

# 基于标准探测器研究标准灯光谱辐照度和漫反射板双向反射分布函数随波长的变化

杨小虎<sup>1,2</sup> 王淑荣<sup>1</sup> 黄煜<sup>1</sup> 曲艺<sup>1</sup> 林冠宇<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

<sup>2</sup>中国科学院研究生院, 北京 100049

**摘要** 用光谱辐照度标准灯的光谱辐照度标定内部照明的积分球开口光谱辐亮度, 这一技术目前已比较成熟, 通过两种方式推导出的传递仪器光谱辐亮度响应度之比随波长而变化。针对这一现象, 构建了基于标准探测器的绝对辐亮度计和绝对辐照度计。用所构建的绝对辐射计在4个波长处标定光谱辐照度标准灯及标准漫反射板的变化情况, 得出标准灯实际光谱辐照度值比自身标定值大, 漫反射板实际双向反射分布函数(BRDF)比自身标定BRDF小的结论。将实际光谱辐照度及BRDF分别修正到积分球光谱辐亮度及传递仪器光谱辐亮度响应度中, 修正后的传递仪器光谱辐亮度响应度之比随波长变化而趋于常数1。不确定度分析表明, 在4个波长处光谱辐亮度定标中合成标准不确定度为0.884%~1.217%, 光谱辐照度定标中合成标准不确定度为0.768%~1.136%。

**关键词** 测量; 辐射定标; 标准探测器法; 光源法; 光谱辐亮度定标; 光谱辐照度定标

中图分类号 TP706

文献标识码 A

doi: 10.3788/AOS201131.0612008

## Wavelength Dependence of the Spectral Irradiance of Standard Lamp and Bi-Reflection Distribution Function of Diffuser Based on Standard Detectors

Yang Xiaohu<sup>1,2</sup> Wang Shurong<sup>1</sup> Huang Yu<sup>1</sup> Qu Yi<sup>1</sup> Lin Guanyu<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130033, China  
<sup>2</sup>Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract** In the normal spectral radiance calibration of the internal illumination integrating sphere based on the spectral irradiance of the standard lamp, a deviation changing with wavelength exists in the ratio of instrument's spectral radiance responsivities derived by two methods. The absolute radiance and irradiance radiometers based on the standard detectors are built up. By calibrating standard lamp of spectral irradiance and standard diffuser with these apparatuses at four wavelengths, it is found that the actual spectral irradiance of the standard lamp is greater while the actual bi-reflection distribution function (BRDF) of the diffuser is smaller than the self-calibrated value. After correcting the standard spectral irradiance and BRDF to the spectral radiance of the integrating sphere and the instrument's spectral radiance responsivity, the ratio derives to constant 1. Analysis shows a combined standard uncertainty of 0.884% ~ 1.217% for the spectral radiance and 0.768% ~ 1.136% for the spectral irradiance measurement at the four wavelengths.

**Key words** measurement; radiometric calibration; standard-detector method; standard lamp; spectral radiance calibration; spectral irradiance calibration

**OCIS codes** 120.0120; 350.5610; 150.1488

收稿日期: 2010-11-03; 收到修改稿日期: 2011-02-28

基金项目: 国家自然科学基金(41074126)和吉林省青年科研基金(20090118)资助课题。

作者简介: 杨小虎(1986—), 男, 博士研究生, 主要从事空间紫外遥感仪器辐射定标方面的研究。

E-mail: yangxiaohu861106@163.com

导师简介: 王淑荣(1961—), 女, 研究员, 博士生导师, 主要从事空间紫外遥感仪器方面的研究。

E-mail: srwang@ciomp.ac.cn(通信联系人)

## 1 引言

光谱测量仪器对光谱辐射量绝对值进行定标的途径理论上基于辐射源和基于辐射探测器两种。到目前为止,在实验室内进行绝对辐射定标的方法主要是基于光谱辐照度灯的标定。光谱辐照度标准灯的量值由已知温度的高温黑体炉传递而来。国家一级标准光谱辐照度灯在紫外 250~400 nm 波段不确定度为 1.3%~4.0% (包含因子  $k=1$ )。国际标准组织和发达国家从 20 世纪 90 年代开始以低温绝对辐射计为基础建立了新型高精度光辐射初级标准,并采用基于探测器的标准传递链,传递标准探测器在 250~400 nm 波段不确定度为 0.38%~1.3% ( $k=2$ )。由此可见,标准探测器相对于标准灯具有更高的精度<sup>[1~4]</sup>。

