



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109596221 A

(43)申请公布日 2019.04.09

(21)申请号 201811487252.6

(22)申请日 2018.12.06

(71)申请人 中国工程物理研究院上海激光等离子体研究所

地址 201899 上海市嘉定区陈家山路1129号

(72)发明人 贺芝宇 贾果 张帆 黄秀光  
谢志勇 王琛 熊俊 郭尔夫  
方智恒 舒桦 董佳钦

(74)专利代理机构 上海智力专利商标事务所  
(普通合伙) 31105

代理人 周涛

(51)Int.Cl.

G01J 5/00(2006.01)

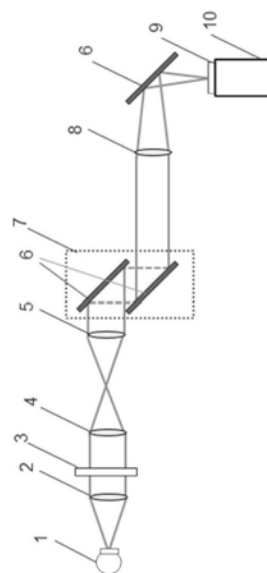
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种冲击温度诊断系统的标定与验证方法

(57)摘要

本发明公开了一种冲击温度诊断系统的标定与验证方法,该方法包括以下步骤:步骤1,标定光路的建立,步骤2,利用所述步骤1中的SOP测温诊断系统分别诊断标准光源作为已知标准光源A及待测标准光源B的自发辐射发光,步骤3,利用所述步骤2中分别得到的两种光源的自发辐射强度计数 $C_A$ 、 $C_B$ ,对应求得其辐射强度 $L_A$ 、 $L_B$ ,步骤4,计算待测标准光源的温度,步骤5,两种色温标准光源互相标定验证SOP系统可靠性。本发明基于普朗克黑体辐射理论,以光学高温计测温法为诊断手段,利用两种不同色温的高温标准光源对冲击温度诊断系统进行互相标定。通过诊断系统获得温度数据,对比验证了冲击温度诊断系统的可靠性和置信度,并给出了系统可靠性的评价方法。



1. 一种冲击温度诊断系统的标定与验证方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤1, 标定光路的建立: 该标定光路依次包括标准光源(1)、第一透镜(2)、靶室窗口(3)、第二透镜(4)、第三透镜(5)、反射镜(6)、潜望系统(7)、第四透镜(8)、窄带通道滤片(9)和条纹相机(10), 所述第一透镜(2)、靶室窗口(3)、和第二透镜(4)组成第一成像系统, 所述第三透镜(5)、反射镜(6)、潜望系统(7)和第四透镜(8)组成第二成像系统, 所述第一成像系统、第二成像系统、窄带通道滤片(9)和条纹相机(10)依次放置组成SOP测温诊断系统, 所述标准光源(1)的出光口置于光学系统前的物面位置, 所述窄带通道滤片(9)放置在条纹相机(10)的狭缝(101)前,

步骤2, 利用所述步骤1中的SOP测温诊断系统分别诊断标准光源(1)作为已知标准光源A及待测标准光源B的自发辐射发光, 并采用所述条纹相机(10)分别记录两次标定过程中光源的自发辐射图像, 具体步骤为: 将标准光源(1)选为已知标准光源A, 将所述已知标准光源A置于SOP系统的物面, 采集已知标准光源A经过SOP测温诊断系统后条纹相机(10)在一定扫描时间内的自发辐射强度计数 $C_A$ ; 再将标准光源(1)选为待测标准光源B置于SOP系统的物面, 采集待测标准光源B经过SOP测温诊断系统后条纹相机(10)在一定扫描时间内的自发辐射强度计数 $C_B$ ;

步骤3, 利用所述步骤2中分别得到的两种光源的自发辐射强度计数 $C_A$ 、 $C_B$ , 对应求得其辐射强度 $L_A$ 、 $L_B$ , 具体步骤为: 由SOP测温诊断系统光路可知待测标准光源B的自发辐射强度

计数 $C_B$ 的计算公式为
$$C_B = t_B \eta_B \int_{\lambda} L(\lambda)_B \Phi(\lambda)_B d\lambda$$
, 已知标准光源A的辐射强度计数 $C_A$ 的

计算公式为
$$C_A = t_A \eta_A \int_{\lambda} L(\lambda)_A \Phi(\lambda)_A d\lambda$$
, 其中下标A与B分别代表已知标准光源和待测

标准光源,  $C$ 为单个像素的自发辐射强度计数,  $L(\lambda)$ 为辐射强度,  $t$ 为有效发光时间,  $\eta$ 与系统收集立体角有关,  $\Phi(\lambda)$ 为系统光谱响应函数, 将 $C_B$ 除以 $C_A$ , 得到 $L_B(\lambda)$ 关于 $L_A(\lambda)$ 的函数关系, 由于所述步骤2中记录数据时采用的是条纹相机的动态扫描模式, 所以每个像素点的有效发光时间均由 $t = S_M/P$ 给出,  $S_M$ 表示相机扫描档程,  $P$ 表示档程所对应的像素个数, 由于标定过程中档程和像素均已知, 则认为 $t_A$ 与 $t_B$ 为常数, 若已知 $L_A(\lambda)$ 则根据公式计算出 $L_B(\lambda)$ ,

步骤4, 计算待测标准光源的温度: 根据普朗克黑体辐射理论, 温度为 $T$ 的灰体的热辐射

能量可写为
$$L = \varepsilon \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1}$$
, 则 $T$ 可写为
$$T = \frac{hc}{\lambda k \ln\left(\frac{2hc^2 \varepsilon}{L_T \lambda^5} + 1\right)}$$
, 其中,  $h$ 、 $c$ 、 $k$ 分别为普

