(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118280972 A
(43)申请公布日 2024.07.02

(21)申请号 202410385230.8

(22)申请日 2020.03.17

(30)优先权数据
62/820,249 2019.03.18 US
62/831,699 2019.04.09 US
16/540,019 2019.08.13 US

(62)分案原申请数据
202080035454.6 2020.03.17

(71)申请人 普瑞光电股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州弗里蒙特大道46410号

(72)发明人 王刚 赵俊刚 李依群

(74)专利代理机构 深圳精智联合知识产权代理有限公司 44393
专利代理师 夏声平

(51)Int.Cl.
H01L 25/075(2006.01)
H01L 33/50(2010.01)
F21K 9/232(2016.01)
F21V 19/00(2006.01)
F21Y 115/10(2016.01)

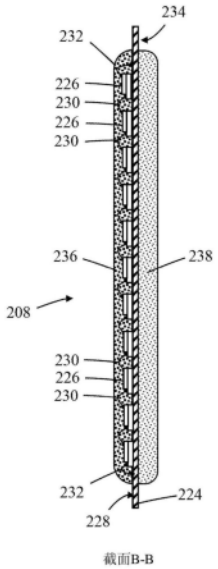
权利要求书2页 说明书19页 附图8页

(54)发明名称

LED灯丝和LED灯丝的灯具

(57)摘要

本发明提供一种LED灯丝,其包括:部分透光衬底;LED芯片阵列,其在所述衬底的正面上;第一宽带绿色到红色光致发光材料及第一窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其覆盖所述LED芯片阵列及所述衬底的所述正面;以及第二宽带绿色到红色光致发光材料,其覆盖所述衬底的背面。所述LED灯丝在所述衬底的所述背面上可不包括窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,或在所述衬底的所述背面上可包括第二窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其量高达所述衬底的所述背面上的总红色光致发光材料含量的5wt%。



截面B-B

CN 118280972 A

1.一种LED灯丝,其包括:

至少部分透光的衬底;

LED芯片阵列,其在所述衬底的正面上;

第一宽带绿色到红色光致发光材料及第一窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其覆盖LED芯片阵列及所述衬底的正面;以及

第二宽带绿色到红色光致发光材料,其覆盖所述衬底的背面。

2.根据权利要求1所述的LED灯丝,其在所述衬底的所述背面上不包括窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,或在所述衬底的所述背面上包括第二窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其量高达所述衬底的所述背面上的总红色光致发光材料含量的5wt%。

3.根据权利要求1或2所述的LED灯丝,其中所述衬底具有的透射率为2%到70%、30%到50%、10%到30%或者20%到100%。

4.根据权利要求1或2所述的LED灯丝,其包括包含所述窄带红色光致发光材料及所述第一宽带绿色到红色光致发光材料的混合物的层。

5.根据权利要求4所述的LED灯丝,其中所述层包括光散射材料的粒子。

6.根据权利要求1或2所述的LED灯丝,其包括第一层,所述第一层包括安置于所述LED芯片阵列上的所述第一窄带红色光致发光材料;及第二层,其包括安置于所述第一层上的所述第一宽带绿色到红色光致发光材料。

7.根据权利要求6所述的LED灯丝,其中所述第一层包括在所述LED芯片中的至少一者的至少主发光面上的均匀厚度层。

8.根据权利要求6所述的LED灯丝,其中所述第一层包括光散射材料的粒子。

9.根据权利要求1或2所述的LED灯丝,其中所述第一宽带绿色到红色光致发光材料包括第一宽带红色光致发光材料,且其中所述第一宽带红色光致发光材料相对于所述第一窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料及所述第一宽带红色光致发光材料的总量的含量比为至少20wt%。

10.根据权利要求1或2所述的LED灯丝,其中由所述LED芯片产生的总蓝光的至少70%、至少80%及至少90%中的至少一者在所述衬底的所述正面侧上。

11.根据权利要求1或2所述的LED灯丝,其中所述第一及第二窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料中的至少一者为以下中的至少一者:$K_2SiF_6:Mn^{4+}$、$K_2GeF_6:Mn^{4+}$、及$K_2TiF_6:Mn^{4+}$。

12.根据权利要求1或2所述的LED灯丝,其中所述第一宽带绿色到红色光致发光材料及所述第二宽带绿色到红色光致发光材料中的至少一者包括经稀土活化的红色光致发光材料。

13.根据权利要求12所述的LED灯丝,其中所述经稀土活化的红色光致发光材料为以下中的至少一者:基于氮化物的磷光体材料,其具有通用组成$AAlSiN_3:Eu^{2+}$,其中A为Ca、Sr或Ba中的至少一者;基于硫的磷光体材料,其具有通用组成$(Ca_{1-x}Sr_x)(Se_{1-y}S_y):Eu^{2+}$,其中$0\leq x\leq 1$及$0<y\leq 1$;以及基于硅酸盐的磷光体材料,其具有通用组成$(Ba_{1-x}Sr_x)_3SiO_5:Eu^{2+}$,其中$0\leq x\leq 1$。

14.根据权利要求1或2所述的LED灯丝,其中所述透光衬底包括选自由以下组成的群的材料:矾土、硅石、氧化镁、蓝宝石、石英玻璃、金刚石、氧化硅及其混合物。

15.一种LED灯丝,其包括:

部分透光衬底;

LED芯片阵列,其在所述衬底的正面上;

宽带绿色光致发光材料、宽带红色光致发光材料及窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其覆盖所述LED芯片阵列及所述衬底的所述正面;以及

其中所述宽带红色光致发光材料相对于所述窄带红色光致发光材料及宽带红色光致发光材料的总量的含量比为至少20wt%。

16.根据权利要求15所述的LED灯丝,其中所述宽带红色光致发光材料相对于所述窄带红色光致发光材料及宽带红色光致发光材料的总量的含量比为以下中的至少一者:至少30wt%;及至少40wt%。

17.根据权利要求15或16所述的LED灯丝,其包括第一层,所述第一层具有安置于所述LED芯片阵列上的所述窄带红色光致发光材料;以及第二层,其具有安置于所述第一层上的所述宽带绿色光致发光材料;且所述宽带红色光致发光材料处于以下中的至少一者中:所述第一层及所述第二层。

18.一种LED灯丝,其包括:

部分透光衬底;

LED芯片阵列,其在所述衬底的正面上;

第一光致发光层,其包括安置于所述LED芯片阵列上的第一窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料;以及

第二光致发光层,其包括安置于所述第一光致发光层上的第一宽带绿色到红色光致发光材料。

19.根据权利要求18所述的LED灯丝,其包括覆盖所述衬底的背面的第二宽带绿色到红色光致发光材料。

20.根据权利要求18所述的LED灯丝,其进一步包括第三光致发光层,其包括安置于所述衬底的所述背面上的第二窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料;及第四光致发光层,其包括安置于所述第三光致发光层上的第二宽带绿色到红色光致发光材料。

21.根据权利要求18到20中任一项所述的LED灯丝,其中所述衬底的透射率在20%到100%的范围内。

22.根据权利要求18到20中任一权利要求所述的LED灯丝,其中所述第一层包括至少在所述LED芯片中的至少一者的主发光面上的均匀厚度层。

23.根据权利要求18到20中任一权利要求所述的LED灯丝,其中所述第一光致发光层及所述第三光致发光层中的至少一者包括光散射材料的粒子。

LED灯丝和LED灯丝的灯具

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案主张2019年3月18日申请的标题为“光致发光层发光装置(PHOTOLUMINESCENCELAYERLIGHTEMITTINGDEVICE)”的美国临时申请案第62/820249号、2019年4月9日申请的标题为“LED灯丝及LED灯丝的灯具(LED-FILAMENTSANDLED-FILAMENTLAMPS)”的美国临时申请案第62/831699号及2019年8月13日申请的标题为“LED灯丝及LED灯丝的灯具(LED-FILAMENTSANDLED-FILAMENTLAMPS)”的美国实用申请案序列号16/540019的优先权,其中的各者特此以全文引用的方式并入。

技术领域

[0003] 本发明的实施例涉及LED灯丝及LED灯丝的灯具。更特定来说,尽管未排除,但本发明涉及产生通用显色只输CRI Ra为至少80的光的LED灯丝和LED灯丝的灯具。

背景技术

[0004] 发白光的LED(“白色LED”)包含一或多种光致发光材料(通常为无机磷光体材料),其吸收由LED发射的蓝光的一部分且重新发射不同颜色(波长)的光。与由磷光体发射的光合并的由LED产生的不由磷光体材料吸收的蓝光的部分提供对眼睛显示为白色的光。由于其长的预期使用寿命(>50000个小时)及高发光效率(100lm/W及更高),正快速使用白色LED以替换常规的荧光灯、紧凑型荧光灯及白炽灯。

[0005] 最近,已开发出LED灯丝的灯具,其包括视觉外观类似于传统白炽灯的灯丝的LED灯丝。通常为2英寸(52mm)长的LED灯丝包括玻璃上芯片(Chip-On-Glass;COG)装置,其具有安装在透光玻璃衬底的一个面上的低功率LED芯片阵列(多个)。用经磷光体浸染的囊封物(例如硅酮)涂布透光衬底的正面及背面。通常,磷光体包括绿色及红色发光磷光体的混合物,用于产生暖白光且提高由灯丝产生的光的通用显色指数(CRI Ra)。将经相同磷光体浸染的囊封物应用于衬底的两个面以确保灯丝在正向及反向方向上产生相同颜色的光。

[0006] 窄带红色磷光体例如经锰活化的氟化物磷光体(例如$K_2SiF_6:Mn^{4+}$(KSF)、$K_2TiF_6:Mn^{4+}$(KTF)、及$K_2GeF_6:Mn^{4+}$(KGF))具有极窄的红色光谱(用于其主要发射谱线的小于10nm的半高全宽),所述光谱使其高度适用于在通用照明应用中实现高亮度(比宽带红色磷光体(例如经铕活化的红色氮化物磷光体材料,例如CASN-$CaAlSiN_3:Eu$)更亮约25%)及高CRI Ra。尽管经锰活化的氟化物光致发光材料为高度需要的,但存在缺陷使其用于LED灯丝具有挑战性。举例来说,经锰活化的氟化物磷光体的吸收能力大致上低于(通常约为第十)目前用于LED灯丝中的经铕活化的红色氮化物磷光体材料的吸收能力。因此,为实现相同目标色点,经锰活化的氟化物磷光体的使用量通常可比相应的经铕活化的红色氮化物磷光体的使用量大5到20倍。由于经锰活化的氟化物磷光体比经铕活化的红色氮化物磷光体明显更贵(更贵至少五倍),磷光体使用量的增加显著增加制造成本。此外,与封装LED相比,由于在灯丝的各侧上需要等量的磷光体,这加倍了经锰活化的氟化物光致发光材料的使用量。由于更高使用率及更高成本,使用窄带经锰活化的氟化物红色磷光体对于LED灯丝过于昂贵。

[0007] 本发明的实施例涉及与LED灯丝及LED灯丝的灯具相关的改进,且特定地说,尽管未排除,但在不损害亮度及CRI Ra的情况下,经由新颖的磷光体封装结构来降低LED灯丝的制造成本以提高经锰活化的氟化物光致发光材料的蓝色吸收效率。

发明内容

[0008] 本发明的一些实施例涉及LED灯丝,其经配置以在远离安装有LED芯片的衬底的正面的正向方向上产生大部分(例如,总量的至少70%)的光,且在远离衬底的背面的反向方向上产生小部分的光。更特定来说,衬底及LED芯片经配置使得在衬底的正面侧上(从其发散)由蓝色LED芯片产生的总蓝色激发光的比例大致上比在相反背面侧上(从其发散)的蓝色激发光更多(例如,总量的至少70%)。此种配置能够在衬底的正面上仅使用更高亮度窄带红色磷光体,且在衬底的背面上使用除经锰活化的氟化物磷光体以外的不太昂贵的红色磷光体(“未经锰活化的氟化物光致发光材料”也称为宽带红色光致发光材料),同时仍大致上提供在两个面上使用窄带经锰活化的氟化物的大部分优良亮度益处,但仅使用窄带红色光致发光材料的数量的一半(50重量%)。将这与在衬底的正面及背面上使用相同光致发光材料的已知LED灯丝进行对比以确保在正向及反向方向上的均匀颜色发射。根据本发明,可通过例如使用:(i)部分透光衬底,(ii)LED芯片,其在正向/向上方向上从顶面产生比在反向/向下方向上从朝向衬底的底面(基座)更多的光,(iii)在LED芯片或其组合中的一或多者的基座上提供反射器或部分反射器,以上述方式配置LED灯丝。本发明发现使用至少部分透光衬底的LED灯丝的特定效用。