在传统的用光谱辐照度标准灯给积分球进行光谱辐亮度标定的过程中,紫外臭氧垂直探测仪关于光谱辐照度标准灯和漫反射板这一整体亮度源,以及积分球亮度源的两次光谱辐亮度响应度之比随波长变化而变化,经分析认为光谱辐照度标准灯和标准漫反射板存在一定程度的变化<sup>[5,6]</sup>。基于此,以标准探测器为基础构建了一台绝对辐射计<sup>[7]</sup>,用来标定标准灯的光谱辐照度及标准漫反射板的双向反射分布函数(BRDF),分别与标准灯及标准漫反射板的自身标定值比较,得出标定值的变化情况,以此检验以往积分球光谱辐亮度传递过程中出现的仪器光谱辐亮度响应度偏差来源。

## 2 原理介绍

在 Walker 等<sup>[8~14]</sup>提出的用美国国家标准技术研究院(NIST)标准光谱辐照度灯的辐照度标定内部照明积分球光谱辐亮度这一技术中,用紫外臭氧垂直探测仪作为传递谱仪,得出 250~400 nm 波段、氙灯电流为 6.1  $\mu\text{A}$  时的积分球开口光谱辐亮度,如图 1 所示。

此过程中,紫外臭氧垂直探测仪相对于光谱辐照度标准灯和标准漫反射板产生的亮度源有一个光谱辐亮度响应度  $R_b(\lambda)$ ;用已获得开口光谱辐亮度值的积分球作为亮度源直接标定紫外臭氧垂直探测仪,也可以得到其光谱辐亮度响应度,记为  $R_j(\lambda)$ 。对于同一台紫外臭氧垂直探测仪,从原理上说由两种方法得到的光谱辐亮度响应度应一致<sup>[15]</sup>,实际情况却是两者之间的比值随波长变化而变化,如图 2 所示。

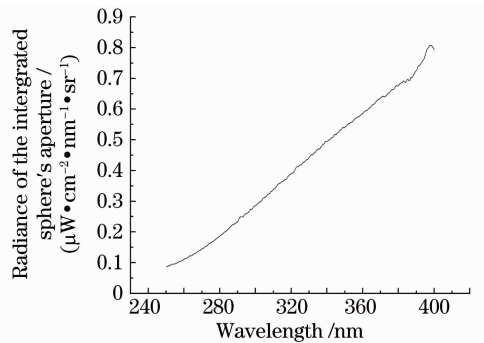


图 1 氙灯电流为 6.1  $\mu\text{A}$  时积分球 250~400 nm 光谱辐亮度

Fig. 1 Spectral radiance of the integrated sphere in 250~400 nm under the xenon lamp current of 6.1  $\mu\text{A}$

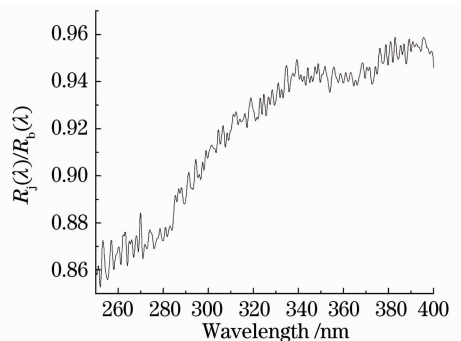


图 2 由两种方法得到的紫外臭氧垂直探测仪光谱辐亮度响应度之比  $R_j(\lambda)/R_b(\lambda)$  随波长的变化

Fig. 2 Ratio of the two spectral radiance responses, of UV ozone vertical detector  $R_j(\lambda)/R_b(\lambda)$ , varies with wavelength