朗克常数、真空光速与玻尔兹曼常数,  $\varepsilon$ 为发射率,  $\lambda$ 为通道波长, 若采用所述窄带通道滤片(9)为多通道滤片, 则通过多通道拟合来获得待测标准光源B的温度, 具体为, 由多个通道的辐射强度值建立辐射强度 $L_B$ 与波长 $\lambda$ 的关系, 采用普朗克公式对其进行非线性拟合, 温度 $T$ 与发射率 $\varepsilon$ 为拟合参数, 通过最小二乘法拟合得到待测标准光源B的温度 $T_B$ 和发射率 $\varepsilon$ 的值; 若采用所述窄带通道滤片(9)为单通道滤片, 则已知 $L_B$ 和 $\lambda$ 后, 可直接由普朗克公式计算获得待测标准光源B的温度 $T_B$ , 将所获得的待测标准光源B的色温 $T_B$ 与该光源的色温标准值作

对比, 可求出实测值与标准值的偏差 $\frac{T_B - T_S}{T_B}$ , 其中 $T_S$ 表示出厂标准值; 所述的标准光源色

温标准值为该光源出厂色温已知参数，

步骤5,两种色温标准光源互相标定验证SOP系统可靠性,将所述步骤2至步骤4中的已知标准光源A与待测标准光源B交换位置,将B作为已知标准光源,A作为待测标准光源,重复步骤2至步骤4,获得待测标准光源A的色温 $T_A$ 与该光源已知出厂色温参数作对比,并求出实测值与标准值的偏差 $\frac{T_A - T_S}{T_A}$ ,所述SOP系统可靠性P定义为:验证方法中所测得的温度与标准值的偏差小于5%的概率,若可靠性达到85%以上,则认为该系统是可靠的,即

$P\left(\frac{T_M - T_S}{T_M} < 5\%\right) \geq 85\%$ ,其中 $T_M$ 、 $T_S$ 分别表示实测温度值和出厂标准值,若分别以两种色温互为已知标准所测得标准光源色温皆与出厂色温参数相符较好,

$P\left(\frac{T_M - T_S}{T_M} < 5\%\right) \geq 85\%$ ,则验证了该冲击温度诊断SOP系统的可靠性,表明利用该测温诊断系统推算高温是可信的。

2.根据权利要求1所述的冲击温度诊断系统的标定与验证方法,其特征在于,所述窄带通道滤片(9)为单通道或者多通道窄带通道滤片,所述步骤3中若采用所述窄带通道滤片(9)为多通道窄带通道滤片,则多个通道可得到多个 $L_B(\lambda)$ 值;若所用的窄带通道滤片(9)为单通道窄带通道滤片,则可通过 $L_B(\lambda)$ 的计算公式得到确定波长的 $L_B$ 值。

3.根据权利要求1所述的冲击温度诊断系统的标定与验证方法,其特征在于,所述标准光源(1)包括两种不同色温的标准光源,出厂色温分别为2953K和4956K。

4.根据权利要求1所述的冲击温度诊断系统的标定与验证方法,其特征在于,出厂色温2953K的标准光源为纯卤素灯光源,该标准光源与普朗克黑体理论曲线重合误差小于0.1%。

5.根据权利要求1所述的冲击温度诊断系统的标定与验证方法,其特征在于,出厂色温4956K的标准光源为定制的标准光源,该标准光源为在卤素灯标准光源基础上设置全可见光波段多层膜滤片,该可见光波段多层膜滤片确保在可见光波段380~740nm的范围内该光源的辐射强度与理论普朗克曲线间的偏差小于10%。

## 一种冲击温度诊断系统的标定与验证方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于光学高温计系统诊断领域,具体涉及一种冲击温度诊断系统的标定与验证方法。

### 背景技术

[0002] 温度是表征物质热力学特征的重要参量,理论状态方程模型的建立对温度参量十分敏感,冲击波温度测量是检验与考核理论状态方程模型的重要手段之一。然而,目前研究状态方程的冲击波加载实验中,对于冲击波速度、压强等力学量的测量已经较为成熟,而对于温度等热力学参量由于其本身的复杂性和对仪器的高要求,精确测量还非常困难。

[0003] 对于瞬态发生的冲击温度测量实验,目前广泛采用光辐射法进行测量。该方法通过测量冲击波阵面处高密度压缩层的辐射光谱,利用普朗克黑体辐射公式计算压缩层的温度。对于透明材料,测量时冲击压缩层的辐射可以通过未受冲击的材料透射出来而被探测到,通常采用时间分辨与空间分辨的光学高温计(streaked optical pyrometry——SOP)测量待测受冲击材料的自发辐射发光,通过普朗克灰体辐射公式来得到冲击温度。

[0004] 尽管国内外普遍采用SOP测温诊断系统对材料冲击下的温度进行诊断,实际上研究者们一直对SOP系统的可靠性存疑。如何有效验证与考核SOP诊断方法的可靠性是个普遍存在的难点。因此,有必要寻找一种冲击温度诊断系统的标定与验证方法,考核SOP系统的可靠性,确保该系统所测的冲击温度数据的有效性、合理性,解释一直以来对利用SOP系统进行高温测量是否可行的疑虑。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的问题,本发明提供一种冲击温度诊断系统的标定与验证方法,该方法基于普朗克黑体辐射理论,以光学高温计测温法为诊断手段,利用两种不同色温的高温标准光源对冲击温度诊断系统进行互相标定。两种标准光源互为测温诊断系统的标定标准,通过诊断系统获得温度数据,对比验证了冲击温度诊断系统的可靠性和置信度,并给出了系统可靠性的评价方法。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 一种冲击温度诊断系统的标定与验证方法,该方法包括以下步骤:

[0008] 步骤1,标定光路的建立:该标定光路依次包括标准光源、第一透镜、靶室窗口、第二透镜、第三透镜、反射镜、潜望系统、第四透镜、窄带通道滤片和条纹相机,所述第一透镜、靶室窗口、和第二透镜组成第一成像系统,所述第三透镜、反射镜、潜望系统和第四透镜组成第二成像系统,所述第一成像系统、第二成像系统、窄带通道滤片和条纹相机依次放置组成SOP测温诊断系统,所述标准光源的出光口置于光学系统前的物面位置,所述窄带通道滤片放置在条纹相机的狭缝前,

[0009] 步骤2,利用所述步骤1中的SOP测温诊断系统分别诊断标准光源作为已知标准光源A及待测标准光源B的自发辐射发光,并采用所述条纹相机分别记录两次标定过程中光源

的自发辐射图像,具体步骤为:将标准光源选为已知标准光源A,将所述已知标准光源A置于SOP系统的物面,采集已知标准光源A经过SOP测温诊断系统后条纹相机在一定扫描时间内的自发辐射强度计数 $C_A$ ;再将标准光源选为待测标准光源B置于SOP系统的物面,采集待测标准光源B经过SOP测温诊断系统后条纹相机在一定扫描时间内的自发辐射强度计数 $C_B$ ;

[0010] 步骤3,利用所述步骤2中分别得到的两种光源的自发辐射强度计数 $C_A$ 、 $C_B$ ,对应求得其辐射强度 $L_A$ 、 $L_B$ ,具体步骤为:由SOP测温诊断系统光路可知待测标准光源B的自发辐射

强度计数 $C_B$ 的计算公式为 $C_B = t_B \eta_B \int_{\lambda} L(\lambda)_B \Phi(\lambda)_B d\lambda$ ,已知标准光源A的辐射强度计数

$C_A$ 的计算公式为 $C_A = t_A \eta_A \int_{\lambda} L(\lambda)_A \Phi(\lambda)_A d\lambda$ ,其中下标A与B分别代表已知标准光源和待

测标准光源,C为单个像素的自发辐射强度计数, $L(\lambda)$ 为辐射强度,t为有效发光时间, $\eta$ 与系统收集立体角有关, $\Phi(\lambda)$ 为系统光谱响应函数,将 $C_B$ 除以 $C_A$ ,得到 $L_B(\lambda)$ 关于 $L_A(\lambda)$ 的函数关系,由于所述步骤2中记录数据时采用的是条纹相机的动态扫描模式,所以每个像素点的有效发光时间均由 $t = S_M/P$ 给出, $S_M$ 表示相机扫描档程,P表示档程所对应的像素个数,由于标定过程中档程和像素均已知,则认为 $t_A$ 与 $t_B$ 为常数,若已知 $L_A(\lambda)$ 则根据公式计算出 $L_B(\lambda)$ ,

[0011] 步骤4,计算待测标准光源的温度:根据普朗克黑体辐射理论,温度为T的灰体的热

辐射能量可写为 $L = \varepsilon \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(\frac{hc}{\lambda kT}) - 1}$ ,则T可写为 $T = \frac{hc}{\lambda k \ln\left(\frac{2hc^2 \varepsilon}{L_T \lambda^5} + 1\right)}$ ,其中,h、c、k分别

为普朗克常数、真空光速与玻尔兹曼常数, $\varepsilon$ 为发射率, $\lambda$ 为通道波长,若采用所述窄带通道滤片为多通道滤片,则通过多通道拟合来获得待测标准光源B的温度,具体为,由多个通道的辐射强度值建立辐射强度 $L_B$ 与波长 $\lambda$ 的关系,采用普朗克公式对其进行非线性拟合,温度T与发射率 $\varepsilon$ 为拟合参数,通过最小二乘法拟合得到待测标准光源B的温度 $T_B$ 和发射率 $\varepsilon$ 的值;若采用所述窄带通道滤片为单通道滤片,则已知 $L_B$ 和 $\lambda$ 后,可直接由普朗克公式计算获得待测标准光源B的温度 $T_B$ ,将所获得的待测标准光源B的色温 $T_B$ 与该光源的色温标准值作

对比,可求出实测值与标准值的偏差 $\frac{T_B - T_S}{T_B}$ ,其中 $T_S$ 表示出厂标准值;所述的标准光源色

温标准值为该光源出厂色温已知参数,

[0012] 步骤5,两种色温标准光源互相标定验证SOP系统可靠性,将所述步骤2至步骤4中的已知标准光源A与待测标准光源B交换位置,将B作为已知标准光源,A作为待测标准光源,重复步骤2至步骤4,获得待测标准光源A的色温 $T_A$ 与该光源已知出厂色温参数作对比,并求

出实测值与标准值的偏差 $\frac{T_A - T_S}{T_A}$ ,所述SOP系统可靠性P定义为:验证方法中所测得的温度

与标准值的偏差小于5%的概率,若可靠性达到85%以上,则认为该系统是可靠的,即

$P\left(\frac{T_M - T_S}{T_M} < 5\%\right) \geq 85\%$ ,其中 $T_M$ 、 $T_S$ 分别表示实测温度值和出厂标准值,若分别以两种色

