

# 微型光纤光谱仪在 LED 光谱特征测量中的应用

海洋光学亚洲分公司

## 摘要:

介绍了微型光纤光谱仪在 LED 照明领域中的应用及测量方法，可以用于 LED 等光源及其灯具的在线快速光谱测量测试及其品质控制，可以进行光度测量诸如：光通量、照度、光强、亮度；及颜色特征测量诸如：主波长、色度坐标、色纯度、显色指数、色差、色温。希望可以帮助工业生产及其标准计量规范提供参考与借鉴。

**关键词：**微型光纤光谱仪，LED 等光源及灯具，光谱测量，光度测量，颜色特征测量

## 1 引言

随着 LED 光效的不断提升，LED 照明作为新一代节能环保照明，正不断向传统照明如白炽灯、节能灯提出挑战，其成长速度备受瞩目与青睐，预估 2011 年全球 LED 照明产值比重将达到 10%，2013 年全球 LED 灯管市场规模将达到 2.6 亿支；然而成长的背后，不仅要关注量的讯增，更要注重质的提升与整体品质的保证；从 LED 芯片、封装至灯具、灯饰，单国内就成百上千家企业，产品的性能、质量、一致性等参差不齐，不利于市场、行业长远发展以及与国际市场接轨并且会致使企业不良竞争。究其原因一方面是 LED 相关测量、测试的标准及规范正起草与筹措，尚未完全建立；另一方面是人为的忽略、忽视。随着规范市场及行业的迫切需要，国际照明委员会 CIE 及各国都正在积极努力地探讨、制定 LED 行业测量、测试标准与规范，相信不久这些规范便会出炉并进一步被完善。

LED 照明封装及灯具的一些光学参量表征诸如光通量、照度、亮度、主波长、色度坐标、色纯度、显色指数、色温等都与我们的感官直接相关，也是品质评价的主要指标，直接关系到 LED 照明产品的优劣。如何准确、快速的测量这些参数是 LED 厂商、分析仪器厂家及计量研究机构共同关注的课题。本文旨在介绍一种快速、准确测量的方法及检测仪器，希望能为各大厂商及计量检测规范提供参考及借鉴。

## 2 便携式微型光纤光谱仪及其特点

海洋光学（Ocean Optics）作为全球知名的微型光纤光谱仪的研发及生产厂家，产品覆盖微型光纤光谱仪、光纤、光源、传感器件、采样附件等，已为众多客户厂家，包括 LED 厂商提供了从模块化到整机系统集成产品及光谱解决方案。在照明领域，已广泛应用于诸如 LED 光谱光度测量、LED 高速分选机、灯具检测测量、荧光粉测试、太阳能模拟器检测等。便携式光纤光谱仪，采用光纤或积分球来采集光，采样灵活；最短采样时间只有几毫秒，可以做到高速采集；并且产品提供稳定、可靠的软硬件触发控制接口，便于系统集成及控制。



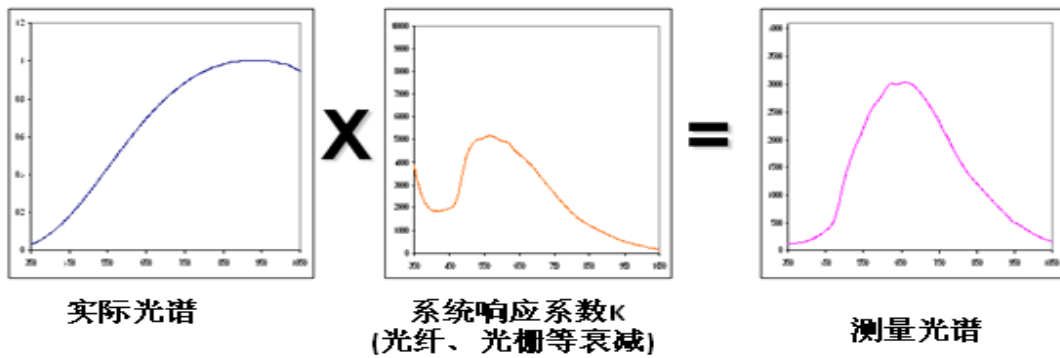
海洋光学光纤光谱仪系列

可测量的光学参数指标

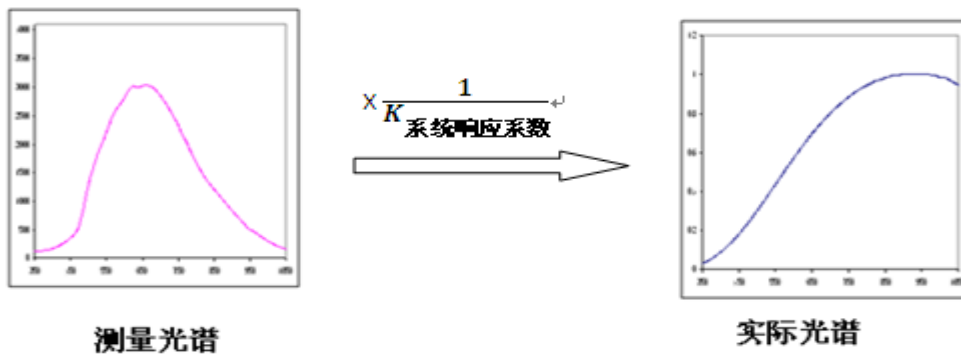
1. 光源光谱分布
2. 光源光通量、光强、照度、亮度
3. 主波长
4. 色度坐标
5. 色纯度
6. 显色指数
7. 色差
8. 色温