由积分球光谱辐亮度定标过程可知,漫反射板和紫外臭氧垂直探测仪组成新的传递谱仪,分别接受点光源标准灯和面光源积分球的辐射。由于两种照明方式引起的误差可以忽略,积分球开口亮度结果仅与标准灯的光谱辐照度有关,这样影响  $R_j(\lambda)$  的因素包括积分球开口亮度即标准灯光谱辐照度和紫外臭氧垂直探测仪本身;而影响  $R_b(\lambda)$  的因素除了标准灯光谱辐照度和紫外臭氧垂直探测仪之外,还有标准漫反射板的 BRDF。在相同实验条件下,有理由怀疑标准漫反射板的 BRDF 与出厂标定值存在偏差是造成  $R_j(\lambda)/R_b(\lambda)$  随波长变化而变化的主要原因,而标准灯光谱辐照度的变化主要影响积分球开口光谱辐亮度定标的准确性,对仪器响应度本身有一定影响,但是不会改变两种算法下的响应度比值。

考虑到标准探测器相对于标准光源具有更高的精确度,以 NIST 紫外标准探测器 I677 为基础,加入特定波长的滤光片及遮光筒,构建一台绝对辐射

计。通过立体角及面积计算将标准探测器的标准功率响应度转换为辐射计的标准光谱辐照度响应度及标准光谱辐亮度响应度，并以此来标定标准灯光谱辐照度及其与标准漫反射板产生的光谱辐亮度，进而得出标准漫反射板的 BRDF。

### 3 标准辐射计构建

采用遮光筒式结构，利用探测器本身和视场光阑(开口)形成辐亮度计。遮光筒内加 3 块可以抑制杂散光的挡板，其大小均不遮挡探测器和开口光阑形成的立体角。探测器前面加入滤光片轮，分别放入中心波长为 280, 313, 352 和 365 nm 的 4 块紫外滤光片，其带宽分别为 15, 10, 10 和 25 nm。通过磁钢和霍尔定位保证旋入光路的滤光片为所需要波段

的滤光片。探测器通过相关程序连接到电脑直接输出显示。

图 3 为整套标准辐亮度计的结构示意图，从受光面中的  $P$  点看前开口所张平面角为  $2\alpha$  时，对应的立体角  $\Omega$  为

$$\Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha), \quad (1)$$

当探测器的尺寸和前开口的尺寸都远小于遮光筒的长度  $L$  时，这种关系式对受光面的任何点都是成立的，因此可以认为这种辐亮度计的立体角就如(1)式所示<sup>[4]</sup>。采用  $\Phi 10$  mm 的 NIST 紫外标准探测器，遮光筒长度  $L = 190$  mm，滤光片轮厚度  $d = 11.6$  mm，前开口光阑直径  $2a = 10.84$  mm，视场角为  $2\alpha = 3.078^\circ$ ，对应立体角由(1)式求得为  $\Omega = 2.267 \times 10^{-3}$  sr。

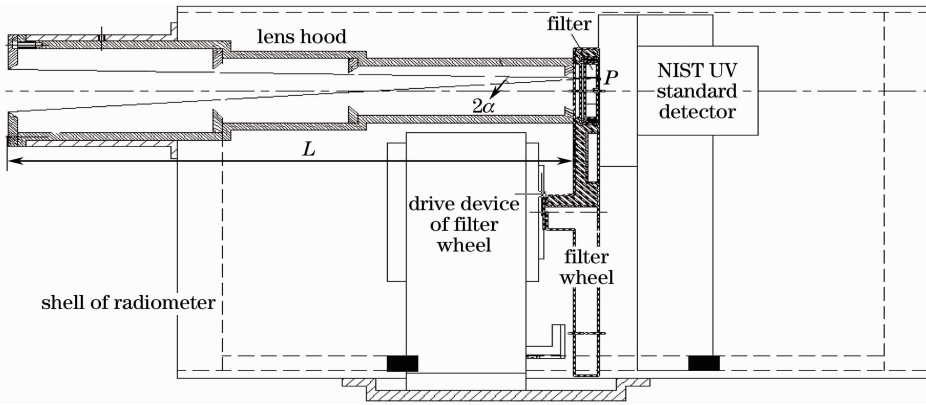


图 3 绝对辐亮度计结构图

Fig. 3 Structure of the absolute radiance radiometer

利用构建的绝对光谱辐亮度计标定光谱辐照度标准灯和标准漫反射板产生的光谱辐亮度，利用构建的绝对光谱辐照度计直接标定光谱辐照度标准灯某一距离处的光谱辐照度，分别得出源于探测器标准的光谱辐亮度和光谱辐照度。

