而导致的对准问题,同时仍允许低电阻导体。通常,虽然导体的喷墨印刷可以非常精确并且可以将导体印刷成50微米以下的宽度,但是厚度通常限于10微米以下,这就限制了长线路的载流能力。利用这种方法,厚膜银导体(其厚度可超过50微米)可用于运载大部分电流,于是短的喷墨印刷迹线可用于缝合连接厚膜银导体和接触件87和86。利用这种方法,可消除金线接合。

[0091] 透明/半透明外层89可涂覆在互连件80和89以及/或者透明/半透明介电层81、额外的发光涂层82、以及导热发光元件83的至少一部分上,从而对器件进行环境隔离和/或电隔离。LED晶片85上的保护性屏蔽层可以在LED制造过程中形成,从而有助于或者消除对透明/半透明介电层81的需求,并允许将互连件89和88分别直接印刷在接触件87和86上。针对互连件89和88,接触反应油墨和/或浸镀技术允许形成更厚/电阻率更低的迹线,消除对厚膜印刷的需求并允许针对整个互连件使用喷墨印刷。用于透明/半透明外层89的优选材料包括但不限于聚硅氮烷、聚硅氧烷、旋涂玻璃、有机物、玻璃原料、以及火焰、等离子体、HVOF涂覆物。基于旋涂玻璃和/或CMP的平面化技术可用于透明/半透明外层89。包括但不限于粉末、薄片、纤维、以及量子点的发光元素可并入透明/半透明外层89、透明/半透明介电层81和额外的发光涂层82。发光元素可以在这些层中空间地或均匀地散布。

[0092] 图4B示出了一种光源,其中发光层91形成在包含出射元件的透明/半透明元件90上。透明/半透明元件90可以为但不限于单晶材料(比如蓝宝石、立方氧化锆、(掺杂和不掺杂的)YAG、ZnO、(掺杂和不掺杂的)TAG、石英、(掺杂和不掺杂的)GGG、(掺杂和不掺杂的)GaN、AlN、(掺杂和不掺杂的)氮氧化物、(掺杂和不掺杂的)正硅酸盐、(掺杂和不掺杂的)ZnS、(掺杂和不掺杂的)ZnSe、以及(掺杂和不掺杂的)YAGG)、多晶材料、以及非晶材料(比如玻璃、(掺杂和不掺杂的)陶瓷YAG、ALON、尖晶石以及TPA)。通常,通过韦尔讷伊法(verneuil)、EPG、HEM、直拉法(Czochralski)、CVD、热液、凝壳、和外延方式生长的单晶材料可为透明/半透明元件90。

[0093] 发光层91可直接形成在透明/半透明元件90上或者可以分开形成然后接合到透明/半透明元件90。火焰喷涂、等离子体喷涂、以及HVOF技术可形成发光层91和透明/半透明元件90之一或两者。该光源可具有在整个可见谱上 α 小于 10cm^{-1} 的透明/半透明元件90、以及

包含至少一个在400nm和1200nm之间发射的发光元件的发光层91。发光层91可呈现出不同于透明/半透明元件90的折射率,两者折射率相差不超过0.2。LED 99可为InGaN、AlInGaP、ZnO、BN、金刚石、或InGaN、AlInGaP、ZnO、BN或金刚石的组合。InGaN和AlInGaP LED两者可用于LED 99,LED 99组合有包括以下材料中的至少一种的透明/半透明元件90以及发光层91和/或包括Ce掺杂YAG的额外发光层98;蓝宝石、尖晶石、石英、立方氧化锆、ALON、YAG、GGG、TPA、或ZnO。可在发光层91和/或额外的发光层98中使用在585nm和680nm之间发射的额外的红色磷光体。这些元件形成自冷却光源,其发射实质上位于黑体曲线上的6500°K和1200°K之间的平均色温,这是本发明的优选实施例。该自冷却光源可发射实质上位于黑体曲线上的4000°K和2000°K之间的平均色温。

[0094] 可在灯具、反射器、光学仪器或照明设备内使用多个自冷却光源,以使得在远场中其颜色和强度变化达到平衡。在灯具、反射器、光学仪器或照明设备中的三个或更多自冷却光源在距这些光源6英寸以上的距离处形成均匀照明。可以喷墨印刷、丝网印刷、经由光刻手段形成透明/半透明介电层93,并且其在整个可见谱上呈现出小于 10cm^{-1} 的 α 。可利用喷墨、丝网、模板、或光刻方式印刷互连件95和94。接触反应油墨和浸镀技术增加了导体厚度,从而降低了电阻率。将迹线宽度小于500微米且反射率大于50%的银迹线用于互连件95和94降低了光源内产生的光的吸收。LED 99上的接触件96和97可以在横向器件的情况下只位于一侧上,或者可以包括一个顶部接触件和一个侧部接触件,如在美国专利申请20060284190中公开的那样,该申请被共同地指定并通过引用并入到本发明中。

[0095] 图4C示出了一种自冷却光源,其具有至少一个直立LED 100,该LED 100安装至或至少部分地嵌入导热发光元件103中。如前面描述的复合材料、层、单晶、多晶、非晶、以及其组合可用于导热发光元件103。在该特定示例中,安装一个直立LED 100以使得互连件100和102可以经由喷墨、丝网印刷、光刻方式直接印刷在导热发光元件103上并与直立LED 100的一侧接触。本实施例消除了对额外电介质的需要并允许使用直立LED器件,其固有地呈现出比横向器件更低的 V_f 。如美国公开专利申请No. 20090140279 (其被共同指定并通过引用并入本发明中)中描述的无衬底LED是LED 100的优选实施例。直接晶片附接和倒装芯片安装的构造也可用于LED100。对于无衬底的情况而言,InGaN和/或AlInGaP直立LED 100具有用于LED 100的TCO接触件104和105,其中互连件101和102是厚膜银油墨,其形成与相邻TCO接触件104和105的欧姆接触。以这种方式,使吸收损耗最小化并消除或最小化了对形成LED 100的光刻步骤的需求。自冷却光源包括至少一个直立LED 100,其中TCO接触件104和105经由在导热发光元件103上直接接合至TCO接触件104和105的互连件101和102的厚膜银迹线相连接。可选地,可使用粘合层106来安装、改善出射、合并额外发光材料或将LED 100定位到导热发光元件103上或之内。

[0096] 图5示出了各种形状的导热发光元件。图5A示出了实质上平坦的发光元件107。厚度是掺杂物浓度的函数,但是对于均匀掺杂的Ce掺杂YAG且铈掺杂浓度在0.02%和10%之间而言,通常厚度范围从200微米至2mm。为了进行高效热扩散,导热发光元件107的导热系数需要大于 1W/mK ,以足够处理发光元件107上大于 0.1W/cm^2 的表面积的平均功率密度。如果导热系数低,则对器件内产生的热的扩散不够,这就降低了平坦发光元件107经由自然对流和辐射方式冷却自身的能力。

[0097] 图5B示出了非平坦(半球)发光元件108。在这种情况下,对于在更高折射率的非平

坦发光元件108内波导的那些光线,可增强光出射。此外,可改进远场强度和波长分布。具有相同或不同形状的导热发光元件的多个更小的自冷却光源形成了均匀或特定的远场强度和波长分布。在折射率大于空气的介质内产生的光的出射受到根据斯涅耳折射定律(Snell's Law)的全内反射的限制。可用成形的发光元件108来降低光线从发光元件108出射所需的平均光路长度。由于对于给定吸收系数(α)而言吸收损耗直接正比于光路长度,因此降低平均光路长度直接转换为降低的吸收损耗。发光元件108内产生光线的空间位置、发光元件108的折射率、发光元件108的吸收系数(α)、发光元件108内和之上的体积和表面散射、以及发光元件108的几何结构均可如本领域公知的那样进行建模以优化出射效率。

[0098] 图5C示出了非平坦(弯曲)导热发光元件109,其具有大致均匀厚度。以这种方式,可通过保持发光材料的均匀厚度来增强出射。可使用如本领域公知的挤制、压制、模塑、锯削、钻、以及火焰喷涂技术来制作各种形状的导热发光元件。

[0099] 图5D示出了非平坦(矩形锯齿)导热发光元件110,其具有额外的表面元件,从而增强对流冷却并可选地改进或均匀化自冷却光源的发射输出。挤制、压制、和模塑技术可用于形成导热发光元件110。

[0100] 图6A示出了经由粘合层109安装在导热发光元件107中的凹陷内的部分嵌入LED 108。可通过激光加工、电子束加工、(化学或机械)刻蚀、等离子体刻蚀、模塑、以及机械方式来形成凹陷。可将无衬底LED用于厚度小于300微米的部分嵌入LED 108。通过将部分嵌入LED 108嵌入在导热波长转换元件107中,两个元件之间的热阻可减小,这降低了给定驱动水平下的LED的结温度。可选地,可耦合从部分嵌入LED进入导热发光元件107的更多发射,从而改变自冷却光源的色温。

[0101] 图6B示出了经由粘合层111接合至导热发光元件110的至少一个LED 112。在这种情况下,针对LED 112的发射波长,粘合层111应当呈现出大于1W/mK的导热系数和小于 10cm^{-1} 的 α 。

[0102] 图7示出了针对基于TCO接触件的LED的各种印刷接触件。图7A示出了直立LED,其包括位于在p层117上的TCO层114上的顶部银膏接触件113。有源区116位于p层117和n层115之间,并且n层115被TCO接触层118和底部银膏接触件119覆盖。无衬底LED允许TCO接触层114和118在包括p层117、有源层116和n层115的无衬底LED结构上双侧生长。厚膜高温银膏接触件113和119可在各种大气中印刷在具有TCO接触层114和118的LED上并在高于 200°C 下烧结,从而形成低光学吸收、低 V_f 、且实质上无光刻的LED器件。

[0103] 图7B示出了横向器件,其具有印刷/喷墨印刷的接触件120和125。在任何情况下,与n层的欧姆接触可包括或不包括中间TCO层来形成合理的欧姆接触。在图7B中,TCO 122生长在p层123上。有源层124位于p层123和n层125之间。TCO 122是通过CVD生长的掺杂 ZnO ,其具有小于0.003欧姆-厘米的电阻率和大于1000埃的厚度。印刷刻蚀掩膜允许蚀刻直至n层125的台阶。作为一个示例,可在GaAs上生长AlInGaP LED外延。可对晶圆进行刻蚀和构图以形成在p层123上具有TCO 122的横向器件。印刷接触件120和125形成在TCO 122和n层125上。可选地,可由n层125形成额外的TCO层,从而进一步降低 V_f 。还公开了向印刷接触件120和125添加共晶焊料层以形成直接晶片附接晶片。在优选实施例中,如本领域公知的那样,通过利用AlInGaP和GaAs衬底之间的牺牲刻蚀层进行化学刻蚀来移除AlInGaP外延。产生的直接附接晶片可以是接合至GaN衬底的额外晶圆,如美国专利No. 7,592,637、No. 7,727,

790、No.8,017,415、No.8,158,983和No.8,163,582以及美国公开专利申请No.20090140279和No.20100038656中公开的那样,上述全部被共同地指定并通过引用并入本发明中。

[0104] 图7C示出了具有顶部接触件126以及侧部接触件132和130的印刷接触。再一次地,TCO 127形成了与p层128的低欧姆透明欧姆接触并且有源区129位于p层128和n层130之间。侧部接触件131和132接触n层130的侧壁。n层130厚度大于10微米。更优选地,n层130的厚度大于50微米但小于250微米。

[0105] 图8示出了改变单个自冷却光源的远场分布的各种方法。在图8A中,各LED 136的折射率、几何结构以及间隔、波长转换元件133和135、以及粘合材料137将确定光源的远场分布。远场分布由以下情况确定:光线出射的位置、光线量、光线的方向以及在自冷却光源上的特定空间点出射的光线的谱。图8示出了各种反射器、散射元件以及扩散器,它们改变从光源发射的光线的地点、量、路径和谱。虽然示出了两个波长转换元件133和135,但是可以使用一个或多个用于安装LED 136的波长转换元件。可以在一个波长转换元件133的一个或多个表面上安装多个LED 136。基于这些参数,将从该结构或在光源内引导的光发射辐射。此外,边缘元件134也可以改变器件发出的远场分布。边缘元件134和粘合材料137可为半透明、透明、不透明和/或发光的。用于边缘元件134和粘合材料137的透明基体内的发光粉末可以改变发射谱以及远场强度分布。

[0106] 图8B示出了一种自冷却光源,其中该自冷却光源的整个端部实质上被基体138内的散射元件139覆盖。此外,散射元件139和基体138可以延伸为不仅包围自冷却光源的边缘而且包围自冷却光源的其他表面的大部分。以这种方式,从自冷却光源的全部表面发射的光可被重新定向,从而改变远场强度分布。用于散射元件139的发光材料被自冷却光源发射的至少一部分谱激发。

[0107] 图8C示出了边缘转向元件140,其包括金属、漫散射、介电镜和/或半透明材料,由此LED或波长转换元件内产生的至少一部分光被重新定向,如所示的光线141。

[0108] 图8D示出了外涂层142,其可以为半透明、局部不透明、偏振和/或发光的。在近场和远场中均可改变远场强度、偏振、以及波长分布,并且可将空间信息传递到自冷却光源上去。作为一个示例,具有类似于烛火的形状的自冷却光源可具有光谱可变外涂层142,以使得靠近烛火的尖端更容易发射红色波长而靠近烛火的底部更容易发射蓝色波长。以这种方式,可更接近地匹配烛火的空间谱特性。利用这种技术,可形成广泛的装饰光源,而无需额外的光学元件。

[0109] 在另一示例中,外涂层142可包括诸如铝之类的反射涂层,在反射涂层中刻蚀或机械地形成开口。更具体地,可利用该技术将阳光可读指示灯形成为警告指示器、急救指示器或警示指示器。在外涂层142内使用圆形偏光器可提高日光可读性。或者,可对外涂层142进行构图以形成人行横道标志,该标志可以被直接看到或通过外部光而看到,从而形成用于人行横道和其他交通有关应用的超紧凑警告标志。在另一示例中,外涂层142可包括谱选择发射涂层,以使得自冷却光源的长于700nm的波长的辐射率增强。通过增强自冷却光源的红外和远红外辐射率,可实现更高效的光源。如先前图3的示例中指出的那样,辐射冷却代表自冷却光源中的显著比例的冷却。优选的是,将高辐射率涂覆物用于外涂层142以使自冷却光源表面的冷却最大化。最优选的是,外涂层142具有大于0.5的辐射率。取决于最大表面温度,辐射冷却可代表光源的20%和50%之间的散热。

[0110] 图9A示出了在介质143内光学器件的晶片形状的使用。作为一个示例,LED 145包括嵌入在介质143内的有源区146。利用本领域已知的光线追迹技术,存在使传递至介质143中的辐射量最大化的最优角144。通常,半导体材料呈现出高折射率,这易于导致光留滞在LED 145内。在图9A中,最优角144对向(subtend)有源区146,如图中所示那样。

[0111] 或者,图9B示出了表面149、148和147可为非正交的,从而形成非正方形或非矩形的晶片。在这两种情况下,LED 150内留滞的光可更高效地离开晶片。一起使用两种形式的晶片形状是优选的。针对嵌入在波长转换元件内的LED 150使用非矩形形状可提高出射效率,这是本发明的优选实施例。

[0112] 图10A示出了在波长转换元件151内安装LED 152和154的不同方法,以及对粘合层153和155的使用。粘合层153和155将LED 152和154热附接、光附接和机械附接至波长转换元件151的至少一个表面。LED 152被至少部分地嵌入在波长转换元件151内,这可允许利用粘合层153将LED 152发出的辐射边缘耦合和表面耦合至波长转换元件151。或者,利用粘合层155将LED 154实质上耦接至波长转换元件151的表面。在利用晶圆接合、熔融接合、或热熔接合使得波长转换元件151直接可接合至LED 154和152的情况下,可消除粘合层55和153。

[0113] 图10B示出了波长转换元件的典型透射谱。蓝色发射156被波长转换元件吸收,并随后以更长的波长重新发射。通常不会强劲吸收红色发射158,因此其表现为就像波长转换元件151只是波导一样。实际上,通过适当选择波长转换元件151内蓝色和红色LED的正确组合,可实现任意颜色光源。虽然波长转换是优选实施例,但是图10B示出了自冷却光源不需要波长转换元件151是发光的。在红色自冷却光源的情况下,可使用波长转换元件151来光学地分布以及热冷却LED,而无需波长转换。或者,UV响应发光材料可用于具有UV LED 164或165的波长转换元件162。透射谱157被转换至更短波长,这使得允许形成呈现出白体色的自冷却光源,如荧光光源中所见的那样。但是,这种波长转换被由于大的斯托克斯转换损耗引起的降低了一定程度的效率而抵消。

[0114] 图11示出了一种颜色可调自冷却光源,其包括具有电互连件168的至少一个波长转换元件162、至少一个蓝色LED 164、至少一个红色LED 163、以及驱动电子件165、166和167。电互连件168是厚膜印刷银油墨。三个分离的管脚159、160和161提供对蓝色LED 164独立于红色LED 163的控制。管脚159、160和161可被物理成形为允许匹配,从而确保自冷却光源正确地连接至外部电源。虽然管脚159、160和161实质上示出在波长转换元件162的同一侧,但是发明人还预期了对替代性管脚构造进行使用。通常,可通过如图11所示的管脚159、160和161来实现外部电互连,或者通过替代性互连方式来实现,包括但不限于:波长转换元件162上或连接至波长转换元件162的柔性电路、包含电迹线的刚性元件、同轴线、屏蔽和未屏蔽的双绞线、以及边缘型连接器,这些都是本发明的实施例。可通过机械、化学刻蚀、激光、喷水或其他减除方式来形成波长转换元件162内的额外引线,从而在波长转换元件162的任意平面上形成与任何先前列出的电互连元件的外部互连。驱动电子件165、166和167可包括有源和无源元件,包括电阻器、电容器和电感器。以这种方式,可使用各种外部驱动输入来激发光源。作为一个示例,可将电流源芯片安装在波长转换元件162上并通过管脚159、160和161而连接至外部电压源。如本领域已知的那样,典型的电流源芯片也可以具有外部电阻器,其对流过电流源芯片的电流进行设定。外部电阻器可以安装在波长转换元件162上

或者可以位于源的外部并通过管脚159、160和161连接至电流源芯片。随着光源内功能的增加,管脚的数量可增加。可将集成电路用于驱动电子件165、166和/或167。

[0115] 波长转换元件162还在实质上对驱动电子件165、166和167以及LED 164和165进行冷却。管脚159、160和161可用于从光源的热产生元件移除热。波长转换元件162是发光的并提供光扩散和对自冷却光源内的热产生元件进行冷却。在这种情况下,可添加额外的波长发射器,包括但不限于UV、紫色、青色、绿色、黄色、橙色、深红色以及红外。

[0116] 图12示出了一种自冷却光源,其具有嵌入式主动驱动器172,能够驱动多个LED 171,它们均通过波长转换元件169而被安装和实质上冷却。输入管脚170不仅可提供功率输入给主动驱动器172,还可提供各种输出,包括但不限于:光源温度、环境温度、光输出水平、运动检测、红外通信连接、以及亮度控制。如先前所公开的,波长转换元件169的透射谱允许对更长波长的低吸收。可将红外/无线发射器和接收器集成在嵌入式主动驱动器172中,从而自冷却光源也可用作计算机、TV、室内、建筑物内或室外的无线装置的通信连接。这种集成消除了对额外的走线和装置的需求。