温互为已知标准所测得标准光源色温皆与出厂色温参数相符较好,

$P\left(\frac{T_M - T_S}{T_M} < 5\%\right) \geq 85\%$ ，则验证了该冲击温度诊断SOP系统的可靠性，表明利用该测温诊断系统推算高温是可信的。

[0013] 所述窄带通道滤片为单通道或者多通道窄带通道滤片，所述步骤3中若采用所述窄带通道滤片为多通道窄带通道滤片，则多个通道可得到多个 $L_B(\lambda)$ 值；若所用的窄带通道滤片为单通道窄带通道滤片，则可通过 $L_B(\lambda)$ 的计算公式得到确定波长的 $L_B$ 值。

[0014] 所述标准光源包括两种不同色温的标准光源，出厂色温分别为2953K和4956K。

[0015] 出厂色温2953K的标准光源为纯卤素灯光源，该标准光源与普朗克黑体理论曲线重合误差小于0.1%。

[0016] 出厂色温4956K的标准光源为定制的标准光源，该标准光源为在卤素灯标准光源基础上设置全可见光波段多层膜滤片，该可见光波段多层膜滤片确保在可见光波段380~740nm的范围内该光源的辐射强度与理论普朗克曲线间的偏差小于10%。

[0017] 与现有技术相比，本发明的有益效果为：

[0018] 为了考核SOP系统的可靠性，确保该系统所测的冲击温度数据的有效性、合理性，解释一直以来对利用SOP系统进行高温测量是否可行的疑虑，本发明提供一种冲击温度诊断系统的标定与验证方法，该方法以普朗克黑体辐射为理论依据，以光学高温计测温法为诊断手段，利用两种不同色温的高温标准光源对冲击温度诊断系统进行互相标定，并给出了系统可靠性的评价方法。两种标准光源互为测温诊断系统的标定标准，通过诊断系统获得温度数据，对比验证了冲击温度诊断SOP系统的可靠性。该方法能有效校验SOP系统的置信度，对冲击温度诊断技术有重要应用价值。

[0019] 本发明中两种标准光源的色温值相差约2000K，远大于光源色温的本身误差(100K)，确保标定与验证过程的准确性。所述的冲击温度诊断系统的标定与验证方法，若要使所测量的温度误差小于15%，该方法的测温范围约为2000K~50000K，所述的测温范围适用于一般冲击波实验中冲击温度的诊断。

## 附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术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。

[0021] 图1为本发明中的标定光路图。

[0022] 图2为本发明中多通道窄带滤片与条纹相机排布示意图。

[0023] 图3a为本发明中多通道拟合温度与发射率的拟合曲线(2953K光源为已知标准光源，4956K光源为待测标准光源)。

[0024] 图3b为本发明中多通道拟合温度与发射率的拟合曲线(4956K光源为已知标准光源，2953K光源为待测标准光源)。

## 具体实施方式

[0025] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完

整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有付出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0026] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0027] 实施例1

[0028] 如图1和图2所示,本实施例冲击温度诊断系统的标定与验证方法,该方法包括以下步骤:

[0029] 步骤1,标定光路的建立:该标定光路依次包括标准光源1、第一透镜2、靶室窗口3、第二透镜4、第三透镜5、反射镜6、潜望系统7、第四透镜8、窄带通道滤片9和条纹相机10,所述第一透镜2、靶室窗口3、和第二透镜4组成第一成像系统,所述第三透镜5、反射镜6、潜望系统7和第四透镜8组成第二成像系统,所述第一成像系统、第二成像系统、窄带通道滤片9和条纹相机10依次放置组成SOP测温诊断系统,所述标准光源1的出光口置于光学系统前的物面位置,所述窄带通道滤片9放置在条纹相机10的狭缝前,本实施例中窄带通道滤片9选择为多通道窄带通道滤片,该多通道窄带通道滤片为矩形薄片,其宽度与条纹相机狭缝宽度尺寸保持一致,其高度需大于条纹相机狭缝的高度,并完全覆盖狭缝,如图2,该多通道窄带通道滤片包括四个窄带通道,四个窄带通道的波长 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ 分别为410nm、450nm、490nm和590nm,四个窄带通道依次等分地镀在多通道窄带滤光片上,每个通道的峰值半宽小于20nm,多通道窄带通道滤片的透射率高于80%;

[0030] 步骤2,利用所述步骤1中的SOP测温诊断系统分别诊断标准光源1作为已知标准光源A出厂色温为2953K及待测标准光源B出厂色温为4956K的自发辐射发光,已知标准光源A、待测标准光源B在可见光波段(380~740nm)皆符合黑体条件,即满足普朗克曲线分布,且其发射率、光谱辐射亮度曲线 $L(\lambda)$ 及其不确定度皆已知,并采用所述条纹相机10分别记录两次标定过程中光源的自发辐射图像,具体步骤为:将标准光源1选为已知标准光源A,将所述已知标准光源A置于SOP系统的物面,采集已知标准光源A经过SOP测温诊断系统后条纹相机10在一定扫描时间内的自发辐射强度计数 $C_A$ ;再将标准光源1选为待测标准光源B置于SOP系统的物面,采集此时待测标准光源B经过多通道SOP系统后条纹相机在一定扫描时间内的自发辐射强度计数 $C_B(\lambda)$ ,四个通道对应得到四个 $C_B$ 值;