### 4 测试过程、实验结果及数据分析

为避免引入额外误差，绝对辐亮度计与紫外臭氧垂直探测仪以同一角度观测光谱辐照度标准灯和标准漫反射板产生的亮度源，如图 4(a)所示。用所构建的绝对辐照度计直接标定距标准灯 650 mm 处的辐照度值，如图 4(b)所示。

依次驱动 4 块滤光片进入光路，得到相应的信号  $S(\lambda)$ 。依据标准探测器的绝对功率响应度、滤光片的透射率及带宽，给出辐射计相应的绝对光谱辐照度响应度  $R_E(\lambda)$  及光谱辐亮度响应度  $R_B(\lambda)$ ，进而给出距标准灯 650 mm 处的光谱辐照度  $E'(\lambda)$  及标准灯和标准漫反射板形成亮度源的光谱辐亮度

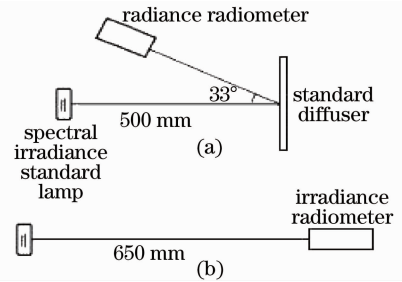


图 4 绝对辐亮度计及绝对辐照度计定标

Fig. 4 Calibration of absolute spectral radiance and irradiance radiometer

$B'(\lambda)$ 。具体结果如表 1 和表 2 所示。

由表 1 可知，绝对辐亮度计标定的亮度源在 4 个波长处光谱辐亮度  $B'(\lambda)$  均小于由标准灯及标准漫反射板自身标定值给出的光谱辐亮度  $B(\lambda)$ ，且变化呈现明显的波长依赖性，大致为波长越短则亮度源的光谱辐亮度实际值与标定值偏离越大。同理，由表 2 可知，标准灯的标定光谱辐照度值  $E(\lambda)$  与实际绝对辐照度计标定的辐照度  $E'(\lambda)$  也存在一定程

度的偏离,但其波长依赖性不是很明显。

综合考虑以上测量结果,由于基于标准探测器的辐亮度计及辐照度计具有更高的精度,因此认为

辐亮度计及辐照度计测出的实际值更接近真实值。

表 3 即为标准灯辐照度及标准漫反射板双向反射率的变化情况。

表 1 绝对光谱辐亮度计标定标准灯和标准漫反射板亮度源的光谱辐亮度

Table 1 Radiance calibration of the standard lamp and the standard diffuser radiance source by absolute spectral radiance radiometer

Wavelength / nm	$E(\lambda)$ of standard lamp at 500 mm / $(\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1})$	BRDF of the standard diffuser / $\text{sr}^{-1}$	Spectral radiance $B(\lambda)$ / $(\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1})$	$R_B(\lambda)$ of the absolute radiance radiometer / $(\text{A} \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{W}^{-1})$	Bandwidth / nm	Signal $S_B(\lambda)$ / nA	$B'(\lambda)$ calibrated by the absolute radiance radiometer / $(\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1})$	$B(\lambda)/B'(\lambda)$
280	0.0563	0.3105	0.0175	0.0063	15	0.015	0.015873	1.1
313	0.206	0.3117	0.0642	0.0203	10	0.12	0.059113	1.09
352	0.6398	0.3129	0.2002	0.0175	10	0.333	0.190286	1.05
365	0.8712	0.3131	0.2728	0.014	25	0.898	0.256571	1.06

表 2 绝对辐照度计标定标准灯 650 mm 处光谱辐照度

Table 2 Spectral irradiance calibration at 650 mm from the standard lamp by absolute spectral irradiance radiometer

Wavelength / nm	$E(\lambda)$ of standard lamp in 650 mm / $(\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1})$	$R_E(\lambda)$ of the absolute irradiance radiometer / $(\text{A} \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{W}^{-1})$	Bandwidth / nm	Signal $S_E(\lambda)$ / $\mu\text{A}$	$E'(\lambda)$ calibrated by the absolute irradiance radiometer / $(\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1})$	$E(\lambda)/E'(\lambda)$
280	0.0333	2.7809	15	0.0142	0.034042	0.978211
313	0.1219	8.9675	10	0.1115	0.124338	0.980393
352	0.3786	7.7152	10	0.2979	0.386121	0.980522
365	0.5155	6.1795	25	0.8171	0.52891	0.974646

