

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480001208.X

[51] Int. Cl.

H01K 1/14 (2006.01)

H01K 1/04 (2006.01)

H01K 3/02 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 3 月 15 日

[11] 公开号 CN 1748283A

[22] 申请日 2004. 2. 27

[21] 申请号 200480001208.X

[30] 优先权

[32] 2003. 3. 6 [33] IT [31] TO2003A000166

[86] 国际申请 PCT/IB2004/000563 2004. 2. 27

[87] 国际公布 WO2004/079773 英 2004. 9. 16

[85] 进入国家阶段日期 2005. 5. 8

[71] 申请人 C. R. F. 阿西安尼顾问公司

地址 意大利奥尔巴萨诺

[72] 发明人 D·普利尼 P·雷佩托

L·多斯科洛维奇 S·博纳德

V·兰贝蒂尼 P·佩洛

D·卡佩洛 M·布里农

N·利皮拉

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨 凯 梁 永

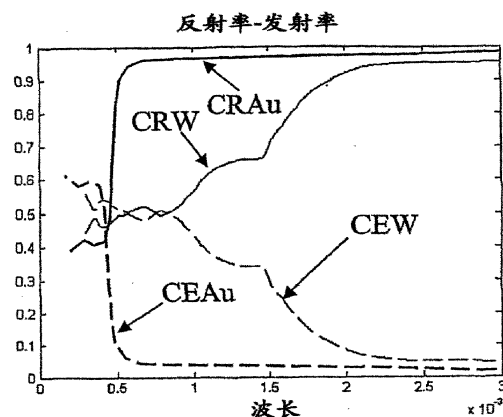
权利要求书 5 页 说明书 14 页 附图 7 页

[54] 发明名称

用于白炽光源的高效辐射源

[57] 摘要

一种用于白炽光源的辐射体(F)，具体而言，一种电流通过时能成为白炽状态的灯丝。以这种方式得到的辐射体(F)有一个光谱吸收值 α 。所述的光谱吸收值 α 在可见光谱区较高而在红外光谱区较低。所述的光谱吸收值 α 被定义为 $\alpha = 1 - \tau - \rho$ ，其中 ρ 是发射极的光谱反射率，而 τ 是发射极的光谱透射率。



1. 一种用于白炽光源的辐射体，当电流通过时能够成为白炽状态，其特征在于：

- 5 -在辐射体（F）的至少一个表面上设有一种微结构（R），用以有效提高属于光谱可见光区的波长的吸收率；
- 至少辐射体（F）的实质性部分（包括所述微结构（R））被难熔氧化物（OR）或高熔点氧化物包覆。

2. 如权利要求 1 所述的辐射体，其特征在于，所述难熔氧化物（OR）可有效地保护所述微结构（R）的轮廓，

- 阻止较高工作温度下有关材料（W；Au；W，Au）的蒸发效应；以及/或者
- 在有关材料（W；Au；W，Au）发生变形或状态变化的情形下，仍可在工作温度超过所述材料（W；Au；W，Au）熔化温度的条件下继续使用辐射体（F）。

3. 如权利要求 2 所述的辐射体，其特征在于，除了与电极（H）相连的相应区域外，辐射体（F）几乎完全被所述难熔氧化物（OR）包覆。

4. 如权利要求 2 所述的辐射体，其特征在于，所述的微结构（R）由导体、半导体或合成材料（W；Au；W，Au）制成，这些材料的光学常数连同微结构（R）使得高于传统白炽灯丝的光发射效率成为可能，所述效率定义为工作温度下、380-780 纳米间隔内发射的可见光辐射部分与相同工作温度下、380-2300 纳米间隔内发射的辐射部分之间的比率。

5. 如权利要求 2 所述的辐射体，其特征在于，所述的材料（Au）从熔点低于灯丝本身工作温度的导体、半导体和合成材料中选择。

6. 如权利要求 2 所述的辐射体，其特征在于，所述辐射体至少由第一导体材料层（W）构成，该材料（W）在温度高于辐射体（F）

的工作温度时会熔化，如钨；并由第二材料层（Au）构成，该材料（Au）从熔点低于辐射体（F）工作温度的导体、半导体和合成材料中选择。

7. 如前面任一项权利要求所述的辐射体，其特征在于，所述
5 微结构（R）至少部分地由金、银或铜当中所选的一种材料构成。

8. 如前面任一项权利要求所述的辐射体，其特征在于，所述难熔氧化物（OR）可以从陶瓷基氧化物即钽、铈、钇、铝或锆的氧化物中选择。

9. 如权利要求 1 所述的辐射体，其特征在于，所述微结构（R）
10 通过辐射体（F）表面的微结构取得，也就是说所述的微结构（R）处于构成辐射体（F）的同一材料中。

10. 如权利要求 1 所述的辐射体，其特征在于，所述的微结构包括一个衍射光栅（R），并且在许多的微型突起（ R_1 , R_2 ）和许多的微型空腔（C）当中至少取一个来构成衍射光栅（R），微型突起（ R_1 , R_2 ）或微型空腔（C）的维数（h, D）以及光栅（R）的周期（P）设置成可以：
15

-提高由至少构成微结构（R）的材料（W; Au; W, Au）所发出的可见光电磁辐射的发射；和/或

-降低由至少构成微结构（R）的材料（W; Au; W, Au）发出的
20 的红外电磁辐射的发射；和/或

-相对于可见光发射的增加，较小程度地提高由至少构成微结构（R）的材料（W; Au; W, Au）所发出的红外电磁辐射的发射。

11. 如权利要求 10 所述的辐射体，其特征在于，所获得的所述
25 光栅（R）带有：

-第一导体材料（W），在温度高于辐射体（F）的工作温度时会熔化，并且第一材料具有结构化的部分；

-包覆层（Au），至少覆盖了所述第一材料（W）的结构化的部

分, 作为第二材料 (Au) 包覆层, 所述材料 (Au) 可以从熔点低于辐射体 (F) 工作温度的导体、半导体或合成材料中选择;

其中, 包覆层 (Au) 足够薄, 以便于仿照第一材料 (W) 结构化部分的轮廓并与之一起形成所述光栅 (R), 第二材料 (Au) 的发射效率大于第一材料 (W), 所述效率定义为工作温度下、380-780 5 纳米区间内发射的可见光辐射部分与相同工作温度下、780-2300 纳米区间内发射的辐射部分之间的比率。

12. 如权利要求 10 所述的辐射体, 其特征在于,

-所述光栅 (R) 在熔点低于灯丝 (F) 工作温度的第一导体、10 半导体或合成材料层 (Au) 的表面上形成;

-所述层 (Au) 设置在熔点高于辐射体 (F) 工作温度的第二导体材料 (W) 上;

其中, 第一材料 (Au) 的发射效率高于第二材料 (W), 所述效率定义为工作温度下、380-780 纳米区间内发射的可见光辐射部分与相同工作温度下、780-2300 纳米区间内发射的辐射部分之间的比率。15

13. 如权利要求 10 所述的辐射体, 其特征在于, 所获得的所述光栅 (R) 带有:

-难熔氧化物层 (OR), 并具有结构化部分;

20 -包覆层 (Au), 至少覆盖了所述难熔氧化物层 (OR) 的结构化部分, 作为材料 (Au) 包覆层, 材料 (Au) 可以从熔点低于辐射体 (F) 工作温度的导体、半导体或合成材料中选择;

其中, 包覆层 (Au) 足够薄, 用以仿照第一材料 (W) 结构化部分的轮廓并与之一起形成所述光栅 (R), 而包覆层 (Au) 又被一个由难熔氧化物 (OR) 构成的封装层包覆。25

14. 如权利要求 3 所述的辐射体, 其特征在于, 设有至少一个孔口或空腔, 所述的孔口或空腔开在构成辐射体 (F) 的材料上, 并且被限定在所述电极 (H) 和所述难熔氧化物 (OR) 这二者的至

少其中之一，在所述材料体积膨胀时，所提供的一个或多个空腔能够有效地接受部分所述材料进入，以避免所述氧化物 OR 和所述材料之间的分层现象和/或避免由所述材料、所述难熔氧化物 (OR)、所述电极 (H) 构成的联合体的破裂。