[0009] 在一些实施例中,LED灯丝包括部分透光衬底,其在衬底的正面上具有LED芯片阵列;窄带红色及第一宽带绿色到红色光致发光材料,其安置于衬底的正面及LED芯片阵列上且将其覆盖;以及第二宽带绿色到红色光致发光材料,其覆盖衬底的相对背面,仅小数量(小于5wt%)或无窄带光致发光材料存在于背面上。窄带及宽带红色光致发光材料通常具有不同的晶体结构-即覆盖正面的红色光致发光材料具有与覆盖背面的红色光致发光材料不同的晶体结构。在一实施例中,窄带红色光致发光材料包括经锰活化的氟化物光致发光材料(例如,KSF),且宽带红色光致发光材料包括经稀土活化的红色光致发光材料,例如CASN。在本专利说明书中,“宽带红色光致发光材料(broad-bandredphotoluminescencematerial”及“未经锰活化的氟化物光致发光材料(nonmanganese-activatedfluoridephotoluminescencematerial)”表示红色光致发光材料,其晶体结构为除经锰活化的氟化物红色光致发光材料以外的晶体结构,例如经稀土活化的红色光致发光材料,其包含(例如)基于发红色光的氮化物的磷光体、第IIA/IIB族硒化物硫化物或基于硅酸盐的光致发光(磷光体)材料。

[0010] 根据一实施例,LED灯丝包括:部分透光衬底;LED芯片阵列,其安装在所述衬底的正面上;第一宽带绿色到红色光致发光材料及第一窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其覆盖所述LED芯片阵列及所述衬底的正面;以及第二宽带绿色到红色光致发光材料,其覆盖所述衬底的背面。本发明人已发现,通过仅在衬底的正面上提供窄带经锰活化的氟化物红色光致发光且在衬底的背面上提供不太昂贵的第二宽带光致发光材料,大致上提供相同的亮度增加益处,但仅使用经锰活化的氟化物光致发光材料的数量的一半(50重量%)。在实施例中,LED灯丝在衬底的背面上可不包括(即0wt%)窄带经锰活化的氟化物红

色光致发光材料,或在衬底的背面上可包括第二窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其量高达所述衬底的所述背面上的总红色光致发光材料含量的5wt%。

[0011] 在实施例中,衬底具有以下中的至少一者的透射率:2%到70%、30%到50%及10%到30%。在实施例中,由LED芯片产生的总蓝光的至少70%、至少80%及至少90%中的至少一者在衬底的正面侧上。在本发明的实施例中,由于衬底为仅部分透光且/或LED芯片具有覆盖其基座的反射器,与衬底的背面侧上相比,由蓝色LED芯片产生的更大比例的总蓝色激发光将在衬底的正面侧上(从其发散)。应了解,即使当LED芯片在正向(即远离衬底的正面)及反向(即朝向衬底正面)方向上产生等量的蓝色激发光时,这为真实的,这是因为衬底将允许通过仅一部分蓝色激发光以通过且反射剩余部分,从而在衬底的正面侧上产生更大比例的蓝色激发光。由于在衬底的相对面上的总蓝色激发光的比例的此种差异,其能够在衬底的背面上使用不太昂贵的宽带红色光致发光材料(例如,CASN),由此显著降低成本同时增加亮度

[0012] LED灯丝可包括单层结构,其包括包含窄带红色光致发光材料及第一宽带绿色到红色光致发光材料的混合物的层。为进一步减少窄带红色光致发光材料使用,层可进一步包括光散射材料的粒子,例如氧化锌;二氧化硅;二氧化钛;氧化镁;硫酸钡;氧化铝及其组合的粒子。由于包括于相同层中的不同的光致发光材料,单层结构可更稳固且还提高制造的简易性。由于存在较少的涉及形成单层结构的步骤,这可减少制造成本及时间,且还帮助在制造期间根除误差。

[0013] 替代地,为了进一步提高窄带红色光致发光材料的蓝色吸收效率,LED灯丝可包括双层结构,其中窄带红色光致发光材料位于与宽带绿色到红色光致发光材料的分隔层,其中所述分隔层以例如大致上保形涂层的形式安置于LED芯片的顶部上。在此类实施例中,LED灯丝可包括第一层,其包括安置于LED芯片阵列上的第一窄带红色光致发光材料;及第二层,其包括安置于第一层上的第一宽带绿色到红色光致发光材料。在实施例中,第一层可包括在LED芯片中的至少一者的至少主发光面上的均匀厚度层(膜),即LED灯丝包括芯片级封装(ChipScalePackaged;CSP)LED,其含有窄带红色光致发光材料。第一层可在LED芯片的所有发光面上包括呈保形涂层的形式的均匀厚度层。为进一步减少窄带红色光致发光材料使用,第一层可进一步包括光散射材料的粒子,例如氧化锌;二氧化硅;二氧化钛;氧化镁;硫酸钡;氧化铝及其组合的粒子。本发明人已发现,与包括单层结构的LED灯丝相比,双层结构可在经锰活化的氟化物红色光致发光材料使用中提供进一步显著减少,至多减少80重量%。与在正面及背面上具有经锰活化的氟化物红色光致发光材料的已知LED灯丝相比,双层结构可在经锰活化的氟化物红色光致发光材料使用中提供90重量%减少。通过在相应层中提供安置于LED芯片阵列上的窄带红色光致发光材料,这增加十分邻近于LED芯片的窄带红色光致发光材料的浓度且提高窄带红色光致发光材料的蓝色吸收效率,由此减少窄带红色光致发光材料使用。

[0014] 在实施例中,当所述第一宽带绿色到红色光致发光材料包括第一宽带红色光致发光材料时,第一宽带红色光致发光材料相对于第一窄带红色光致发光材料及第一宽带红色光致发光材料的总量的含量比为以下中的至少一者:至少20wt%;至少30wt%;至少40wt%;及在约20wt%到小于60wt%的范围内。

[0015] 窄带红色光致发光材料(例如经锰活化的氟化物红色光致发光材料)可具有在

630nm到633nm的范围内的峰值发射波长,且可包括以下中的至少一者:$K_2SiF_6:Mn^{4+}$、$K_2GeF_6:Mn^{4+}$、及$K_2TiF_6:Mn^{4+}$。

[0016] 第一宽带绿色到红色光致发光材料及第二宽带绿色到红色光致发光材料中的至少一者可包括经稀土活化的红色光致发光材料。经稀土活化的红色光致发光材料可具有在620nm到650nm的范围内的峰值发射波长,且可包括以下中的至少一者:基于氮化物的磷光体材料,其具有通用组成$AAlSiN_3:Eu^{2+}$,其中A为Ca、Sr或Ba中的至少一者;基于硫的磷光体材料,其具有通用组成$(Ca_{1-x}Sr_x)(Se_{1-y}S_y):Eu^{2+}$,其中$0\leq x\leq 1$及$0<y\leq 1$;以及基于硅酸盐的磷光体材料,其具有通用组成$(Ba_{1-x}Sr_x)_3SiO_5:Eu^{2+}$,其中$0\leq x\leq 1$。

[0017] 在实施例中,第一宽带绿色到红色光致发光材料包括第一宽带绿色光致发光材料且第二宽带绿色到红色光致发光材料包括第二宽带绿色光致发光材料。第一宽带绿色光致发光材料可具有在530nm到550nm的范围内的峰值发射波长,而第二宽带绿色光致发光材料可具有在520nm到540nm的范围内的峰值发射波长。第一及/或第二宽带绿色光致发光材料可包括经铈活化的石榴石磷光体,其具有通用组成$(Lu_{1-x}Y_x)_3(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}:Ce$,其中$0\leq x\leq 1$及$0\leq y\leq 1$

[0018] 部分透光衬底可包括选自由以下组成的群的材料:矾土、硅石、氧化镁、蓝宝石、石英玻璃、金刚石、氧化硅及其混合物。

[0019] LED灯丝可用于产生相关色温为2700K到6500K的白光。LED灯丝可用于产生通用显色指数CRI Ra为至少80且任选地为至少90的白光。

[0020] 根据其它实施例,LED灯丝包括:部分透光衬底;LED芯片阵列,其安装在所述衬底的正面上;宽带绿色光致发光材料、宽带红色光致发光材料及窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其覆盖所述LED芯片阵列及所述衬底的正面;且其中所述宽带红色光致发光材料相对于所述窄带红色光致发光材料及宽带红色光致发光材料的总量的含量比为至少20wt%。在实施例中,所述宽带红色光致发光材料相对于所述窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料及宽带红色光致发光材料的总量的含量比为以下中的至少一者:至少30wt%;及至少40wt%。

[0021] 在实施例中,LED灯丝可包括第一层,其具有安置于LED芯片阵列上的窄带红色光致发光材料;以及第二层,其具有安置于第一层上的宽带绿色光致发光材料;且宽带红色光致发光材料处于以下中的至少一者中:第一层及第二层。

[0022] 在其它实施例中,LED灯丝可在衬底的正面及背面上包括双层结构,故称“双面双层”结构。

[0023] 根据实施例,LED灯丝包括:部分透光衬底;LED芯片阵列,其在所述衬底的正面上;第一光致发光层,其包括安置于所述LED芯片阵列上的第一窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料;第二光致发光层,其包括安置于所述第一光致发光层上的第一宽带绿色到红色光致发光材料。

[0024] 在实施例中,LED灯丝可包括覆盖衬底的背面的第二宽带绿色到红色光致发光材料。在其它实施例中,LED灯丝可包括第三光致发光层,其包括安置于衬底的背面上的第二窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料;及第四光致发光层,其包括安置于第三光致发光层上的第二宽带绿色到红色光致发光材料。在实施例中,第一层可包括在LED芯片中的至少一者的至少主发光面上的均匀厚度层(膜),即LED灯丝包括芯片级封装(CSP)LED,其含有

窄带红色光致发光材料。第一层可在LED芯片的所有发光面上包括呈保形涂层的形式的均匀厚度层。为了减少窄带红色光致发光材料使用,第一光致发光层及第三光致发光层中的至少一者进一步包括选自包括以下的群的光散射材料的粒子:氧化锌;二氧化硅;二氧化钛;氧化镁;硫酸钡;氧化铝;及其组合。本发明人已发现,与在衬底的正面及背面上包括窄带及宽带红色光致发光材料的已知LED灯丝相比,此种双面双层结构可显著减少(对于透射率为100%的衬底,减少多达80重量%)窄带红色光致发光材料的使用量。在此类实施例中,衬底可具有在20%到100%的范围内的透射率。

[0025] 根据其它实施例,LED灯丝包括:部分透光衬底;LED芯片阵列,其在衬底的正面上;第一宽带绿色到红色光致发光材料及窄带经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其覆盖LED芯片阵列及衬底的正面;以及第二宽带绿色到红色光致发光材料,其覆盖衬底的背面,其中由LED芯片产生的总蓝光的至少70%在衬底的正面侧上。

[0026] 根据本发明的一方面,LED灯丝的灯具包括:透光包壳;及至少一个如本文中所描述的LED灯丝。

附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0028] 图1A及1B分别说明根据本发明的一实施例的四个LED灯丝A-系列(A19)灯具的部分横截面A-A侧视图及平面视图;

[0029] 图2A、2B及2C分别说明根据本发明的一实施例用于图1A及1B的灯具中的单层LED灯丝的示意性横截面B-B侧视图、部分剖视平面图及横截面C-C端视图;

[0030] 图3A及3B分别为在正向及反向方向上展示其发光特征的LED芯片的示意性图示及表明存在于衬底的正面侧及背面侧的蓝色激发光的分布的LED芯片及衬底的示意性分解图示;

[0031] 图4A及4B为根据本发明的实施例的双层LED灯丝的示意性横截面端视图;

[0032] 图5A及5B为根据本发明的实施例的双面双层LED灯丝的示意性横截面端视图;以及

[0033] 图6为根据本发明的一实施例的LED灯丝的示意性横截面端视图。

具体实施方式

[0034] 现在将参看附图详细地描述本发明的实施例,所述附图提供为本发明的说明性实例从而使所属领域的技术人员能够实践本发明。值得注意地,以下附图及实例并不意指将本发明的范围限于单一实施例,而是借助于所描述或所说明元件中的一些或全部的互换使其它实施例为可能的。此外,在可使用已知组件来部分或完全地实施本发明的某些元件时,仅将描述理解本发明所必要的此类已知组件的那些部分,且将省略此类已知组件的其它部分的详细描述以免混淆本发明。在本说明书中,展示单数组件的实施例不应视为限制性的;实情为,除非本文中另有明确陈述,否则本发明意欲涵盖包含多个相同组件的其它实施例,