表 3 标准灯辐照度及标准漫反射板 BRDF 变化情况

Table 3 Variations of irradiance of the standard lamp and BRDF of the standard diffuser

Wavelength / nm	$E'(\lambda)$ at 650 mm calibrated by the absolute irradiance radiometer / $(\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1})$	True $E(\lambda)$ of standard lamp at 500 mm / $(\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1})$	$B'(\lambda)$ calibrated by the absolute radiance radiometer / $(\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1})$	True BRDF of the standard diffuser / $\text{sr}^{-1}$	Variation of spectral irradiance of the standard lamp / %	Variation of BRDF of the standard diffuser / %
280	0.034042	0.057531	0.015873	0.275904	2.23	-12.55
313	0.124338	0.210131	0.059113	0.281315	2.00	-10.81
352	0.386121	0.652544	0.190286	0.291606	1.99	-7.31
365	0.52891	0.893858	0.256571	0.287038	2.60	-9.08

## 5 误差来源及不确定度分析

用绝对辐亮度计和绝对辐照度计对标准灯及标准漫反射板进行标定时,影响测量结果准确性的因素主要包括滤光片透射率测量准确性,滤光片带宽,杂散光,标准探测器自身不确定度,标准探测器标准值标定温度、湿度与实验室环境温度、湿度的一致性,标准探测器标定辐照度时与标准灯的距离,标准

辐亮度计立体角计算误差等。

用 Lambda950 分光光度计测量滤光片透射率,不确定度为 0.2%。此外,由标准探测器推导辐照度计的标准光谱辐照度及辐亮度计的标准光谱辐亮度时,理论上滤光片应该为两边锐截止的窄带滤光片,而实际滤光片并非理想情况。将各滤光片透射率测量值导入 Origin 软件,积分求得其等效带宽分

别如表 1 所示,中心波长透射率分别为 0.267, 0.637, 0.521 和 0.431,透射率曲线积分分别为 4, 6.367, 5.207 和 10.766。用中心波长透射率与等效带宽乘积代替实际各波长透射率曲线积分求得引入的不确定度分别为 0.5%, 0.3%, 0.3% 和 0.9%;

由于辐射计标准探测器部分位于内部发黑处理的辐射计外壳中,辐亮度计遮光筒与滤光片轮系统及探测器均紧密相连,且所测波段为紫外波段,杂散光对辐亮度计的影响约 0.1%,对辐照度计约 0.3%。

根据 NIST 紫外标准探测器自身携带的标准数据,4 个波长处标准不确定度依次为 0.55%, 0.5%, 0.276%, 0.24% ( $k=1$ )。

NIST 紫外标准探测器标定温度为  $23.3 \pm 0.5$  °C,湿度为 40%RH。用温度湿度计对实验室环境温度湿度进行监测,分别为  $24.6 \pm 0.3$  °C, 44%RH。由标准探测器温度湿度响应曲线可知,该不一致性引起不确定度分别为 0.015% 和 0.004%。

用标准照度计标定标准灯照度时,由于滤光片

表 4 辐亮度和辐照度测试总合成标准不确定度

Table 4 Combined standard uncertainties of radiance and irradiance measurements

Source of uncertainty	Spectral radiance measurement    Spectral irradiance measurement			
	280 nm	313 nm	352 nm	365 nm
Measurement				
Filter				
repeatability of			0.20%	
Lambda950				
Approximate bandwidth	0.50%	0.30%	0.30%	0.90%
Stray light		0.1%    0.3%		
Standard detector	0.55%	0.50%	0.28%	0.24%
Temperature		0.015%		
Humidity		0.004%		
Solid angle    distance		0.75%    0.54%		
Combined standard uncertainty	1.08%    0.987%	0.976%    0.873%	0.884%    0.768%	1.217%    1.136%