[0031] 步骤3,利用公式: $L_B(\lambda) = \frac{t_A}{t_B} \frac{C_B}{C_A} L_A(\lambda)$ 分别计算待测标准光源四个通道的自发辐射强度,由于标定过程中记录数据时采用的都是条纹相机的动态扫描模式,每个像素点的有效发光时间可由 $t = S_M/P$ 给出,本次两个光源标定时都采用了100ms扫描档程, $S_M = 100ms$ ,档程所对应的像素个数 $P = 1400$ ,则可计算得 $t_A$ 与 $t_B$ 的值,由于标准光源A作为已知光源其全光谱的辐射强度 $L_A(\lambda)$ 是给定的,因此待测光源四个通道的辐射强度 $L_B(\lambda)$ 可由其表达式计算得到,所得结果如图3(a)所示,

[0032] 步骤4,计算待测标准光源的温度:如图3(a)建立四个通道辐射强度 $L_B$ 与波长 $\lambda$ 的

关系图,采用普朗克公式  $L = \varepsilon \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(\frac{hc}{\lambda kT}) - 1}$  对其进行非线性拟合,以温度T与发射率 $\varepsilon$

作为拟合参数,通过最小二乘法拟合后,得到待测光源B的发射率 $\varepsilon_B = 2.3 \times 10^{-4}$ ,色温 $T_B = 4870K$ ,

[0033] 步骤5,初步验证标准光源色温测量准确性与SOP系统可靠性:待测标准光源B是由美国NIST(National Institute of Standards and Technology)溯源的标准积分球光源,出厂色温=标准值为4956K,发射率 $2.5 \times 10^{-4}$ ,该出厂参数与步骤4所计算得到的色温与发射率相比一致性好,实测温度值与标准值的偏差  $\frac{T_M - T_S}{T_M} = 1.8\% < 5\%$ ,表明该测温诊断

SOP系统可靠性较好,

[0034] 步骤6,两种色温标准光源互相标定以进一步验证SOP系统可靠性:将所述步骤2至5中的已知标准光源A与待测标准光源B交换位置,即令光源B为已知标准光源,令光源A为待测标准光源,重复步骤2至5,可以获得待测标准光源A的色温 $T_A = 2924K$ ,发射率 $\varepsilon_A = 7.3 \times 10^{-3}$ ,如图3(b)。同样,与该光源已知出厂色温参数(色温2953K,发射率 $6.1 \times 10^{-3}$ )作对比,该出厂参数与所计算得到的光源A的色温与发射率一致性同样很好,实测温度值与标准值的偏差  $\frac{T_M - T_S}{T_M} = 0.99\% < 5\%$ ,多通道法验证所得系统可靠性  $P\left(\frac{T_M - T_S}{T_M} < 5\%\right) = 100\% \geq 85\%$ 。

综上可知,两种色温互为已知标准所测得标准光源色温皆与出厂色温参数相符较好,则进一步验证了该冲击温度诊断SOP系统的可靠性,表明利用该测温诊断系统推算黑体的辐射高温是可信的。

[0035] 作为优选,本实施例出厂色温2953K的标准光源为纯卤素灯光源,该标准光源与普朗克黑体理论曲线重合误差小于0.1%。

[0036] 作为进一步优选,本实施例出厂色温4956K的标准光源为定制的标准光源,该标准光源为在卤素灯标准光源基础上设置全可见光波段多层膜滤片,该可见光波段多层膜滤片确保在可见光波段380~740nm的范围内该光源的辐射强度与理论普朗克曲线间的偏差小于10%。

[0037] 实施例2

[0038] 如图1和图2所示,本实施例冲击温度诊断系统的标定与验证方法,该方法包括以下步骤:

[0039] 步骤1,标定光路的建立:该标定光路依次包括标准光源1、第一透镜2、靶室窗口3、第二透镜4、第三透镜5、反射镜6、潜望系统7、第四透镜8、窄带通道滤片9和条纹相机10,所述第一透镜2、靶室窗口3、和第二透镜4组成第一成像系统,所述第三透镜5、反射镜6、潜望系统7和第四透镜8组成第二成像系统,所述第一成像系统、第二成像系统、窄带通道滤片9和条纹相机10依次放置组成SOP测温诊断系统,所述标准光源1的出光口置于光学系统前的物面位置,所述窄带通道滤片9放置在条纹相机10的狭缝前,本实施例中窄带通道滤片9选择为单通道窄带通道滤片或四通道窄带通道滤片,

[0040] 步骤2,利用所述步骤1中的SOP测温诊断系统分别诊断标准光源1作为已知标准光源A出厂色温为2953K及待测标准光源B出厂色温为4956K的自发辐射发光,已知标准光源A、

待测标准光源B在可见光波段(380~740nm)皆符合黑体条件,即满足普朗克曲线分布,且其发射率、光谱辐射亮度曲线 $L(\lambda)$ 及其不确定度皆已知,并采用所述条纹相机10分别记录两次标定过程中光源的自发辐射图像,具体步骤为:将标准光源1选为已知标准光源A,将所述已知标准光源A置于SOP系统的物面,采集已知标准光源A经过SOP测温诊断系统后条纹相机10在一定扫描时间内的自发辐射强度计数 $C_A$ ;同理,再将待测标准光源B置于SOP系统的物面,采集此时待测标准光源B经过多通道SOP系统后条纹相机在一定扫描时间内的自发辐射强度计数 $C_B(\lambda)$ ;

[0041] 步骤3,利用公式: $L_B(\lambda) = \frac{t_A}{t_B} \frac{C_B}{C_A} L_A(\lambda)$ 计算待测光源在单通道 $\lambda$ 处的自发辐射