5 15. 如权利要求 10 所述的辐射体，其特征在于，微型突起 (R_1 , R_2) 或微型空腔 (C) 的周期为可见光辐射的波长的数量级。

 16. 如权利要求 10 所述的辐射体，其特征在于，微型突起 (R_1 , R_2) 或微型空腔 (C) 的周期介于 0.2 微米与 1 微米之间。

 17. 如权利要求 10 所述的辐射体，其特征在于，微型突起 (R_1 ,
10 R_2) 或微型空腔 (C) 的高度或深度介于 0.2 微米与 1 微米之间。

 18. 如权利要求 1 所述的辐射体，其特征在于，所述减反射微结构 (R) 是二元的，即有两级。

 19. 如权利要求 1 所述的辐射体，其特征在于，所述减反射微结构 (R) 是多级的，也就是说，它具有多于两级的突起。

15 20. 如权利要求 1 所述的辐射体，其特征在于，所述减反射微结构 (R) 有一个连续的突起。

 21. 如前面任一项权利要求所述的辐射体，其特征在于，所述辐射体在低于所述难熔氧化物 (OR) 熔点的温度下工作。

 22. 如前面任一项权利要求所述的辐射体，其特征在于，它
20 被配置成一个根据可见光波长被结构化的灯丝或平板，其中所述减反射微结构 (R) 是一个吸收材料的二维光栅 ($K > 1$)。

 23. 一种构造辐射体的方法，所述辐射体在电流通过时能够成为白炽状态，所述方法包括下列步骤：

 a) 构造一个多孔氧化铝模板；

25 b) 将准备用来构成辐射体 (F) 的材料渗入多孔氧化铝模板中，通过这种方式，氧化铝结构至少充当辐射体 (F) 的减反射微结构 (R) 部分的模子；

 c) 还可能包括：

c1) 随后除去氧化铝结构, 或

c2) 维持减反射微结构(R)上的氧化铝结构, 将难熔氧化物(OR)覆盖在位于两个相应电极(H)之间的辐射体(F)的其余部分上。

5 24. 如权利要求 23 所述的方法, 其中步骤 a) 包括将铝膜(厚度为 1 个微米的数量级)覆在适当的衬底上, 而后对其作阳极化处理, 所述的阳极化过程至少包括:

 -氧化铝膜的第一阶段阳极化处理;

 -对第一阶段阳极化处理所得到的不规则氧化铝膜进行还原处
10 理的阶段;

 -从通过所述还原处理未去除的不规则氧化铝的残余部分开始, 进行氧化铝膜的第二阶段阳极化处理。

 25. 一种构造辐射体的方法, 所述辐射体在电流通过时能够成为白炽状态, 所述方法包括下列步骤:

15 -得到一个由用来制造辐射体(F)的材料做成的、丝状的或薄片状的元件;

 -蚀刻所述元件, 以此形成减反射微结构(R);

 并可能用难熔氧化物(OR)包覆其中已形成减反射微结构(R)的辐射体(F)。

20 26. 一种白炽光源, 包括一个电流通过时能够形成白炽状态的光辐射体, 其特征在于, 所述辐射体(F)如权利要求 1 至 22 的一个或多个权利要求所述。

 27. 一种照明装置, 尤其是用于机动车的照明装置, 包括了如权利要求 26 所述的一个或多个光源(1)。

25 28. 一种微型白炽光源的平面矩阵, 每个微型白炽光源各自包含一个如权利要求 1 至 22 的一个或多个所述的辐射体。

用于白炽光源的高效辐射源

5 发明领域

本发明涉及用于白炽光源的辐射源，具体涉及其形状如灯丝或板极、能够随电流通过而成为白炽状态的辐射源。

背景技术

- 10 正如大家所知道的，传统的白炽灯都配有钨(W)灯丝，当电流通过时，钨丝成为白炽状态。传统白炽灯的效率由描述平衡温度 T 下灯泡钨丝发出辐射的光谱强度 $I(\lambda)$ 的普朗克定律以及传导和对流过程中的热损耗来限定。在电磁波谱的可见光区内，钨丝的辐射能量与曲线 $I(\lambda)$ 在 $\lambda_1=380$ 纳米和 $\lambda_2=780$ 纳米之间的积分成正比，并且最多相当于总能量的 5-7%。
- 15

按照基尔霍夫定律，在热平衡条件下，在给定波长时物体所吸收的电磁辐射等于其发射的电磁辐射。这个定律的直接推论是：一个表面的光谱发射率“ ε ”与光谱吸收率“ α ”是相等的。光谱吸收率“ α ”又通过关系 $\alpha=1-\tau-\rho$ 与光谱反射率“ ρ ”及光谱透射率“ τ ”建立起联系，并由此导出关系 $1-\varepsilon=\tau+\rho$ 。对于不透明材料， τ 基本为零，因此光谱反射率 ρ 与 $(1-\varepsilon)$ 相等。然而，需要注意的是：对于厚度值足够小的任何材料，其光谱透射率 τ 不等于 0。

20

关系 $\tau+\rho=1-\varepsilon$ 暗示：在给定的波长下，如果一个不透明物体表面的光谱反射率较低，则相应的光谱发射率将非常高；反之亦然，如果光谱反射率较高，则相应的发射率较低。

25

发射率、吸收率、透射率和反射率不仅是波长的函数，还是温度 T 和入射/发射角 θ 的函数。因为这些关系是从纯粹的热力学因

素推导来的,所以上述关系对任何 T 、任意波长及任意角度都成立。

通常,关系 $\tau + \rho = 1 - \varepsilon$ 还可以被重新写成:

$$\tau(\lambda, T, \theta) + \rho(\lambda, T, \theta) = 1 - \varepsilon(\lambda, T, \theta)$$

在给定温度 T 时,通过材料的光学常数(始终在温度 T 下)或
5 构成辐射源的材料的光学常数(针对辐射源的任意几何结构和任意入射/发射角),可以演绎地推算出反射率和光谱透射率的曲线。从反射率和光谱透射率的曲线可以导出该温度下吸收率和发射率的值。

材料的光学常数指折射指数的实数值 n 和虚数值 k 。对大多数已
10 知材料来说, n 和 k 的值已经通过实验测得,并且可以从文献中获取。大体上说,与白炽光源有关的温度的 n 和 k 值尚未获得。说明书其余部分和有关附图中出现的反射率和透射率的计算只涉及在环境温度下测得的光学常数。然而,上述考虑具有通用的有效性,很容易转换到高温的情形。

15 在传统的白炽光源中,辐射通过钨灯丝来发射,钨灯丝的工作温度大约为 2800K,发射的辐射遵循黑体规律,其对应的光谱由普朗克关系给出。作为好的近似,灯丝可看作一个灰体,也就是说,在整个相关光谱范围内具有恒定发射率。根据定义,黑体是一个发射率 $\varepsilon(\lambda, T, \theta)$ 独立于 λ 和 θ 、并且等于 100%(最大值)的
20 灰体。用发射率 $\varepsilon(T)$ 的一个值乘上黑体的光谱 $I(\lambda)$ (由普朗克关系给出)可以获得灰体的发射光谱。对于非灰体,则要用光谱发射率曲线 $\varepsilon(\lambda, T, \theta)$ 乘上普朗克曲线的 $I(\lambda)$ 。

通常,钨的光谱发射率是温度的函数,并经过实验证明钨的平均发射率遵循下列关系:

$$\varepsilon_m(T) = -0.0434 + 1.8524 \times 10^{-4} T - 1.954 \times 10^{-8} T^2$$

25 在低温时,测量钨的反射率光谱,并利用关系 $\varepsilon(\lambda, T, \theta) = 1 - \rho(\lambda, T, \theta)$,就可以很容易地得到光谱发射率曲线;在白炽温度时,这类测量变得难以实施,因为此时反射光谱和发射光谱