且反之亦然。此外,除非如此明确阐述,否则申请人不意欲使本说明书或权利要求书中的任何术语归结于不常见或特定涵义。此外,本发明涵盖本文中借助于说明提及的已知组件的当前及未来已知等效物。图1A及1B分别说明根据本发明的一实施例所形成的LED灯丝A-系列灯具(灯泡)100的贯穿A-A的部分横截面侧视图及部分剖视平面视图。LED灯丝的灯具(灯泡)100意欲为传统白炽A19灯泡的节能替代物,且可经配置以产生550lm的光,其相关色温(CCT)为2700K且通用显色指数CRI Ra为至少80。LED灯丝的灯具经标称额定为4W。众所周知,A系列灯具为最常见灯具类型且A19灯具在其最宽点为23/8英寸(19/8英寸)宽且长度为约43/8英寸。

[0035] LED灯丝的灯具100包括连接器基座102、透光包壳104;LED灯丝支架106及四个LED灯丝108a、108b、108c、108d。

[0036] 在一些实施例中,LED灯丝的灯具100可经配置用于在如北美所使用的110V(r.m.s.)AC(60Hz)主电源下运作。举例来说且如所说明,LED灯丝的灯具100可包括E26(φ26mm)连接器基座(Edison螺旋灯基座)102,其能够使用标准电照明螺旋插座将灯具直接连接到主电源。应了解,视预期应用而定,可使用其它连接器基座,例如在英国(UnitedKingdom)、爱尔兰(Ireland)、澳大利亚(Australia)、纽西兰(NewZealand)及大英国协(BritishCommonwealth)各地区常用的双接点卡口连接器(即B22d或BC)或如在欧洲(Europe)所使用的E27(φ27mm)螺旋基座(Edison螺旋灯基座)。连接器基座102可容纳用于运作LED灯丝的灯具的整流器或其它驱动电路(未展示)。

[0037] 将透光包壳104附接到连接器102。透光包壳104及LED灯丝支架106可包括玻璃。包壳104界定LED灯丝108a到108d位于其中的密封容积110。包壳104可额外并入或包含光扩散(散射)材料层,所述材料例如氧化锌(ZnO)、二氧化钛(TiO_2)、硫酸钡($BaSO_4$)、氧化镁(MgO)、二氧化硅(SiO_2)或氧化铝(Al_2O_3)的粒子。

[0038] 形式为直线形(条带或细长形)的LED灯丝108a到108d经定向使得其伸长方向大体平行于灯具100的轴线112。在此实施例中,LED灯丝108a到108d围绕玻璃灯丝支架106沿圆周等距间隔开(图1B),但应了解,在其它实施例中,LED灯丝可不围绕玻璃支架等距间隔开。远离连接器基座102的各LED灯丝108a到108d的第一端上的第一电接点114a到114d经电学地且机械地连接到第一导电线116,所述第一导电线116沿LED灯丝支架106的轴线向下传递到连接器基座102。接近连接器基座102的各LED灯丝108a到108d的第二端上的第二电接点118a到118d经电学地及机械地连接到第二导电线120,所述第二导电线120经由LED灯丝支架106的基座部分122传递到连接器基座102。如所说明,LED灯丝108a到108d可并联电连接。

[0039] 现在参看图2A、2B及2C描述根据本发明的一实施例的LED灯丝,所述图分别展示单层LED灯丝208的贯穿B-B的横截面侧视图、部分剖视平面图及横截面C-C端视图。在整个本说明书中,图号在前的相同附图标号用于表示相同部件。LED灯丝208包括部分透光衬底224,其具有直接安装到正(第一)面228的发蓝光(465nm)的未封装LED芯片(裸片)阵列226(多个)。通常,各LED灯丝的总标称功率为约0.7到1W。

[0040] 衬底224可在衬底224的第一及第二端处的正面228上进一步包括相应电接点214、218,用于电连接到导电线116、120(图1A)中的相应者以提供电力来运作LED灯丝。电接点214、218可包括铜、银或其它金属或透明的电导体,例如氧化铟锡(indiumtinoxide;ITO)。在实施例中,所说明的衬底224为平面状且具有细长形式(条带),其中LED芯片226经配置为

线性阵列(串)且沿衬底的长度(伸长方向)等距间隔开。如图2A及2B中所指示,LED芯片226可通过邻近于串的LED芯片之间的接合线230及衬底的末端处的LED芯片与其相应电接点214、218之间的线接合232来串联电连接。

[0041] 当LED灯丝208用作节能灯泡的一部分时,细长形配置通常为优选的,这是因为装置的外观及发光特征更接近地类似于白炽灯泡的传统灯丝。应注意,LED芯片226未封装且从其顶面及底面(基座)发射光,其中LED芯片的底表面直接安装于衬底224上。

[0042] 根据本发明,透光衬底224可包括部分透光且优选地具有2%到70%的可见光透射率(98%到30%的反射率)的任何材料。衬底可包括玻璃、陶瓷材料或塑料材料,例如聚丙烯、硅酮或丙烯酸。通常,在实施例中,透光衬底包括由透射率为约40%的矾土组成的多孔陶瓷衬底。为帮助消散由LED芯片226产生的热量,衬底224可不仅为透光的,而且还可为导热性以帮助消散由LED芯片产生的热量。适合的导热性透光材料的实例包含:氧化镁、蓝宝石、氧化铝、石英玻璃及金刚石。导热衬底的透射率可通过使衬底变薄而增加。为增加机械强度,衬底可包括层压结构,其中导热层安装在透光支架(例如玻璃或塑料材料)上。为进一步有助于消散热量,玻璃包壳104(图1A)内的容积110(图1A)优选地填充有导热气体,例如氦气、氢气或其混合物。

[0043] 根据本发明的实施例,LED灯丝208进一步包括第一光致发光波长转换材料236,其应用于LED芯片226及衬底224的正面228且将其覆盖;及不同的第二光致发光波长转换材料238,其应用于衬底224的第二背(相对)面234且将其覆盖。将第一光致发光波长转换材料236直接应用于LED芯片226且以囊封层形式覆盖衬底的正面。

[0044] 根据本发明,第一光致发光波长转换材料236包括第一宽带绿色光致发光材料(峰值发射波长在520nm到560nm(优选地为540nm到545nm)的范围内)、第一宽带红色光致发光材料(峰值发射波长在620nm到650nm的范围内)及窄带红色光致发光材料(典型地为经锰活化的氟化物磷光体)的混合物。总体来说,第一宽带绿色及红色光致发光材料将称为第一宽带绿色到红色光致发光材料。由于在此实施例中窄带红色及宽带绿色到红色光致发光材料作为混合物提供于单层中,LED灯丝将称为“单层”结构化灯丝。

[0045] 第二光致发光波长转换材料238包括仅第二宽带绿色光致发光材料(峰值发射波长在520nm到560nm(优选地为520nm到540nm)的范围内)及第二宽带红色(未经锰活化的氟化物)光致发光材料(峰值发射波长在620nm到650nm的范围内)的混合物。总体来说,第二宽带绿色及红色光致发光材料将称为第二宽带绿色到红色光致发光材料。

[0046] 相比之下,在已知的LED灯丝中,将相同光致发光材料组合物(窄带及宽带红色光致发光材料)提供于灯丝的正面及背面上。下文论述适合的宽带绿色光致发光材料、窄带红色光致发光材料及宽带红色光致发光材料。

[0047] 在图2A及2B中所说明的实施例中,第一光致发光转换材料236及第二光致发光转换材料238构成为包括宽带绿色及红色光致发光材料的混合物的单层。

[0048] 在操作中,由LED芯片226产生的蓝色激发光激发发绿光及发红光的光致发光材料以产生绿光及红光。颜色呈现为白色的LED灯丝208的发光产物包括经合并的光致发光及未经转换的蓝色LED光。由于光致发光产生过程为各向同性的,所以磷光体光在所有方向上同等地产生,且在朝向衬底224的方向上发出的光可穿过衬底且从LED灯丝208的背面发射。应了解,使用部分透光衬底224能够使LED灯丝实现发光特征,其中光在远离衬底的正面228及

背面234的方向上发射出。此外，光散射材料的粒子可与磷光体材料合并以减少产生给定发光产物颜色所需的磷光体的数量。

[0049] 图3A为在正向/向上方向340及反向/向下方向342上展示其发光特征的LED芯片326的示意性图示，且图3B为表明衬底324的对面侧328及334上的蓝色激发光的分布的LED芯片326及部分透光衬底324的示意性分解图示。

[0050] 参看图3A且假设蓝色LED芯片326从其顶表面344及其基座346发射等量的蓝光，接着在远离衬底的正面的正向方向340上发射由LED芯片产生的总蓝光的50％，且在朝向衬底的正面的反向方向342上发射由LED芯片产生的总蓝光的50％。参看图3B且假设部分透光衬底324的透射率为40％且反射率为60％，仅40％的蓝光342(即由蓝色LED芯片346产生的总蓝光的20％)将穿过衬底324且残余蓝光346将从衬底324的背面侧334发散。剩余60％的蓝光342(即由蓝色LED芯片产生的总蓝光的30％)将在正向方向上由衬底324反射且从衬底的正面侧328发散。应了解，净效果为由蓝色LED芯片348产生的总蓝光的大约80％将在衬底的正面侧上(从其发散)，且由蓝色LED芯片348产生的总蓝光的仅20％将在衬底的背面侧上(从其发散)。明显地，当光致发光材料存在时，这些附图可因通过光致发光材料来散射蓝光而变化。如上文所描述，通过将存在于衬底的正面侧的由蓝色LED芯片产生的总蓝色激发光的比例配置为比在相对背面侧大致上更大(通常为总量的至少70％)，这使得能够仅在衬底的正面上使用更高亮度的经锰活化的氟化物磷光体，且在衬底的背面上使用较不昂贵的未经锰活化的氟化物磷光体，同时仍提供大致上大部分的亮度增加益处但仅使用一半(50重量％)经锰活化的氟化物光致发光材料的数量。表1列出衬底透射率/反射率对衬底的正面及背面侧上(从其发散)的总蓝色激发光的比例及LED灯丝的相对整体亮度的影响。数据假设各蓝色LED芯片在正向及反向方向上产生等量的蓝色激发光。整体相对亮度与在衬底的正面及背面上具有CASN的已知LED灯丝相关。针对比较，在衬底的两个面上具有KSF的LED灯丝的相对亮度为120％，但尽管应了解使用的KSF量为本发明的LED灯丝的两倍。

[0051]

表 1

衬底透射率/反射率对衬底的正面及背面侧上的蓝色激发光的比例及 LED 灯丝亮度的影响

衬底		总蓝色激发光的%：		LED 灯丝
透射率 (%)	反射率 (%)	衬底的正面侧	衬底的背面侧	亮度 (%)
5	95	97.5	2.5	124.4
10	90	95.0	5.0	123.8
20	80	90.0	10.0	122.5
40	60	80.0	20.0	120.0
50	50	75.0	25.0	118.8
60	40	70.0	30.0	117.5
70	30	65.0	35.0	116.3

[0052] 图4A及4B为根据本发明的实施例的双层LED灯丝408的示意性横截面端视图。在这些实施例中，覆盖LED芯片的第一光致发光波长转换材料436包括“双层结构”，其包括分别含有窄带红色及第一宽带绿色到红色光致发光材料的第一光致发光层450及第二光致发光层452。如图4A及4B中所说明，将含有窄带红色光致发光材料的第一光致发光层450安置于

LED芯片426上且将其覆盖,且将含有第一宽带绿色到红色光致发光材料(即第一宽带绿色及第一宽带红色光致发光材料)的第二光致发光层452安置于第一光致发光层450上且将其覆盖(即第一光致发光层450比第二光致发光层更接近LED芯片)。

[0053] 可通过首先将第一光致发光层450沉积到LED芯片426上且接着将第二光致发光层452沉积于第一光致发光层450上来制造图4A的双层LED灯丝。如所说明,第一光致发光层450可具有轮廓通常为半圆形的横截面。