### 3 绝对辐射校准

一个完整的光谱采集测量系统，包括光谱仪、光纤（积分球）、数据采集处理（计算机或微处理器）、待测光源。然而若要对光源的辐射光量进行测量，必须要对系统进行绝对辐射校准；这是因为光经过光纤传输、光谱仪光栅衍射及 CCD 探测器的非线性衰减（称为系统响应），实际测得的光谱与原始真实光谱之间会失真。如下图所示



绝对辐射校准就是根据一个已知光能量输出的标准光源，通过测量它的光谱输出，来计算系统响应函数，进而将所测量光谱进行求逆、还原为真实光谱的过程。



表述为方程形式如下：

$$S_{\text{已知标准灯输出光谱}} * K_{\text{系统响应系数}} = S_{\text{标准灯测量光谱}}$$

$S_{\text{已知标准灯输出光谱}}$ ：已知标准光源自带光谱输出文件

$K_{\text{系统响应系数}}$ ：光纤、光栅、CCD 探测器的非线性衰减系数

$S_{\text{标准灯测量光谱}}$ ：光谱仪测量标准灯得到的光谱

通过上述换算可以得到系统响应系数  $K$ ，进而测量 LED 实际光谱时，可用测量光谱换算得到实际光谱，海洋光学提供的软件平台 Spectrasuite 可以快速方便的实现这一过程，当然用户也可以自己编写程序来实现。

$$S_{\text{LED 实际光谱}} = S_{\text{LED 测量光谱}} * \frac{1}{K_{\text{系统响应系数}}}$$

海洋光学提供的辐射校准光源包括氙灯、卤钨灯（可溯源到美国国家标准与技术研究院 NIST），波长覆盖范围 200nm-1100nm，根据客户需要也可扩展至 1700nm。基于国内一些计量标准规范，海洋光学也正与中国计量院展开合作，也可采用计量院的校准灯系统来进行校准，如不少太阳能模拟器厂商采用计量院校准的光谱仪系统来对模拟氙灯进行光谱光度测量。



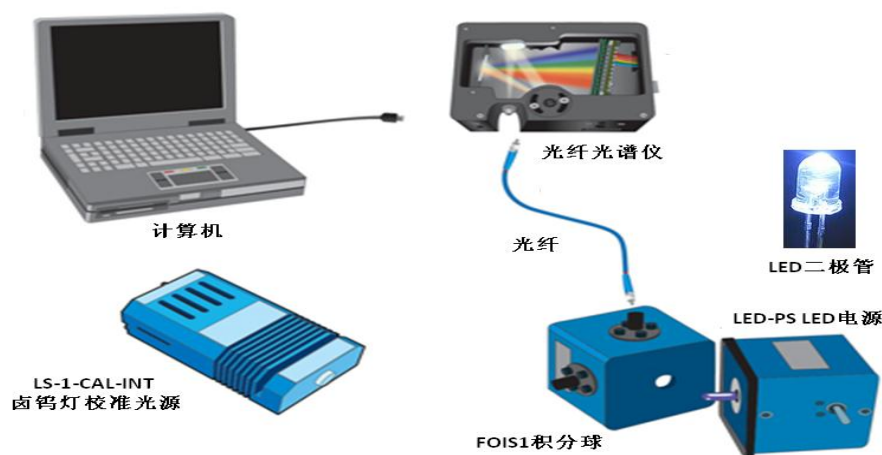
海洋光学校准光源系列

## 4 LED 光度、颜色特征测量

经过校准后的光谱仪系统，可以拿来用于绝对辐射能量测量，测量实际的光谱能量分布。通过实际的光谱分布，可以计算出光通量、照度、光强、亮度、主波长、色度坐标、色纯度、显色指数及色温等相关参数，得到光源的光度、颜色特征。而实际的测量方式又分为积分球式与分布光度式，两种方法各有优缺点。积分球式测量可以得到 LED 光源、灯具等的总光通量、平均光强等信息，测量快速、易实现，结果准确，但不能区分空间分布细节；而分布式测量可以得到空间光强、颜色等的分布细节，但比较耗时，结构复杂，尤其在通过积分法来测量计算总光通量时，误差较大，精度较差。海洋光学提供两种测试测量方案：