很明显是混合的。

在 2800K 温度下, 钨的平均发射率大约为 30%, 这对应于约为 70% 的平均反射率。在温度为 2800K 时, 发射光谱的峰值出现在波长稍大于 1 微米处, 这意味着大部分辐射以红外形式发射。

- 5 特别地, 对于一个 2800K 温度下的灰体来说, 稍低于 10% 的辐射在可见光谱范围内 (380-780 纳米) 发射; 同时超过 20% 的辐射是在近红外光谱范围内 (780-1100 纳米) 发射。

- 实际上, 钨丝不是真正的灰体, 但是它有一个在可见光谱范围内近乎不变、而在近红外光谱范围内明显趋于减小的光谱发射率, 10 这一点很容易从图 1 所示的反射率和光谱发射率曲线看到。在图 1 的曲线图中, 曲线 CRW 和 CEW 分别代表了环境温度下、对应于可见光谱和近红外光谱中不同波长的钨的反射率和发射率。

- 这导致了钨丝的效率 (即可见光辐射与总发射辐射之间的比率) 要远远大于灰体的效率。在估量环境温度下的光谱发射率时, 这个 15 优势依然非常显著。图 2 将 2800K 温度下的普朗克曲线 (以 CP 表示) 与 2800K 温度下钨丝发射的光谱功率作了比较。针对钨, 图形同时显示了实验测得的数值 (曲线 PM) 和利用环境温度下钨的光学常数计算得到的数值 (曲线 PC)。

20 发明内容

基于上述内容, 本发明的目的是提供一种用于白炽光源、能够随电流通过而成为白炽状态的辐射源。与传统技术得到的白炽灯的灯丝相比, 该辐射源的效率较高。

- 术语“光源效率”意指电磁辐射的可见光分量 (即 380 纳米与 780 25 纳米之间的辐射分量) 与可见光分量至近红外分量之间的和 (即 780 纳米与 2300 纳米之间的辐射分量) 的比率。

这个目标的达成主要通过一个用于白炽光源、能够随电流通过而成为白炽状态的辐射源。给该辐射源提供使之具有下述性能的手

段：对属于可见光谱区的 λ ，使吸收率 $\alpha(\lambda)$ 达到最大；对属于红外光谱区的 λ ，将吸收率 $\alpha(\lambda)$ 减到最小。以这样的一种方式，在相同的工作温度 T 下，辐射源的可见光谱区发射的辐射与红外光谱区发射的辐射之间的比率大于传统白炽灯丝的该比率。

- 5 上述手段包括一个在辐射源的至少一个表面上形成的纳米结构。所述纳米结构包括一个有序序列的微型凸起和/或微型空穴，且被永久地封装在一个难熔材料（如氧化铝、氧化钇、氧化锆或任何其它具有高熔点的氧化物）的介电基体（matrix）中。

10 辐射源表面的纳米构造目的是为了取得可见光谱区内发射率的相对增加（或反射率的减小），并且能够较大幅度地超过红外光谱区内发射率的相对增加（或反射率的减小）。

 上述难熔氧化物基体具有双重功能：

- 15 i) 限制了在较高工作温度下组成辐射源或其纳米结构的材料的原子蒸发。这种蒸发是造成辐射源在运转条件下工作寿命缩短的“凹口”效应以及对纳米结构的平化作用的原因。所述蒸发（温度越高时，蒸发效应就越强）往往会平化辐射源的表面结构，并随时间降低它的性能以及效率提高方面的优势。

- 20 ii) 即便是在工作温度超过熔点的条件下使用辐射源致使其组成材料经历了状态变化（尤其是熔化），也能够维持辐射源或其纳米结构的形态结构。

 上述项 ii) 特别重要，因为该项功能允许使用某些材料，无论是否表面结构化，这些材料的光谱发射率在可见光谱区特别高而在红外光谱区较低，甚至在工作温度超过熔点的情况下也是如此。对于这样的材料，尽管具有良好的光谱发射率特性，其发光效率将另
25 外受限于这些材料在低温时使用（正像大家所熟知的，灰体发射的可见光部分随温度的增高而增长，达到最高点时的温度约为 6000K，这是太阳表面的温度）。

 为了增加辐射源在可见光谱区的光谱吸收以及减小辐射源在红

外光谱区的光谱吸收, 选择什么材料制成辐射源至少与在辐射源上取得微结构的形态同等重要。

例如(纯粹作为例子而已), 一种材料(如黄金)有一个常温下的光谱发射率, 因为其光谱反射率在近红外光谱区非常高而在可见光谱区会突然下降(由于蓝色部分的高吸收, 因此呈黄色), 所以这种材料对得到一个高效辐射源特别适合。关于这一点, 可参见图1, 其中曲线 CRAu 代表金箔的反射率。在近红外光谱区, 与平面钨反射率曲线 CRW 相比较, 曲线 CRAu 急剧升高; 而在可见光谱区, 相对于钨的曲线 CRW, 曲线 CRAu 有一个非常突然的下降。在所述的图1中, 曲线 CEAu 代表同一金箔的发射率。2000K 温度下平面钨辐射源的效率(如以前所定义)大约为6%, 同时平面金箔辐射源的效率约为8%(2000K 的表面温度, 大于金的熔点)。

如上所述, 本发明的解决方案包括对辐射源的表面进行构造。辐射源最好是双面的平板形式, 但是也可以是带有圆柱形的或任何其它截面的线形。所构造的辐射源表面带有三维微结构, 并且其周期低于可见光波长。这样做主要是为了在可见光谱区内有选择地增加吸收。在相同的平衡温度下, 这种结构可以增加可见光谱区的发射辐射部分; 而与可见光部分相比, 在红外光谱区的发射辐射部分增加的幅度却比较小, 由此提高了辐射源的发光效率。大体上说, 本发明辐射源的尺寸, 就微型凸起或微型空穴的总厚度和深度/高度这二者而言, 都在几十或几百纳米的数量级上。依照所用材料折射指数的实数和虚数、工作温度以及所要获得的光谱反射率曲线可确定微结构的周期和尺寸。

可以看到光谱反射率曲线不仅依赖于所提供的减反射光栅结构, 还依赖于光线的入射角度和偏振状态。本发明的减反射微结构可作为特定入射角(典型地, 垂直入射)和偏振状态的函数加以优化, 这意味着反射率曲线实际上可仅仅因为一个特定入射角而被优化。但是, 也可以根据微型凸起或微型空穴的斜度、高度或形状优

化光栅，以这种方式可以减小光栅的角敏感性。

本发明特定的最佳特征将在所附的权利要求书中陈述，权利要求书被认为是本说明书的组成部分。

5 附图说明

通过以下纯粹作为非限制性例子提供的描述并参考附图，不难发现本发明其他的一些目的、特征和优点。附图中：

-图 1 是曲线图，显示了在环境温度下、对应于可见光谱和近红外光谱中不同波长的钨的反射率（曲线 CRW）和发射率（曲线 CEW），
10 并将它们与金的光谱反射率（曲线 CRAu）和发射率（曲线 CEAu）进行比较。

-图 2 是曲线图，图中将 2800K 温度下的普朗克曲线（曲线 CP）当作 2800K 温度下钨丝发射的光谱功率；同时显示了实验测得的数值（曲线 PM）和利用环境温度下钨的光学常数计算得到的数值（曲线 PC）。
15 线 PC）。

-图 3 是关于本发明中表面配置了一维衍射光栅（也就是沿一个方向的周期性凸起）的辐射源部分的示意性透视图。

-图 4 和图 5 是本发明的各自在表面上配置的二维衍射光栅（也就是在辐射源表面沿两个正交方向周期性的凸起）的两个辐射源的相关部分的示意透视图。
20 相关部分的示意透视图。

-图 6 是本发明的另一个在表面上配置了菱形对称的二维衍射光栅的辐射源部分的示意性透视图。这个菱形对称的二维衍射光栅是由在辐射源表面上沿两个互不垂直方向的周期性空穴形成的。

-图 7 是曲线图，图中比较了平面钨的光谱发射率（曲线 CEW）和具备由图 3 所示类型的光栅构成的纳米结构的钨的光谱发射率（曲线 CEW'）。
25 线 CEW'）。