[0054] 在图4B的双层LED灯丝中,第一光致发光层450包括施加到各个LED芯片的发光面的均匀厚度涂层。在其发光面上具有磷光体的均匀厚度层(膜)的LED芯片通常称为芯片级封装(CSP)LED。如图4B中所说明,LED芯片426具有施加到顶部发光面及四个发光侧面且呈保形涂层形式的均匀厚度层。在实施例(未展示)中,LED芯片426具有仅施加到主(顶部)发光面的均匀厚度的第一光致发光层450。可通过首先例如使用包括窄带红色光致发光材料的均匀厚度(通常为20μm到300μm)的光致发光膜将第一光致发光层450施加到单个LED芯片426的至少主发光面来制造双层LED灯丝。接着将LED芯片426安装在衬底424上,且接着将第二光致发光层452沉积以覆盖衬底及LED芯片。与图4A的双层LED灯丝相比,均匀厚度涂层可为优选的,这是因为其尽可能地接近LED芯片来集中所有窄带红色光致发光材料,且确保无论层内的物理位置如何,所有窄带红色光致发光材料暴露于大致上相同的激发光光子密度。此种布置可最大化窄带红色光致发光材料使用的减少。

[0055] 本发明人已发现,与其中窄带红色及宽带绿色光致发光材料在单层中包括混合物的LED灯丝相比,发现提供窄带红色光致发光材料作为相应单独层450(双层结构)进一步显著减少(至多进一步减少80重量%)窄带红色光致发光材料的使用量(图2C)。此外,与其中窄带红色光致发光材料提供于衬底的两个面上的已知LED灯丝相比,双层结构化LED灯丝将窄带红色光致发光材料的使用量减少了多达90重量%。

[0056] 据信,此使用量减少的原因在于,在光致发光材料236包括单个光致发光层的LED灯丝(图2C)中,所述光致发光层包括窄带红色光致发光材料及宽带绿色到红色光致发光材料的混合物,光致发光材料具有相同的蓝色激发光曝光。由于窄带红色光致发光材料(尤其为经锰活化的氟化物光致发光材料)具有比宽带绿色光致发光材料低许多的蓝光吸收能力,所以需要更大量的窄带红色光致发光材料以将足够的蓝光转换为所需红光发射。相比之下,在图4A及4B的LED灯丝408中,其单独的相应层450中的窄带红色光致发光材料分别暴露于蓝色激发光;因此,更多的蓝色激发光可由窄带红色光致发光材料吸收,且剩余的蓝色激发光可穿透到含有宽带绿色到红色光致发光材料的第二光致发光层452。有利地,在此结构中,窄带红色光致发光材料可更有效地将蓝色激发光转换为红光发射,而不会与绿色到红色光致发光材料竞争。因此,与包括单层(其包括光致发光材料的混合物)的LED灯丝相比,实现目标色点所需的窄带红色光致发光材料的量(使用率)可减少。

[0057] 图5A及5B为根据本发明的实施例的双面双层LED灯丝508的示意性横截面端视图。在这些实施例中,覆盖衬底的正面及背面的第一光致发光波长转换材料536及第二光致发光材料538皆包括“双层”结构。在衬底的正面上,覆盖LED芯片的第一光致发光材料536包括第一光致发光层550及第二光致发光层552,其分别含有第一窄带红色及第一宽带绿色到红色光致发光材料。如所说明,将含有第一窄带红色光致发光材料的第一光致发光层550安置于LED芯片526上且将其覆盖,且将含有第一宽带绿色到红色光致发光材料的第二光致发光

层552安置于第一光致发光层550上且将其覆盖(即第一光致发光层550比第二光致发光层更接近LED芯片)。在衬底的背面上,覆盖衬底524的背面的第二光致发光材料538包括第三光致发光层554及第四光致发光层556,其分别含有第二窄带红色及第二宽带绿色到红色光致发光材料。如所说明,将含有第二窄带红色光致发光材料的第三光致发光层554安置于与LED芯片526相对应的衬底的一部分上且将其覆盖,且将含有第二宽带绿色到红色光致发光材料的第四光致发光层556安置于第三光致发光层554上且将其覆盖(即第三光致发光层554比第四光致发光层更接近衬底的背面)。

[0058] 可通过首先将第一光致发光层550沉积到LED芯片526上且接着将第二光致发光层552沉积于第一光致发光层550上来制造图5A的双层双面LED灯丝。如所说明,第一光致发光层550可具有轮廓通常为半圆形的横截面。将第三光致发光层554沉积于与LED芯片526相对应的衬底的背面上,例如作为条带,且接着将第四光致发光层556沉积于第三光致发光层554上且将其覆盖。如所说明,第三光致发光层554可具有轮廓通常为半圆形的横截面。

[0059] 在图5B的双层双面LED灯丝中,第一光致发光层550包括施加到单个LED芯片的至少主发光面的均匀厚度层,即LED灯丝包括CSPLED。如图5B中所说明,LED芯片526具有施加到顶部发光面及四个发光侧面且呈保形涂层形式的均匀厚度层。在实施例(未展示)中,LED芯片526具有仅施加到主(顶部)发光面的均匀厚度的第一光致发光层550。可通过首先例如使用包括窄带红色光致发光材料的均匀厚度(通常为20μm到300μm)的光致发光膜将第一光致发光层550施加到单个LED芯片526的至少主发光面来制造双层LED灯丝。接着将LED芯片526安装在衬底524上,且接着将第二光致发光层552沉积以覆盖衬底及LED芯片。将第三光致发光层554沉积于与LED芯片526相对应的衬底的背面上,例如作为条带,且接着将第四光致发光层556沉积于第三光致发光层554上且将其覆盖。

[0060] 本发明人已发现,与正面及背面上包括窄带及宽带红色光致发光材料的已知LED灯丝相比,具有双面双层结构的LED灯丝可显著减少(对于透射率为100%的衬底,减少多达80重量%)窄带红色光致发光材料的使用量。

[0061] 图6为根据本发明的一实施例的LED灯丝608的示意性横截面端视图。在此实施例中,LED芯片624中的一或多者在其基座上具有反射器660。反射器660减少从LED芯片626的基座发射的蓝光,且在正向/向上方向上反射此类光。反射器可具有100%光反射性或部分光反射性。应了解,本发明预期本文中所公开的其它实施例还可包含LED芯片的基座上的反射器。

[0062] 在本发明的各种实施例中,且为了减少光致发光材料使用,尤其为了进一步减少窄带红色光致发光材料使用,LED灯丝可进一步包括光散射材料的粒子,例如氧化锌(ZnO)、二氧化钛(TiO_2)、硫酸钡($BaSO_4$)、氧化镁(MgO)、二氧化硅(SiO_2)、氧化铝(Al_2O_3)、二氧化锆(ZrO_2)或其混合物的粒子。光散射材料的粒子可作为与光致发光材料中的任一者的混合物及/或与光致发光材料层接触的单独层中提供。优选地,将光散射材料的粒子与窄带红色光致发光材料合并以进一步减少窄带红色光致发光使用。举例来说,对于单层结构化LED灯丝,光散射材料的粒子可作为第一宽带绿色到红色光致发光材料及窄带红色光致发光材料的混合物的部分并入于第一光致发光波长转换材料236中(图2C)。对于双层结构化LED灯丝,光散射材料的粒子可作为与窄带红色光致发光材料的混合物合并于第一光致发光层450中(图4)。对于双面双层LED灯丝,光散射材料的粒子可作为与窄带红色光致发光材料的

混合物合并于第一光致发光层550及/或第三光致发光层554中(图5)。

[0063] 替代地及/或此外,光散射材料的粒子可提供于与含有窄带红色光致发光材料的层接触的单独层中,以进一步减少窄带红色光致发光使用。

[0064] 光散射材料的粒子与光致发光材料的夹杂增加生成激发光的LED与光致发光材料的粒子的碰撞次数,从而增强光致发光产生,其减少光致发光材料使用量。据信,平均每10,000个光子与光致发光材料的交互作用中仅有1个导致光致发光的吸收及产生。大多数(约99.99%)光子与光致发光材料粒子的交互作用导致光子散射。由于光散射材料的夹杂增加碰撞次数,所以这增加光致发光产生的概率,其减少光致发光材料使用量以产生所选择的发射强度。

[0065] 宽带绿色光致发光材料

[0066] 在本专利说明书中,宽带绿色光致发光材料是指产生峰值发射波长(λ_{pe})在约520nm到约560nm的范围内的光的材料,所述光在可见光谱的黄色/绿色到绿色区域中。优选地,绿色光致发光材料具有较宽的发光特征且优选地具有约50nm与约120nm之间的半高全宽(FullWidthHalfMaximum;FWHM)。绿色光致发光材料可包括任何光致发光材料,例如基于石榴石的无机磷光体材料、硅酸盐磷光体材料及氮氧化物磷光体材料。适合的绿色磷光体的实例在表2中给出。

[0067] 在一些实施例中,绿色光致发光材料包括具有通用组成$Y_3(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}$:Ce(YAG)的经铈活化的钇铝石榴石磷光体,其中0<y<1,例如来自IntematixCorporation,FremontCalifornia,USA的YAG系列磷光体,其峰值发射波长在520nm到543nm的范围内且FWHM为约120nm。在本专利说明书中,符号YAG#代表磷光体类型-基于YAG的磷光体-后接以纳米为单位的峰值发射波长(#)。举例来说,YAG535表示峰值发射波长为535nm的YAG磷光体。绿色光致发光材料可包括具有通用组成(Y,Ba)3(Al,Ga)$_5O_{12}$:Ce(YAG)的经铈活化的钇铝石榴石磷光体,例如来自IntematixCorporation,FremontCalifornia,USA的GNYAG系列磷光体。在一些实施例中,绿色光致发光材料可包括具有通用组成$Lu_3Al_5O_{12}$:Ce(GAL)的铝酸盐(LuAG)磷光体。此类磷光体的实例包含例如来自IntematixCorporation,FremontCalifornia,USA的GAL系列磷光体,其峰值发射波长为516nm到560nm且FWHM为约120nm。在本专利说明书中,符号GAL#代表磷光体类型(GAL)-基于LuAG的磷光体-后接以纳米为单位的峰值发射波长(#)。举例来说,GAL520表示峰值发射波长为520nm的GAL磷光体。适合的绿色磷光体在表2中给出。

[0068] 绿色硅酸盐磷光体的实例包含具有通用组成$(Ba,Sr)_2SiO_4$:Eu的经铕活化的邻硅酸盐磷光体,例如来自IntematixCorporation,FremontCalifornia,USA的G、EG、Y及EY系列磷光体,其峰值发射波长在507nm到570n m的范围内且FWHM为约70nm到约80nm。适合的绿色磷光体在表2中给出。

[0069] 在一些实施例中,绿色磷光体可包括如标题为“发绿光(Oxy)的基于氮化物的磷光体及使用所述磷光体的发光装置(Green-Emitting(Oxy)Nitride-BasedPhosphorsandLightEmittingDevicesUsingtheSame)”的美国专利US8,679,367中所教示的发绿光的氮氧化物磷光体,其特此以其全文引用的方式并入。此种发绿光的氮氧化物(ON)磷光体可具有通用组成$Eu^{2+}:M^{2+}Si_4AlO_xN_{(7-2x/3)}$,其中$0.1\leq x\leq 1.0$且$M^{2+}$为选自由以下组成的群的一或多种二价金属:Mg、Ca、Sr、Ba及Zn。在本专利说明书中,符号ON#代表磷光体类型(氮氧化物),后

接以纳米为单位的峰值发射波长($\lambda_{pe)}$)(#)。举例来说,ON495表示峰值发射波长为495nm的绿色氮氧化物磷光体。

[0070] 表 2

实例宽带绿色光致发光材料

磷光体	通用组成		波长 λ_p(nm)
YAG	$Y_{3-x}(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}:Ce_x$	0.01<x<0.2&0<y<2.5	520-550
(YAG#) GNYAG	$(Y,Ba)_{3-x}(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}:Ce_x$	0.01<x<0.2&0<y<2.5	520-550
(YAG#) LuAG	$Lu_{3-x}(Al_{1-y}M_y)_5O_{12}:Ce_x$	0.01<x<0.2&0<y<1.5M=Mg,	500-550
[0071] (GAL#) LuAG	$Lu_{3-x}(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}:Ce_x$	Ca,Sr,Ba,Ga, 0.01<x<0.2&0<y<1.5	500-550
(GAL#) 硅酸盐	$A_2SiO_4:Eu$	A=Mg,Ca,Sr,Ba	500-550
硅酸盐	$(Sr_{1-x}Ba_x)_2SiO_4:Eu$	0.3<x<0.9	500-550
氮氧化物	$Eu^{2+}:M^{2+}Si_4AlO_xN_{(7-2x/3)}$	M^{2+}=Mg,Ca,Sr,Ba,Zn	
(ON#)		0.1≤x≤1.0	500-550