强度,由于标定过程中记录数据时采用的都是条纹相机的动态扫描模式,每个像素点的有效发光时间可由 $t = S_M/P$ 给出,本次已知标准光源A标定时采用了50ms扫描档程, $S_{MA} = 50\text{ms}$ ,待测标准光源B标定时采用了100ms扫描档程, $S_{MB} = 100\text{ms}$ ,两个档程所对应的像素个数 $P = 1400$ ,则可计算得 $t_A$ 与 $t_B$ 的值,由于已知标准光源A作为已知光源其全光谱的辐射强度 $L_A(\lambda)$ ,如 $L_A(442\text{nm}) = 6.03 \times 10^8 \text{W/sr} \cdot \text{m}^3$ ,因此待测标准光源的辐射强度 $L_B(\lambda)$ ,如 $L_B(442\text{nm}) = 2.4 \times 10^9 \text{W/sr} \cdot \text{m}^3$ ,

[0042] 步骤4,由辐射强度计算色温:由于待测标准光源B发射率已知, $\varepsilon_B = 2.5 \times 10^{-4}$ ,根

据普朗克公式 
$$T = \frac{hc}{\lambda k \ln\left(\frac{2hc^2\varepsilon}{L_T\lambda^5} + 1\right)}$$
 可直接计算得到待测标准光源B色温 $T_B$ 。将该计算所得

的色温与美国NIST溯源的标准积分球光源出厂色温4956K比较,可得出实测温度与标准值的偏差值,

[0043] 步骤5,将所述步骤2至4中的已知标准光源A与待测标准光源B交换位置,即待测标准光源B为已知标准光源,令已知标准光源A为待测标准光源,重复步骤2至4,可以获得待测标准光源A的色温 $T_A$ 。同样,与该光源已知出厂色温参数(色温2953K)作对比,得出实测温度与标准值的偏差值。将不同条纹相机增益MCP条件下的单通道双色温互标验证实验结果汇

总于表1,可得单通道法验证所得SOP系统可靠性  $P\left(\frac{T_M - T_S}{T_M} < 5\%\right) = 93\% \geq 85\%$ ,表明该

系统是可靠的。

[0044] 表1单通道双色温光源互标结果

[0045]

MCP	通道 (nm)		以 2953K 光源为标准, 标定 4956K 光源		以 4956K 光源为标准, 标定 2953K 光源	
			实测值	与标准值 偏差	实测值	与标准值偏 差
750V	单通道窄带 通道滤片	442	4801	3.2%	2981	0.94%
800V		442	4818	2.9%	2975	0.74%
850V		442	4839	2.4%	2966	0.44%
850V	四通道窄带 通道滤片	450	4844	2.3%	2967	0.47%
850V		590	4749	4.3%	3041	2.9%
850V		410	4711	5.2%	2981	0.94%
850V		490	4857	2.0%	2978	0.84%

[0046] 综上可知,两种色温互为已知标准所测得标准光源色温皆与出厂色温参数相符较好,且可靠性评估符合要求,则进一步验证了该冲击温度诊断SOP系统的可靠性,表明利用该测温诊断系统推算黑体的辐射高温是可信的。

[0047] 尽管上述实施例已对本发明作出具体描述,但是对于本领域的普通技术人员来说,应该理解为可以在不脱离本发明的精神以及范围之内基于本发明公开的内容进行修改或改进,这些修改和改进都在本发明的精神以及范围之内。