-图 8 是曲线图，图中 比较了平面金箔的光谱发射率（曲线 CEAu）和具备由图 3 所示类型的光栅构成的纳米结构的金箔的光谱

发射率（曲线 CEAu'）。

-图 9 是曲线图，显示具备由图 3 所示类型的光栅构成的纳米结构的钨辐射源的、作为波长的函数的光谱发射率的相对增加。

5 -图 10 是曲线图，显示具备由图 3 所示类型的光栅构成的纳米结构的金辐射源的、作为波长的函数的光谱发射率的相对增加。

-图 11 和图 12 是本发明的两个最佳实施例的、各自在表面上配置了的二维衍射光栅、并被封装进难熔氧化物的辐射源相关部分的示意性剖面图；

10 -图 13 是本发明的一个辐射源的示意图，辐射源由一个被薄层材料（Au）包覆的纳米结构支持体（W）（所述材料（如金、银、铜）不必一定具有高熔点）和至少一个由难熔氧化物（OR）组成的上部封装层构成。

15 -图 14 是本发明的一个辐射源的示意图，其中纳米结构形成在由低熔点材料（如金、银、铜）制造的层（Au）上，该层设置在一个由高熔点材料（如钨）形成的平面衬底（W）上，且至少其上部被封装在一个难熔氧化物（OR）层内；

-图 15 是本发明的一个辐射源的示意图，其中纳米结构光栅由难熔氧化物（OR）构成，而所述光栅表面被低熔点材料（如金、银、铜）薄层（Au）包覆，而低熔点材料层又被另一难熔氧化物层包覆。

20

具体实施方式

如前面所解释的，本发明的一个主要方面是，依靠白炽辐射源表面适当的微结构来提高可见光发射的效率；为了增加可见光谱区的发射效率，所述的微结构可有效减小可见光谱区的反射率 ρ ，并
25 较小程度地减小近红外光谱区的反射率 ρ 。

所期望的减反射特性可以借助下列两种方式获取：一维光栅，即在灯丝表面沿一个方向的周期性凸起；二维衍射光栅，即在灯丝表面沿两个正交方向（不一定互相平行）的周期性凸起。从这个观

点出发，图 3 中标记 F 代表本发明的辐射源部分，辐射源表面有一个由沿一个方向的周期性微型凸起 R_1 构成的衍射光栅 R；而在图 4 和图 5 所示的例子中，本发明的辐射源部分 F 的表面有一个代之以由沿着两个正交方向的周期性微型凸起 R_2 构成的衍射光栅 R。应当
5 注意的是减反射结构 R 还可以具有不同的对称，如菱形、六角形或任何其它类型的对称。

在图 3-5 中，标记 h 代表凸起 R_1 、 R_2 的深度或高度，标记 D 代表凸起的宽度，标记 P 代表光栅 R 的周期。光栅 R 的填充系数被定义为图 3 所示例子中的比率 D/P 、图 4 所示例子中的比率 D^2/P^2 以及
10 图 5 所示例子中的比率 $\pi D^2/(4P^2)$ 。

图 6 表示本发明的辐射源的部分 F，其表面衍射光栅 R 代之以由沿着两个正交方向（不必一定相互平行）的周期性微型空穴 C 构成。实质上，图 6 提出的减反射结构在形态上是对图 5 所示的结构形态的一个补充。

15 通常，本发明的减反射光栅还可以是多层的或带有连续轮廓的，这样可以增加优化光栅的自由度并进一步提高其效率。

本发明一个更重要的方面是，衍射光栅 R 被永久地封装进一个难熔氧化物层中（如氧化钇）。所述氧化物层的存在带来许多优点：

-作为减反射包覆层能够补充衍射光栅 R 的减反射特征，进一步
20 提高了辐射源的效率；

-能够在不太明确的真空条件下，或大体上说，甚至在空气中使灯丝工作，而不发生辐射源氧化的现象；

-在真空和惰性气体两种条件下，氧化物涂层的存在可以降低组成辐射源的材料蒸发速度，从而延长光源的平均寿命，并保护微
25 结构 R 的形态；

-使得采用光学常数最适于高效辐射源制造的材料（如金）成为可能。即使在工作温度超过材料本身熔点（但是仍低于难熔氧化物的熔点）的情况下，也能封装所述材料并确保辐射源 F 的结构形态

被维持。

根据前面的描述以及图 7 和图 9 所示 (图中曲线 CEW 代表平板钨的光谱发射率, 曲线 CEW' 代表本发明纳米结构化的钨的光谱发射率), 可以很明显地看到: 由于辐射源 F 的减反射纳米结构, 在相同的工作温度 T 下, 本发明辐射源的可见光谱区发射的辐射与可见光谱及红外光谱区发射的总辐射的比率大于相对于传统白炽灯丝的该比率, 因而在光源效率方面具有明显的优势。特别是, 已知所提出的辐射源有一个在工作温度为 T 和波长为 λ 时对应的光谱吸收率 $\alpha(\lambda, T)$ (其中反射率通过关系 $\alpha(\lambda) = 1 - \rho(\lambda, T) - \tau(\lambda, T)$ 与光谱反射率 $\rho(\lambda, T)$ 及光谱透射率 $\tau(\lambda, T)$ 建立起联系), 减反射结构 R 可以做到: 对属于可见光谱区的 λ , 使吸收率 $\alpha(\lambda)$ 达到最大; 而对属于红外光谱区的 λ , 使吸收率 $\alpha(\lambda)$ 只有较小程度的增加。

因此, 本发明所提出的微结构 R 对于修改辐射源 F 的光谱发射率、增加可见光的发射部分、从而提高含有所述辐射源的灯或光源的发光效率是很合适的。按照这种观点, 可以认为微型凸起 R_1 、 R_2 或微型空穴 C 能将来自辐射源的可见光谱内的电磁发射达到最大, 同时不减少、事实上还可能增加其它光谱区内的反射。

如上面所解释的, 微结构 R 作用的基础是基尔霍夫定律。按照该定律, 在热平衡条件下, 在给定波长时物体所吸收的电磁辐射等于其发出的电磁辐射。这个定律的直接推论是: 在给定波长的条件下, 如果物体表面的光谱反射率较低, 则相应的光谱发射率将非常高; 反之亦然, 如果光谱反射率高, 则相应的发射率较低。

基于上面的因素, 光谱反射率对于角度和偏振状态的依赖性会影响相类似的光谱发射率的角度依赖性。因而, 就给定波长的情况下本发明的表面微结构化的辐射源所发射的辐射而论, 相应的发射波瓣不仅遵从朗伯定律 (恒定辐射, 如非结构化光源的情形), 而且遵循由微结构 R 给定的光栅的角度特性。此外, 与现有技术水平

下的白炽光源发射的辐射不同，本发明辐射源的发射辐射具有某种程度的偏振和相干性。

上述优点在很大程度上可以借助由光学常数比钨更适合的材料构成的纳米结构化的辐射源来取得。

5 关于这一点可以参看图 8 和图 10。在图 8 中，将平面金的光谱发射率（曲线 CEAu）与作为本发明具备光栅 R 构造的纳米结构的金的光谱发射率相比较；图 10 显示了本发明具备纳米结构的金辐射源的、作为波长的函数的光谱发射率的相对增加。

关于这一点，应当记住：与钨相比，许多低熔点材料（如金、
10 银、铜）具有更有利的发射特性，尽管这些材料的低熔点通常会妨碍其在工作温度下（指可见光发射发挥效用时的温度，通常大于 1500K）的使用。如前面所述，为了获得有利的黑体发射（也就是较大的可见光发射），物体必须达到尽可能最高的温度（最大效能
在 5000K 以上）。在低熔点材料构成的辐射源的例子中，当能够成
15 为白炽状态的电流通过时，材料本身可能会熔化或至少会变形，这样会使得能够提高发射效率的光栅形态蒙受损耗、直至辐射源被完全破坏。