[0072] 红色光致发光材料

[0073] 窄带红色光致发光材料

[0074] 在本专利说明书中,窄带红色光致发光材料是指响应于激发光的刺激而产生峰值发射波长在610nm到655nm的范围内的光的光致发光材料;所述光为在可见光谱的红色区域中的光且具有窄发光特征,其半高全宽(FWHM)发射强度在约5nm与约50nm之间(小于约50nm)。如上文所描述,窄带红色光致发光可包括经锰活化的氟化物红色光致发光材料,其安置于LED芯片安装于其上的衬底的正面上且将其覆盖。窄带红色经锰活化的氟化物光致发光材料的实例为经锰活化的六氟硅酸钾磷光体(KSF)-$K_2SiF_6:Mn^{4+}$(KSF)。此种KSF磷光体的实例为来自IntematixCorporation,FremontCalifornia,USA的NR6931KSF磷光体,其峰值发射波长为约632nm。其它经锰活化的磷光体可包含:$K_2GeF_6:Mn^{4+}$(KGF)及$K_2TiF_6:Mn^{4+}$(KTF)。

[0075] 宽带红色光致发光材料

[0076] 在本专利说明书中,宽带红色光致发光材料(也称为未经锰活化的氟化物红色光致发光材料)是指响应于激发光的刺激而产生峰值发射波长在600nm到640nm的范围内的光的光致发光材料;所述光为在可见光谱的橙色到红色区域中的光且具有宽的发光特征,其半高全宽(FWHM)发射强度大于约50nm。如上文所描述,宽带红色光致发光可包括经稀土活化的红色光致发光材料。宽带红色光致发光材料(未经锰活化的氟化物红色光致发光材料)表示红色光致发光材料,其晶体结构为除窄带红色光致发光材料(经锰活化的氟化物光致发光材料)以外的晶体结构,例如经稀土活化的红色光致发光材料,且可包括可由蓝光激发且可经操作以发射峰值发射波长λ_p在约600nm到约640nm的范围内的光的任何此类红色光致发光材料。经稀土活化的红色光致发光材料可包含例如经铕活化的基于氮化硅的磷光体、α-SiAlON、基于第IIA/IIB族硒化物硫化物的磷光体或基于硅酸盐的磷光体。红色磷光

体的实例在表3中给出。

[0077] 在一些实施例中,经铕活化的基于氮化硅的磷光体包括通式$CaAlSiN_3:Eu^{2+}$的氮化钙铝硅磷光体(CASN)。CASN磷光体可掺杂有其它元素,例如锶(Sr),通式$(Sr,Ca)AlSiN_3:Eu^{2+}$。在本专利说明书中,符号CASN#代表磷光体类型(CASN),后接以纳米为单位的峰值发射波长(λ_{pe})(#)。举例来说,CASN625表示峰值发射波长为625nm的红色CASN磷光体。

[0078] 在一实施例中,经稀土活化的红色磷光体可包括如标题为“发红光的基于氮化物的钙稳定磷光体(Red-EmittingNitride-BasedCalcium-StabilizedPhosphors)”的美国专利US8,597,545中所教示的发红光的磷光体,其特此以其全文引用的方式并入。此种发红光的磷光体包括由化学式$M_aSr_bSi_cAl_dN_eEu_f$表示的基于氮化物的组合物,其中:M为Ca,且$0.1\leq a\leq 0.4$;$1.5<b<2.5$;$4.0\leq c\leq 5.0$;$0.1\leq d\leq 0.15$;$7.5<e<8.5$;及$0<f<0.1$;其中$a+b+f>2+d/v$且v为M的价态。

[0079] 替代地,经稀土活化的红色磷光体可包括如标题为“发红光的基于氮化物的磷光体(Red-EmittingNitride-BasedPhosphors)”的美国专利US8,663,502中所教示的发红光的基于氮化物的磷光体,其特此以其全文引用的方式并入。此种发红光的磷光体,包括由化学式$M_{(x/v)}M'_2Si_{5-x}Al_xN_8:RE$表示的基于氮化物的组合物,其中:M为具有价态v的至少一种单价、二价或三价金属;M′为以下中的至少一者:Mg、Ca、Sr、Ba及Zn;且RE为以下中的至少一者:Eu、Ce、Tb、Pr及Mn;其中x满足$0.1\leq x<0.4$,且其中,所述发红光的磷光体的通用结晶结构为$M'_2Si_5N_8:RE$,Al取代所述通用结晶结构内的Si,且M大致上位于间质位点处的所述通用结晶结构内。一种此类磷光体的实例为来自IntematixCorporation,FremontCalifornia,USA的XR610红色氮化物磷光体,其峰值发射波长为610nm。

[0080] 经稀土活化的红色磷光体还可包含基于第IIA/IIB族硒化物硫化物的磷光体。基于第IIA/IIB族硒化物硫化物的磷光体材料的第一实例具有组成$MSe_{1-x}S_x:Eu$,其中M为以下中的至少一者:Mg、Ca、Sr、Ba及Zn,且$0<x<1.0$。此磷光体材料的特定实例为CSS磷光体($CaSe_{1-x}S_x:Eu$)。CSS磷光体的细节提供于2016年9月30日申请的共同未决的美国专利申请公开案第US2017/0145309号中,其特此以全文引用的方式并入。描述于美国专利公开案US2017/0145309中的CSS红色磷光体可用于本发明中。可通过改变组成中的S/Se比率将CSS磷光体的发射峰值波长从600nm调谐到650nm,且展现FWHM在约48nm到约60nm的范围内的窄带红光发射光谱(更长的峰值发射波长通常具有更大FWHM值)。在本专利说明书中,符号CSS#代表磷光体类型(CSS),后接以纳米为单位的峰值发射波长(#)。举例来说,CSS615表示峰值发射波长为615nm的CSS磷光体。

[0081] 在一些实施例中,经稀土活化的红色磷光体可包括如标题为“基于硅酸盐的橙色磷光体(Silicate-BasedOrangePhosphors)”的美国专利US7,655,156中所教示的发橙光的基于硅酸盐的磷光体,其特此以全文引用的方式并入。此种发橙光的基于硅酸盐的磷光体可具有通用组成$(Sr_{1-x}M_x)_yEu_zSiO_5$,其中$0<x\leq 0.5$,$2.6\leq y\leq 3.3$,$0.001\leq z\leq 0.5$且M为选自由以下组成的群的一或多种二价金属:Ba、Mg、Ca及Zn。在本专利说明书中,符号O#代表磷光体类型(橙色硅酸盐),后接以纳米为单位的峰值发射波长(λ_{pe})(#)。举例来说,O600表示峰值发射波长为600nm的橙色硅酸盐磷光体。

表 3

实例宽带红色光致发光材料

[0082]

磷光体	通用组成		波长 λ_p(nm)
CASN (CASN#)	$(Ca_{1-x}Sr_x)AlSiN_3:Eu$	$0.5<x\leqslant 1$	600-650
258 氮化物	$Ba_{2-x}Sr_xSi_5N_8:Eu$	$0\leqslant x\leqslant 2$	580-650
第 IIA/IIB 族硒化物硫化物 (CSS#)	$MSe_{1-x}S_x:Eu$	M=Mg,Ca,Sr,Ba,Zn $0<x<1.0$	600-650
CSS (CSS#)	$CaSe_{1-x}S_x:Eu$	$0<x<1.0$	600-650

[0083]

硅酸盐 (O#)	$(Sr_{1-x}M_x)_yEu_zSiO_5$	M=Ba,Mg,Ca,Zn $0<x\leqslant 0.5$ $2.6\leqslant y\leqslant 3.3$ $0.001\leqslant z\leqslant 0.5$	565-650

[0084] 命名

[0085] 在本说明书中,以下命名用于表示LED灯丝:Com.#表示在衬底的正面及背面上具有相同光致发光材料的比较性LED灯丝,且Dev.#表示在衬底的正面上具有窄带红色(经锰活化的氟化物)光致发光材料且在衬底的背面上具有宽带红色光致发光材料的根据本发明的一实施例的LED灯丝(装置)。

[0086] 实验数据-单层结构LED灯丝

[0087] 比较性LED灯丝(Com.1及Com.2)及根据本发明的单层LED灯丝(Dev.1)各自包括透射率≈40%的52mm×1.5mm多孔硅石衬底,其具有二十四个安装在正面上的主波长λd=456nm的串联连接的1025(10mil×25mil)蓝色LED芯片。各LED灯丝为标称0.7W装置且意欲产生目标相关色温(CCT)为2700K且目标通用显色指数CRI Ra为90的白光。

[0088] 用于测试装置中的光致发光材料(磷光体)为来自IntematixCorporation的KSF磷光体($K_2SiF_6:Mn^{4+}$)、CASN磷光体($Ca_{1-x}Sr_xAlSiN_3:Eu$,λ_{pe}≈640nm)、绿色YAG磷光体(IntematixNYAG4156-$(Y,Ba)_{3-x}(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}:Ce_x$,峰值发射波长$\lambda_{pe}$=550nm)及绿色LuAG磷光体(IntematixGAL535-$Lu_{3-x}(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}:Ce_x$,$\lambda_{pe}$≈535nm)。

[0089] 将红色及绿色磷光体混合于苯基硅酮中且将混合物分配到衬底的正面及背面上。

[0090] 表4列出比较性LED灯丝Com.1及Com.2及根据本发明的LED灯丝Dev.1的磷光体组成。

[0091] 如可从表4看出,就磷光体组成来说:比较性LED灯丝Com.1在衬底的正面及背面上包括相同磷光体组成且包括7wt%CASN640及93wt%GAL535的混合物。比较性LED灯丝Com.2在衬底的正面及背面上包括相同磷光体组成且包括60wt%KSF及40wt%YAG550的混合物。根据本发明的LED灯丝Dev.1在衬底的正面上包括56wt%KSF、4wt%CASN615及40wt%YAG550的混合物且在衬底的背面上包括7wt%CASN及93wt%GAL535的混合物。

表 4

比较性 LED 灯丝(Com.1 及 Com.2)及根据本发明的 LED 灯丝(Dev.1)的磷光体组成

[0092]

灯丝	光致发光材料 wt%								
	正面					背面			
	KSF	CASN615	CASN640	YAG550	GAL535	KSF	CASN640	YAG550	GAL535
Com.1	-	-	7	-	93	-	7	-	93
Com.2	60	-	-	40	-	60	-	40	-
Dev.1	56	4	-	40	-	-	7	-	93

[0093] 表5列出LED灯丝Com.1、Com.2及Dev.1的所测量的光学性能。如可从表5看出,由Dev.1产生的通量比在衬底的正面及背面上使用CASN的LED灯丝Com.1大22.21m(更亮19%:亮度-Br)。尽管LED灯丝Com.2产生比LED灯丝Com.1大33.51m的通量(更亮26%:亮度-Br),但此LED灯丝使用的KSF量(窄带红色光致发光材料)为Dev.1的两倍。应了解,LED灯丝Dev.1使用KSF(窄带红色光致发光材料)而非CASN获得94%(119/126)的可能亮度增益,但仅使用一半(50重量%)的KSF量。此至少部分是由于用于Dev.1中的部分透光衬底的存在而实现。因此,本发明公开与LED灯丝及LED灯丝的灯具相关的改进,且特定地说,尽管未排除,但在不损害亮度及CRI Ra的情况下降低LED灯丝的制造成本。

表 5

0.7W, 2700K 标称色温 LED 灯丝 Com.1、Com.2 及 Dev.1 的所测量的光学特征

[0094]

灯丝	通量 (lm)	Br (%)	发光(%) 正向	反向	CIE x	y	CCT(K)	CRI Ra
Com.1	115.5	100	84	16	0.4245	0.3952	3070	95.6
Com.2	145.8	126	80	20	0.4391	0.4175	3148	90.5
Dev.1	137.7	119	80	20	0.4821	0.4395	2624	85.0

[0095] 实验数据-双层结构化LED灯丝

[0096] 如上文所论述,与单层结构化LED灯丝(图2C)相比,双层结构化LED灯丝(图4A及4B)提供窄带红色光致发光材料的使用量的显著减少。Dev.2为根据本发明的单层LED灯丝,且Dev.3为根据本发明的双层LED灯丝(图4A)。

[0097] Dev.2及Dev.3各自包括透射率≈40%的38mm×1.5mm多孔硅石衬底,其具有二十四个安装在正面上的主波长λd=456nm的串联连接的714(7mil×14mil)蓝色LED芯片。各LED灯丝为标称150lm(1W)装置且意欲产生目标相关色温(CCT)为2700K且目标通用显色指数CRI Ra为90的白光。应了解,这些LED灯丝中的三者可用于提供450lmLED灯丝的灯具。