[0117] 图13A示出了使用电接触件174和175作为用于从波长转换元件173中提取热178的导热路径以及作为用于LED 177的额外冷却路径。LED 177可直接附接或倒装,并且可以为横向晶片、直立晶片或边缘接触晶片。作为一个示例,电接触件174和175可包括在波长转换元件173之间夹入的0.3mm厚镀锡铝片。以这种方式,可实现针对波长转换元件173以及LED 177的电输入装置和额外冷却装置。

[0118] 图13B示出了基于杆形的光源,其在杆形波长转换元件182中具有LED 180,其中经由传导将热181额外提取到接触件178和179。或者,可将半球形、锥形和其他非平坦形状以及Ce:YAG用于波长转换元件182,从而形成期望强度、偏振和波长分布。Ce:YAG以及诸如球形和锥形的其他形状使表面积对体积之比最大化,从而使得对波长转换元件182表面的对流和辐射冷却最大化,同时可使用最少量的材料。作为一个示例,接触件178和179可包括热接合至波长转换元件182的2mm铜热管,其接合方式包括但不限于:胶合、机械、焊接、或钎焊方式。以这种方式,可实现额外冷却。LED 180可安装在波长转换元件182的表面上或内部。作为一个示例,LED 180可安装在两个半球形波长转换元件182的平坦表面上。该两个半球形波长转换元件182被接合到一起以形成具有嵌入在波长转换元件182内的LED 180的球形自冷却光源。或者,LED 180可安装在半球形波长转换元件182的球形表面上,使得LED 180产生的光普遍地耦合到波长转换元件182中。可选地,半球形波长转换元件182的平坦表面可具有额外的发光涂层,使得LED 180发出的光被半球形波长转换元件182有效地耦合到发光粘合层上,该发光粘合层将LED 180和任何发光元件发出的光反射、传输、转换或发射回半球形波长转换元件182之外。这种方法的优点是LED 180被安装地更靠近波长转换元件的冷却表面,可高度地进行混合,并且可以通过粘合层与波长转换元件182的折射率匹配程度来控制光源的角分布。将两个半球形波长转换元件182接合在一起形成了具有外部安装LED的球形光源。

[0119] 图14示出了具有至少两个热分隔和/或光分隔的区的自冷却光源。包括LED 184的波导183通过屏障185与波导186和LED 187光分隔和/或热分隔。可形成双色光源。或者,诸如AlInGaP之类的温度敏感LED可与更加温度稳定的InGaN LED热分隔。波导183和186可提供/不提供发光转换。LED 184是安装至蓝宝石制成的波导183的AlInGaP(红色)LED。LED

187是安装至波导186的InGaN蓝色LED,波导186是单晶Ce:YAG。屏障185是低导热系数氧化铝浇注材料。对于超过60°C的结温度,AlInGaP效率降低了40%,而对于类似结温度,InGaN效率将只降低了10%。可通过将AlInGaP与InGaN热隔离而实现整体效率高的白色光源。利用这种方法,这两个部分在不同表面温度下工作。InGaN LED 187和波导186在较高表面温度下工作而AlInGaP LED 184和波导183在较低表面温度下工作。

[0120] 图15示出了安装至波长转换元件188的蓝色LED 189和具有驱动器190的红色LED 192。还示出了电力线191、193、194和195以及控制线196。通过对经由电力线输入191和输出195可得的电压/电流进行控制,从而经由控制线196设定红色LED 192的驱动电平。通常,驱动器190将是恒定电流源或经由控制线196控制的可变电阻器。如之前指出的,蓝色LED 189通常是关于温度、寿命和驱动电平比通常为AlInGa的红色LED更稳定的InGaN。作为一个示例,用于波长转换元件188的涂覆有单独的铈掺杂镨硫酸代镓酸盐或将该材料与另一镓酸盐(例如Eu掺杂镓酸镁)一起作为多相材料涂覆的TPA被450nm LED 189激发。615nm AlInGaP红色LED 192也与驱动器190一起安装在波长转换元件188上。热以及蓝色LED 189和红色LED 192发出的辐射经由波长转换元件188扩散。控制线196用于通过相对于蓝色LED 189的固定输出增加进入红色LED 192的电流来在一个范围内调整光源的色温。可使用额外的LED和其他发射波长。

[0121] 图16示出了用于典型固态光源的白光谱。图16A示出了通常由蓝色LED和Ce:YAG磷光体产生的高色温低CRI谱197。通常添加额外的磷光体以添加更多的红色内容以便降低色温,如谱198所示。但是,该红色添加要求一部分蓝色以及有些情况下一些绿色被吸收,这降低了整体效率。

[0122] 图16B示出来自蓝色LED、Ce:YAG磷光体、以及红色LED的典型谱199。通常,图16的两种方法用于形成本发明描述的自冷却光源。

[0123] 图17示出了通过混合磷光体和LED谱A、B、C、D、和E而形成的高CRI白光谱201。在本发明公开的波长转换元件内可以对谱范围进行混合、扩散和转换,而且对产生所示谱所需的器件进行冷却、机械安装、环保、和电互连。作为一个示例,谱B可来自蓝色440nm发射LED,如先前公开的那样,其输出的一部分被用于激发单晶Ce:YAG发光元件,从而形成500nm和600nm之间的谱A。谱C可包括青色量子点,其也将蓝色440nm发射LED的一部分输出转换为490至500nm波长。可通过利用波长变换晶片(诸如E1jen-284(E1jen科技公司))将谱A的一部分转换为580nm和700nm之间的波长来产生谱D,而谱E可为在600和800nm之间发射的AlInGaP红色LED。还可添加红外发射器或转换器用于通信连接、安保和夜视应用。

[0124] 图18示出了波导和发光涂层的各种形状。图18A示出了纹理导热波导203,其具有发光涂层202。作为一个示例,微透镜阵列可以为用TPA热压烧结并通过火焰喷涂涂覆Ce:YAG。图18B示出了EPG形成的单晶Ce:YAG杆204,其涂覆有高辐射率涂层205,该涂层205具有与Ce:YAG折射率和空气折射率的几何平均数大致相等的折射率并且厚度大于300埃。在图3的先前示例中,公开了在低表面温度下辐射冷却的重要性。在本示例中,辐射冷却可代表高达30%的总耗散热,只要表面的辐射率高于0.8即可。辐射率从光滑金属的非常低的辐射率(0.01)变化到炭黑表面的非常高的辐射率(0.98)。使用在可见谱中同样透明的高辐射率涂层205是最优选的。这些材料包括但不限于:硅酸盐、玻璃、有机物、氮化物、氮氧化物、以及氧化物。更优选的,高辐射率涂层205还呈现出大于1W/mK的导热系数。高辐射率涂层205的

厚度优选在1000埃和5微米厚之间。辐射率涂层205还可以是发光的。

[0125] 图19A示出了自冷却光源206和光学件207。光学件207可以是反射型、透明型、半透明型或不透明型。装饰装置和指向装置均可用作光学件。本领域已知的抛物线镜、椭圆镜、非成像镜以及其他光学构造可用作光学件。特别是,在光学件207上使用棱形表面,其中自冷却光源206发出的大部分光被重定向在与它们的原始方向正交的方向上,这些是本发明的实施例。光学件207将来自光源206的一部分光向下重新定向。光学件207可包括但不限于玻璃、单晶、聚合物或其他半透明/透明材料。有色半透明/透明材料形成特定的装饰性或功能性外观。作为一个示例,光源206可嵌入到橙色玻璃块中以形成装饰灯。对散热器需求的消除极大地简化了光学设计并允许更大范围的反射器和光学元件。

[0126] 或者,图19B示出了外部可移动反射器209,其上下滑动210光源208。利用这种方法,可相对漫射光的量来调整向下的光的比例。再一次地,散热器的消除和扩展光源的形成极大地简化了灯具的光学设计。

[0127] 图20示出了调整单个光源的远场分布的方法。在图20A中,可以通过在波长转换元件211内或之上的LED 214和216的安装方法来调整强度和波长的远场分布。LED 214示出为嵌入式LED 214,其中凹口或凹陷形成在波长转换元件211中。该嵌入式LED改变了相对于表面安装LED 216的被发射的光线212对被波导的光线213之比,表面安装LED 216具有显著不同的被发射的光线217对被波导的光线218之比。

[0128] 在图20B中,光学件220使光从光源219的多个表面出射。在这种情况下,光线221被重新定向为实质上与发射该光线的表面正交,并与来自光源219的其他表面的光线混合。光学件220可以为棱镜、透镜、抛物线镜、椭圆镜、非球面镜或任意形状。

[0129] 图20C示出了在先前公开的具有边缘转向元件224的嵌入式遮蔽物226中的嵌入式LED 225。光线227和223可被定向为实质上与波长转换元件222正交。

[0130] 图21A示出了利用粘合层229、电互连层231和保护介电层232而接合到包括凹陷或凹口的波长转换元件228中的LED晶片230。作为一个示例,对500微米厚的Ce:YAG单晶晶圆进行激光钻孔以形成凹口,利用聚硅氮烷将横向LED晶片230放置并接合在该凹口内。至少部分固化聚硅氮烷。利用喷墨印刷技术进一步涂覆聚硅氮烷以覆盖除金属接触垫以外的全部横向LED晶片230。经由(但不限于)喷墨、丝网印刷、转移、或光刻方式来印刷导电油墨以使得横向LED晶片230的暴露金属接触垫通过电互连层231而电互连。纳米银、银膏、以及其他高反射可印刷导电油墨、膏或涂覆物是优选的导电油墨。经由(但不限于)喷墨、旋转涂覆、浸渍涂覆、条缝涂覆、辊式涂布和蒸镀方式来涂覆保护介电层232。

[0131] 图21B示出了安装至波导234的表面的LED 233,大部分光线不与波导高效耦合。图21C示出了波导236中的凹口内的嵌入式LED 235。存在与波导236的更多光热耦合。此外,嵌入式LED 235的使用允许简化互连,如图21A示出的。此外,可使用发光插入物237来转换来自LED 233或235的至少一部分谱。在这种情况下,可将更低成本的材料分别用于波导234和236。作为一个示例,与嵌入式LED面积大致相同的、Ce掺杂浓度大于0.2%的、50微米厚的单晶Ce:YAG插入物可被插入到热压烧结的TPA波导中。以这种方式,可在仍实现导热元件的优点的同时最小化发光材料量,所述优点包括但不限于:波导、增加热冷却表面,以及在比发光插入物237或LED 235更大的区域上对光进行光学扩散。陶瓷、多晶、非晶、复合物以及压制的发光材料粉末可用于发光插入物237。具有大于1W/mK的导热系数的波导236可用于与

发光插入物237一起工作。LED 235包括一个或多个LED,其为在至少一个发光插入物237的情况下具有大于1W/mK的导热系数的波导236中的基于InGaN、AlGaIn和/或AlInGaP的LED。

[0132] 图22是现有技术固态光源。常规LED光源并入了衬底2210,在其上安装用于LED 2220的印刷电路和接合垫。该LED涂覆有磷光体2230,并用透明密封剂或粘合剂2240进行封装。这些元件2210、2220、2230和2240一般被称作LED封装。该封装被安装至散热器2250,其扩散和耗散由LED 2220产生的热。美国能源部(DOE)估计LED照明设备成本的70%归因于散热器(30%)和封装(40%)。为了完成该光源,在LED上安装透镜2260,并添加了漫射器2270以获得更加均匀的从光源传输的光的分布。所有这些部件增加了LED光源的重量、尺寸、成本和复杂度。

[0133] 在美国公开专利申请NO.20130099264(其被共同指定并通过引用并入本发明中)中,用于消除许多这些部件的方式是将漫射器、散热器和封装组合为一个部件。图23A的LED 2310被安装到光传输导热半透明元件2320,该元件起到散热器和发光漫射器的作用。

[0134] 如图23B所示,导热半透明元件2320还包括印刷电路2330以将LED 2332与其他多个LED 2334、2336互连,以及与电引线或连接器2340互连,从而其可以被连接到外部电源(未示出)。在美国公开No.20130099264中,已示出了如何通过将来自LED的光耦合到导热半透明元件中使得光在元件内被波导并随后从元件出射。本发明的实施例示出了一种方法,其中较低成本的材料可被用于实践美国公开No.20130099264中描述的基本教导。

[0135] 针对本文实现的光源,对部分传输导热元件使用更大表面区域,有两个原因。冷却方法是自然对流和辐射。对于这两种冷却手段,冷却速率直接正比暴露于周围环境的表面积。因此,暴露于周围环境的表面积越大,散热速率越高。此外,在表面积更大的情况下,光通量密度降低,这对于一些应用而言是期望的,在这些应用中,光源(对于人眼而言)是未屏蔽的或不在遮蔽物或灯具中。为了适应更大表面区域,需要更导热的半透明材料。为了与常规白炽光源在经济上竞争,需要这些材料的成本尽可能低。

[0136] 据发现,可通过将光学反射比光学透射更多的廉价导热半透明材料形成为光循环利用腔来使用它们。实际上,据发现,当将反射率大于50%(透射率小于50%)的材料形成为光循环利用腔时,可使封闭在闭合腔体内的LED发出的光的超过50%出射。因此,本发明的一个实施例是,该自冷却光源的光循环利用腔具有超过形成腔体的光透射导热元件的光透射率的出光效率。

[0137] 在图24A中,其表面上安装有LED 2410或多个LED的半透明(光透射和反射)光传输导热元件2420(例如,氧化铝(Al_2O_3)、TPA、BeO、AlN、BN、或其他导热陶瓷、非晶、复合物、多晶、取向多晶、或单晶材料,其对被使用的发射波长呈现出低吸收损耗)与形成反射壳体2424的光反射器组合,以将至少一个发光二极管2410发出的大部分光重定向回到并穿过光传输导热材料(元件)2420。有利的是,循环利用腔的厚度2442尽可能薄,以制作小外形光源并且使材料量最小化。许多先前提到的半透明材料同时地对入射光进行反射、透射和散射。这里使用的“半透明”指的是能够反射光、传输光、散射光和波导(其中光可在材料内传播显著距离)的材料。作为如下所述的制作光传输导热元件的替代方法,存在一些材料,其能够可选地反射、传输或散射,而不波导(例如金属)。LED 2410可为直接晶片附接LED、直立LED、横向LED、LED封装和/或LED阵列,其在封装中,具有或不具有波长转换层或元件。将高温材料用于光传输导热元件2420允许将LED 2410焊接、粘合接合、熔焊、或者电附接且物理附

接。部分反射且部分透光导热元件2420的高温性质还允许在高达850°C以上的温度下在导热元件2420的表面上形成电互连电路。

[0138] 光反射器2424可以为金属、铝、增强反射率铝或金属、塑料、镀银塑料、白色塑料、陶瓷、玻璃、涂覆表面、镀硫酸钡表面、扩展聚四氟乙烯或其他低吸收聚合物、呈现高反射率的复合材料、填充聚合物，并且可以为镜面反射器或漫射反射器、或者可以为两者的组合。光反射器2424还可以被强化以反射光和热这两者。通常，在器件内产生的光和热这两者实质上通过光传输导热元件2420传输。光反射器2424的导热系数可以低于光传输导热元件2420的导热系数，因为光源内产生的大部分热耗散穿过光传输导热元件2420到达其外表面。因此，即使是热绝缘材料（比如White Optic™聚合物）也可用于光反射器2424，其具有约0.1W/mK的低导热系数。本发明的另一实施例是部分光反射且部分光传输的光反射器2424。在这种情况下，反射且光传输导热元件可用于光反射器2424。这将在下文详细描述（例如，图25）。

[0139] Alanod™ Miro产品（其为具有反射增强涂层且导热系数大于100W/mK的铝）也可用于图24A中的光反射器2424。在这种情况下，所产生的一部分热可以通过光反射器2424耗散或者传递至光源的外部安装表面。光反射器2424还可以用作热障，从而保护光源附接至的热敏感表面。因此，在光反射器2424的外表面上使用热障涂层2445、2446也是本发明的实施例。如所描述的，通常，本发明的实施例是一种自冷却光源，其中至少一个发光二极管2410被安装在光传输导热元件2420的至少部分上，并且其与光反射器2424组合，该光反射器2424使至少一个发光二极管2410发出的光返回并穿过光传输导热元件2420。或者，可将多个光传输导热元件与单个光反射器组合以形成发光表面积更大的光源。

[0140] （一个或多个）LED 2410发出的光被光反射器2424反射并入射到其上安装有LED 2410的光传输导热元件2420上。入射在光传输导热元件2420上的一部分光被传输并散射并在光传输导热元件2420的输出表面上发射。由于光传输导热（以及可选的，半透明）元件2420的反射性，导致一部分光被反射回到由光反射器2424和光传输导热元件2420形成的腔体中。虽然可使用低反射率高透射率材料（例如，TPA、尖晶石、蓝宝石等）来实践本发明，但是据发现可以使用高反射（低透射率）元件，同时仍然实现高的光输出效率。

[0141] LED 2410经由印刷互连垫2422被安装至反射半透明导热元件2420。印刷互连垫2422是导电迹线（金、银、铜、ITO等），其可被丝网印刷或喷墨印刷到导热半透明元件上。

[0142] 安装到至少一个反射且光传输的导热元件2420的至少一个光反射器2424可以为入射到其上的光的镜面反射器或漫射反射器，并且可由任意材料制造，只要其具有高光反射（>95%）表面即可，该高光反射表面实质上面向LED 2410的一个（一些）发光表面2447以及由光传输导热元件2420的内表面2431和光反射器2424形成的循环利用腔内部。再一次地，光反射器2424不必须为导热的，因为来自至少一个LED 2410的大部分热通过光传输导热元件2420的光热发射表面2440耗散。因此，光反射器2424可由各种不同材料制造，包括：金属、铝、塑料、陶瓷等。期望的是光反射器2424具有大于85%的反射率。优选的是，光反射器2424具有大于90%的反射率。并且最优选的是，光反射器2424具有大于95%的反射率。反射率可限制为可见波长范围，或者更优选地，限制为还包括红外范围，以使得通过光传输导热元件2420将热重定向至周围环境。