因此，在本发明的最佳实施例中，使用难熔氧化物将带有光栅的灯丝封装起来。以这种方式，带有纳米结构的导体材料被软化或者甚至变为液态都不会对光栅造成破坏，最终也不会破坏辐射源。
20 实际上，即使在辐射源的白炽温度（根据材料的不同，白炽温度分布在 1500K-2000K 之间）下也不变形的难熔氧化物，构成了减反射光栅的辅助基体。因此，即使组成辐射源的材料被变形或被液化，这个基体也能够维持其形态。正如上面所解释的，这样确保了光栅
25 的性能，并且保持了事先设计的发射特性。

依照前述的最佳实施例，辐射源或其中的一部分由具有低熔点、但是通过适当的纳米结构使光学常数明显适于提高辐射源效率的导体或半导体制成。例如，金、银和铜就是这个意义上的相关导体材

料。

从图 7-8 和图 9-10 之间的比较可以很容易看到：辐射源表面上的纳米结构对提高效率的影响，金比钨更显著。适当结构化并被氧化钇包覆的钨辐射源的效率在 2000K 时差不多为 8%（即相对增长 20%）；同时被结构化、并被封装进氧化钇以便在温度超过熔点时也能够保持其结构形态的金辐射源的效率为 25%，相对于平面金箔提高了 200%以上。

图 11 和图 12 是前述的本发明最佳实施例中两个夹在有关电极 H 之间的辐射源 F 的局部示意图。

在图 11 的例子中，辐射源 F 有一个如图 5 中所示类型、由基本上为圆柱形的微型凸起或柱状物 R_2 形成的减反射结构 R；同时在图 12 的例子中，是一个如图 6 中所示类型、由具有圆形剖面的微型空穴 C 形成的结构 R。辐射源 F 以这样的方式被结构化来获得一个二维相位光栅。辐射源用金制成，成为白炽状态的电流从中流过。而电极 H 由高熔点导体材料（如钨和同类材料）或半导体材料（如炭及同类材料）制成。

电流经过辐射源 F 的低熔点材料，使之达到高温。例如，在所示的例子中，相关的材料是金，辐射源在约为 1900-2000K 的工作温度下发出辐射，正如前面所解释的，在这样的温度下，金光栅将被熔化。因此，在本发明的最佳实施例中提供了难熔氧化物层，在图 11 和图 12 中用标记 OR 表示。难熔氧化物层将辐射源 F 完全包覆，并且其轮廓随结构化部分 R 而变化。换句话说，难熔氧化物是与光栅 R 完全相配的凹陷部件（带微型凸起 R_2 结构的例子中）或是与光栅完全相配的凸起部件（带微型空穴 C 结构的例子中）。

例如，具有高熔化温度的氧化物 OR 可以是陶瓷基氧化物，即钽、铈、钇、铝、锆的氧化物。

当金属光栅 R 被变形和/或被熔化时，氧化物基体 OR 可保护光栅 R 的相位轮廓。也就是说，即使构成辐射源的材料达到液态，氧

化物基体 OR 也能够确保光栅 R 的形态被保持。

在一个优势显著的实施例中，提供了一个或多个在辐射源 F 的材料上开着的孔口或空腔 G。例如，在图 11 中示意性表示的、与一个或两个电极对应的空腔 G 或在图 12 中示意性显示的、位于难熔
5 氧化物结构内的空腔 G。提供这样的空腔或孔口 G 是为了填充辐射源 F 的材料，因为在高温时辐射源 F 材料的体积会膨胀。因此，所述孔口 G 可用来防止氧化物 OR 和辐射源 F 的材料之间的分层以及装置的破裂。

在各种被提议的实施方案中，微结构 R 可直接从构成辐射源 F
10 的材料获得。

第一个可能的方法是构造由多孔氧化铝 (porous aluminium oxide) 制成的模板。出于这个目的，通过溅射或热蒸发将一个铝膜 (厚度为一微米数量级) 覆在适当的衬底上 (如由石英玻璃制的衬底)，而后再经历一个阳极化过程。

15 根据将要获得的氧化铝孔的大小和距离，使用不同的电解液进行铝膜的阳极化过程。

通过铝膜的第一次阳极化处理所获得的氧化铝层有一个不规则的结构。为了得到一个高度规则的结构，有必要进行连续的阳极化过程。尤其是，至少要包括下列步骤：

20 i) 铝膜的第一次阳极化处理；

ii) 借助于酸性溶液 (如三氧化铬 CrO_3 和正磷酸 H_3PO_4) 蚀刻不规则的氧化铝膜的还原步骤；

iii) 从经过蚀刻未去除的氧化铝的残余部分开始，进行铝膜的第二次阳极化处理。

25 上面第 ii) 项的蚀刻步骤对于确定不规则氧化铝的残留部分以及在第二次阳极氧化处理步骤中氧化铝自身增长的择优区域是非常重要的。

经过连续的蚀刻操作和多次的阳极化处理，多孔氧化铝的结构

不断得到改善，直至变得高度均匀。

一旦获得规则的氧化铝模板，就可以通过如磁控管溅射（直流电或射频），将所期望的辐射源材料渗入氧化铝模板中。也就是说，通过这种方式，氧化铝结构充当了辐射源 F 的结构化区域的模子。

- 5 在钨辐射源的例子中，氧化铝结构后来会被除去，而后由难熔氧化物代替。所述难熔氧化物的熔点高于氧化铝，并且可通过射频溅射来溅镀。反之亦然，在由低熔点材料制成的辐射源的例子中，如果灯丝的工作温度保持在氧化铝熔化温度之下，透明的氧化铝结构可以被维持，以确保在辐射源自身的工作温度下能够保持光栅 R
- 10 的形态。既然如此，应当将难熔氧化物覆在辐射源 F 的未结构化以及未被多孔氧化铝保护的部分上，以便为辐射源材料提供一个整体封闭的基体。

- 另一个可能的制造过程从灯丝或从所选材料的平板开始。利用任何已知的纳米图案化方法中的一个（电子束、聚焦离子束 FIB 或
- 15 单一的高级光刻法），根据波长，蚀刻出微结构 R。在使用低熔点材料的例子中，由此获得的辐射源借助于如溅射、化学气相沉淀（CVD）、电镀等手段被难熔氧化物包覆。

- 在另一个实施例中，本发明的辐射源 F 可由多重的、互异的材料构成。例如，如图 13 所示，辐射源的基本材料可能是一个高熔
- 20 点的导体（如钨，图中用 W 表示），其具有的微结构 R 可直接从所述材料上得到。在所述的微结构上，提供了一个由低熔点导体或半导体材料构成的、均匀的薄涂层（如金，图中用 Au 表示）。所述的低熔点导体或半导体材料的光学特性比钨元素更具优势。涂层 Au 可以保持微型凸起 R 的轮廓，同时可发挥更具优势的金的发射特性。
- 25 在工作温度超过了低熔点涂层 Au 的熔化温度的条件下，难熔氧化物层 OR 可以保护结构的形态。在这个实施例中，还可以在高熔点材料 W 层上添加一个难熔氧化物层 OR，以防止高熔点材料 W 的蒸发和/或被氧化。

如图 14 所示，在另一个最佳配置中，从光学观点看是有利的，微结构 R 可以在低熔点的导体或半导体材料层（如金，在图中用标记 Au 表示）上得到。带有光栅的所述材料层 Au 位于高熔点导体材料层（如钨，在图中用标记 W 表示）上。在这个实施例中，在工作温度超过形成微结构的低熔点材料层 Au 的熔化温度的情况下，第一难熔氧化物 OR 层可以保护微结构 R 的形态。本例中，在高熔点材料层 W 上也设置了第二难熔氧化物 OR 层，以防止高熔点材料 W 的蒸发和/或被氧化。