[0098] 用于测试装置中的光致发光材料(磷光体)为来自IntematixCorporation的KSF磷光体($K_2SiF_6:Mn^{4+}$)、CASN磷光体($Ca_{1-x}Sr_xAlSiN_3:Eu$,λ_{pe}≈

[0099] 615nm、631nm及640nm)及绿色YAG磷光体(IntematixNYAG4156-$(Y,Ba)_{3-x}(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}:Ce_x$,峰值发射波长$\lambda_{pe}$=543nm及550nm)。

[0100] 对于单层LED灯丝Dev.2,将红色及绿色磷光体混合于苯基硅酮中且将混合物分配到衬底的相应正面及背面上。

[0101] 对于两层LED灯丝Dev.3,将KSF与苯基硅酮混合且将混合物作为条带(第一层)分配到覆盖LED芯片的衬底的正面上。将绿色磷光体及CASN混合于苯基硅酮中且将混合物作为第二层分配于衬底的正面上的第一层上。在背面上,将绿色磷光体及CASN混合于苯基硅酮中且将混合物分配到衬底的背面上。

[0102] 表6列出单层LED灯丝Dev.2及双层LED灯丝Dev.3的磷光体组成。如可从表6看出,就磷光体组成来说,单层LED灯丝Dev.2在衬底的正面上包括74wt%KSF、2.2wt%CASN615及23.8wt%YAG543的混合物,且在衬底的背面上包括5wt%CASN(1.4wt%CASN631+3.6wt%CASN650)及95wt%YAG550的混合物。如可从表6看出,就磷光体组成来说,双层LED灯丝Dev.3在衬底的正面上包括第一层(其仅包括KSF(正面的总磷光体含量的17.0wt%))及第二层(其包括7.8wt%CASN615及

[0103] 75.2wt%YAG543的混合物),且在衬底的背面上包括5wt%CASN(1.4wt%CASN631+3.6wt%CASN650)及95wt%YAG550的混合物。Dev.3在衬底的背面上包括

[0104] 5wt%CASN(1.4wt%CASN631+3.6wt%CASN650)及95wt%YAG550的混合物。

表 6

单层(Dev.2)及双层(Dev.3)LED 灯丝的磷光体组成

[0105]

灯丝	光致发光材料 wt%					
	正面			背面		
	KSF	CASN615	YAG543	CASN		YAG550
				CASN631	CASN650	
Dev.2	74.0	2.2	23.8	1.4	3.6	95.0
Dev.3	17.0	7.8	75.2	1.4	3.6	95.0

[0106] 表7A及7B列出单层LED灯丝Dev.2及双层LED灯丝Dev.3的磷光体量(使用量)。表7A及7B中的磷光体重量值(重量)为经标准化为单层LED灯丝Dev.1的KSF重量的标准化磷光体重量。

表 7A

单层(Dev.2)及双层(Dev.3)LED 灯丝的磷光体量

重量-经标准化为单层 LED 灯丝 Dev.1 的 KSF 重量的磷光体重量

[0107]

灯丝	正面-磷光体量								CASN/(CASN+KSF) (wt%)
	KSF		CASN		YAG		总计		
	重量	%	重量	%	重量	%	重量	%	
Dev.2	1.0000	100	0.0302	100	0.3219	100	1.3521	100	2.9
Dev.3	0.2044	20	0.0942	312	0.9070	282	1.2056	89	31.5

[0108]

[0109]

表 7B

单层(Dev.2)及双层(Dev.3)LED 灯丝的磷光体量

重量-经标准化为单层 LED 灯丝 Dev.1 的 KSF 重量的磷光体重量

灯丝	磷光体量							
	背面						总计	
	CASN		YAG		总计		(正面及背面)	
	重量	%	重量	%	重量	%	重量	%
Dev.2	0.0524	100	0.9968	100	1.0492	100	2.4013	100
Dev.3	0.0963	184	1.8350	184	1.9313	184	3.1369	131

[0110] 表8列出LED灯丝Dev.2(单层)及Dev.3(双层)的所测量的光学性能。数据为驱动电流IF＝15mA及驱动电压VF＝68.7V,且接着在灯丝达成热稳定性(热(Hot))后运作3分钟。如可从表8看出,由LED灯丝产生的光的色点极其类似,其中与单层LED灯丝Dev.2的90.5相比,双层LED灯丝Dev.3的通用CRI Ra为93.1。此外,由双层LED灯丝Dev.3产生的通量比由单层LED灯丝Dev.2产生的通量大4.71m(更亮3.0%:亮度-Br)。最显著地,尽管如可从表8看出,两种LED灯丝产生极其类似的光发射,但与单层LED灯丝Dev.2相比,双层LED灯丝Dev.3少使用了80重量%的KSF(0.2044与1.0000相比),如可从表7A及7B看出。尽管与单层LED灯丝Dev.2相比,双层LED灯丝Dev.3使用更多CASN(在正面上增加212重量%-0.0942与0.0302相比,且在背面上增加84重量%-0.0963与0.0524相比)及YAG(在正面上增加182重量%-0.9070与0.3219相比,且在背面上增加84重量%-1.9313与1.0492相比),但与单层结构相比,双层结构仍然提供显著的成本节约,这是由于与KSF相比,CASN(约为KSF成本的1/5)及YAG(约为KSF成本的1/100到1/150)的成本存在巨大差异。据信,CASN及YAG使用增加的原因在于,由于较少蓝色激发光到达第二磷光体层,所以需要更多CASN及YAG磷光体来产生红光及绿光以获得所需目标颜色。

[0111] 如上文所描述,KSF使用的减少为将KSF定位于与LED芯片接触(邻近)的单独层中的结果。据信,KSF使用量减少的原因在于,在包括单个光致发光层的单层LED灯丝Dev.2中,所述单个光致发光层包括KSF(经锰活化的氟化物光致发光材料)、CASN及YAG的混合物,各种光致发光材料具有相同的蓝色激发光曝光。由于KSF具有比YAG及CASN材料低得多的蓝光吸收能力,需要更多量的KSF以将足够的蓝光转换为所需红光发射。相比之下,在双层LED灯丝Dev.3中,其单独相应第一层中的KSF(经锰活化的氟化物光致发光材料)个别地暴露于蓝色激发光,而不会与YAG及CASN竞争;因此,更多的蓝色激发光可由KSF吸收。由于KSF可更有效地将蓝色激发光转换为发红光,所以与包括单层(其包括光致发光材料的混合物)的LED灯丝相比,实现目标色点所需的KSF(窄带红色光致发光材料)的量(使用率)可减小。

[0112] 如将进一步从表7A所示,双层LED灯丝Dev.3中CASN(宽带红色光致发光材料)相对于KSF(窄带红色光致发光材料)及CASN的总量的含量比为大于约30wt%。

[0113]

表 8

150lm，2700KLED 灯丝 Dev.2 及 Dev.3 的所测量的光学特征

灯丝	通量	Br	Lm/W	CIE		CCT(K)	CRI Ra		
	(lm)	(%)		x	y		Ra	R8	R9
Dev.2	154.5	100.0	150.0	0.4595	0.4103	2702	90.5	91.8	76.9
Dev.3	159.2	103.0	154.3	0.4591	0.4113	2716	93.1	87.3	67.3

[0114] Dev.4为根据本发明的其它双层LED灯丝且为意欲产生目标相关色温(CCT)为2700K且目标通用显色指数CRI Ra为90的白光的标称250lm(1.5W)装置。应了解,这些LED灯丝中的四者可用于使用例如图1A及1B的实施例提供1000lmLED灯丝的灯具。LED灯丝Dev.4包括透射率≈40％的52mm×3.0mm多孔硅石衬底,其具有二十五个安装在正面上的主波长λd＝454nm的串联连接的714(8mil×27mil)蓝色LED芯片。

[0115] 表9列出双层LED灯丝Dev.4的磷光体组成。如可从表9看出,就磷光体组成来说,双层LED灯丝Dev.4在衬底的正面上包括第一层(其仅包括KSF(正面的总磷光体含量的23.1wt％))及第二层(其包括7.5wt％CASN615及69.4wt％YAG543的混合物)。双层LED灯丝Dev.4在衬底的背面上包括9.1wt％CASN615及90.9wt％YAG535的混合物。

[0116]

表 9

250lm 双层 LED 灯丝 Dev.4 的磷光体组成

灯丝	光致发光材料 wt%				
	正面			背面	
	KSF	CASN615	YAG543	CASN615	YAG535
Dev.4	23.1	7.5	69.4	9.1	90.9

[0117] 表10A及10B列出双层LED灯丝Dev.4的磷光体量(mg)。表10A及10B中的磷光体重量值(重量)为经标准化为使用相同光致发光材料的单层LED灯丝的KSF重量的标准化磷光体重量。如可从表10A看出,与单层结构化LED灯丝相比,双层结构化LED灯丝将KSF使用减少几乎80重量％(0.1956与1.0000相比),且与在正面及背面上包括KSF的已知LED灯丝相比减少几乎90重量％。如将进一步从表10A所示,双层LED灯丝Dev.4中CASN(宽带红色光致发光材料)相对于KSF(窄带红色光致发光材料)及CASN的总量的含量比为约25wt％。

[0118]

表 10A

250lm 双层 LED 灯丝 Dev.4 的磷光体量

灯丝	正面-磷光体量					
	KSF 重量	%	CASN615 重量	YAG543 重量	总重量	CASN/(CASN+KSF) (wt%)
Dev.4	0.1956	19.6	0.0642	0.7012	0.9610	24.7

[0119]

表 10B

双层 LED 灯丝 Dev.4 的磷光体量

灯丝	磷光体量			
	背面			总重量
	CASN615 重量	YAG535 重量	总重量	正面及背面
Dev.4	0.0493	0.3764	0.4257	1.3867

[0120] 表11列出双层LED灯丝Dev.4的所测量的光学性能。数据包含紧接在开启灯丝(称为瞬时或COLD测量)之后及在约3分钟运作时段后灯丝已达到热稳定性(称为热测量(HOTmeasurement))之后的测量值。测试数据已展示双层结构化LED灯丝能够产生CRI Ra大于90且光学性能比CRI Ra仅为80的已知LED灯丝更大(5%到10%)的LED灯丝。

[0121]

表 11

标称 250 lm，2700 K 双层 LED 灯丝 Dev.4 的所测量的光学特征

测试条件	I_F (mA)	V_F(V)	通量 (lm)	Lm/W	CIE		CCT (K)	CRI Ra		
					x	y		Ra	R8	R9
冷(C)	20.0	68.6	252.0	183.8	0.4556	0.4148	2793	92.5	83.5	59.3
热(H)	20.0	67.3	234.7	174.4	0.4553	0.4094	2756	93.4	83.6	61.2
针对 I_F=20mA 的ΔC 到 H	0.0	-1.3	93%	95%	-0.004	-0.0054	-37	+0.9	+0.1	+1.9
热(H)	22.0	67.4	254.5	171.6	0.4552	0.4089	2753	93.4	83.5	61.1
热(H)	25.0	67.6	282.9	167.3	0.4552	034083	2748	93.4	83.4	61.0

[0122] 因此,本发明的实施例涉及与LED灯丝及LED灯丝的灯具相关的改进,且特定地说,尽管未排除,但在不损害亮度及CRI Ra的情况下降低LED灯丝的制造成本。