由表 4 可知,除标准探测器本身的不确定度以外,滤光片有效带宽及距离(与距离有关的立体角)是以上测试中合成标准不确定度较大的主要原因,其中滤光片有效带宽越大,带来结果的不确定度也越大,而距离直接关系到测量结果的准确性和有效性。因此,在以后更精确的测量中,所选用的滤光片带宽越小越好,对距离的测量越精确越好,这样可以使总合成标准不确定度更小。

## 6 讨论

对于标准漫反射板双向反射率,由于长期使用后存在灰尘、水份以及少许的触碰,其光谱反射率会

(厚度 3.2 mm)材料折射率(1.458)与空气折射率不同而带来光程改变约 1.5 mm,用钢板尺测量探测器表面与标准灯丝中心实际距离的误差约 2 mm,这样对于 650 mm 的远距离测试,距离误差带来的测量不确定度约为 0.54%。由图 3 及(1)式可知,标准辐亮度计因滤光片材料折射率及游标卡尺(精度 0.02 mm)测量距离  $L+d$  引起的立体角计算不确定度约为 0.75%。

以上各不确定度分析按照 NIST 的 TN1297 综合不确定度公式<sup>[16]</sup>:

$$\mu_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \mu^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} \mu(x, y). \quad (2)$$

由于各不确定度不相关联,(2)式改为

$$\mu_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \mu^2(x_i). \quad (3)$$

由(3)式可计算出总的合成标准不确定度,结果如表 4 所示。

相应的降低。同时由于标准漫反射板本身标准值为 8°半球光谱反射率,使用时如图 4(a)所示,标准灯从板面中心垂直方向入射,绝对辐亮度计与传递仪器采用同一个 33°夹角观测,经辐射计 300 nm 波长测试实际 0°入射相对于标定 8°入射偏小约 0.7%。标准漫反射板实际使用 BRDF 比理论标准值偏小,与表 3 给出的结论相一致。图 5 所示是将 4 个波长处由 BRDF 引入的误差修正到臭氧垂直探测仪亮度响应度  $R_b(\lambda)$  中,各波长之间修正值通过拟合给出,而在所测波长之外的修正值由于变化未知而未能给出。由图 5 可以看出,在修正漫反射板 BRDF 变化量后,两种响应度之比在波长变化时趋于常数 1,可



见漫反射板 BRDF 衰减确实是两种算法仪器亮度响应度存在差别的主要原因。

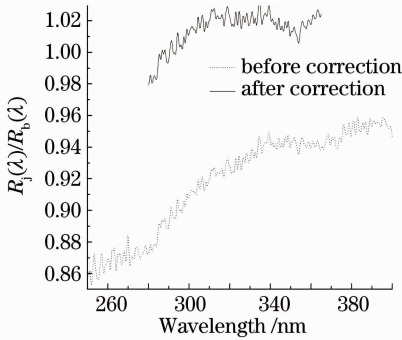


图 5 光谱辐亮度响应度比值  $R_i(\lambda)/R_b(\lambda)$  修正前后随波长变化而变化

Fig. 5 Ratio of the two spectral radiance response  $R_i(\lambda)/R_b(\lambda)$  before and after correction varies to wavelength

对于光谱辐照度标准灯,由于工作超过一定时间后,标准灯灯丝会因温度过高而逐渐变细,导致其电阻相应变大,在工作电流不变的情况下,辐射功率不断增大,光谱辐照度也不断增大,但一般其变化不随波长变化而剧烈变化。4 个波长处辐照度变化的不同主要来源于滤光片带宽的不一致,带宽越小,所测波长处的测量值越接近真实值。结合表 3 给出的结论,有理由相信 313 nm 和 352 nm 处辐照度变化更接近真实值。因此,对于 250~400 nm 处积分球光谱辐亮度(图 1)进行了约 2% 的修正,结果如图 6 所示。

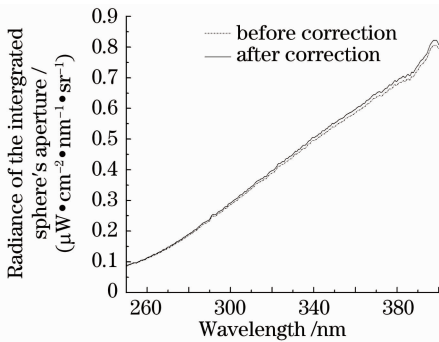


图 6 氙灯电流为 6.1  $\mu\text{A}$  时积分球开口 250~400 nm 光谱辐亮度修正前后比较

Fig. 6 Comparison of spectral radiance of the integrated sphere's aperture before and after correction in 250~400 nm under the xenon lamp current of 6.1  $\mu\text{A}$