在图 13 和图 14 的配置中，电流通过高熔点材料 W 和低熔点材料 Au 这二者传输。

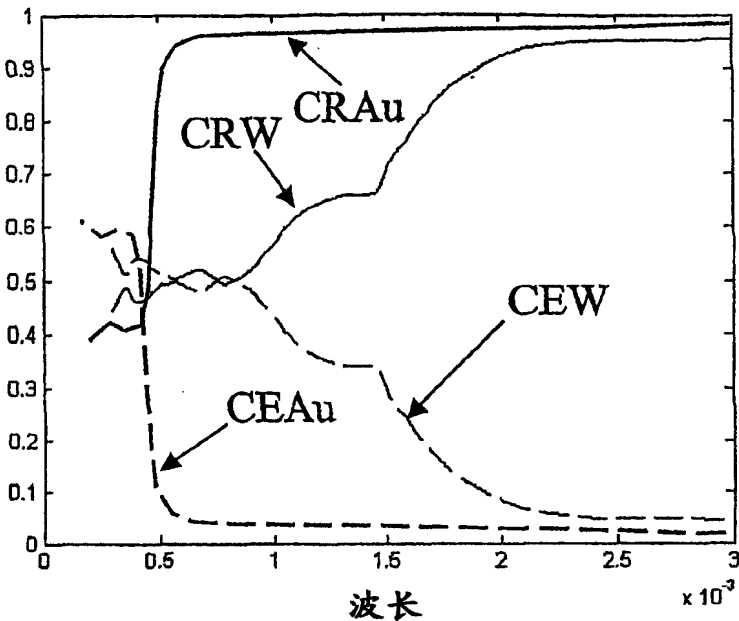
如图 15 所示，在另一个最佳配置中，微结构 R 可以直接在难熔氧化物层 OR 上得到。在带有结构 R 的难熔氧化物层 OR 上，又提供了一个由低熔点导体或半导体材料（如金，在图中用标记 Au 表示）构成的、均匀的薄涂层。在这里，这个存在于带有结构 R 的难熔氧化物层 OR 中的涂层 Au 直接充当了一个辐射源或是电流的载体。在工作温度超过低熔点材料层的熔化温度的条件下，包着涂层 Au 的第二难熔氧化物层 OR 可以保护结构的形态。

当然，在不改变本发明原理的条件下，相对于这里纯粹举例描述和表示的内容，具体结构和实施方式例可以作较大的变更，而不会因此而脱离本发明的范围。

这里描述的辐射源 F 可用于获得各种类型的白炽光源，尤其是机动车照明设备产品。本发明还适合于就微型白炽光源平面矩阵的用途提出的申请，其中每个微型白炽光源都被设有一个本发明的灯丝或辐射源。

图 1

反射率-发射率



被发射功率

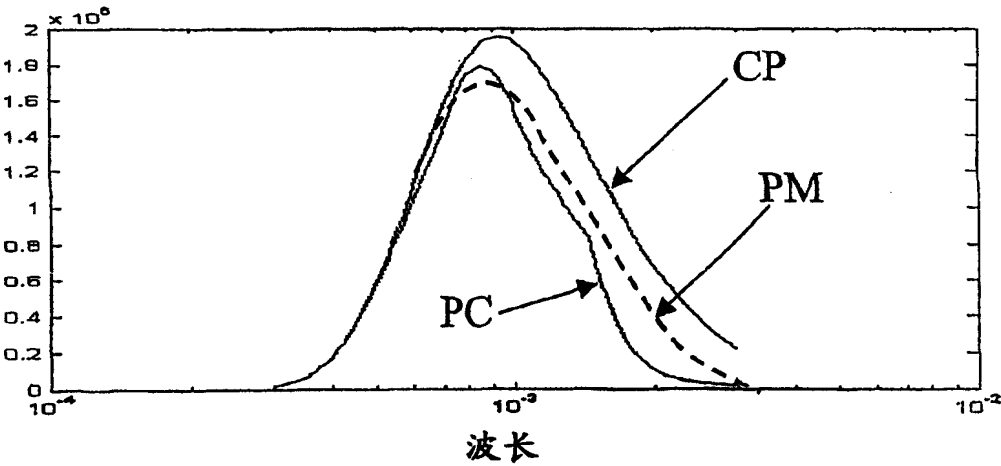


图 2

图 3

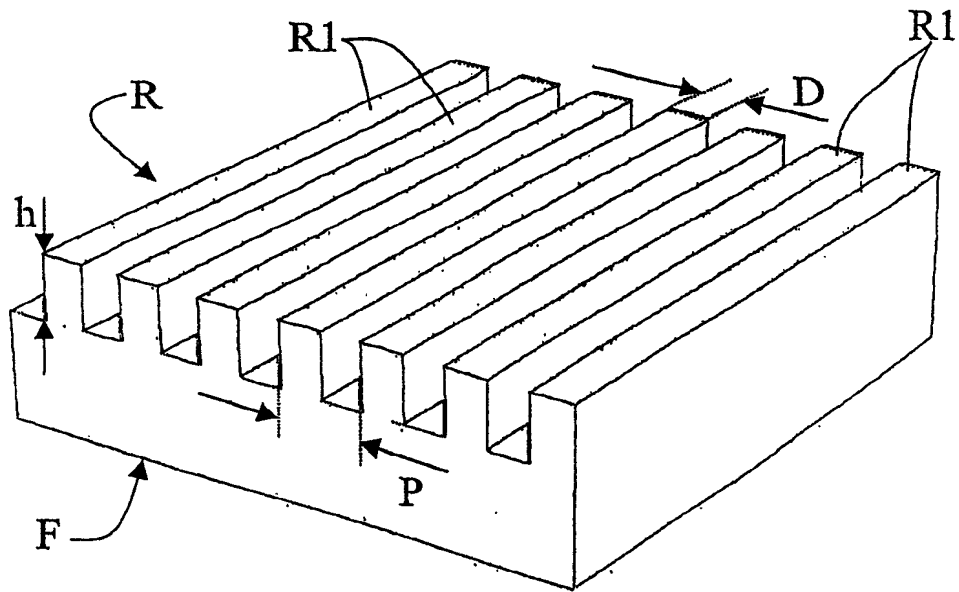
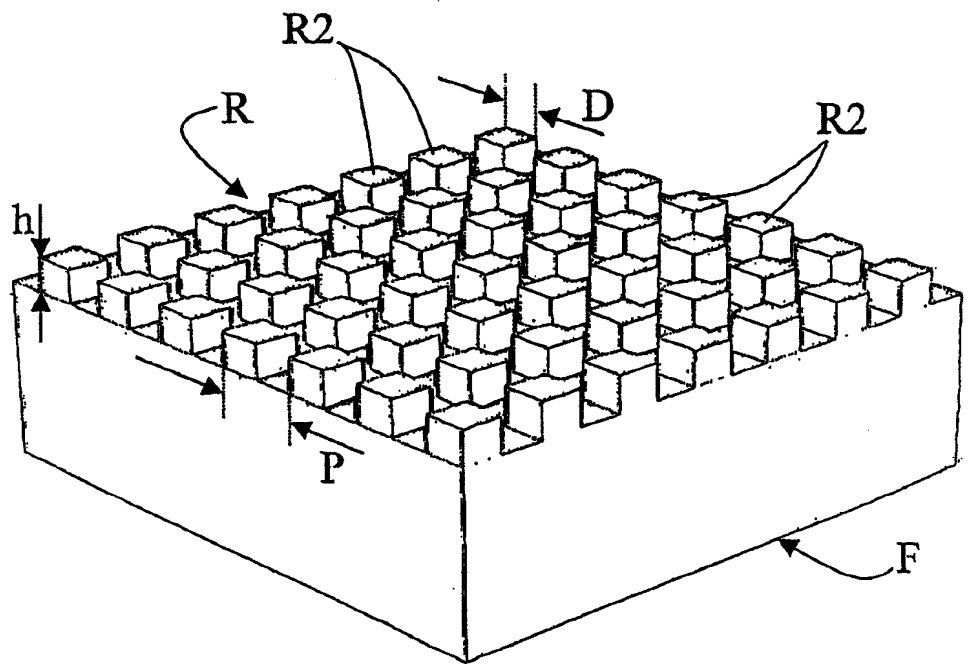