### 1. 积分球式测量

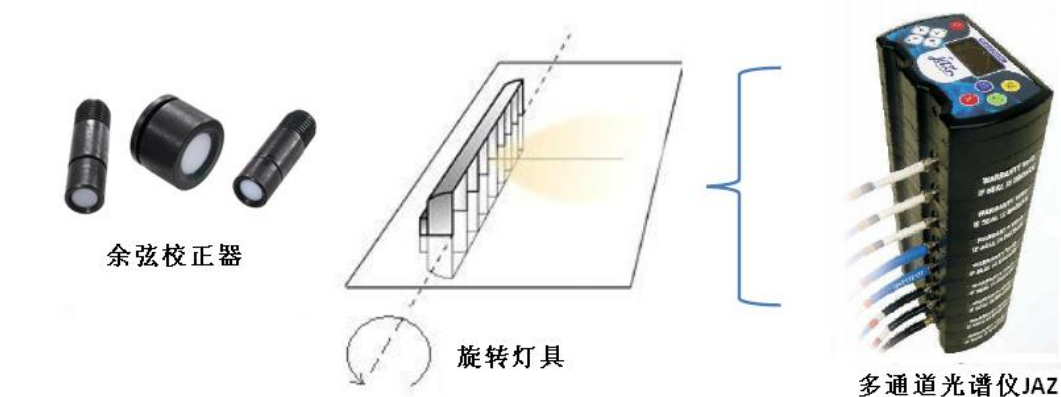
可用于测量光源、灯具等的总光通量，平均光强，平均照度以及颜色特征等信息，测量结果稳定可靠。



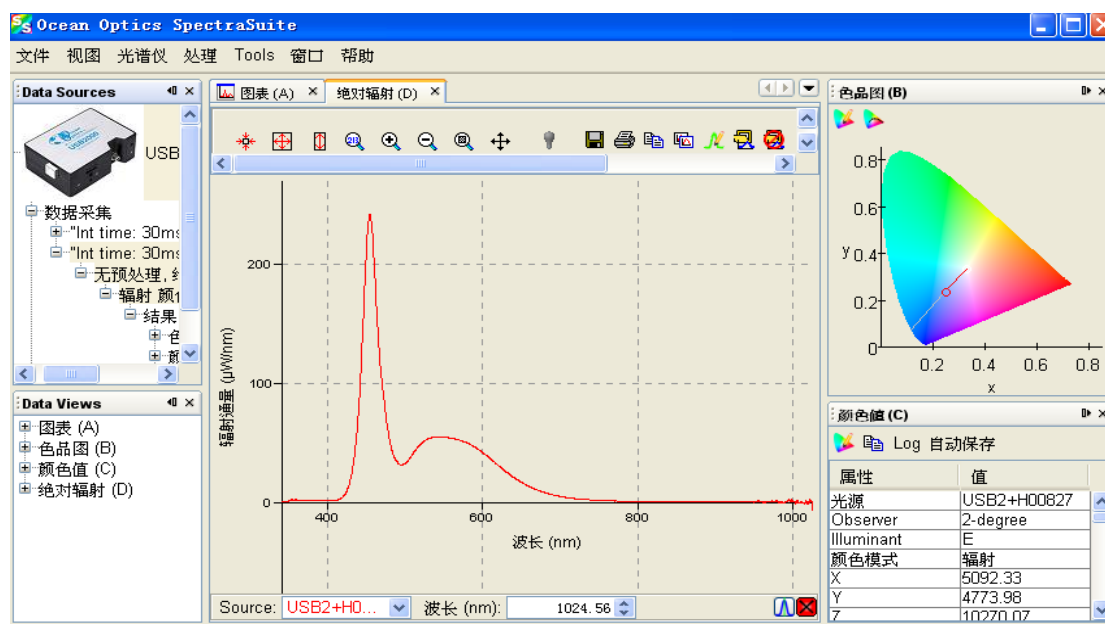
LED 二极管积分球式光度、颜色特征测量

## 2. 光纤、余弦校正器探头测量

可用于单点测量及分布式测量，容易得到光强、照度、颜色等的空间分布信息，分布式测量时，较耗时。余弦校正器作用——余弦定理：一定面积上的光强，因入射角的不同而随之变化，这是因为实际投影面积随入射角的增大成比例的减少。这样，在环境照明测试时，探头需要进行余弦校正来计算实际值，否则就会产生相当大的误差。



分布光度法测量示意图



软件采集分析界面

## 5 小结

微型光纤光谱仪，具有体积小，采集速度快（几毫秒），便于集成及控制等特点；可以实时高速的采集 LED 等光源及灯具的光谱分布，进行光度、颜色特征的计算，可以用于 LED 等光源及灯具的分选、品质检测及产线上的反馈控制。