## 7 结 论

通过构建基于探测器的绝对辐射计,实现了对由两种方法得到的光谱辐亮度响应之比随波长变

化而变化这一问题的正确验证,同时对积分球开口亮度进行了相应的修正. 不确定度分析表明,4 个波长处辐亮度定标中合成标准不确定度为 0.884%~1.217%,辐照度定标中合成标准不确定度为 0.768%~1.136%. 这也说明了用该方法检验标准灯光谱辐照度值和标准漫反射板 BRDF 标准值变化的可行性。

## 参 考 文 献

- 1 Wang Rui, Wang Shurong, Li Futian *et al.*. Investigation on radiation calibration system of vacuum ultraviolet detector[J]. *Acta Optica Sinica*, 2010, **30**(4): 1026~1030  
王 锐, 王淑荣, 李福田 等. 真空紫外探测器辐射定标研究[J]. *光学学报*, 2010, **30**(4): 1026~1030
- 2 Li Zhaozhou, Zheng Xiaobing, Wu Haoyu *et al.*. Temperature characteristics research of high-precision spectral radiometer standard detector [J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, **24**(3): 401~407  
李照洲, 郑小兵, 吴浩宇 等. 高精度光谱辐射标准探测器的温度特性研究[J]. *光学学报*, 2004, **24**(3): 401~407
- 3 Wang Rui, Song Kefei. High-accuracy radiance calibration system for ultraviolet detector [J]. *Optics & Precision Engineering*, 2009, **17**(3): 469~474  
王 锐, 宋克非. 高精度紫外探测器辐射定标系统[J]. *光学精密工程*, 2009, **17**(3): 469~474
- 4 Yang Huayuan, Cui Dunjie, Ren Jianwei *et al.*. Detector based radiometric calibration for imaging spectrometer [J]. *Acta Metrologica Sinica*, 1998, **19**(2): 123~129  
杨华元, 崔敦杰, 任建伟 等. 基于探测器的成像光谱仪绝对辐射定标方法[J]. *计量学报*, 1998, **19**(2): 123~129
- 5 Georgi T. Georgiev, James J. Butler. Long-term calibration monitoring of spectral on diffusers BRDF in the air-ultraviolet [J]. *Appl. Opt.*, 2007, **46**(32): 7892~7899
- 6 S. Janz, E. Hilsenrath, J. Butler *et al.*. Uncertainties in radiance calibrations of backscatter ultraviolet (BUV) instruments[J]. *Metrologia*, 1995, **96**(32): 637~641
- 7 Wang Rui. Research on the Calibration Technology of UV-VUV Detector[D]. Changchun: Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, 2010. 39~55  
王 锐. 紫外-真空紫外探测器定标技术研究[D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2010. 39~55
- 8 James H. Walker, Ambler Thompson. Spectral radiance of a large-area integrating sphere source [J]. *J. Res. Natl. Ins. Stand. Technol.*, 1995, **100**: 37~41
- 9 Steven W. Brown, Robert D. Saunders, Zhigang Li *et al.*. An absolute detector-based spectral radiance source [C]. *SPIE*, 2010, **7807**: 78070A
- 10 D. F. Heath, Z. Wei, W. K. Fowler *et al.*. Comparison of spectral radiance calibrations of SBUV-2 satellite ozone monitoring instruments using integrating sphere and flat-plate diffuser techniques[J]. *Metrologia*, 1993, **30**(4): 259~264
- 11 J. H. Walker, C. L. Cromer. A technique for improving the calibration of large-area sphere sources [C]. *SPIE*, 1991, **1493**: 224~230
- 12 D. F. Heath. Large aperture spectral radiance calibration source for ultraviolet remote sensing instruments [C]. *SPIE*, 2003, **4891**: 335~342
- 13 D. F. Heath, Z. Wei. Comparability of spectral radiance calibrations of large aperture earth observing instruments based upon diffuse reflective panels and internally illuminated spherical integrator techniques[C]. *SPIE*, 1994, **2209**: 148~159