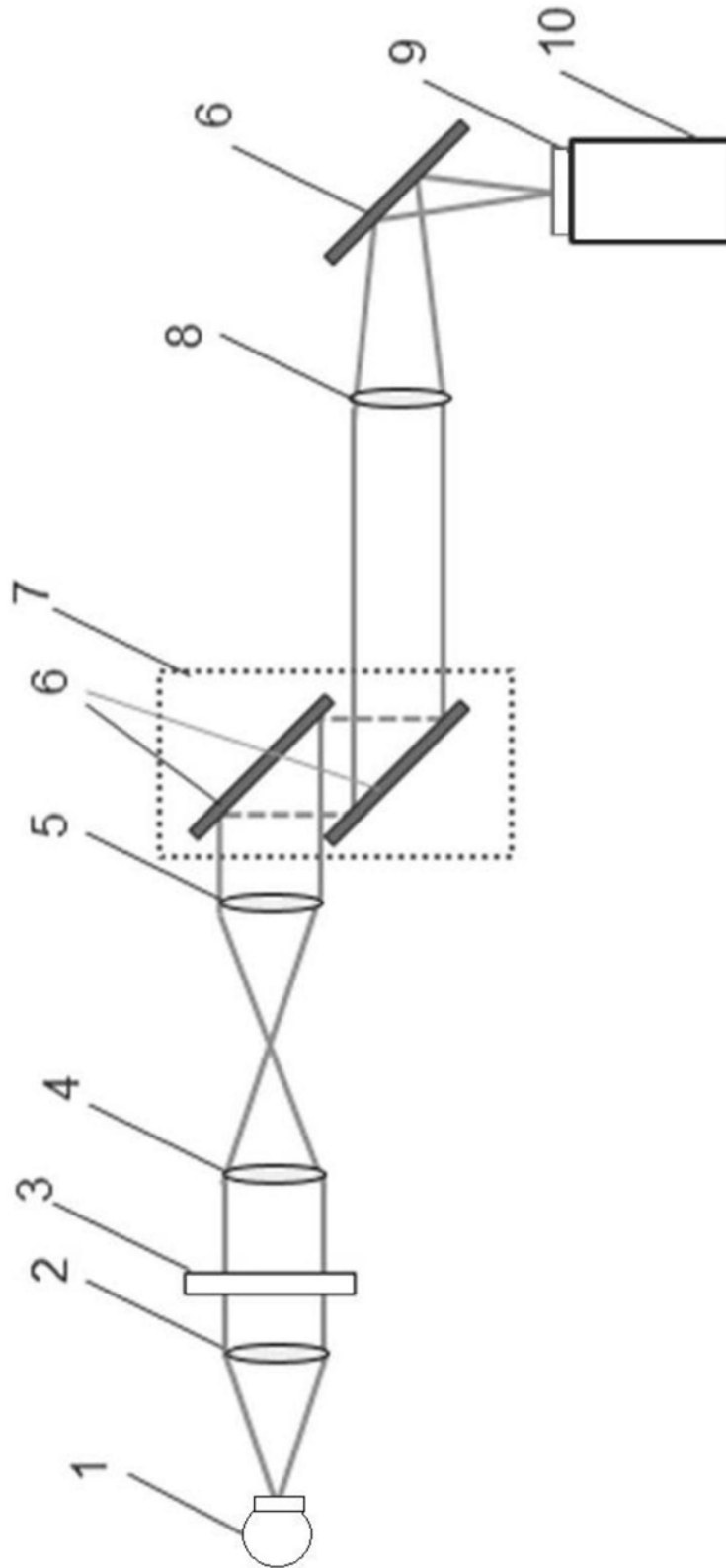


图1

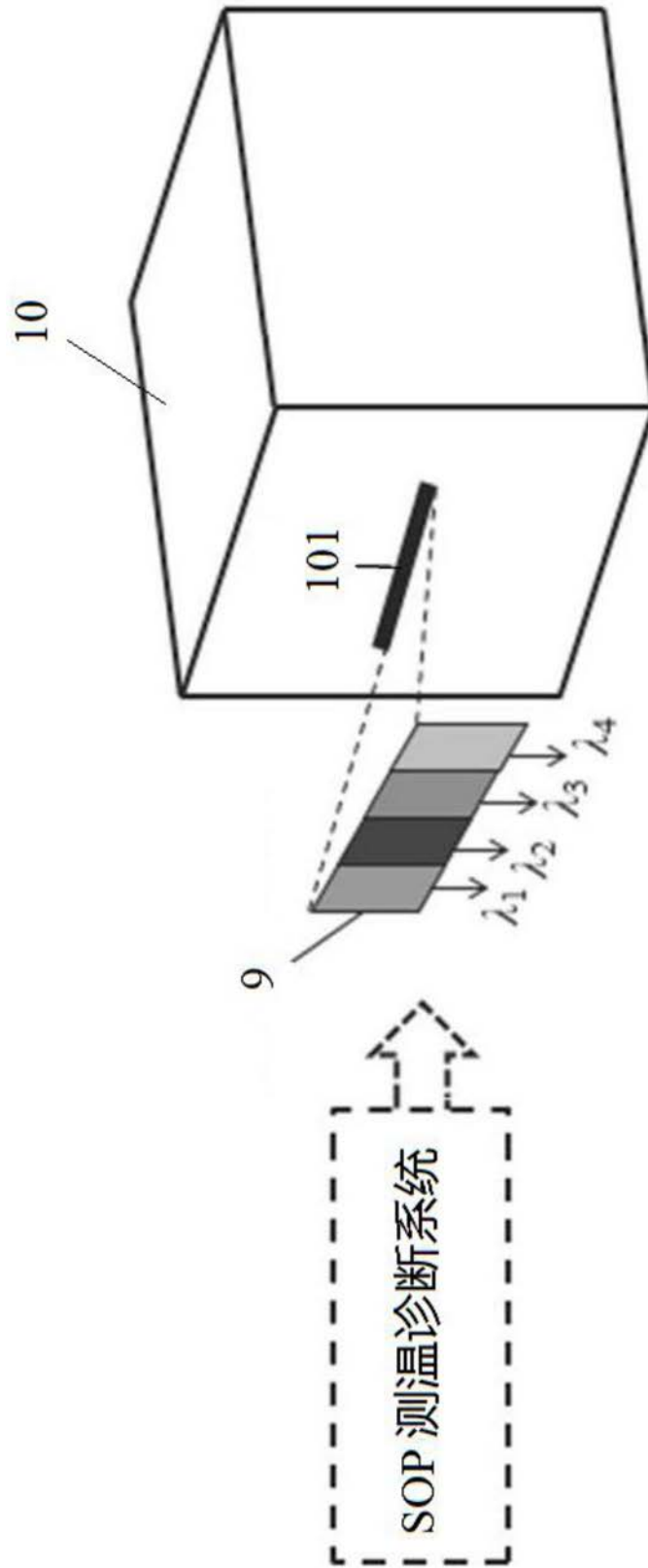


图2