[0143] 将LED 2410安装至光传输导热元件2420，从而其光发射表面2447面向或被定向为

实质上朝向光反射器2424。这允许LED 2410具有与光传输导热元件2420上的金属垫2422的金属接触,从而提供了从LED 2410至反射且光传输的导热元件2420的低热阻。反射且光传输的导热元件2420的导热系数是横向扩散热的关键,以使得反射且光传输的导热元件2420的外部冷却/光发射表面2440能够将LED 2410产生的热耗散至周围外部环境。反射且光传输的导热元件2420的外表面2440由此变为光源的主要散热表面和冷却表面。可以通过焊接、热压、导电粘合剂等将LED 2410上的金属接触件接合至反射且光传输的导热元件2420上的金属垫2422。通过反射且光传输导热元件2420上的互连(如上图23中示出的),这些接触件和垫可向LED提供电接触。LED 2410发射的光通过样本光线2430示出,其被光反射器2424的内表面反射2432并随后撞击在反射透射导热元件2420的内表面2431上。如果反射且光传输的导热元件2420的反射比透射更多,则只有入射光的一小部分被传输并散射2433通过并从导热半透明元件2420发出2434。如果光传输导热元件是高反射的,则大部分光不被传输并且被反射2435回到光反射器2424,在这里其被再次反射2436回到光传输导热元件2420。这里,再一次地,另一小部分光2438传输穿过光传输导热元件2420而更大部分被再次反射2439回到光反射器2424。该过程持续直到大部分光传输通过并从光传输导热元件2420的外部/光发射表面2440发出。因此,外表面2440变为光源的光发射表面且(如上所述)同时是光源的主要散热(例如,冷却)表面。安装在光传输导热元件2420的表面上的LED 2410或多个LED被反射器2424以及起到部分光反射器和部分光透射器作用的光传输导热元件2420包围。光传输导热元件2420的反射越多(透射越少),则光循环利用腔内光线的混合越多且光学路径越长,这改善了均匀度,随之降低了为形成给定均匀度而每单位面积需要的LED 2410的数量。LED 2410或多个LED发射的光被反射至反射且光传输的导热元件2420并通过其循环利用。由于光的多次反射和循环利用,据发现在反射器2424与反射且光传输的导热元件2420之间只需要小距离或间隔2442就可以在光源的整个输出和发射表面上提供非常均匀的照度或亮度。为了形成非常小外形(薄)的光源,优选地,间隔2442小于8mm。更优选地,间隔2442小于5mm。这种均匀度是由于在如此形成的光循环利用腔内大比例的循环利用而产生的。将更高反射的材料用于反射且光传输的导热元件2420来实现更高均匀度。因此,用于反射且光传输的导热元件2420的优选材料具有低于20%的一致光透射率。虽然通常这种材料被认为是不透明的并且不适于用作(现有技术非光循环系统中的)发射元件,但是这种材料在本发明的光循环系统中非常可用,其中整体系统效率超过70%和80%。因此,如所描述的,本发明的优选实施例是一种自冷却固态光源2403,其包括:至少一个光传输导热元件2420,其用作光循环利用腔2405的一部分;以及至少一个发光二极管2410,用于发射光2430,该至少一个发光二极管2410被包围在光循环利用腔2405内;其中所述至少一个光传输导热元件2420还用作用于所述至少一个发光二极管2410的光发射器2438和冷却元件。该自冷却光源还包括:至少一个光反射器2424,其形成所述光循环利用腔2405的一部分并且将来自所述至少一个发光二极管2410的光2430重定向到至少一个光传输导热元件2420。光传输导热元件2420可包括以下材料中的至少一种:反射有孔金属、具有孔阵列的多层复合材料,氧化铝(Al_2O_3)、TPA、BeO、AlN、BN、以及其他导热陶瓷、非晶、复合、多晶、取向多晶、或单晶材料,其呈现出对来自发光二极管2410或腔体内部使用的波长转换元件(例如,图24B中的2468)的发射波长的低吸收损耗。关键差异在于循环利用腔内所使用的全部元件必须是低吸收的,并且反射且光传输的导热元件2420必须针对最终穿过该导热元件2420的光呈

现出非常低的吸收或 α 。对于光源发射的波长, α 应当小于 1cm^{-1} 。可通过基于波长的散射或吸收来实现颜色校正。图24B示出了在循环利用腔内利用波长转换元件2468的一个实施例。在该实施例中,在所述至少一个发光二极管2458的所述光发射表面2451和所述光传输导热元件2452之间插入至少一个波长转换元件2468。如所示地,LED 2458发射的光在反射回并入射在光传输导热元件2452之前必须穿过波长转换元件。在该实施例中,覆盖LED 2458的发光表面2451的波长转换元件2468被放置为实质上面向光反射器2450。为了使光传输导热元件2452和反射器2450之间的腔体间隔2454最小化并仍从光传输导热元件2452的外发射面2453产生均匀光发射,需要增加光循环利用腔2455内的光循环利用的量。在这种情况下,LED 2458被覆盖有波长转换元件2468。波长转换元件2468可以为有机或无机粘合剂内的粉末、如先前公开的无机导热波长转换材料、发光薄膜沉积、粘合剂内的量子点、或有机粘合剂和无机粘合剂内的染料。来自LED 2458的发射光线2456穿过波长转换元件2468并且至少一部分射线通过波长转换元件2468被转换至更长波长范围,以使得发射的射线2456具有更宽的谱。发射的射线2456被光反射器2450反射,以使得反射的射线2459被重定向至反射且光传输的导热元件2452,在这里一部分将被反射而一部分将被传输,如图24A中公开的。据本发明发现,波长转换元件2468在光循环利用腔内与在光循环腔外相比,在循环利用腔内执行的波长转换降低了LED 2458的色温。这是由于对LED 2458发射的光线2460的循环利用导致的,光线2460(在第一路径上)只有部分被波长转换元件2468转换并随后被光反射器2450反射2462并随后返回波长转换元件2468,在这里更多较短的波长被转换为较长的波长。射线2462经过进一步波长转换以及散射并作为射线2464再度出现。此时,该射线2464具有更高比例的较长波长,其随后被光反射器2450反射作为反射射线2466并最终传输通过反射且光传输的导热元件2452。典型地,对于波长转换后LED发出的光,色温在循环利用腔内部比在外部低 100°K 至 300°K 。

[0144] 如果使用LED封装(例如,安装在小陶瓷衬底上的在光输出表面上具有波长转换元件的LED),则优选使用小面积封装,以使(当光源关闭或打开时看到的)阴影和其他非均匀性最小化。使用具有波长转换涂层的直接附接LED晶片是更优选的,其中晶片尺寸小于 1mm^2 。或者,如果将LED封装用于LED 2458和波长转换元件2468,则最优选的是使封装面积小于 4mm^2 ,且高度小于 1mm ,且具有高反射基板,从而最小化阴影和吸收损耗。这也允许制造具有均匀输出亮度的非常薄的光源。应当注意,在该构造中,LED 2458和波长转换元件2468(或可选地,LED封装)被安装为使得它们的大部分发射是朝向光反射器2450发射的。使用具有颜色校正波长转换(磷光体)帽的LED封装(安装在小陶瓷表面安装衬底上的LED)允许简便装配本发明的光源。光循环利用腔内的非直接照明方法提供了非常均匀的光源,而在非常薄的小外形构造中没有热点。此外,消除了对附加散热器的需求,这是因为发射表面和冷却表面是相同(共同)表面。总之,将波长转换元件2468插入LED 2458与至少一个光循环利用腔的内部之间以使得光循环利用腔内的一部分光重新撞击在波长转换元件2468上,这种使用是本发明的实施例。图24C示出了另一实施例,其中波长转换元件2472和2480分别分布在光反射器2470内或光反射器2470上以及/或者可选地分布在光传输导热半透明元件2478上。在这个实施例中,LED 2476对发射光线2490进行发射,该光线被光反射器2470上的波长转换元件2472部分地转换并被反射。经反射的射线2492撞击在反射且光传输的导热元件2478上,如先前公开。循环利用腔的厚度2474尽可能地薄,以制作小外形光源以及使材料最

少化,如先前公开。或者,发射射线2488可被光反射器2470反射,反射后的射线2486到光传输导热元件2478上,而不进行波长转换。此外,发射射线2484可被光反射器2470反射,并随后反射后的射线2482撞击在波长转换元件2480上,其一部分光线被传输或反射,如先前公开的。与波长转换元件2472、2480被安装在LED 2476上的情况相比,波长转换元件2472、2480的这种布置方式将会让波长转换元件更冷。显然,波长转换元件的上述布置方式的各种组合是可行的。

[0145] 图25A和图25B中示出了本发明的另一实施例。六个薄反射/透射导热(可选半透明)元件形成闭合光循环利用腔2520(如图25B中以透视图示出的2575)。这些反射/透射导热元件可以可选地为更多反射或反射为主(>50%反射率)或透射为主(>50%透射率)。通常,透射更多的元件将具有略高的效率。但是,据发现即使是高反射元件也可实现高出光效率,同时产生更均匀和成本更低的光源。发生出射是因为光子耦合至光循环利用腔2520(或2575)的内表面。准确而言,光子在形成光循环利用腔2520的元件体的表面和内部要么反向散射要么传输。与成像或非成像光学系统不同,散射或菲涅尔反射均不在光学循环利用系统内产生光学损耗,这是因为光子的固有能力使得它们在被纯反射或散射的情况下有机会离开该系统。在成像或非成像光学系统中,被散射或反射的射线无法离开光学系统。在循环利用光学系统中,光吸收的存在是出光效率损失的主要因素。为了建立本发明中公开的循环利用光学系统,形成光循环利用腔2520的元件以及光循环利用腔2520内的各元件必须具有低光吸收。因此,出光效率被定义为至少一个LED 2530发射的光中从光循环利用腔2520任意位置离开进入周围外部环境的光的比例。高出光效率被定义为至少一个LED 2530发射的光中大于30%的光离开光循环利用腔2520。在本公开中,光穿过元件意即光离开光循环利用腔2520并被发射进入周围外部环境中。可经历多次反射或散射,但最终至少一个LED 2530所发射的全部光要么穿过形成光循环利用腔2520的元件,要么被与光通过其发射或离开的元件相同的元件吸收并作为热传递至周围外部环境。出射手段包括但不限于位于反射/透射(可选半透明)导热元件2510、2512、2514、2516、2570和2560上、中、或附近的:低光吸收材料、表面特征、折射率匹配涂覆物、具有受控晶粒尺寸的低光吸收材料、微光学元件、反射元件、局部孔和通孔。虽然示出了立方体的光循环利用腔2575,但是基于作为中空球体或单片中空壳体的、具有安装在其中的至少一个LED 2530的反射光传输(可选半透明)导热元件,即使单个元件也可用于形成光循环利用腔。图25A示出了腔体2520的截面图,显示了形成光循环利用腔2520的四个反射/透射(可选半透明)导热元件2510、2512、2514和2516。这些在图25B以透视图进一步示出,图25B通过示出顶部和底部的反射且光传输(可选半透明)的导热元件2560和2570而更完整地示出了循环利用腔2520。返回参考图25A,至少一个LED 2530被安装在利用反射/透射导热元件2510、2512、2514和2516而形成的腔体的至少一个表面2515上。所述至少一个LED 2530可以安装在光循环利用腔2520内的任何位置,如图25B中进一步示出的LED 2581和2571。

[0146] 如本文之前的示例(图24),从至少一个LED 2530发出的光线2517被相邻反射/透射导热元件2510反射2519和传输2521。反射回其上安装有(一个或多个)LED 2530的其他反射/透射导热元件2512、2514和2516的光线将传输一小部分入射光并反射一部分入射光。重复该过程,直到大部分光传输通过反射/透射导热元件2510、2512、2514和2516。由于进行了多次反射,因此光传输导热元件的外部发射表面将实现非常均匀的亮度。光源的整体尺寸

由期望的光输出而确定。

[0147] 需要足够的表面积来耗散腔体内LED产生的热。假设利用了具有每瓦特固有流明效率为每瓦特120流明的LED并且光循环利用腔效率为70%，则光源将具有每瓦特84流明的整体效率。假设对流热传递系数为0.1瓦特/cm²，则1000流明光源将需要120cm²或18.6in²的表面积。这可通过相对小的立方体来实现，其每条边尺寸为1.75英寸。对流热传递系数直接正比于热表面和周围环境之间的温差。因此，可用更高热表面温度来形成更小尺寸光源。

[0148] 辐射冷却正比于发射表面温度的四次方与环境温度的四次方之间的差。因此，具有更高表面温度对于增加光源冷却速率是非常有利的。通过本发明的方法，LED被直接安装至(一个或多个)元件的相对侧的发射表面。这使得发射表面与LED的p-n结具有非常低的热阻，使得LED温度保持接近光源的发射表面温度。这使发射表面温度最大化，从而使对光源的辐射和对流冷却最大化。

[0149] 通常，优选更大体积(具有更大的相关表面积)，从而不仅改善LED 2530的效率，而且改善整体可靠性。由于在本实施例中发射表面和冷却表面实质上是相同表面，因此无需附加的散热器。不仅是消除了对附加的散热器的需求的能力，而且对LED 2530产生的热与任何驱动电子模块2540进行热隔离的能力，也是本发明的实施例。

[0150] 存在固态光源产品的与驱动电线和互连线相关联的许多故障和召回。这些故障主要是由于LED 2530和驱动电子模块2540共用散热而导致的。本发明公开的实施例使得驱动电子件与光源之间能够完全隔热。如此，公开了一种AC灯泡，其包括驱动电子模块2540和光循环利用腔2520光源(如本文所述)，其中利用热分离方式来冷却驱动电子模块2540内产生的热与循环利用腔2520光源内产生的热。由于驱动电子模块可以通过互连件2507而远程相连，因此使LED和驱动电子件之间的热传递最小化。

[0151] 虽然可使用高光传输(低反射率)材料(例如，蓝宝石、尖晶石、TPA等)来形成本文公开的光循环利用腔，但是也可以使用低成本的高反射率材料。这里的腔体(例如，光循环利用腔)是完全闭合或接近闭合的接近中空的壳体。作为一个示例，可利用六个具有~84% (例如，一致传输约16%)反射率的96%氧化铝的薄(0.5mm)片形成循环利用腔2520。在这种情况下，图25示出的各个LED 2530为在它们的发光表面具有颜色校正波长转换元件2531的1.6mm×1.6mm×0.7mm的LED封装2530，并且具有3000°K的输出色温。它们被安装在氧化铝元件面向腔体内部的内表面上。但是，一旦形成该腔体，由于腔体内部基于波长的散射，色温降低了约300°K至2700°K。较短的蓝色和绿色波长被更多地散射，这增加了它们在循环利用腔2520内的光路径。

[0152] 或者，直接附接LED晶片2530可用于制作白光源，其中在LED2530的发射表面上覆盖波长转换装置。这可以为磷光体帽、陶瓷磷光体芯片或利用透明粘合涂层(例如硅树脂和环氧树脂)在LED 2530上涂覆的磷光体。或者，波长转换材料可以散布并涂覆至循环利用腔2530的其他表面。利用这种方法，可改变色温以形成广泛色彩(例如，模拟烛光)。虽然可将高光透射率材料(TPA、尖晶石、蓝宝石等)用作透光导热元件，但是这些材料相对昂贵。低成本陶瓷易于为更不透明的并且具有低光透射率和高反射率。

[0153] 然而，据通过实践本发明的教导发现，可利用这些材料实现高的净出光效率。利用这些反射更多(84%)的材料，从LED 2530发射并可选地被波长转换的光撞击在光循环利用腔2530的相对侧上，并且其16%将在该特定元件的外表面上发射。然而，未传输的光(84%)

被反射回腔体的其他相对侧并且~13.4% (84%经反射光的16%) 被传输通过光循环利用腔2520的其他表面并从其射出。这种对于每次反射的递减循环持续进行,直到非常高比例的一个或多个) LED 2530发射的原始光穿过白色反射(几乎不透明)氧化铝并被光源发射为止。引人注目的是,利用一致光透射率小于17%的氧化铝(Al_2O_3) 元件实现了大于80%的出光效率。这些效率如此测量:在给定的电压和电流下测量LED 2530自身的原始流明输出,然后测量具有以相同电压和电流驱动的LED 2530(包围在闭合腔内)的光循环利用腔2520的输出。

[0154] 如上所述,通常,本发明的优选实施例是一种自冷却光源,其包括至少一个发光二极管(LED) 2530和用以安装LED 2530的至少一个光传输导热元件2514,光传输导热元件2514具有散热表面2509,通过其耗散来自LED 2530的大部分热。理想地,光源2505被构造为将LED 2530发射的光重定向以穿过光传输导热元件并从其散热表面2509离开。所述至少一个光传输导热元件2514还起到光反射器作用。从而,对入射到其上的一部分光进行反射,其中被反射的光可被形成光循环利用腔的其他光传输导热元件2510、2512、2516反射或传输。多个光传输导热元件2510、2512、2414和2516起到将所述至少一个发光二极管2530发射的光2587重新定向回到并穿过所述多个光传输导热元件2510、2512、2414和2516的作用。在图25A中示出了多个元件2510、2512、2414、2516形成的腔体的横截面。在图25B中示出了由多个元件2510、2512、2414、2560和2570形成的完整光循环利用腔2575,从而形成了完整的闭合壳体。如上所述,在利用具有小于50%光透射率的光透射导热元件形成光循环利用闭合腔壳体时,可实现超过50%的出光效率。因此,光循环利用腔2575的出光效率超过形成光循环利用腔的多个光传输导热元件2510、2512、2414、2516、2560和2570的光透射率,并且其是本发明的实施例。利用反射率大于50%且更优选地大于80%的高反射率光传输导热元件的能力允许使用低成本材料来形成自冷却光源。因此,本发明的另一个实施例是一种自冷却光源,其包括多个反射率大于50%的导热光传输元件2510、2512、2514、2516、2560和2570,但是包围在光循环利用腔2575中的至少一个发光二极管2571发出的光的超过50%通过形成光循环利用腔2575的多个光传输导热元件2510、2512、2514、2516、2560和2570出射。再一次地,关键点是使循环利用腔2520内的吸收损耗最小化,以使得在不削减光源的整体效率的情况下光路可以非常长。虽然未示出,但是在本实施例中公开了引线、管脚或包括无线输入在内的其他互连装置的添加。包括但不限于天线、IR激光通信、以及传感器的额外功能也可以并入光循环利用腔光源2520内或之上。自冷却光源可进一步包括:至少一个光传输导热元件2510、2512、2514、2516、2560和2570;以及用于发光的至少一个发光二极管(LED) 2530,其中至少一个光传输导热元件2510、2512、2514、2516、2560和2570起到至少一个发光二极管2530的主要散热装置的作用并且还起到针对至少一个发光二极管2530发射的至少一部分光的出光装置的作用。或者,自冷却光源还可包括多个光传输导热元件,其中所述至少一个发光二极管2530被安装至多个光传输导热元件中的至少一个并且其中多个光传输导热元件形成光循环利用腔2520,其具有使得光通过多个光传输导热元件从至少一个发光二极管2530出射的高效率。

[0155] 在美国专利No.6,869,206和美国专利No.6,960,872(均被共同地指定并通过引用并入本发明中)中描述了光循环利用腔的优点,其中据显示可通过使高反射率腔体包括腔体内的高反射率LED来实现光亮度增加或增益。在本实施例中,使用光循环利用不仅形成了

高效率光源(其具有通常认为不透明的材料),而且多次反射和充分散射形成了均匀亮度光源。再一次地,在循环利用腔2520中建立的长光学路径长度导致了更高的均匀度。

[0156] 在上述两个专利中,对于要实现的光增益,需要LED表面积超过腔体的出口孔面积。在那种情况下,由于LED与形成腔体的其他材料相比反射率较低而表面积较高,因此这样就降低了腔体的效率。在本发明中,不存在物理出口孔。实际上,物理出口孔就是循环利用腔光源2520的整个外表面。

[0157] 通过本发明中的设计,形成腔体的透光导热元件具有比腔体内的LED大得多的面积,从而耗散来自LED的热。在以上示例中,均质材料被用于形成反射/透射光传输导热元件。或者,也可以使用非均质反射/透射导热元件。

[0158] 作为一个示例,反射铝可以被钻孔、刻蚀或打孔为具有孔阵列,从而形成反射有孔金属材料,其起到反射为主的光传输导热元件的作用。优选其总面积占反射铝的小于50%的表面积的各小孔。更优选的,各孔的面积覆盖反射铝(在箔形式时其可以弯曲)的小于20%的表面积,以形成透光(具有反射)导热元件2510、2512、2514和2516中的至少一个。在本实施例中,光传输导热元件(例如,图25中的2510、2512、2514、2516或图24中的2420)是反射有孔金属材料。可选地,可将额外的散射涂覆物或层添加至反射有孔(多孔)金属(例如,铝)元件的一侧或两侧。