14 D. F. Heath, Z. Wei. Comparisons of UV spectral radiance calibrations of SBUV2 type ozone monitoring instruments and traceability to NIST[C]. *SPIE*, 1994, **2282**: 313~323  
15 Xing Jin, Wang Shurong, Li Futian. Comparison of spectral radiance calibrations of spectroradiometer for ultraviolet space remote sensing using three calibration techniques[J]. *Chinese J. Lasers*, 2006, **33**(4): 509~515

邢进, 王淑荣, 李福田. 空间紫外遥感光谱辐射计光谱辐亮度定标三种方法的比较[J]. *中国激光*, 2006, **33**(4): 509~515  
16 Zhou Lei, Zheng Xiaobing. High-accuracy spectrometer for measurement of spectral transmissivity [J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2006, **33**(12): 32~38  
周磊, 郑小兵. 高精度分光光度计测量光谱透过率[J]. *光电工程*, 2006, **33**(12): 32~38

## 《光电产品与资讯》第 11 期“中国的大光学产业”专刊征稿启事

《光电产品与资讯》杂志是中国激光杂志社 2010 年隆重推出的一本以产品和市场资讯为主的信息类期刊。该刊立足光电领域, 全年 12 期分别以不同的主题全面介绍技术与市场的最新进展。凭借中国激光杂志社的深厚学术底蕴及强大的采编力量, 深入浅出地剖析光电行业事件, 详细介绍光电产品的实际应用, 在科研与产业之间架起一座互通的桥梁。并致力于成为读者了解市场、选购产品的重要参考, 企业推广产品的首选平台。

我们 2011 年第 11 期策划“中国的大光学产业”专刊(英文版)。内容涵盖国内各地区的光学产业发展规划, 全面展示最新光电技术的发展趋势、优秀产品的应用案例及实用指南等, 特向广大读者征稿。该期杂志将于 2012 年 1 月份参展美国西部光电展。

**征稿范围:** 光学、光电子学领域

**稿件类型:** 1) 国内外知名专家、企业高管撰写的最新光电技术或市场发展趋势;

2) 光电产品及技术的行业应用案例分析;

3) 产品使用心得、经验技巧、故障排除等实用指南类型的文章。

**字数:** 2500~4000 字

**专刊截稿日期:** 2011 年 8 月 31 日

**稿件格式要求:** 投稿文体为英文, 请使用 word 格式, 文章最后列出所有作者姓名、单位名称、职务或者职称、联系电话及 E-mail、邮寄地址和邮编。

请将稿件发至 [oeprn@sion.ac.cn](mailto:oeprn@sion.ac.cn), 邮件主题请标明“中国的大光学产业”专刊投稿。有任何问题请咨询李洪丹编辑, 电话: 021-69918166。

## SPECIAL ISSUE CALL FOR PAPER 2011 ISSUE 11 “China’s Big Optical Industry”

OE Product & News is a new magazine of Chinese Laser Press. It’s featured by optoelectronics news, products and market reports, and the circulation covers OE-related companies, universities and institutes. It aims to accelerate China OE research and industrial development. The main columns include news, viewpoint, interview, focus, technology exchange, product information, etc. OEPRN provides a channel to know the OE market and buy devices, and it is also a favorable platform of promoting products for companies.

The topic of NO. 11 is China’s Big Optical Industry. It will report the development of optical industry in China, application analysis of optical products and so on. The magazine will be distributed in Photonics West 2012. We hope you can write some articles to us.

**Topics include:** optics, optoelectronics

**Type:** 1) latest optoelectronics technology or market development trend in China written by experts or enterprise general managers;

2) industry application analysis of optoelectronics products and technology;

3) practical types of articles, e. g. your experience, comments about the product, trouble removal.

**Article length:** 2500~4000 words

**Deadline:** 2011. 8. 31

**Form:** please write the paper in English and send it to: [oeprn@sion.ac.cn](mailto:oeprn@sion.ac.cn). The author’s name, company, position or title, telephone, E-mail, delivery address and postcode should be given. If you have any question, please call: 021-69918166.