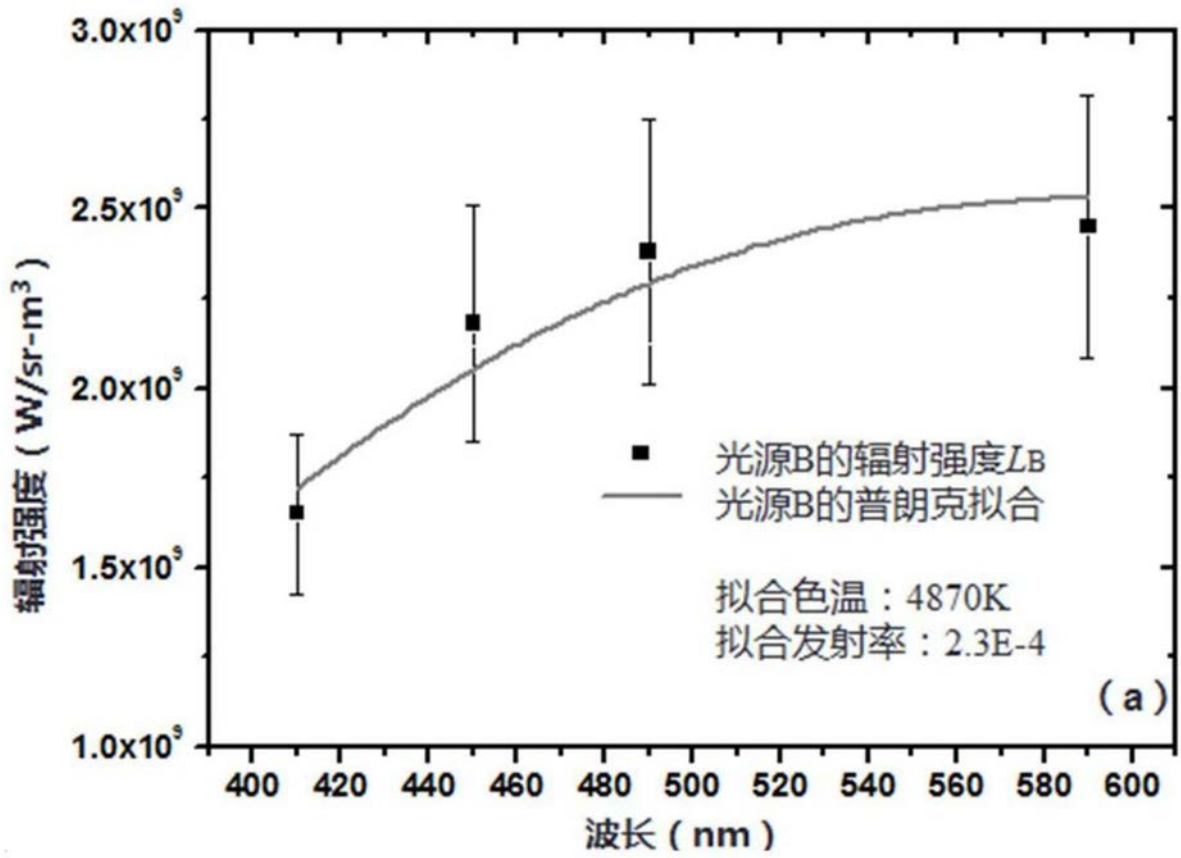


图3a

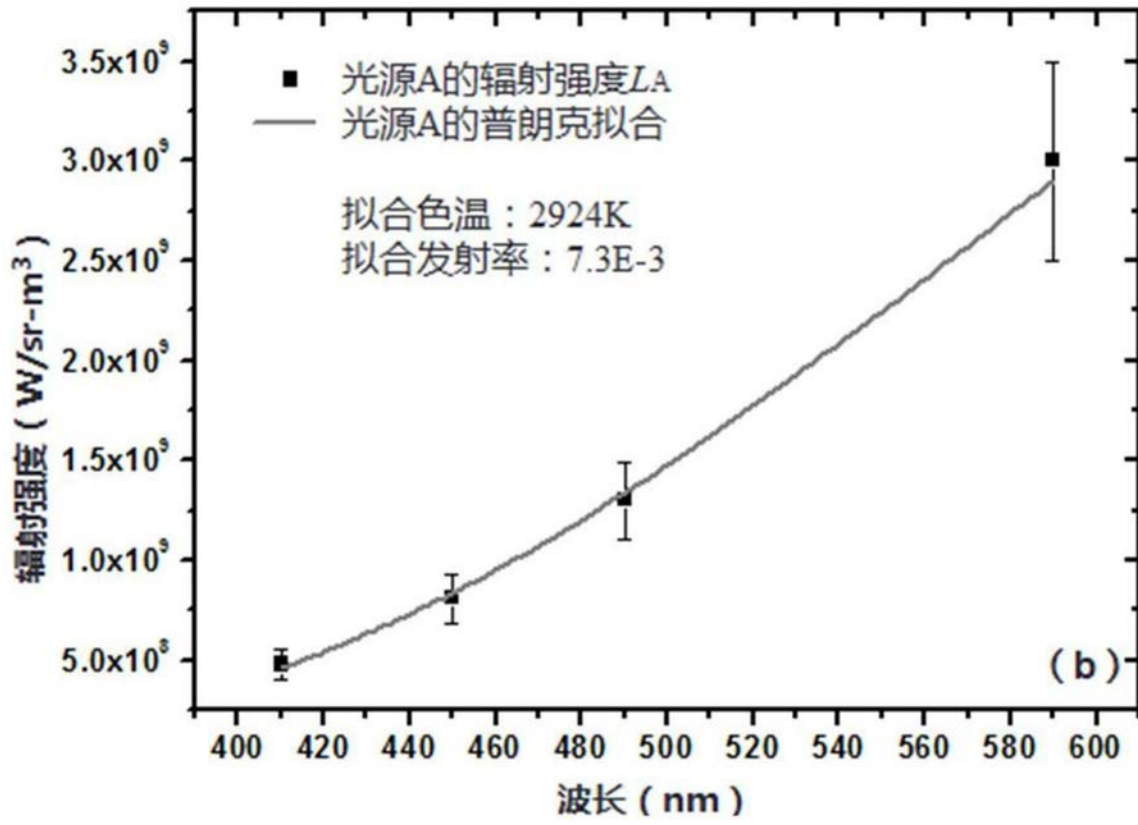


图3b