[0159] 与循环利用腔2520的整体内部表面积相比,LED 2530的表面积小。这是期望的,因为需要形成光循环利用腔2520的各元件的外表面来耗散(一个或多个)LED 2530以及循环利用腔2520内部的波长转换元件中的任何斯托克斯损耗所产生的热。对于陶瓷半透明元件,不存在物理出口孔。但是,通过使光部分地传输通过形成腔体各侧面的导热部分反射半透明元件2510、2512、2514和2516,存在通过光循环利用腔2520出射的光。

[0160] 如所述的,可以利用高反射金属侧面替代性地实现本发明,该金属侧面在其表面上被打孔为具有均匀或不均匀分布的微孔(以对光进行图案化),或者可以利用均质(例如,陶瓷、氧化铝等)和非均质材料的组合来实践本发明。基于作为透光导热元件2510、2512、2514和2516的多孔柔性金属箔的设计,允许利用高导热系数金属作为散热发光元件来构建大面积柔性光源。任何侧面(例如,2560和2570)可以为发光或非发光表面,其可以具有或不具有用于额外对流冷却的气孔。仅有的要求是它们在内部表面上是高反射(>90%)的。可以可选地制造多孔柔性金属箔以允许或不允许空气在循环利用腔2520内外流动。

[0161] 通常,光循环利用腔2520允许将来自LED 2530的光在更大区域上扩散并具有多次机会与光循环利用腔2520内的任何波长转换元件互相作用。还应当注意的是,散射是基于波长的,其中较短波长比较长波长更强地散射。因此,包含波长转换层的LED封装在被容纳在光循环利用腔内时,与在光循环利用腔2520外部测量的LED封装相比,形成具有显著低色温的光源。这不仅是因为对返回波长转换层的较短波长的循环利用增加,而且还因为与较短波长(UV和蓝色)相比较长波长(绿色、黄色、红色、红外)通过透光导热元件的发射效率略高。基于这两种效果,可利用光循环利用腔将色温降低几百度开尔文。对于非均质方法,可使用反射面来降低这种波长依赖性。因此,本发明的一个实施例是这里描述的光循环利用腔,其在使所需的波长转换材料量最小化的同时使得光源的色温能够降低,这是因为循环利用允许较短波长激发(UV和蓝色)和波长转换层之间的多次相互作用。

[0162] 通常,优选低光吸收塑料(氟化聚合物、聚硅氧烷、聚硅氮烷、卤化聚合物、非卤化

聚合物、聚碳酸酯、丙烯酸树脂、硅树脂、以及包括低光吸收有机物的无机物/有机物复合物)。低吸收强散射的聚合物薄膜的一个示例是WhiteOptic™。虽然这种薄膜呈现出低吸收损耗和白体色,但是其还具有非常低的导热系数。虽然这种材料可用于循环利用腔的不被用于对LED进行冷却的那些部分,但是导热系数高于1W/mW的材料优选用于本发明所公开的导热半透明元件。本发明的一个优选实施例是一种自冷却光源,其中多个光传输导热元件具有白体色。

[0163] 通常,所有未填充有机材料呈现出低导热系数(小于1W/mK且通常小于0.1W/mK)并且无法被有效地用于扩散循环利用腔内的LED中产生的热。虽然人们可以理论上在这种低水平上操作LED并且在循环利用腔内使用几百个LED并且使用低导热系数材料,但是成本将会很昂贵。在几乎所有固态光源中,LED本身通常占整体成本的50%至80%。本发明的意图是公开各种材料,其使得LED的数量能够最小化,并仍不需要额外的散热装置。基于试验结果,对于光传输导热元件,导热系数大于5W/mK是优选地,而大于20W/mK是最优选的。此外,大多数未填充聚合物系统(其呈现出低光吸收)具有通常低于150℃甚至低于100℃的低使用温度。因此,可承受高于200℃的强散射有机材料是优选地,而更优选的是,可承受高于300℃的有机材料。与引线接合和/或直接晶片附接兼容的高质量低电阻互连件在超过400℃时烧结。此外,通常在高于300℃下焊接直接晶片附接LED。虽然可使用较低温度的互连件和导电粘合剂,但是在电学性能与光学性能之间存在平衡。最后,大多数未填充有机材料也是可燃的。因此,比如氧化铝或多孔金属箔之类的无机材料是优选的。但是,无机/有机复合物也可行。

[0164] 作为导热系数超过5W/mK、能够承受超过300℃的导热无机/有机复合物的一个示例,氮化硼填充的聚硅氮烷可用于在多孔柔性金属箔或无机导热光传输元件上形成导热层或者可用作形成光循环利用腔的至少一个表面的独立元件。其他聚合物粘合剂也是可行的,但是,具有氮化硼的聚硅氮烷的高温性能、透光度、以及兼容性使得该无机/有机复合物是优选的材料选择。填充热塑性复合物是特别优选的。

[0165] 图26A示出了本发明的另一实施例,图26B是其透视图。至少一个LED 2610被安装至印刷在反射/透射导热管2642的内壁上的导电互连件2632。可以利用专门设计以允许在管壁内侧插入和印刷的丝网印刷机或移印机来印刷互连件2632。可选地,还可利用专门构造的具有长延伸头或喷嘴以适合管2642内部的喷墨印刷机来印刷互连件2632。一旦印刷,沉积导电油墨并随后在熔炉内固化或烧结。互连件2632可以为金、银、铜、或任何其他合适的电导体,包括比如铟锡氧化物(ITO)或锌氧化物的透明导体。对于白光光源,诸如银之类的在整个可见范围具有高反射率的材料是优选的。对于红色或红外光源,金是优选的。随后,将至少一个LED 2610或表面安装LED封装焊接到位于管2642的内壁上的作为互连件2632的一部分的垫上。还可通过合适设计的通过光学识别对垫进行定位并将LED 2610放置在垫上的拾取和放置机构来执行该操作。LED或LED封装2610的发光表面被安装为向内面朝腔体。

[0166] 如上所述,以这种方式安装LED形成了间接照明,这提高了均匀度。示出了LED 2610发射的光的样本光线2620,其撞击在反射为主的半透明导热管2642的内表面上。该光线的一部分被传输2621,但是该光线大部分被反射2622并再次撞击在管2642的内侧上,且再次小部分被传输2624而大部分被反射2626。示出为光线2626的该被反射部分再次撞击在管2642的内侧上并且小部分被传输2628而大部分被反射2630。以这种方式持续进行,光在

管2642所形成的光循环利用腔四处反射和散射,直到所有光要么被反射为主的(可选半透明)光传输导热管2642的各壁吸收要么被传输通过反射为主的(可选半透明)光传输导热管2642的各壁。这使得在管2642的外侧上形成非常均匀的发射表面2650。通常,为了获得充分混合,需要将许多LED或LED封装2610放置在管2642内部并将它们分布以使得能够获得均匀发射图案。然而,在LED面向内以及反射且光传输的导热管2642的情况下,在光被传输之前其有足够的反射、弹跳和散射,使得在管2642的整个外表面2650上实现非常均匀的亮度。该管可以由先前公开的材料(例如,金属、氧化铝、TPA等)制造。

[0167] 图27A至图27G示出了本发明的不同实施例,其中反射为主的光传输导热元件同时是光源的发光表面和散热表面。在全部这些示例中,LED或LED封装2710被安装在反射为主的半透明导热元件2720的内壁上,该导热元件2720在各种情况下形成闭合的或几乎全部闭合的腔体、壳体、或外壳。连接至LED 2710的互连件2730和印刷在反射/透射导热元件2720、2734、2736和2738的内壁上的互连件2730通过穿过由反射和光传输(且可选半透明)导热元件2736形成的外壳的各壁的导电过孔或通孔或管脚2740连接。可选地,各侧面(导热反射/透射元件)中的一个可与另一侧面重叠,这将使印刷在该侧的内表面上的互连件暴露于腔体外部。这将消除对该侧中的过孔或通孔的需要。

[0168] 在图27A中,示出了格子或矩形结构。在图27B中,示出了球形。在该示例中,至少一个LED 2721被焊接至同样位于球形光循环利用腔内的互连件2722和2725。外部管脚2724和2723分别与互连件2722和2725相连接。以这种方式,可使用单个光传输导热元件来形成光循环利用腔。在本发明的实施例中,对于安装于其上的至少一个LED 2721,光传输导热元件不仅用作光发射器而且还用作冷却元件。在图27C中,可通过十二面体结构来近似出球形。利用本发明的原理,也可以构造大的和小的平面光面板,如图27D所示。此外,可制作各种艺术形状,例如在图27F中,形成火焰形状以模拟烛火的外观。图27G示出了可利用本发明来形成金字塔形状的光源。在图27H中,利用本发明的教导还可以制作出模仿爱迪生白炽灯的灯泡。总之,本发明的优选实施例是一种自冷却光源,其包括:至少一个光传输导热元件,其用作光循环利用腔2720的一部分;以及至少一个发光二极管2721,其用于发射光,其中所述至少一个发光二极管2721被包围在光循环利用腔2720内,其中所述至少一个光传输导热元件还用作所述至少一个发光二极管2721的光发射器和冷却元件。

[0169] 在所有示出构造中,可将同质或非同质材料用于透光导热元件2720。可为了功能和/或审美原因而在部分反射部分透射导热元件2720的外表面上形成广泛的体色和/或图案。如所述的,有许多形成发光自冷却循环利用腔的方法。最基本的一个发光自冷却循环利用腔可形成为包括单个导热光传输元件,其为闭合腔体或壳体的形式,其具有安装在该壳体的内表面上并与内表面热接触的至少一个LED。可以通过经由小线或穿透外壳或腔体的过孔而与LED连接的外部电源来驱动该LED。

[0170] 图28示出了本发明的另一实施例,其中在由同时光反射且透射的导热元件2832、2834、2836、2838、2840和2842形成的光循环利用腔外壳2820内使用多色LED 2810。通过利用多色LED 2810和本发明的教导,可制造能够调节为自然光谱内的任何颜色的光源。由于多次反射,实现了光在离开外壳(腔体)之前经过不同颜色的充分波长混合,从而在光循环利用腔/外壳2820的所有外部发射表面上看到均匀颜色和亮度。

[0171] 互连电路2854和2856也位于光循环利用腔外壳2820内并可以将多色LED 2810分

别或一起连接至外部接触件2850和2852。如所示的,最优的互连件是薄迹线,这归因于所使用金属材料的成本。最优的是RMS粗糙度小于5微米的低表面粗糙度的银厚膜膏。一个示例是Hereaus银厚膜膏CL80-9634,其使得能够使用直接附接LED晶片(诸如Cree生产的DA-500晶片)。直接附接的晶片和/或焊接的LED封装2810是优选实施例,因为消除了引线接合成本。通常,高反射率且高导电率材料优选用于互连电路2854和2856。典型迹线宽度为100微米,典型厚度为5微米或更厚,取决于所需电流以及距离。可利用导电环氧树脂、焊接、超声接合、带式自动接合(tab bonding)、机械方式、以及本领域公知的其他连接方式将外部接触件2850和2852附接至互连电路2854和2856。公开了将柔性电路用于外部接触件2850和2852,但是,公开了其他方式,包括但不限于管脚、夹具、垫、条、和其他机械接触方式。

[0172] 优选实施例是将互连电路2854和2856延伸到光循环利用腔外壳2820的内表面之外,以使得外部接触件2850和2852只是在光循环利用腔外壳2820的外表面上的金属化垫。这些方法和互连电路2854和2856的属性是共通的并且可由本公开的其他实施例利用。公开了使用粘合剂、夹具、焊料、机械方式和熔接工艺来将同时反射和透射导热元件2832、2834、2836、2838、2840和2842物理地固定在一起。优选实施例是互连电路2854和2856还提供用于装配的焊点。一旦形成,该实施例可以在点亮时形成广泛颜色,同时仍保持实质上白体色。如先前公开的,除了仅LED外,还可以将额外的半导体器件和元件并入在光循环利用腔外壳2820内和/或之上。

[0173] 此外,互连电路2854和2856可用于形成针对RFID和其他通信和传感器应用的天线。互连电路2854和2856还可用于形成与外部调制电源的电感式或电容式耦合器,从而消除了对外部接触件2850和2852的需要。可并入这些自冷却光源的额外功能包括但不限于:RFID感应、烟雾检测、环境温度检测、RF发射器、闪光灯、光学数据连接、运动传感器、以及无线通信。

[0174] 由于实际上在所有已占用的空间均需要照明,因此将传感、通信和安保功能集成至光源是再自然不过的。同时进行光反射和透射的导热元件2832、2834、2836、2838、2840和2842(尤其是在低成本氧化铝构造的情况下)提供了用于将这些额外功能集成至光源的理想衬底。这些光源的强散射白体色允许隐藏诸如摄像头和传感器之类的安保功能。作为一个示例,商店店主可以购买基于本发明的光源,其在商店出口处查询RFID标签,同时外观相同的光源可以检测商店内其他地点的运动。以这种方式,照明设备和安保设备变为同一元件,降低了成本,隐藏了安保设备,并且更美观。互连电路2854和2856以及外部接触件2850和2852可以为所示的单个电路或者可以为多个电路。额外功能可以单独驱动或者可以与LED 2810串联。

[0175] 在先前示例和实施例中,形成了通常闭合的光循环利用腔或外壳。图29示出了本发明的另一实施例,其中自冷却光源2910具有敞开的顶部2920和底部2930。这允许空气在多个光传输导热元件2940、2942、2944和2946的两侧流动,从而对LED 2950产生更多冷却。利用这种方法,自冷却光源包括形成光循环利用腔2910的多个光传输导热元件2940、2942、2944、2946、2920和2930,这些元件排列为不仅允许空气流过所述光循环利用腔2910,而且防止光在不穿过所述多个光传输导热元件2940、2942、2944、2946、2920和2930的情况下离开。

[0176] 图29示出了顶部端盖2970和底部端盖2980,其错开以使得光实质上反射回循环利

用腔2990中,同时仍允许空气从底部向顶部(在腔体或外壳的内侧上)流动,从而形成烟囱式冷却效果。目标是允许空气流过腔体但防止腔体内的LED发出的光在不穿过光传输导热元件的情况下离开。或者,顶部端盖2970和/或底部端盖2980可实质上为多孔的,从而允许空气流动。但是,在大多数情况下,通常闭合的外壳是优选的,其提供更强的结构刚性并且易于制造。这可简化光源的生产。可以可选地对反射且透射导热元件所形成的光循环利用腔或外壳进行气密密封,或者可以设置小的开口以允许气压在腔体或外壳的内部与环境气压平衡。

[0177] 本发明建立了固态光源,其中固态光源的发光表面也被用于冷却该光源。这种自冷却光源优选地将具有发射表面,该发射表面温度接近LED结,从而使对流冷却和辐射冷却最大化。所述发射表面由呈现出足够导热系数的材料构造,从而允许热从小而集中的LED晶片或安装在小片导热衬底上的LED在足够大以能有效地冷却LED的区域上扩散。在本发明中,这通过利用相对高导热系数的光传输(且可选反射且可选扩散)元件(其通过传导将半导体器件(例如LED)中产生的热在比半导体器件更大的表面区域上扩散)来在更大体积上扩散所产生的热来实现。通过选择高辐射率材料或者利用高辐射率涂覆物,以及利用大表面区域,以及通过将热产生部件(例如,LED)有效耦接至自冷却光源的外部表面,来使辐射冷却和对流冷却最大化。此外,本发明的一个实施例是自冷却光源,其形成为光循环利用腔,其中只有从闭合腔体离开或出射的光才穿过腔体的壁并由发光腔体的外部散热表面发射。腔体的壁或侧面可以由呈现出对光的反射和透射且呈现出高导热系数的任何元件或材料来制造。这包括高光透射率和低光透射率的陶瓷。本发明中还教导了可以使用具有相对高的光反射率(因此,光透射率低)的材料,这允许使用成本更低的材料,甚至是带有多个小孔的金属。

[0178] 例如,据发现,即使使用具有 $>80\%$ 的反射率(一致光透射率 $<20\%$)的氧化铝作为用于光透射导热元件的材料,也可以从利用这些材料制造的闭合光循环利用腔实现非常高的出光效率。已经表明,通过这些导热材料,可以使完全闭合的光循环利用腔内的LED发射的光的超过 70% 出射和发射,在一些情况下超过 80% 。使用这些高反射陶瓷材料的另一优点是它们具有白体色。因此,当光源处于关闭状态时,它们具有非常美观的外观。这与许多市售固态灯泡(当它们未点亮时呈现黄色)形成了对比。

[0179] 本发明的关键点是形成与美国专利No.7,040,774(被共同指定并通过引用并入本发明中)中公开的那些相类似的高效循环利用腔。在光循环利用光学腔中,有目的地使得发生多次反弹或反射。如果利用足够低光吸收损耗的材料来形成腔体,则效率可以非常高。本发明公开了形成光循环利用光学腔,其中至少一部分光循环利用腔由部分传输(可选半透明)导热元件构造。这是基于这样的认识,即使通常被认为不透明的材料在光吸收最小化时也可以用于形成高效发射器。该发现的重要性在于诸如白体色氧化铝(例如, $96\%Al_2O_3$)之类的低成本材料现在可以用作具有或不具有波长转换的半透明导热发射器。从审美和市场角度而言,形成白体色或者类白体色光源的能力很重要。消费者偏好针对许多应用的白体色或类白体色光源,因为它们与白炽灯和荧光灯的相似度。因此,在未发光时具有白体色或类白体色的导热发光元件是优选的。当使用非均质导热发光元件(比如具有孔阵列的反射器)时,这可以进一步扩展为包括广泛的体色和图案。使用纹理和其他外表面处理来形成各种美观的外观也是本发明的实施例。特别是,形成与它们周围物体(例如,灯罩、吊顶板

等)匹配或对比或交融的导热发光元件是本发明的实施例。总之,针对导热发光元件形成广泛体色是本发明的优选实施例。

[0180] 虽然已经结合具体实施例和示例对本发明进行了描述,但对本领域技术人员而言显而易见的是,可以在前述描述内容的教导下理解许多替代、修改和变形。因此,本发明意在涵盖落入随附权利要求范围内的所有这种替代、修改和变化。

[0181] 本文描述的所有元件、部件和步骤是优选地包括。还要理解的是,任何这些元件、部件和步骤可以如本领域技术人员明白的那样被其它元件、部件和步骤替换或者可以一起删除。

[0182] 概括地说,本文公开了一种固态光源,其具有与导热半透明元件热接触的LED,其中从LED发射的光被定向为从元件的散热表面出射。导热半透明元件与反射器一起布置或与反射器组合,以形成光循环利用腔。随着在腔体的内侧上的LED发射的光持续地反射和循环利用直到非常高比例的LED发射的光穿过并均匀和全向地发射,形成腔体的导热半透明元件的外表面变得发光。同时,来自LED的热传导通过并到达腔体的元件的发光外表面,该表面以辐射和对流方式冷却光源,从而消除了对大体积附加散热器的需要。

[0183] 构思

[0184] 本文还公开了至少以下构思。

[0185] 构思1.一种自冷却光源,包括:

[0186] 至少一个发光二极管(LED),用于发射光;和

[0187] 至少一个光传输导热元件,所述至少一个发光二极管被安装在所述至少一个光传输导热元件上,所述至少一个光传输导热元件具有散热表面,通过该散热表面耗散来自所述至少一个发光二极管的大部分热;

[0188] 其中所述自冷却光源被构造为将所述至少一个发光二极管发射的光重新定向以穿过所述至少一个光传输导热元件并通过所述散热表面从所述至少一个光传输导热元件离开。