图 4

图 5

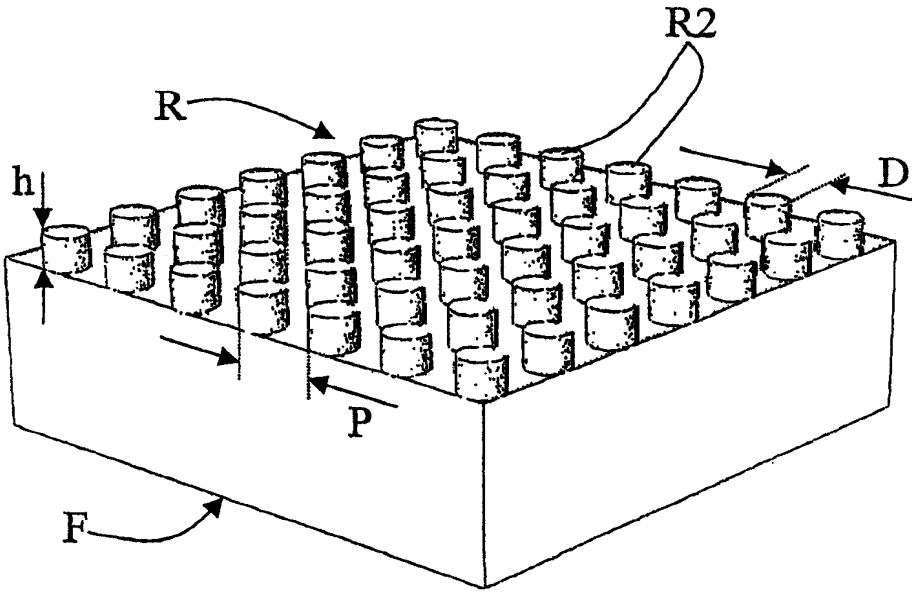
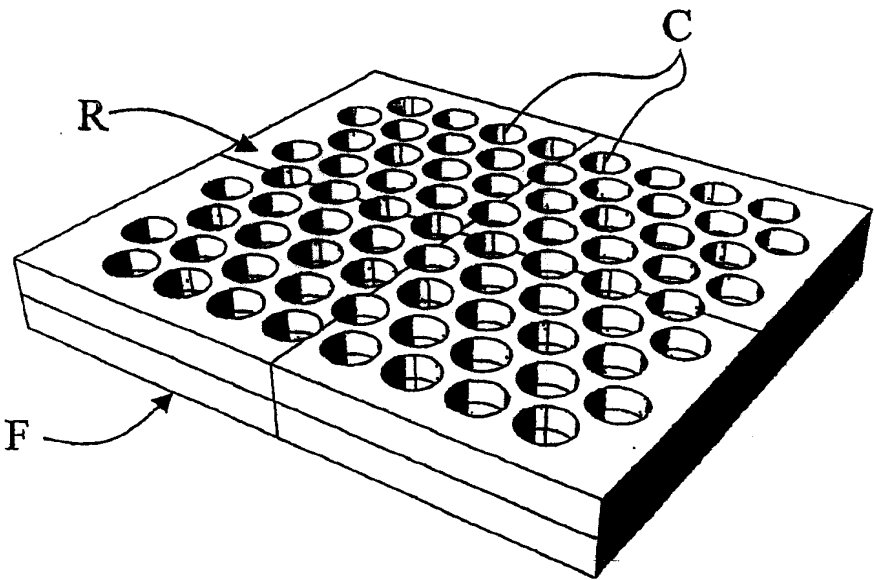