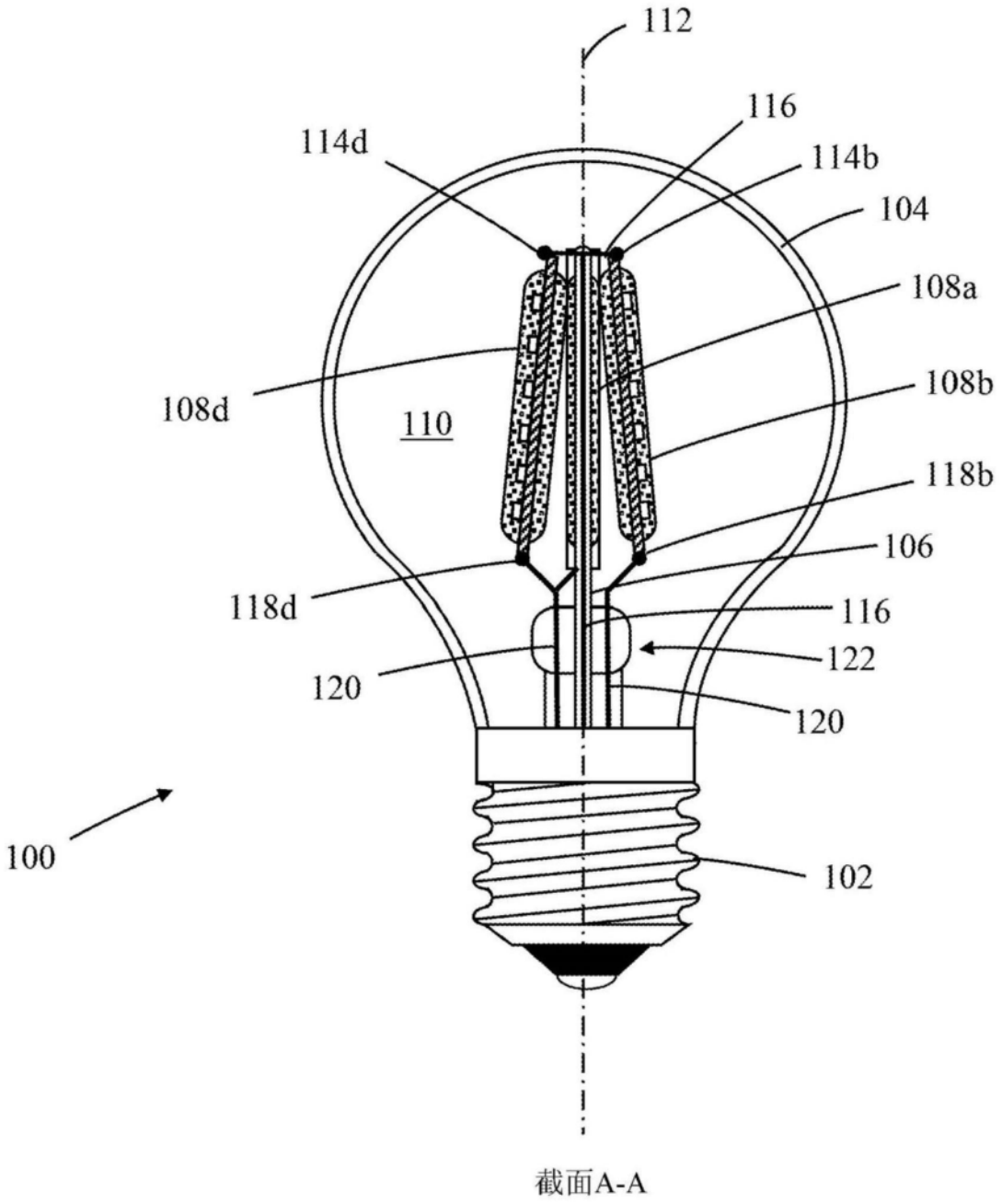

112
116
114d
114b
104
108a
108d
110
108b
118b
106
118d
116
122
120
120
100
102
截面A-A