[0189] 构思2.构思1的自冷却光源,其中所述至少一个光传输导热元件还起到光反射器的作用。

[0190] 构思3.构思1或2的自冷却光源,其中所述至少一个光传输导热元件是半透明的。

[0191] 构思4.构思1至3的自冷却光源,其中所述至少一个光传输导热元件是反射型有孔金属材料。

[0192] 构思5.构思1至4的自冷却光源,还包括:

[0193] 反射壳体,用于将所述至少一个发光二极管发射的光的大部分重定向回到并穿过所述光传输导热元件。

[0194] 构思6.构思1至5的自冷却光源,还包括:

[0195] 多个光传输导热元件,其用于将所述至少一个发光二极管发射的光重定向回到并穿过所述多个光传输导热元件。

[0196] 构思7.构思1至6的自冷却光源,还包括:

[0197] 至少一个波长转换元件,其介于所述至少一个发光二极管的发光表面与所述光传输导热元件之间。

[0198] 构思8.构思1的自冷却光源,其中安装在所述光传输导热元件的至少一部分上的

所述至少一个发光二极管与光反射器组合,所述光反射器使所述至少一个发光二极管发射的光循环回到并穿过所述光传输导热元件。

[0199] 构思9.构思8的自冷却光源,其中所述光反射器是金属反射器。

[0200] 构思10.构思8的自冷却光源,其中所述光反射器是塑料反射器。

[0201] 构思11.构思8至10的自冷却光源,其中所述光反射器是部分光反射且部分光传输的。

[0202] 构思12.一种自冷却光源,包括:

[0203] 至少一个光传输导热元件;以及

[0204] 至少一个发光二极管(LED),用于发射光;其中所述至少一个光传输导热元件起到所述至少一个发光二极管的主要散热装置的作用,并且还起到针对所述至少一个发光二极管发射的至少一部分光的出光装置的作用。

[0205] 构思13.构思12的自冷却光源,还包括:

[0206] 多个光传输导热元件;并且所述至少一个发光二极管安装至所述多个光传输导热元件中的至少一个;并且

[0207] 其中所述多个光传输导热元件形成光循环利用腔,该光循环利用腔通过所述多个光传输导热元件从所述至少一个发光二极管出射光的效率高。

[0208] 构思14.构思13的自冷却光源,其中所述光循环利用腔具有超过形成所述光循环利用腔的所述多个光传输导热元件的光透射率的出光效率。

[0209] 构思15.构思13或14的自冷却光源,其中所述多个光传输导热元件具有大于50%的反射率,但是被包围在所述光循环利用腔中的所述至少一个发光二极管发射的光的超过50%通过形成所述光循环利用腔的所述多个光传输导热元件出射。

[0210] 构思16.构思13至15的自冷却光源,其中形成所述光循环利用腔的所述多个光传输导热元件被布置为允许空气流过所述光循环利用腔并且还防止光在不穿过所述多个光传输导热元件的情况下离开。

[0211] 构思17.构思12至16的自冷却光源,其中所述多个光传输导热元件具有白体色。

[0212] 构思18.一种自冷却光源,包括:

[0213] 至少一个光传输导热元件,其用作光循环利用腔的一部分;和

[0214] 至少一个发光二极管,其用于发光,所述至少一个发光二极管被包围在所述光循环利用腔内;

[0215] 其中所述至少一个光传输导热元件还起到所述至少一个发光二极管的光发射器和冷却元件的作用。

[0216] 构思19.构思18的自冷却光源,还包括:

[0217] 至少一个光反射器,其形成所述光循环利用腔的一部分并将来自所述至少一个发光二极管的光重定向至所述至少一个光传输导热元件。

[0218] 构思20.构思18或19的自冷却光源,其中所述至少一个光传输导热元件包括以下材料中的至少一种;反射型有孔金属、具有孔阵列的多层复合材料、氧化铝(Al_2O_3)、TPA、BeO、AlN、BN、以及对所使用的发射波长呈现出低吸收损耗的其他导热陶瓷、非晶、复合物、多晶、取向多晶、或单晶材料。

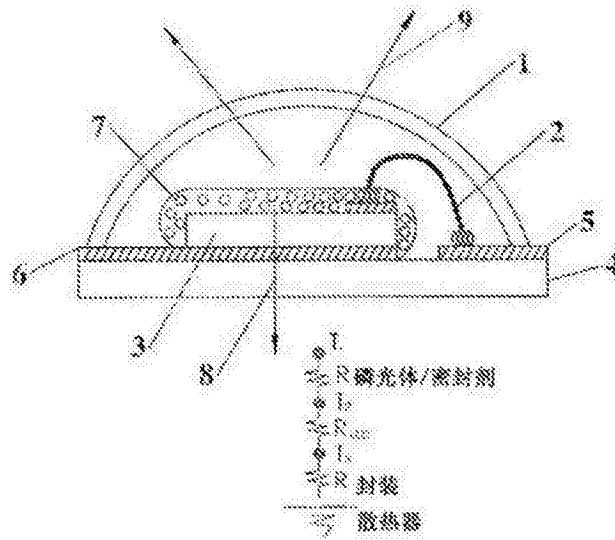


图1A(现有技术)

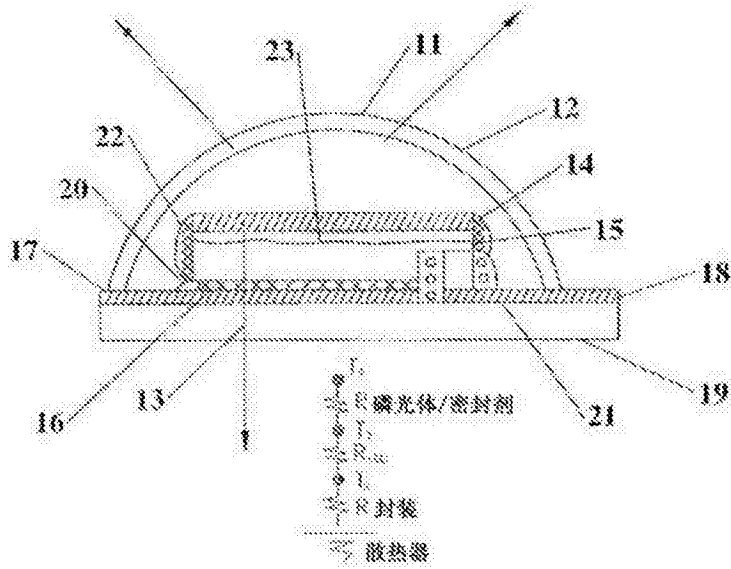


图1B(现有技术)