图 6

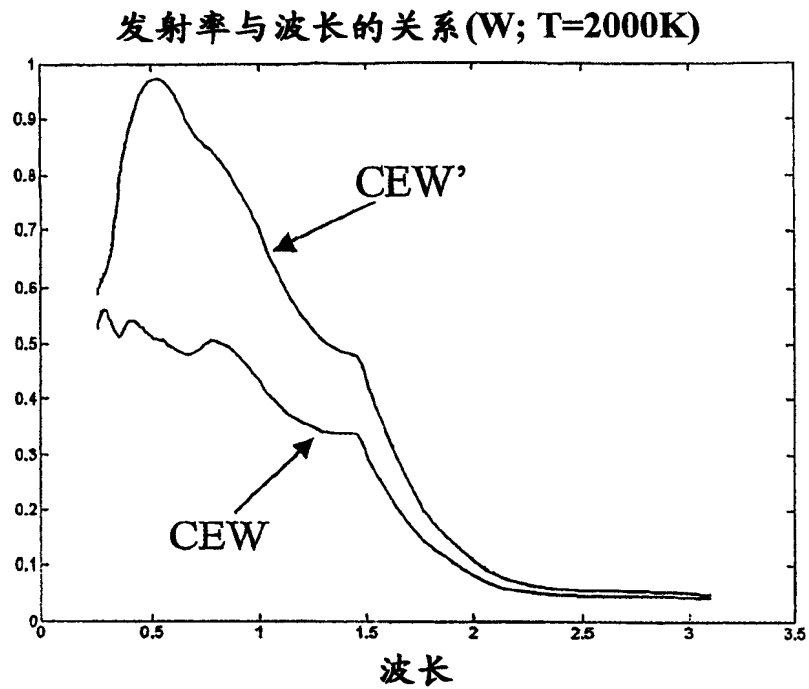


图 7

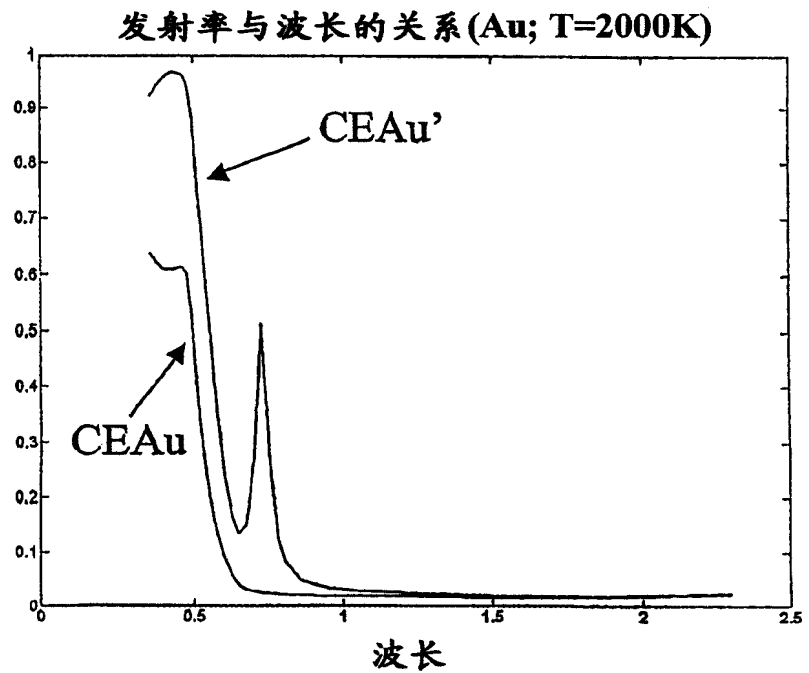


图 8

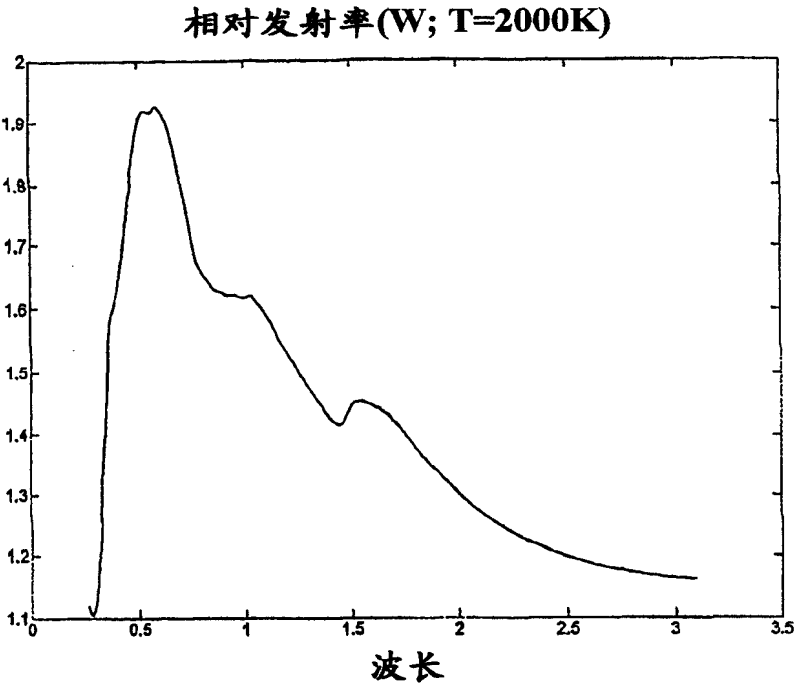


图 9

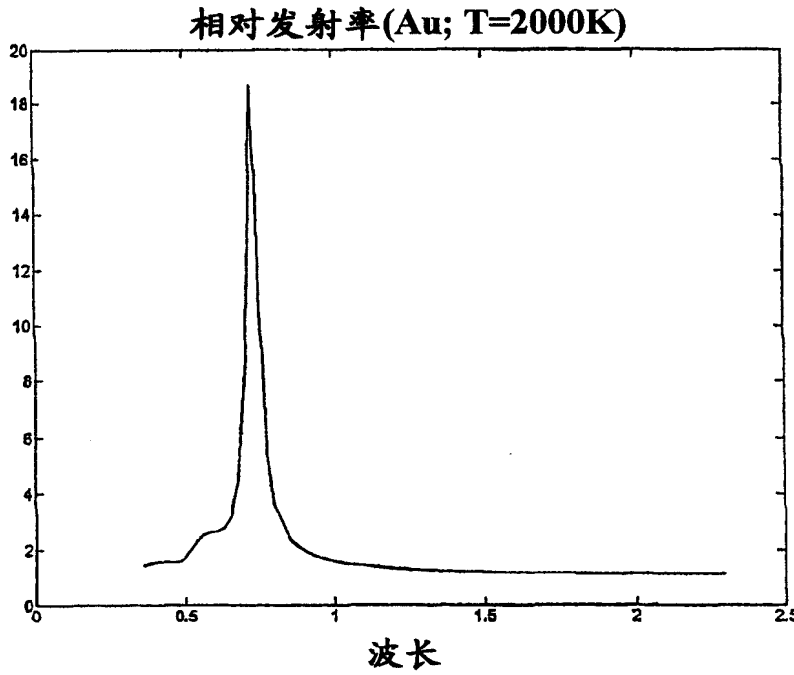


图 10

图 11

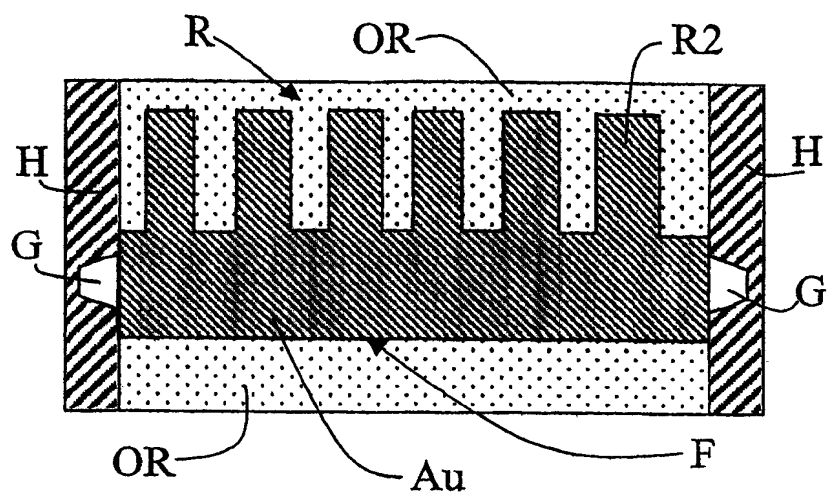
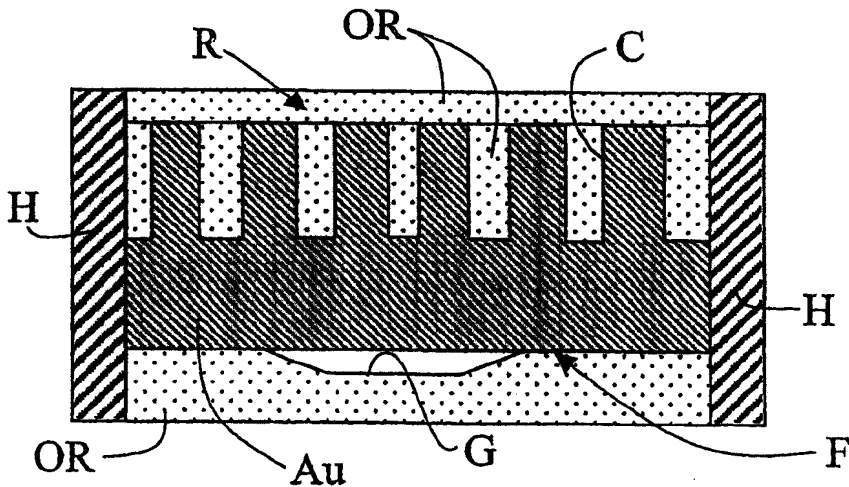


图 12

图 13

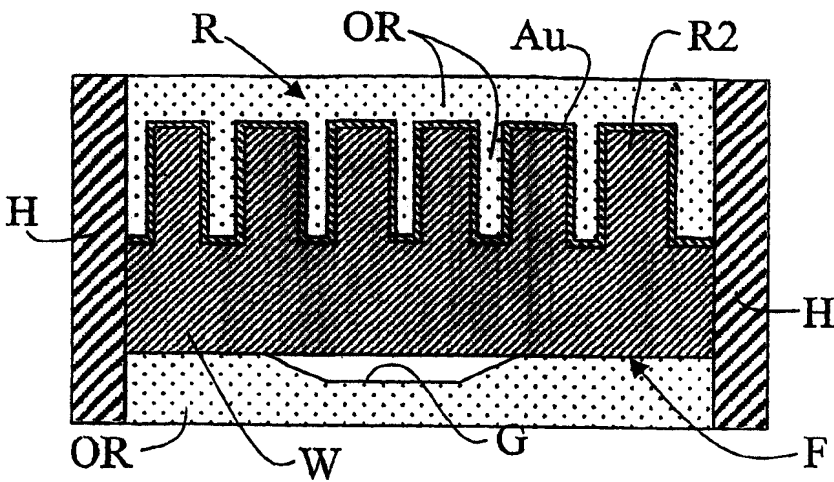


图 14

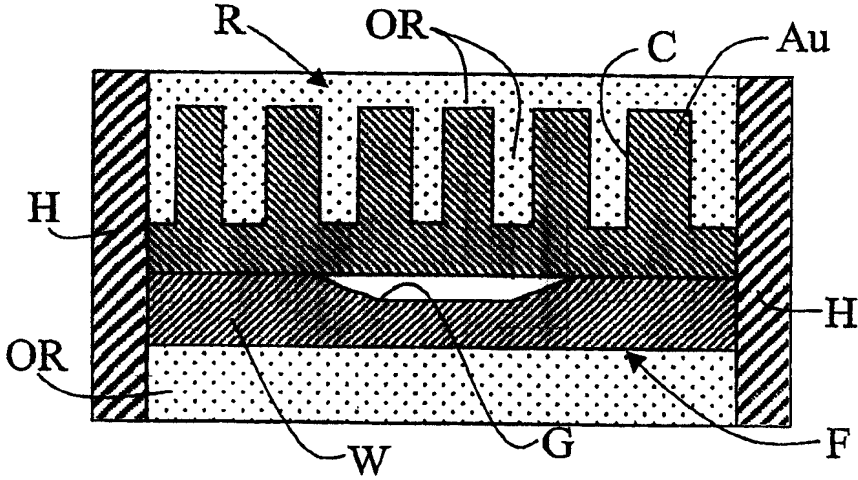


图 15