图1A

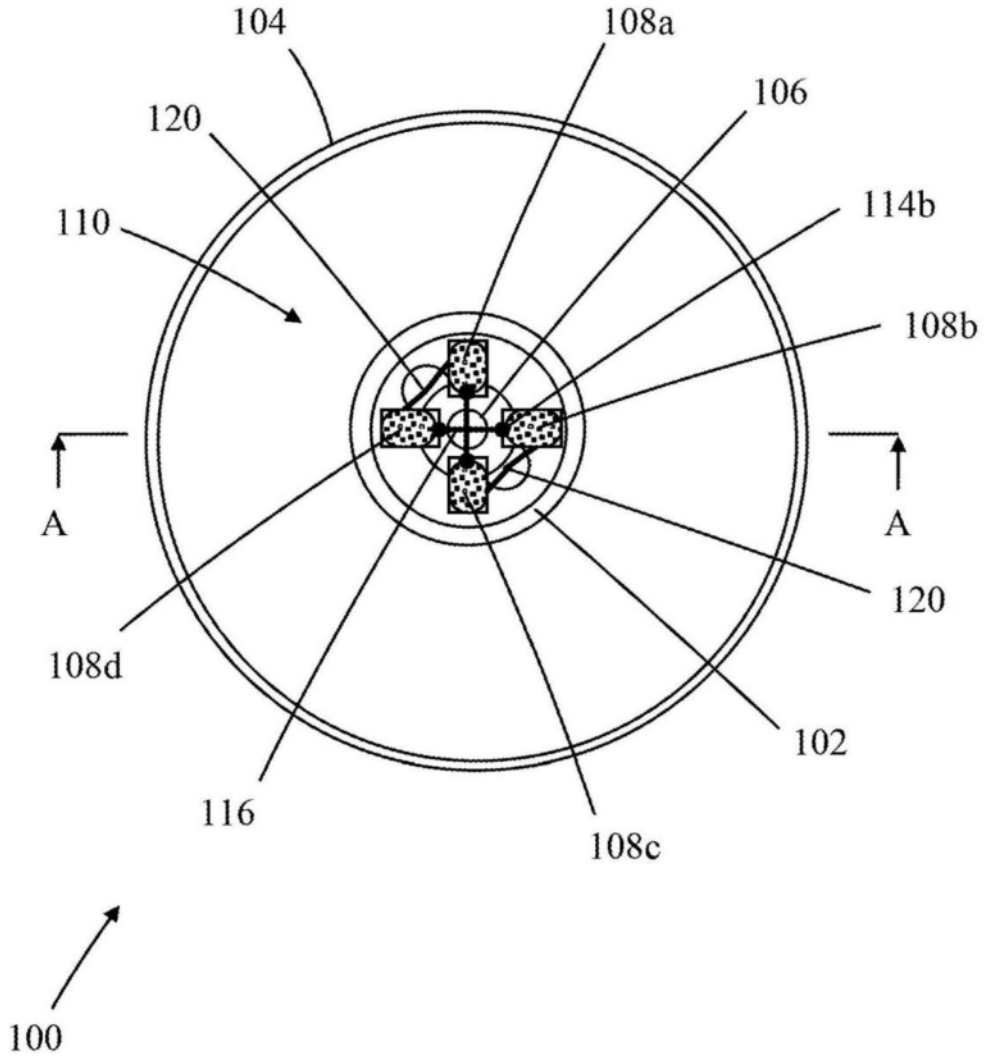


图1B

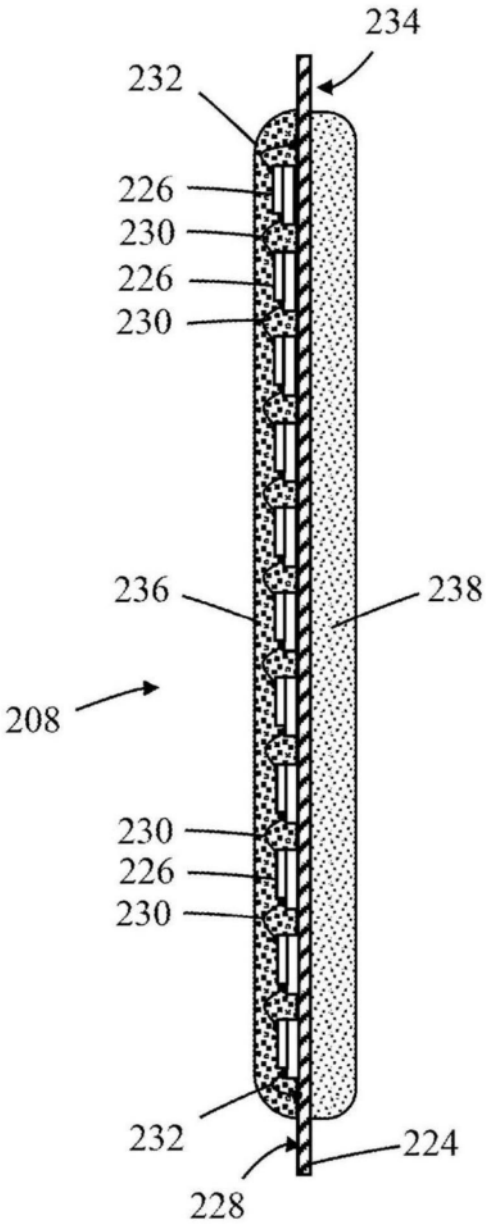


图2A

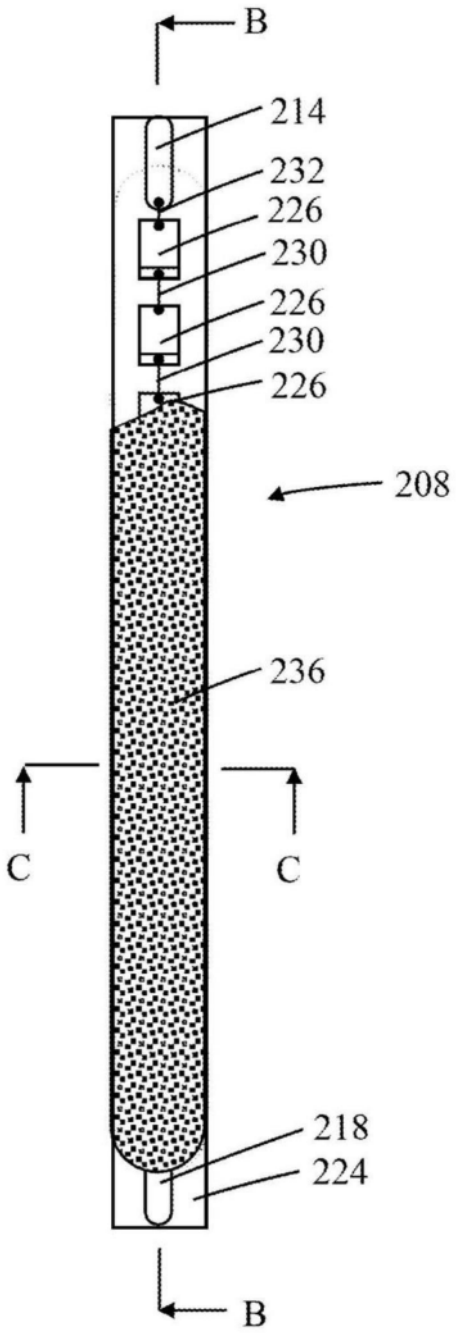


图2B

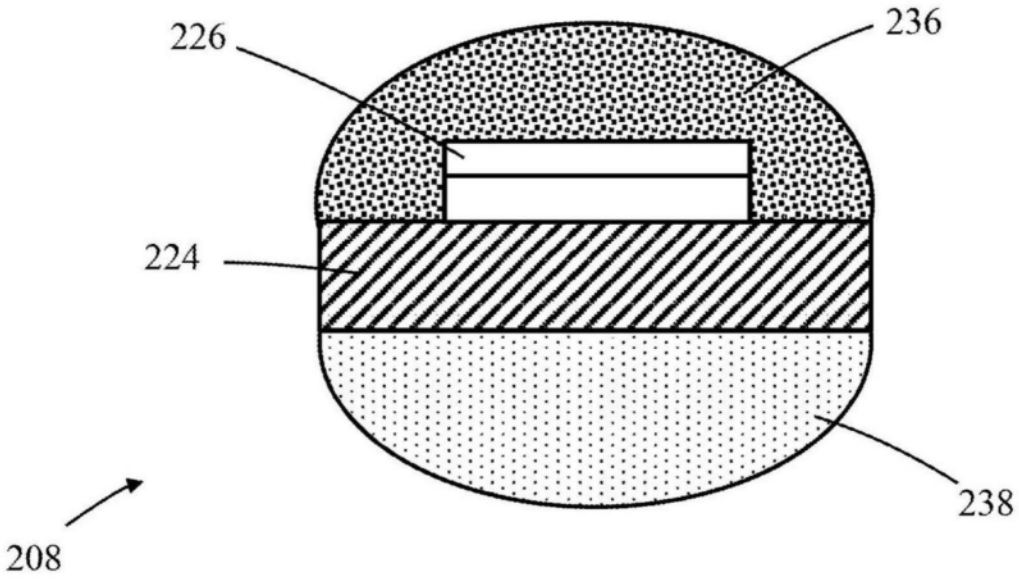


图2C

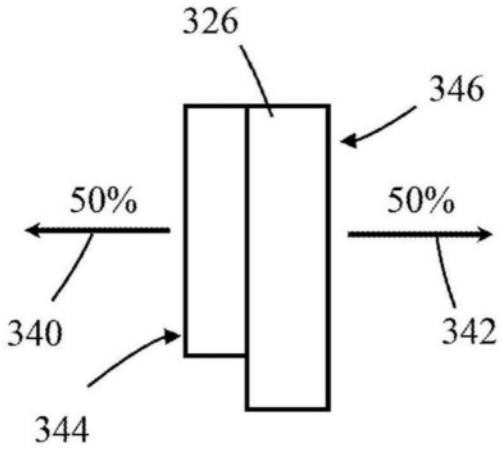


图3A

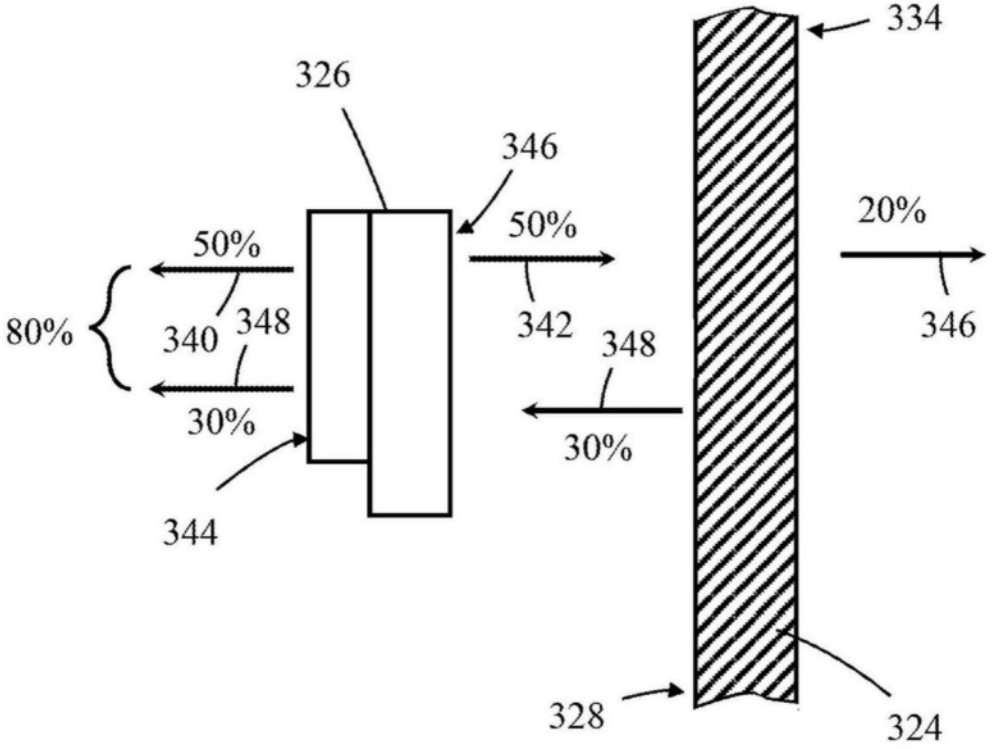

334
326
346
50%
50%
20%
80%
340
348
342
348
346
30%
30%
344
328
324

图3B

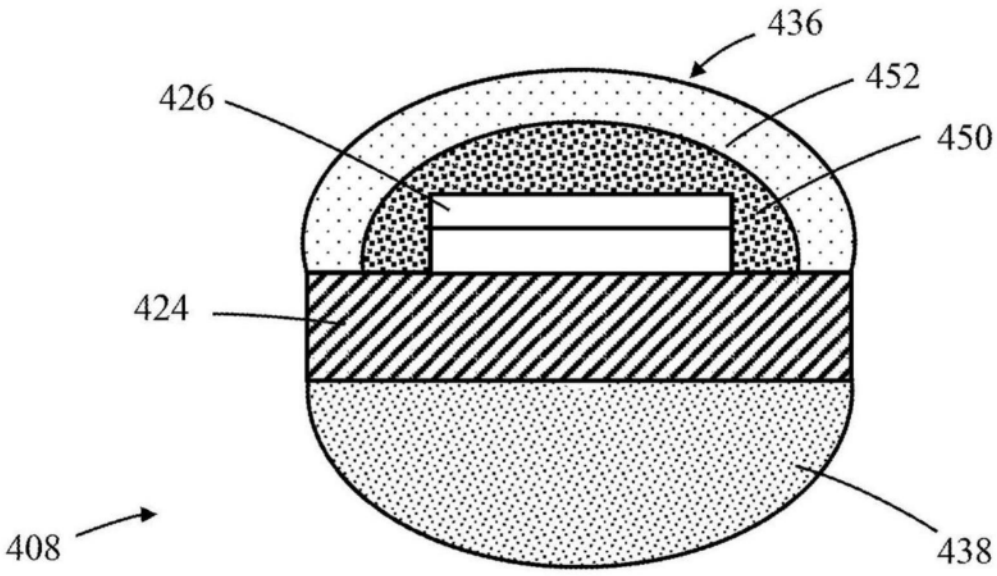

436
452
426
450
424
408
438

图4A

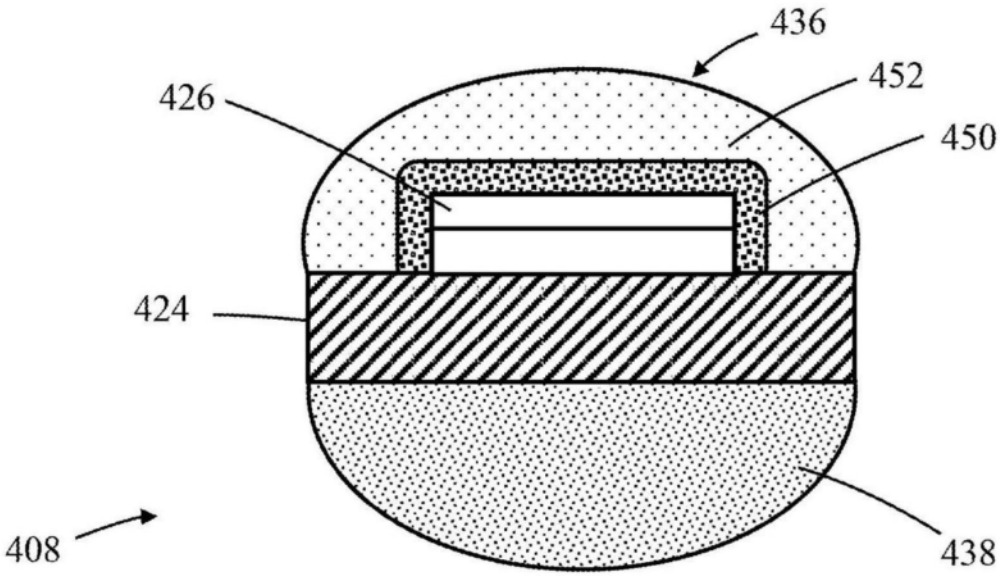


图4B

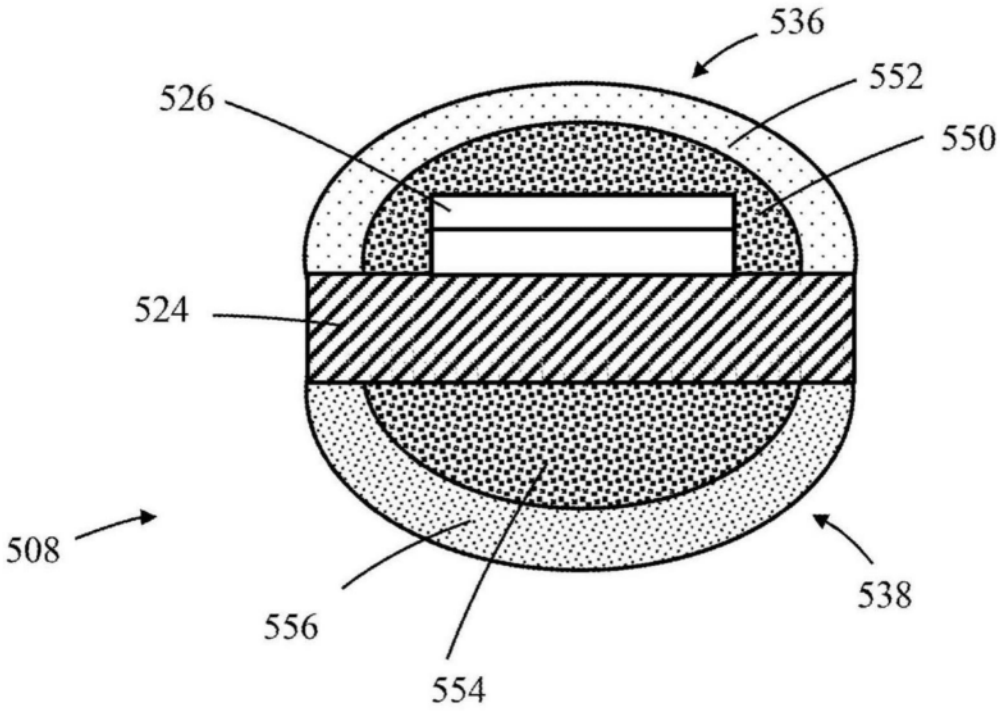


图5A

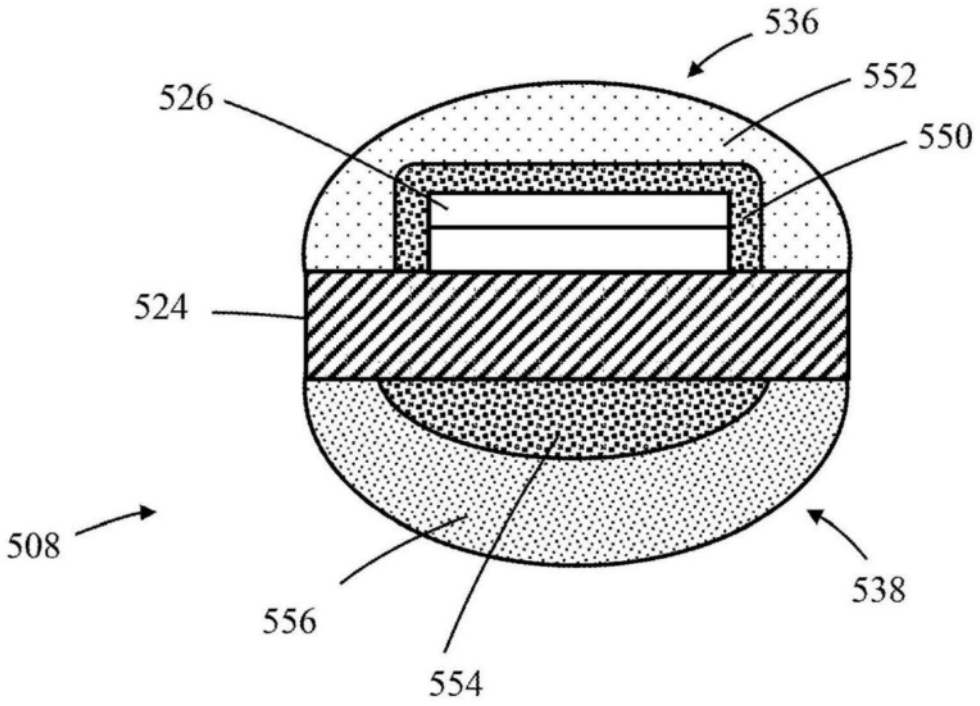


图5B

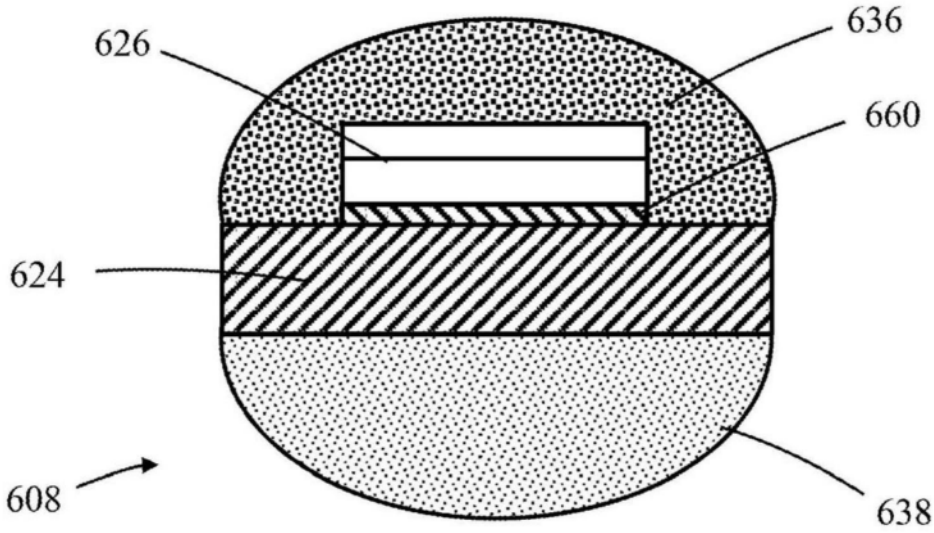


图6