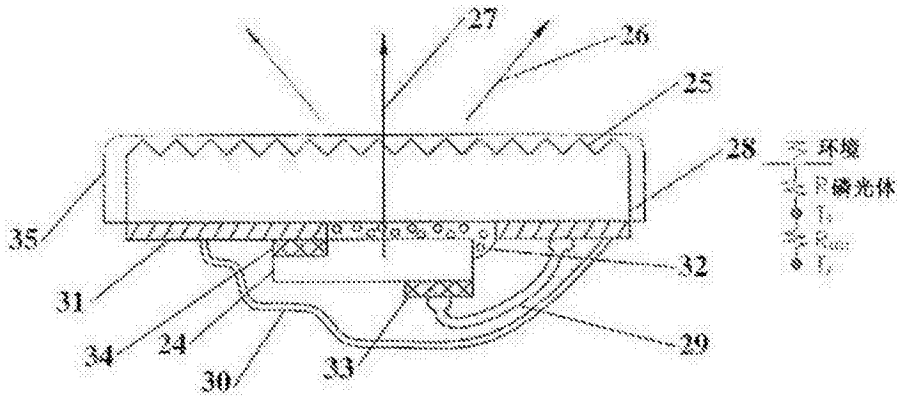


图2A

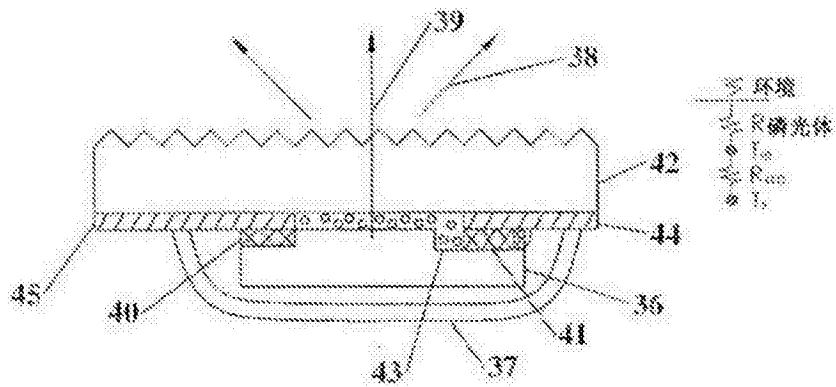


图2B

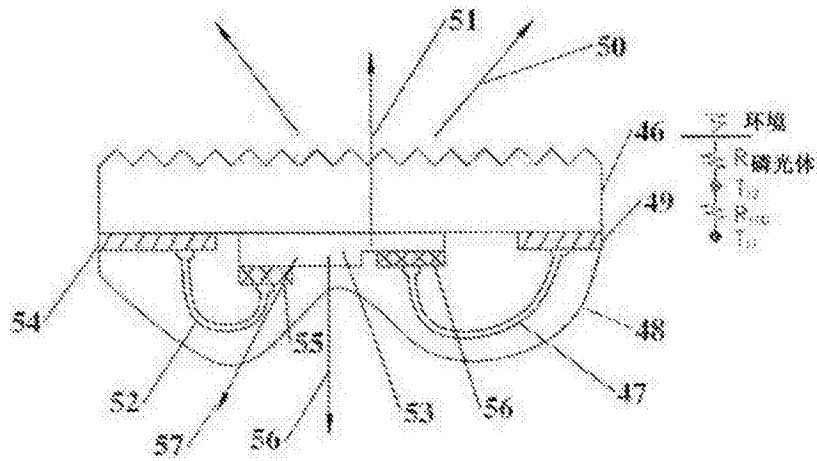


图2C

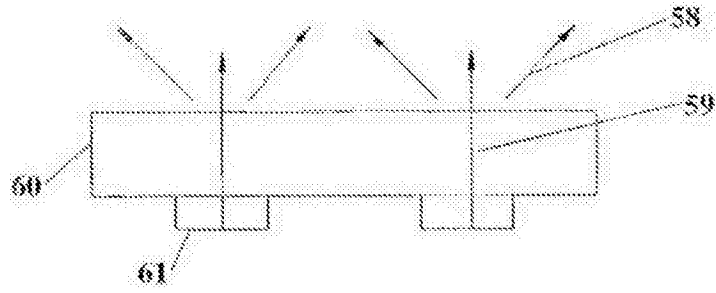


图3A

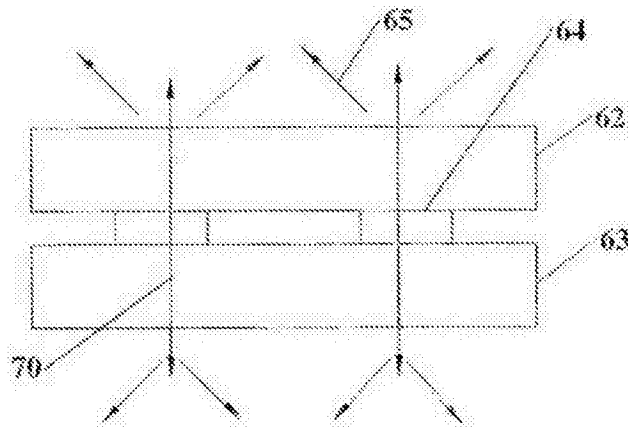


图3B

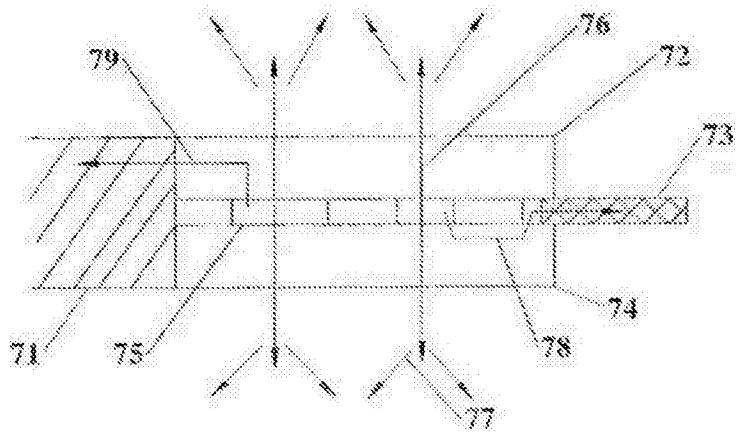


图3C

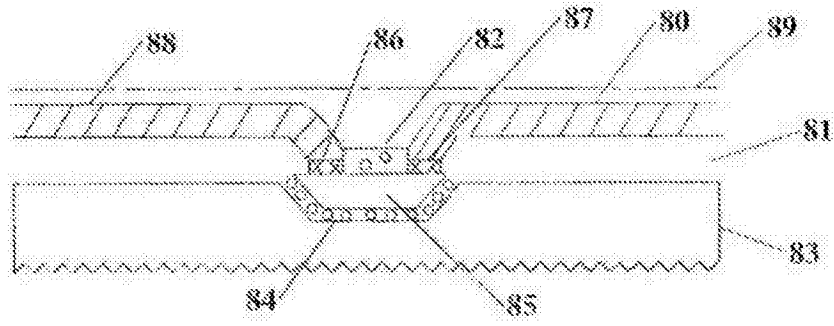


图4A

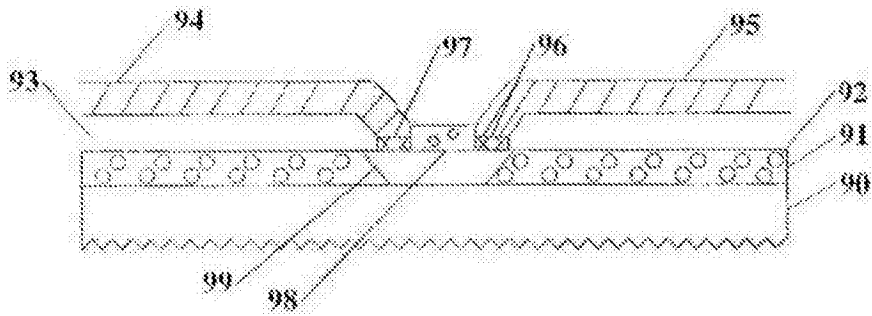


图4B

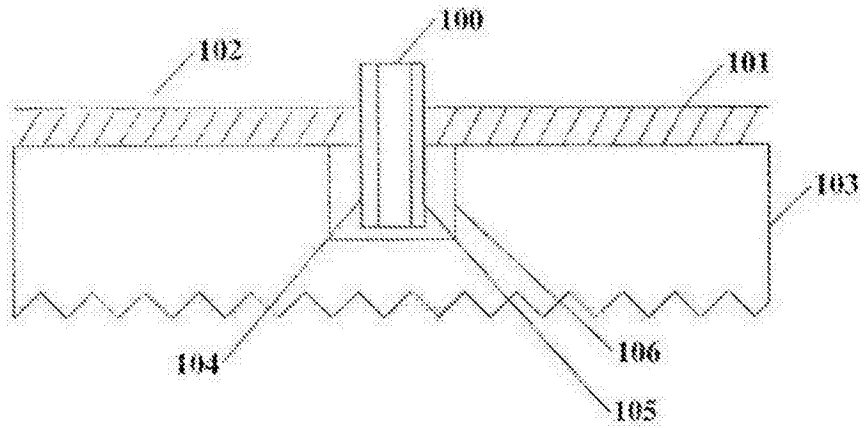


图4C

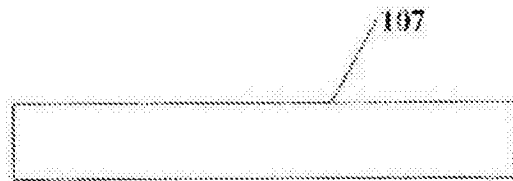


图5A

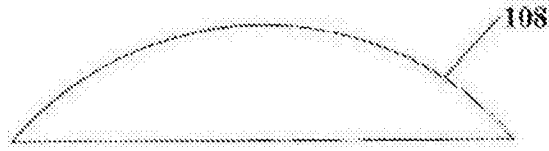


图5B

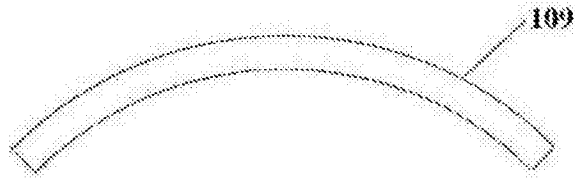


图5C

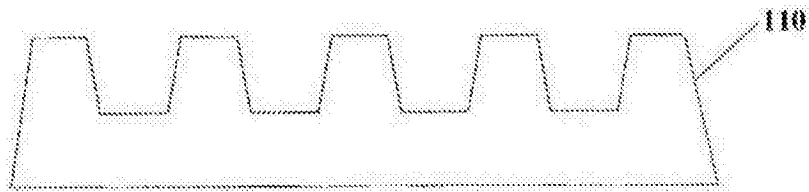


图5D

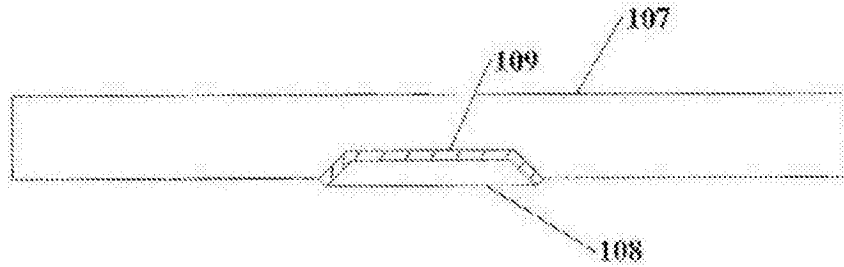


图6A

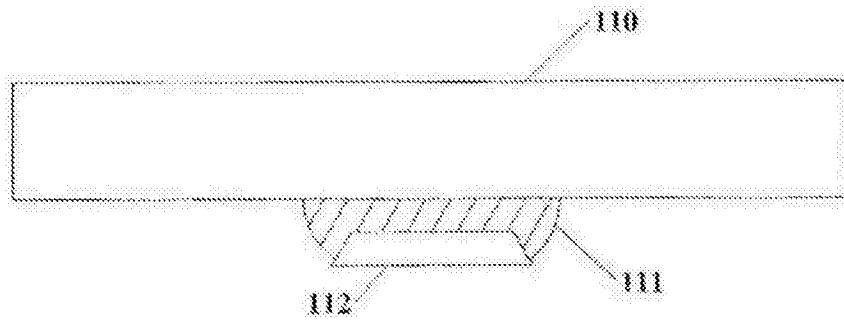


图6B

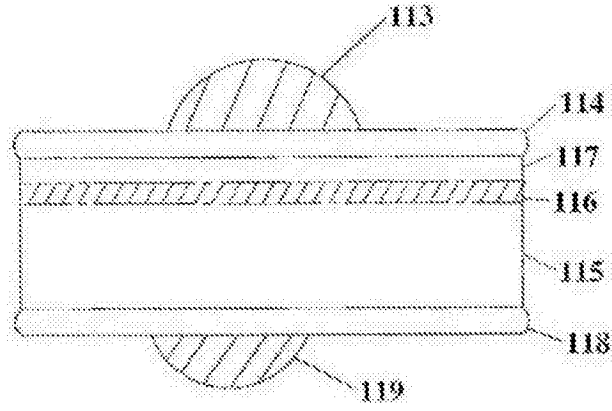


图7A

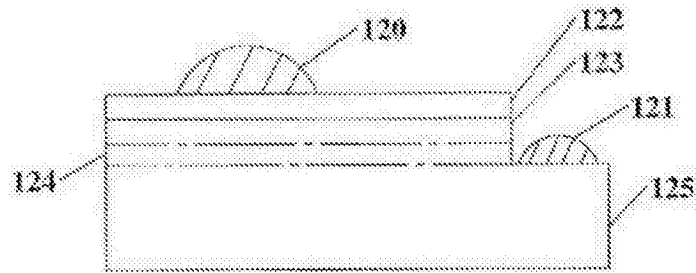


图7B

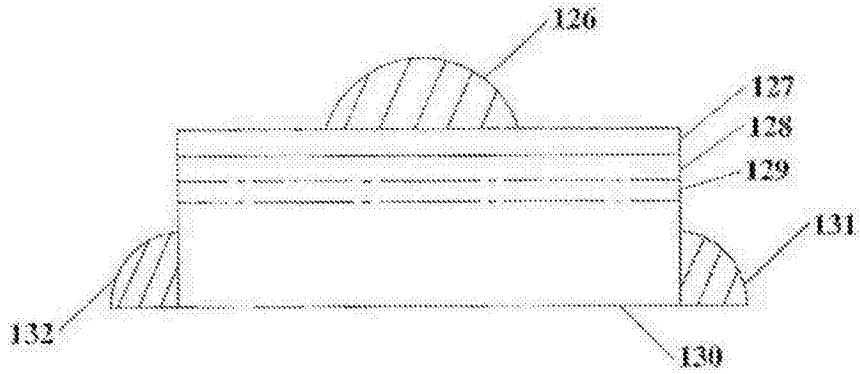


图7C

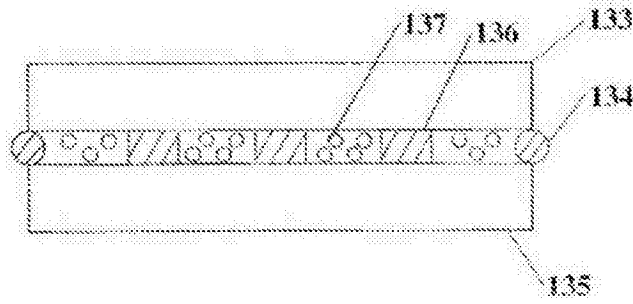


图8A

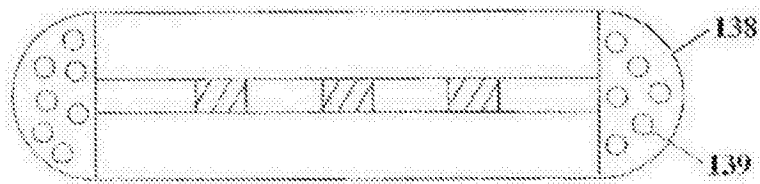


图8B

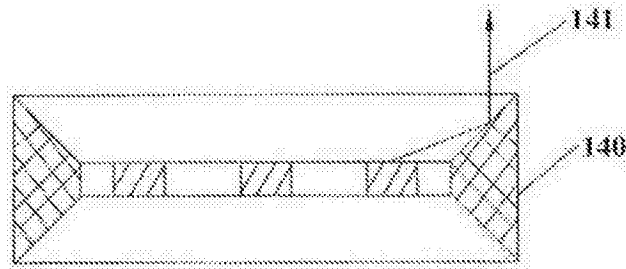


图8C

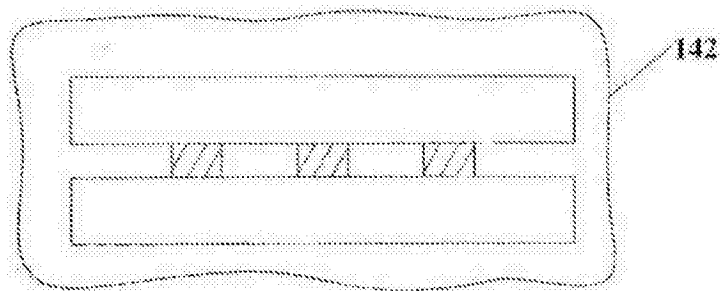


图8D

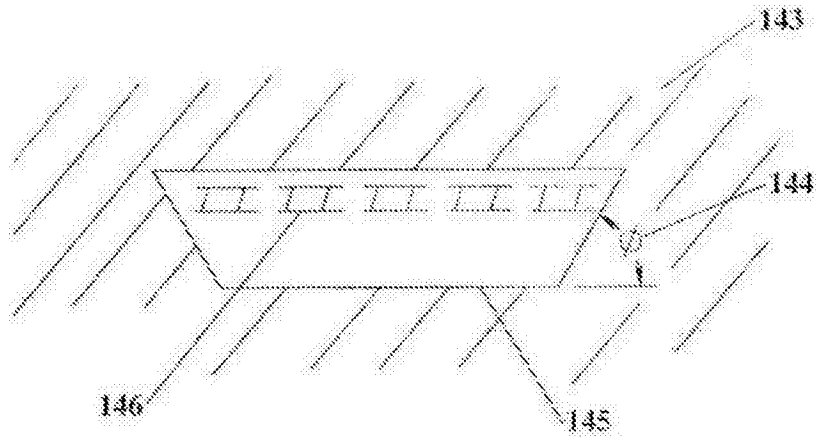


图9A

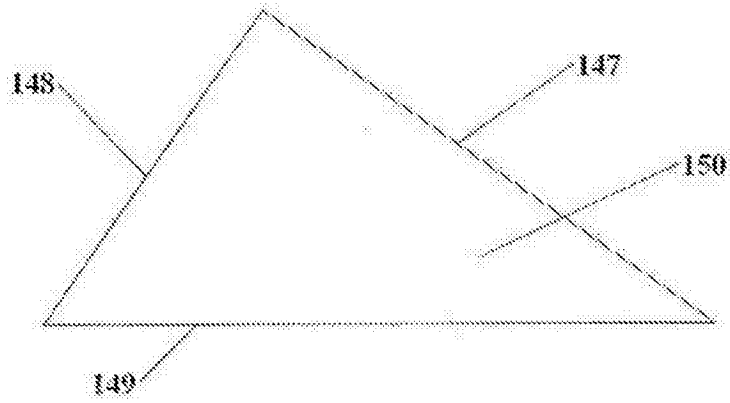


图9B

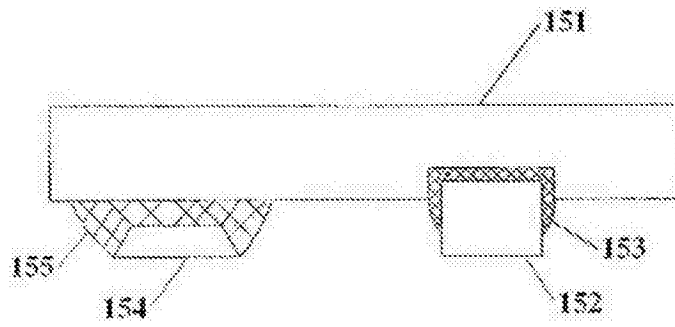


图10A

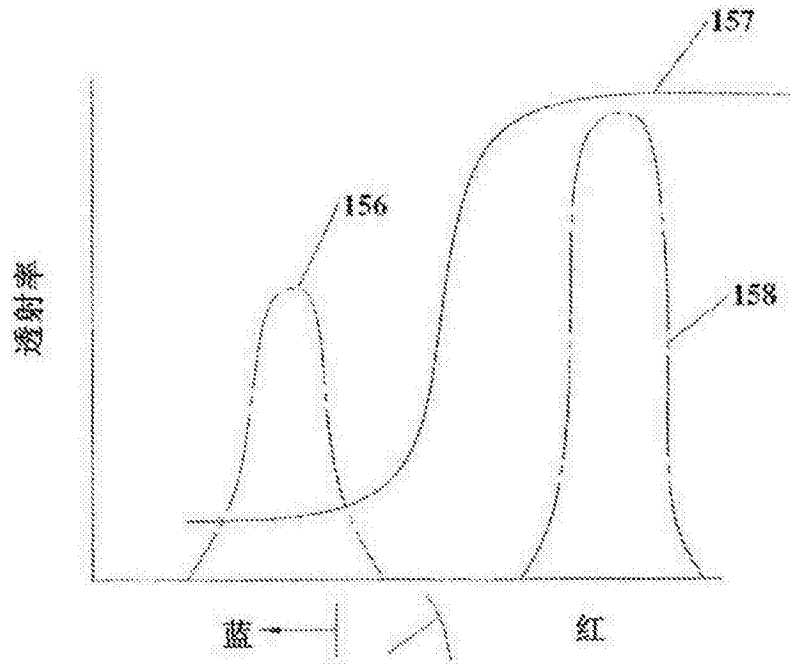


图10B

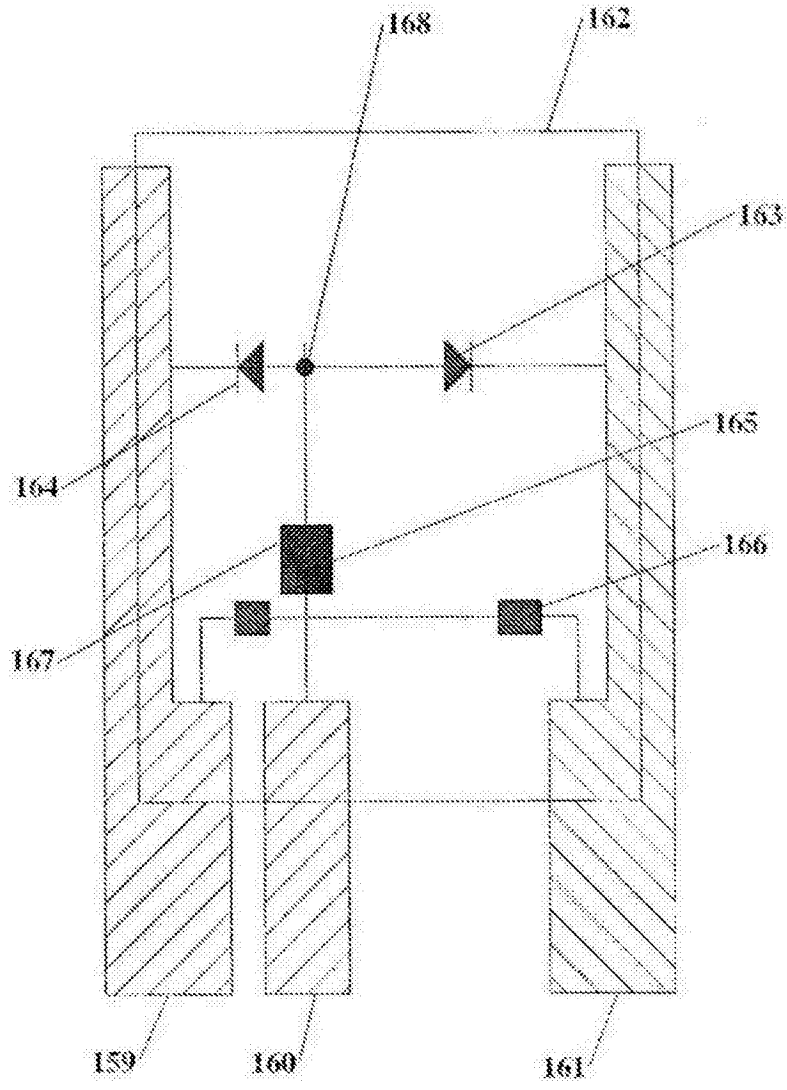


图11

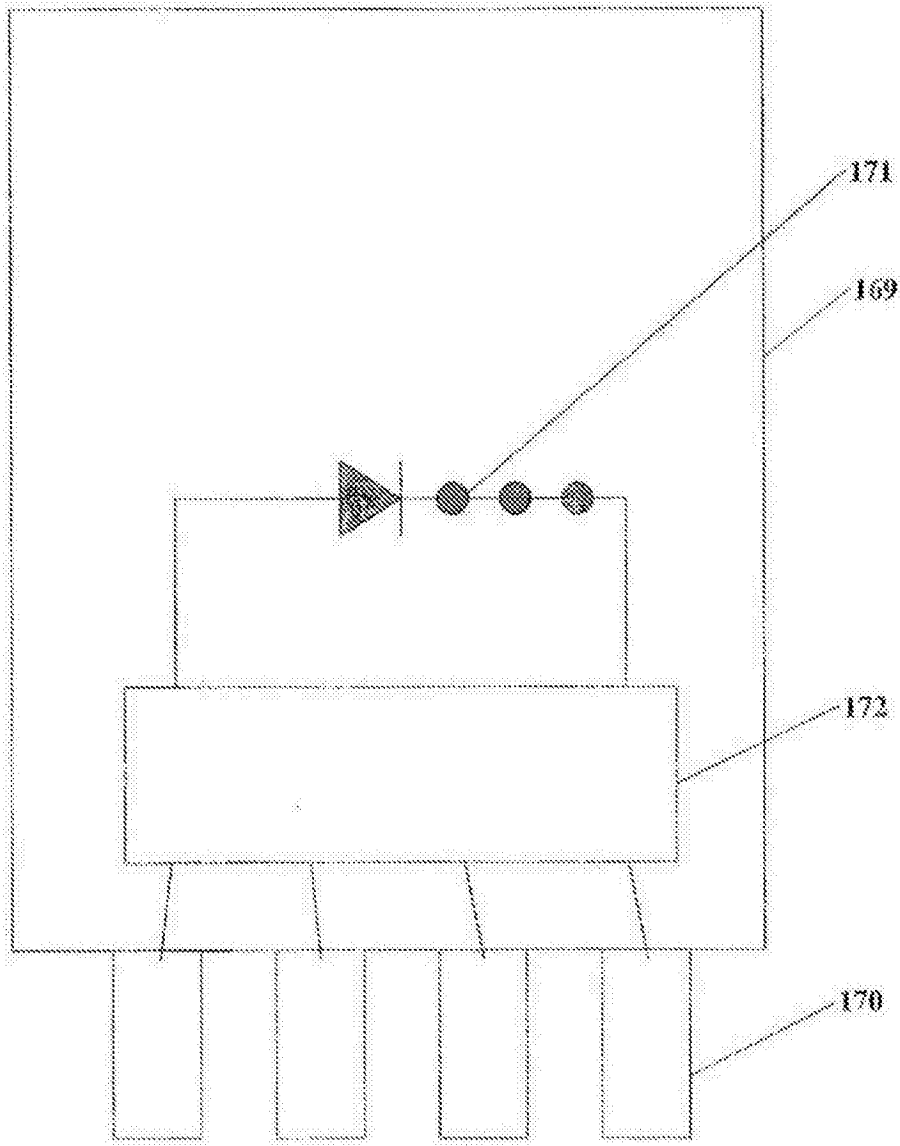


图12

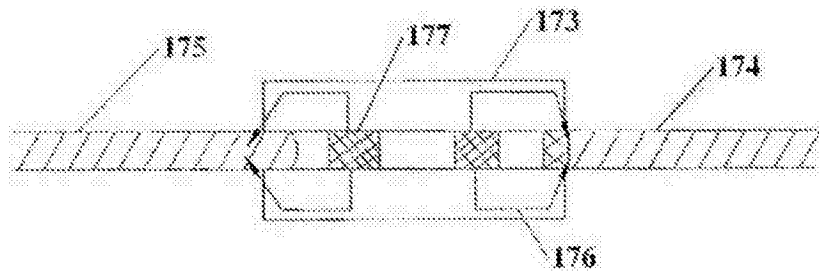


图13A

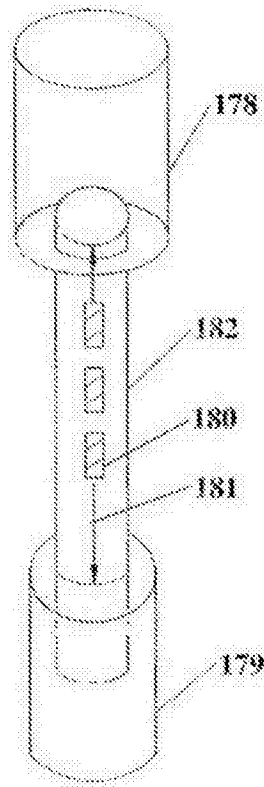


图13B

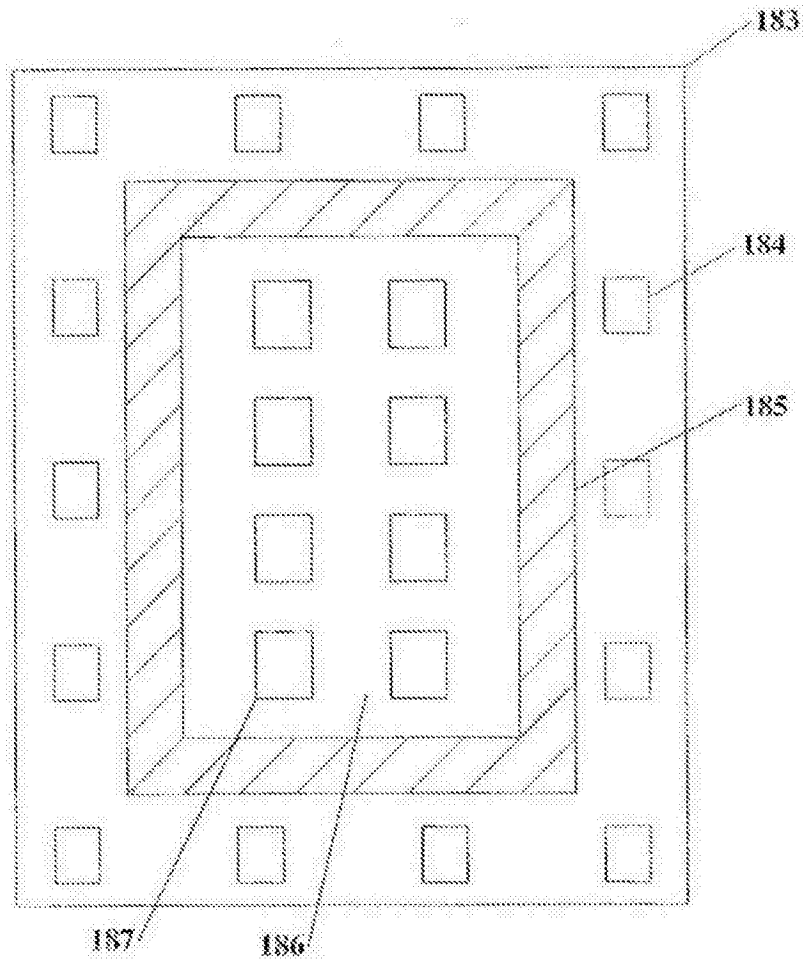


图14

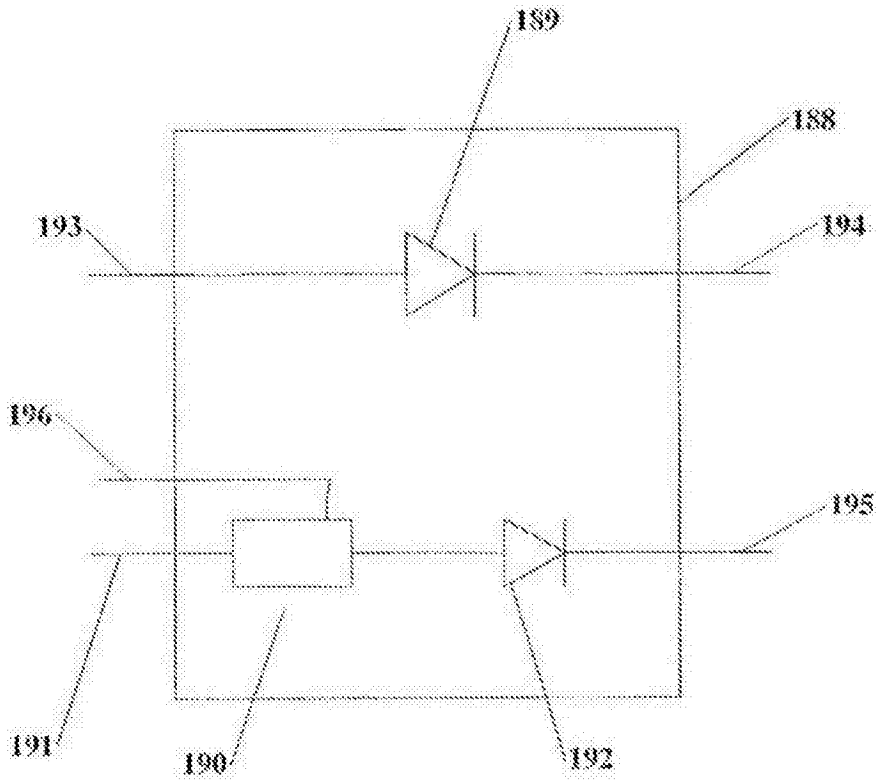


图15

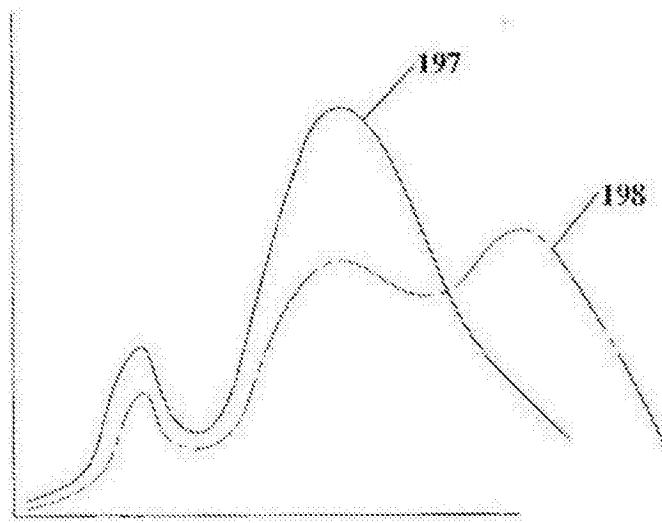


图16A

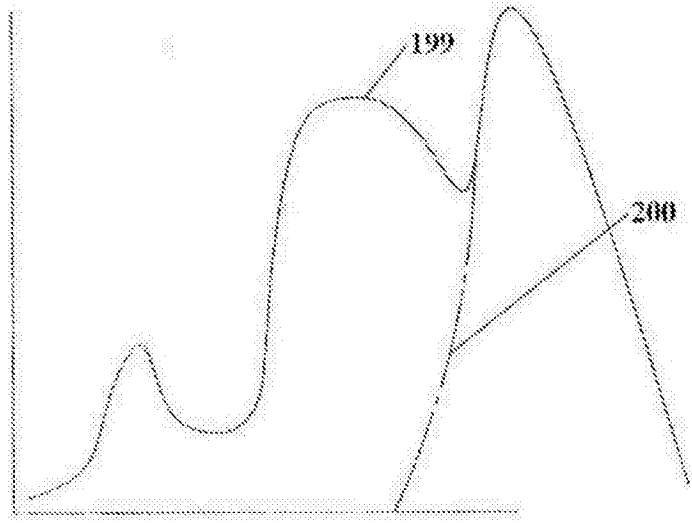


图16B

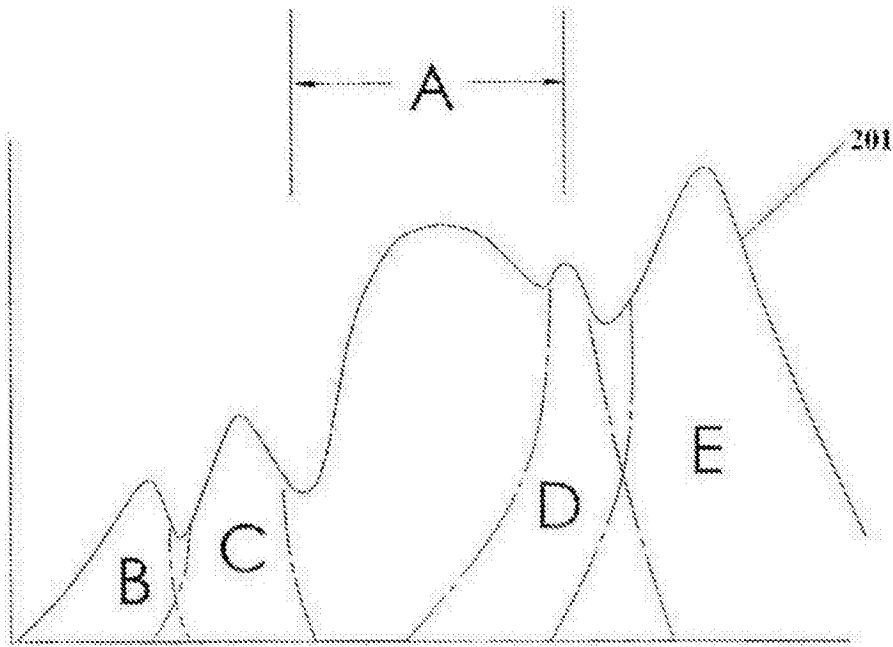


图17

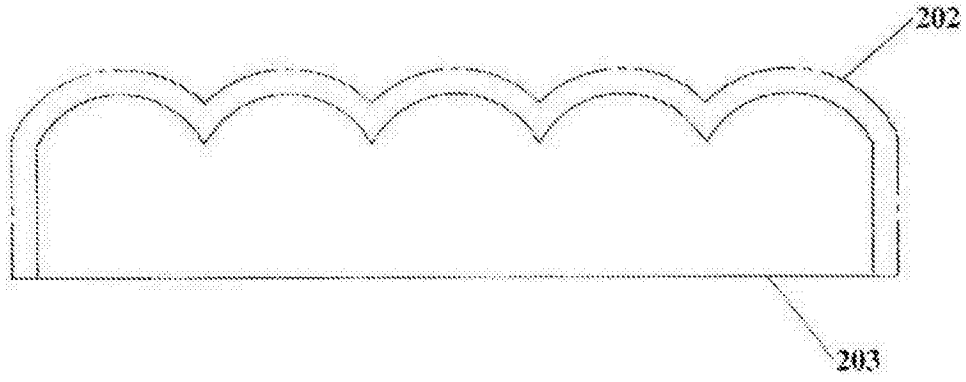


图18A

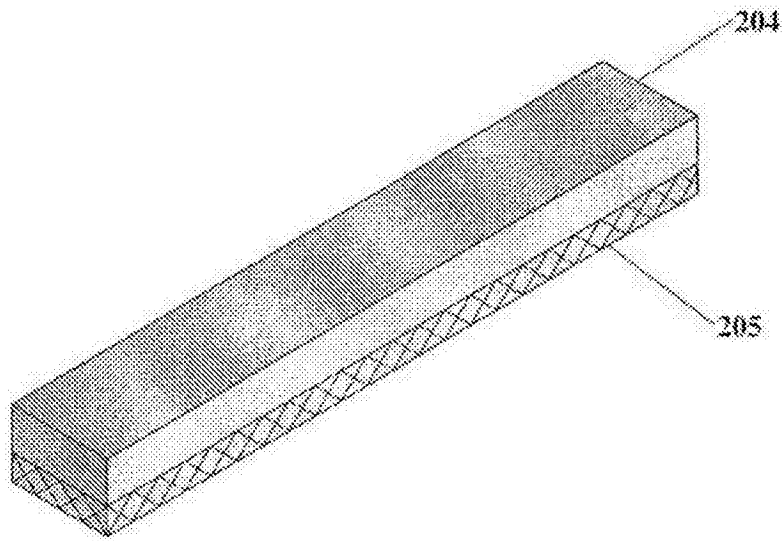


图18B

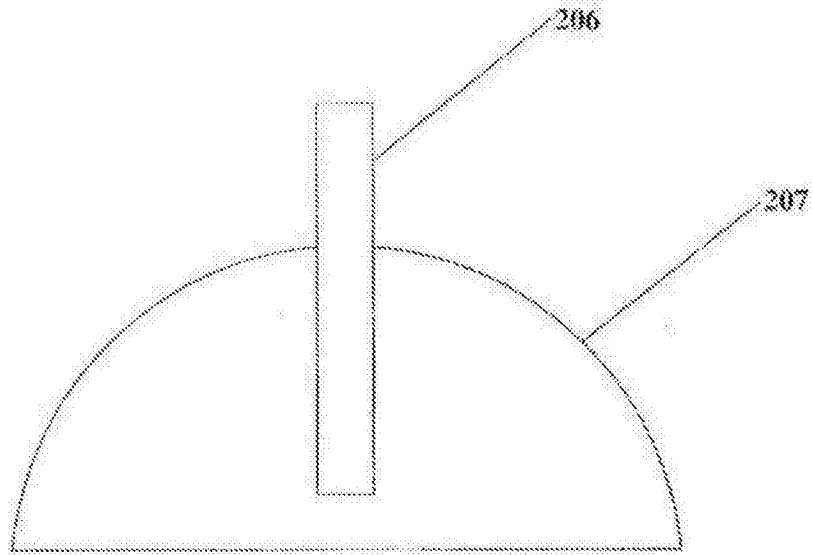


图19A

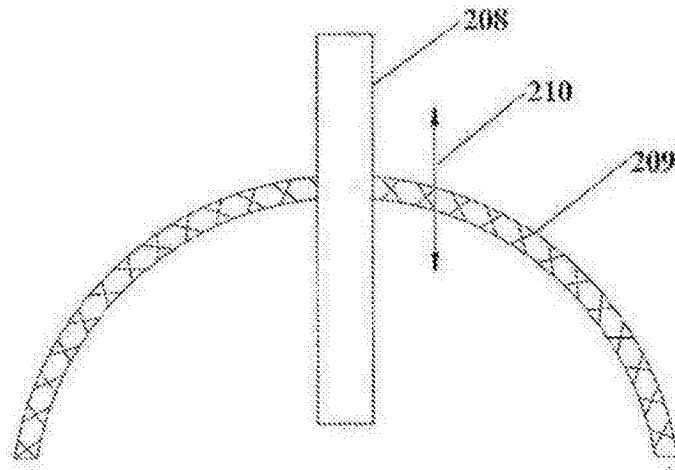


图19B

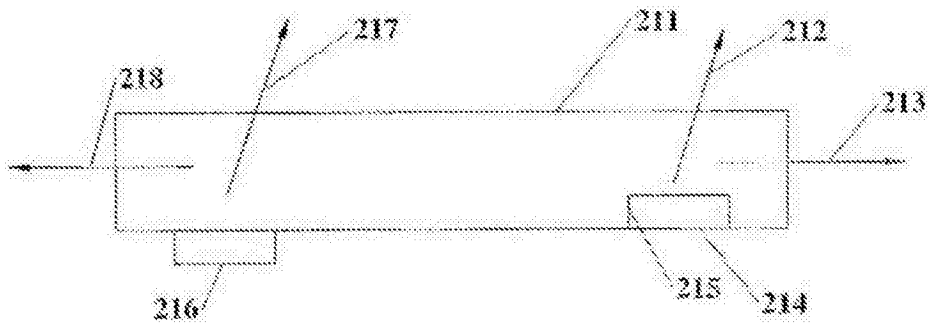


图20A

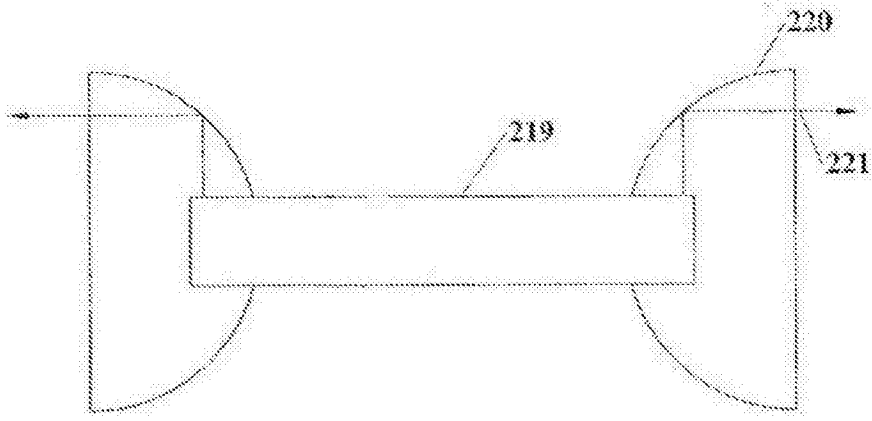


图20B

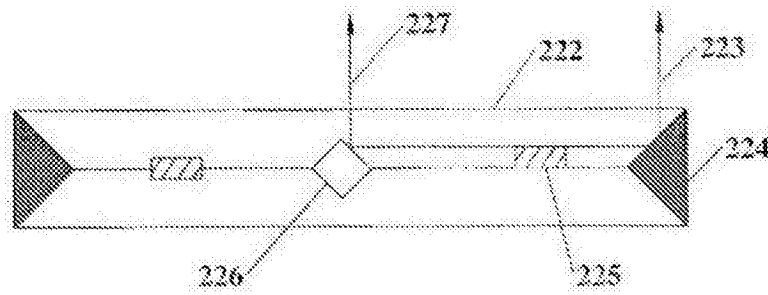


图20C

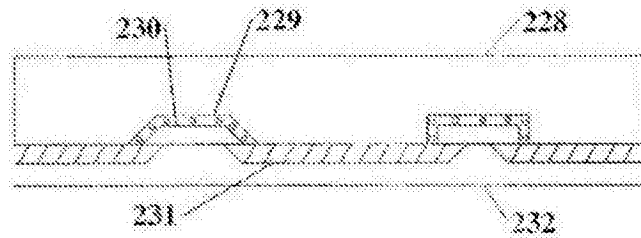


图21A

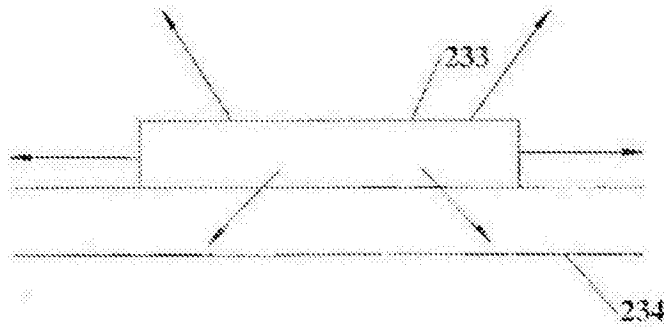


图21B

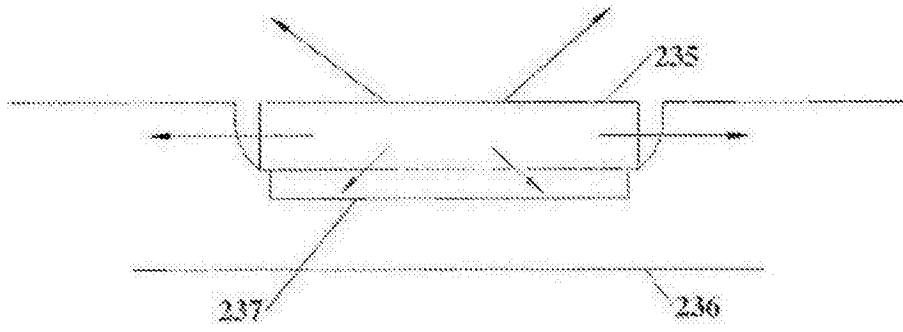


图21C

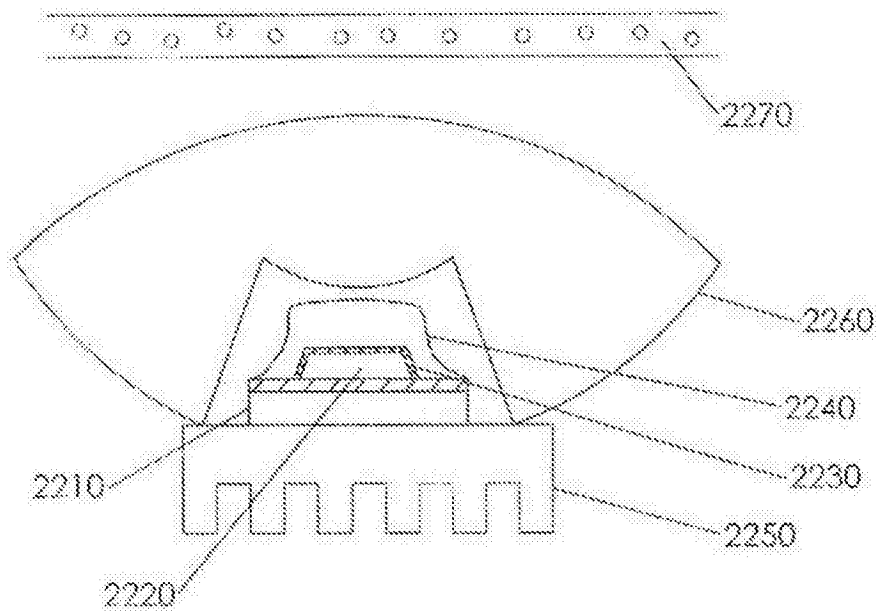


图22 (现有技术)

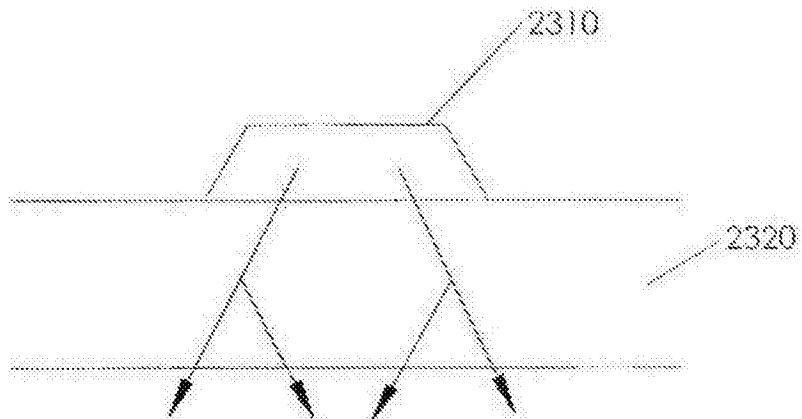


图23A

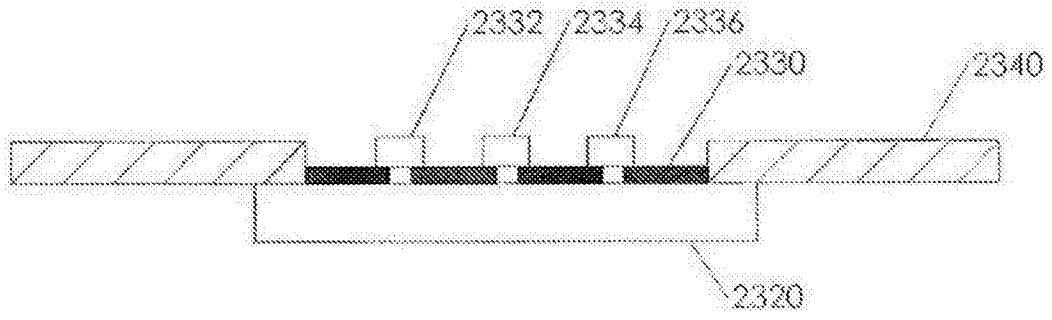


图23B

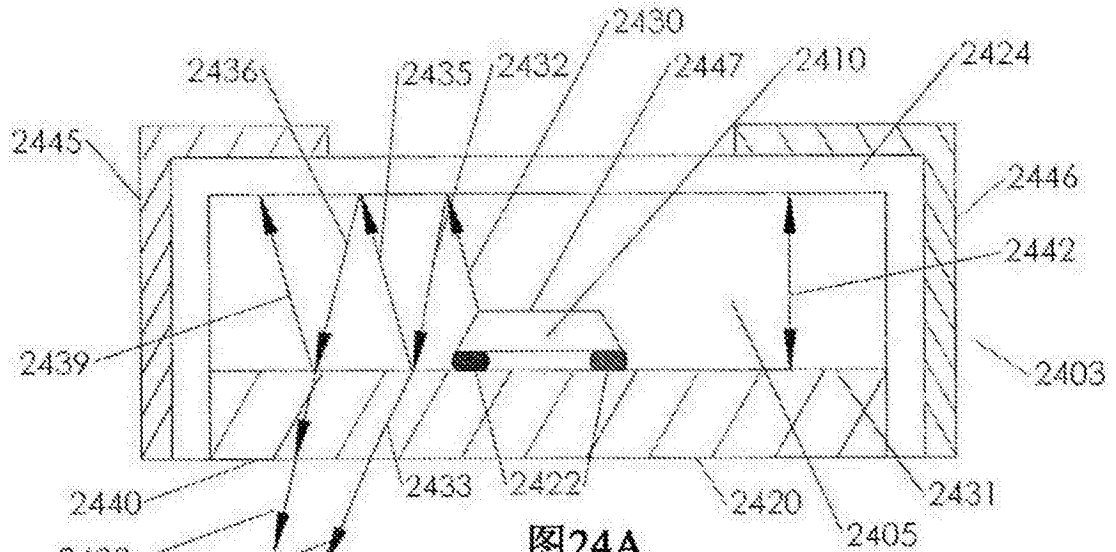


图24A

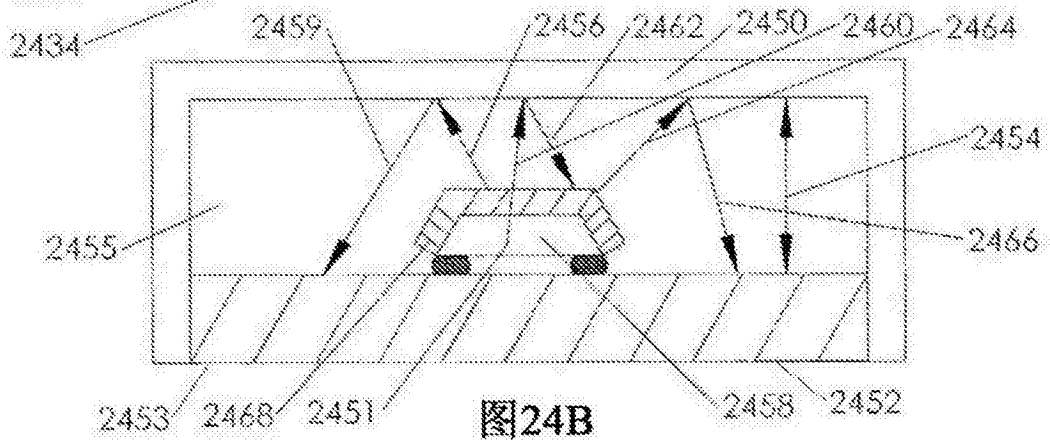


图24B

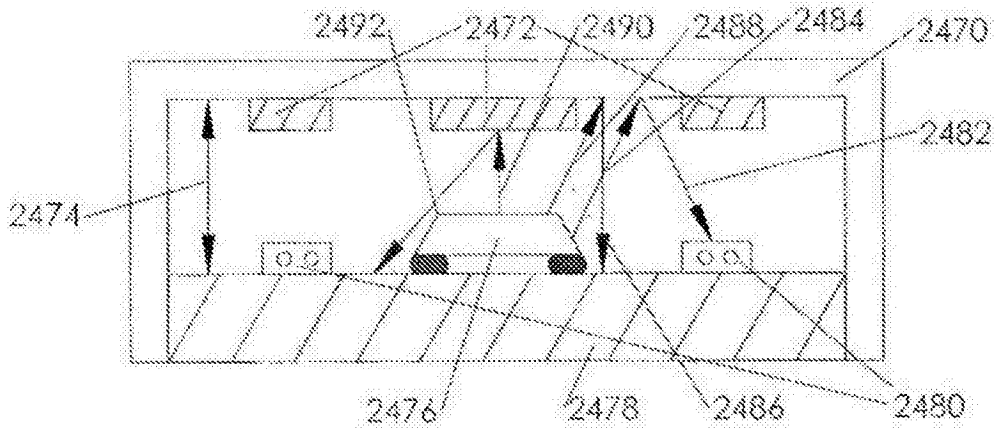


图24C

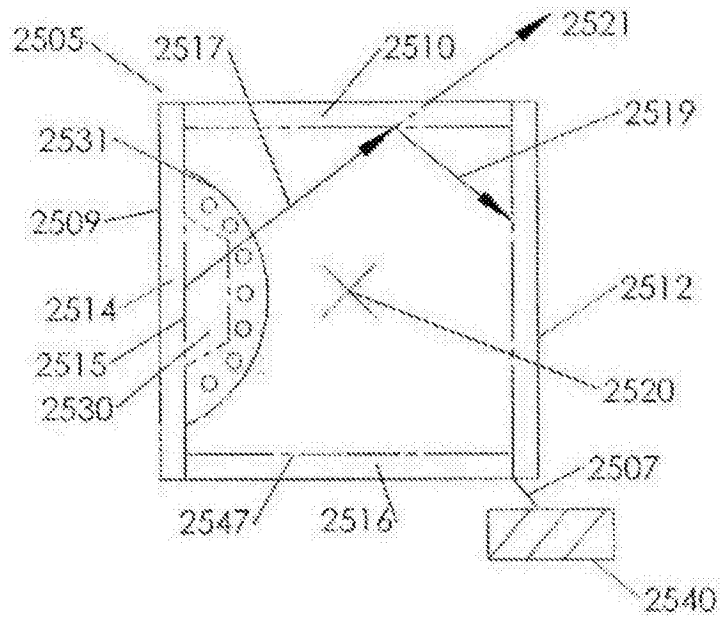


图25A

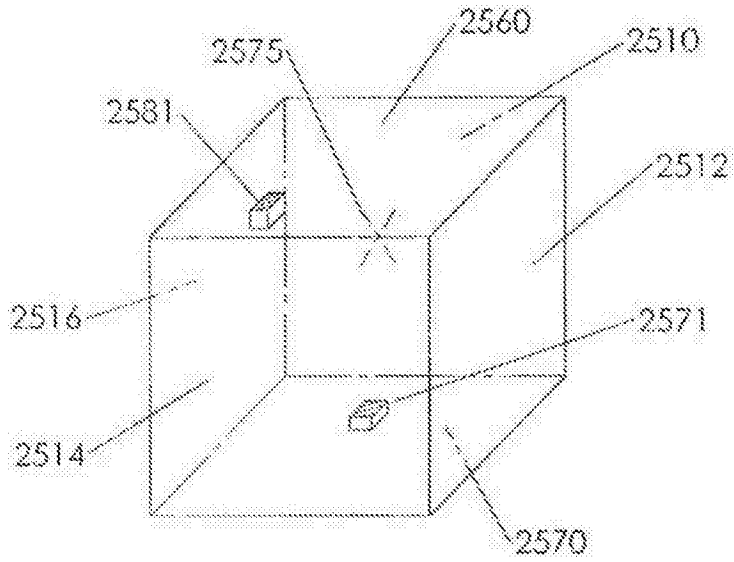


图25B

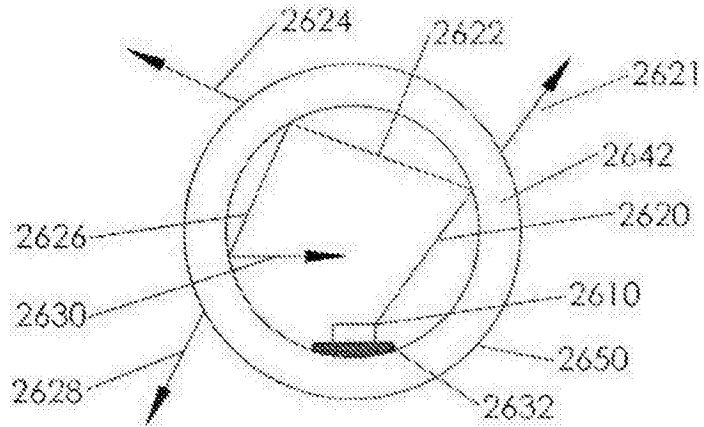


图26A

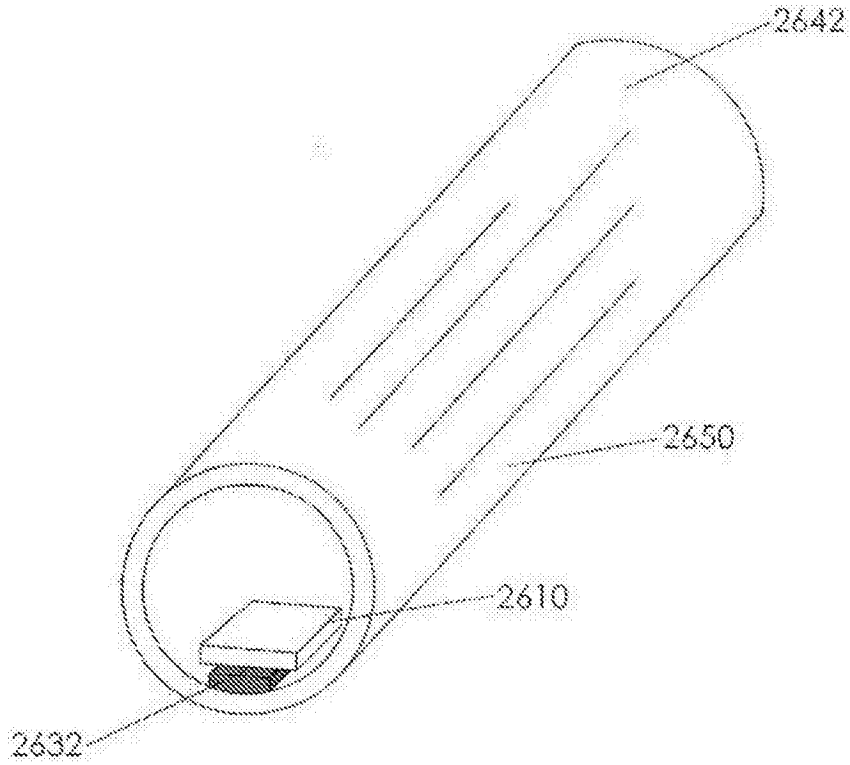


图26B

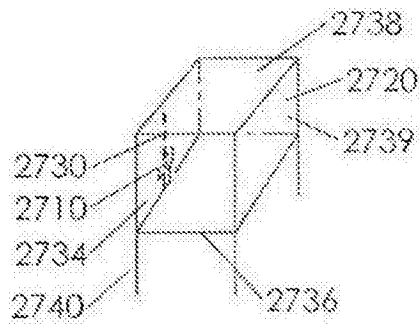


图27A

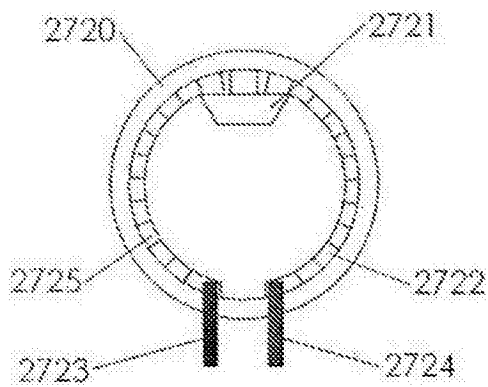


图27B

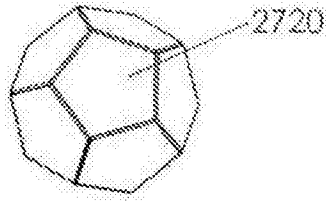


图27C

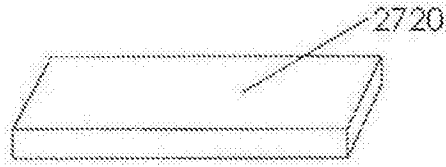


图27D

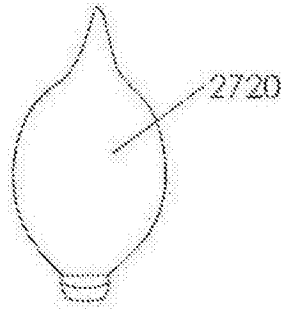


图27E

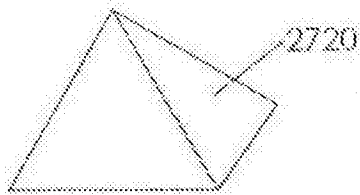


图27F

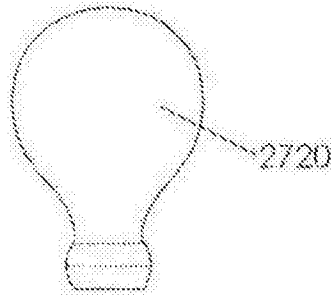


图27G

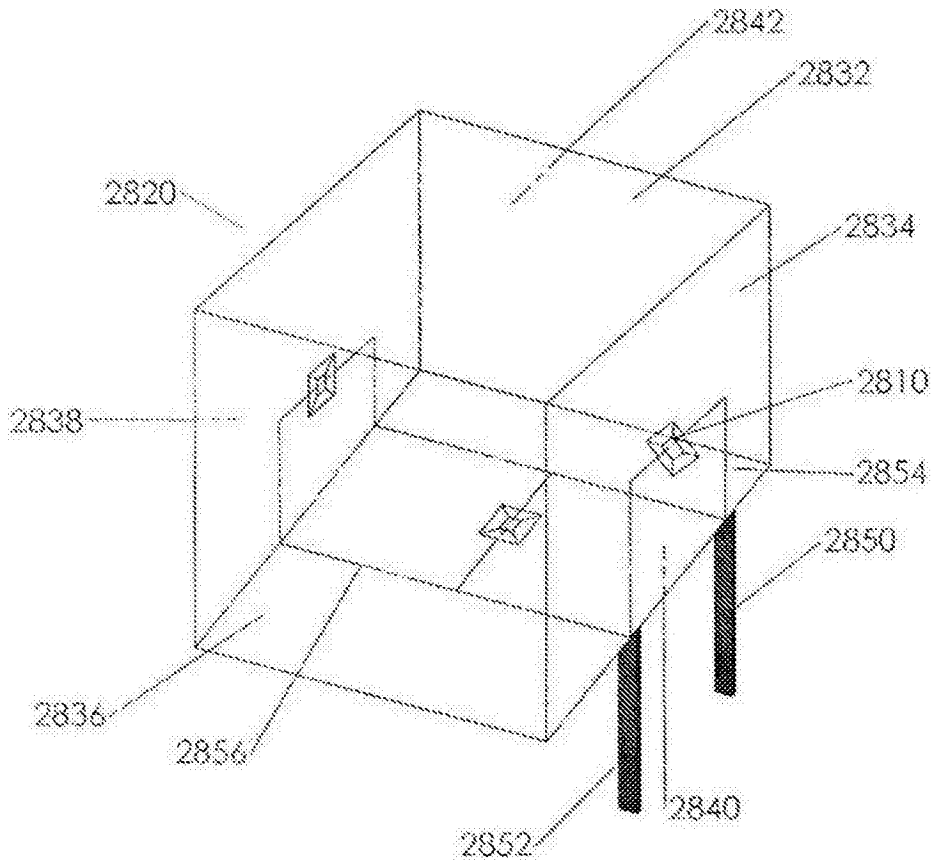


图28

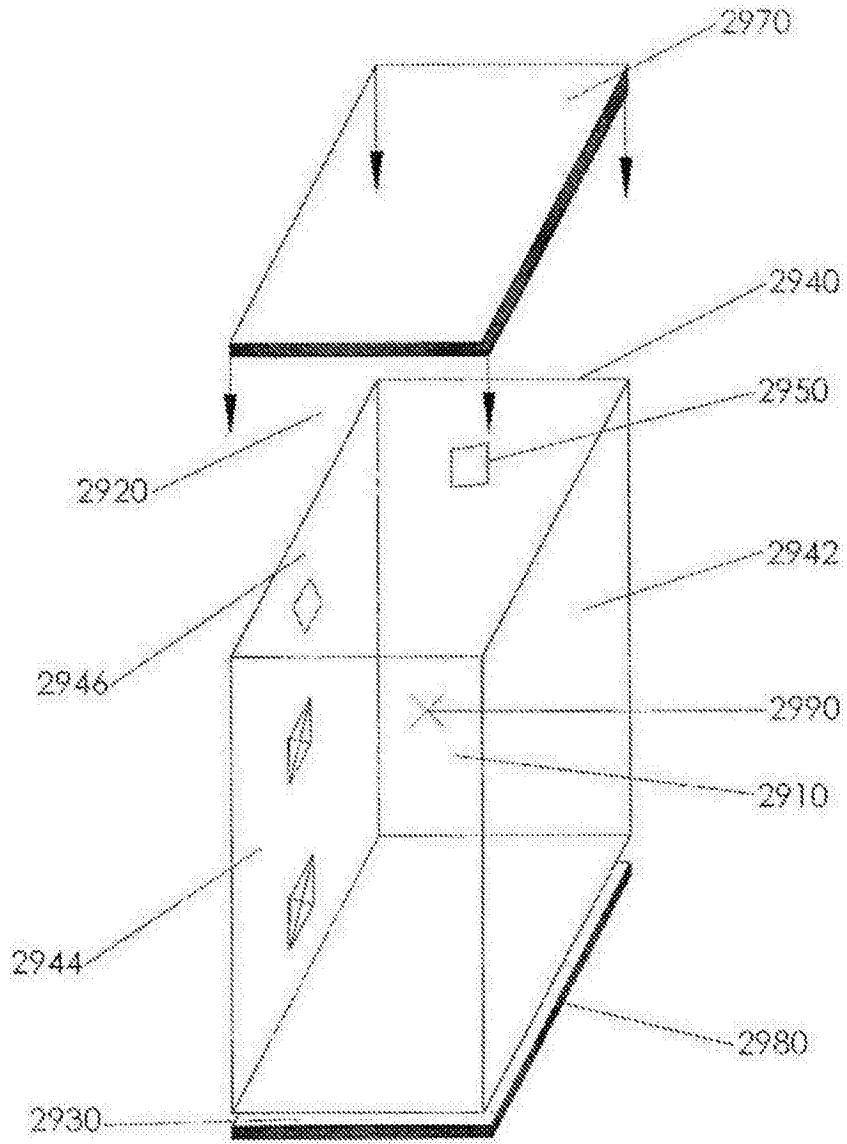


图29