**文章编号:** 1672-8785(2012)06-0042-04

# 一种基于LED的光谱可调光源

蒋水秀<sup>1</sup> 贾 宁<sup>2</sup> 彭 斐<sup>2</sup>
(1. 杭州科技职业技术学院,浙江杭州 311402;
2. 杭州职业技术学院,浙江杭州 310027)

**摘 要**:介绍了一种光谱可调光源。该光源可以用来实现各种各样的光谱功率分布。 一个光谱可调光源系统的具体设计包括成千上万个高功率 LED,其波段可覆盖整个可 见光光谱。光谱可调光源具有极大的现实意义,它除了可以对光学遥感器进行定标之 外,还可以用于光度计和辐射度计的检测校准。通过模拟不同的光照条件,可以对材 料特性及物体反射率进行评估。另外,该光源也可用于展示。

关键词: LED; 照明; 发光二极管; 光谱功率分布; NIST; 可调光源

中图分类号: TH741 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1672-8785.2012.06.009

# A Tunable LED-based Light Source

JIANG Shui-xiu<sup>1</sup>, JIA Ning<sup>2</sup>, PENG Fei<sup>2</sup>

(1. Hangzhou Polytechnic College, Hangzhou 311402, China;2. Hangzhou Vocational & Technical College, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** A spectrally tunable light source is presented. The light source can be used to create a wide variety of spectral power distribution. The design of a spectrally tunable light source system includes thousands of high power light emitted diodes (LEDs) across the whole visible spectral region. Besides being used to calibrate optical remote sensors, the spectrally tunable light source can be used for the detection calibration of photometers and radiometers. By using this system to simulate different lighting conditions, the material property and object reflectivity can be assessed. In addition, this system can also be used in displays.

Key words: LED; lighting; light-emitting diode; spectral power distribution; NIST; tunable light source

# 0 国内外研究现状

一直以来,国外已有多篇报道指出显色指数 (Color Rendering Index, CRI) 在使用中存在问题。 CRI 在光学工业中是一个经常被援引的标尺,它常被用来定义光源的质量。然而众所周知, CRI 具有一些缺点,如过时的色彩空间、不均匀的色彩空间以及恶劣和过时的色适应校正<sup>[1-3]</sup>。此外,在极端相关色温、 CCT 失败的

情况下, 甚至当 CRI 为最高值 100 时, 它仍然不能很好地呈现色彩。由此可见, CRI 是有缺陷的, 而且它不能针对 LED 适当地运作, 所以人们必须考虑新的标尺。

美国国家标准与技术研究所 (NIST) 的研究 人员正在研究显色的新标尺。作为该研究的一 部分,他们提出研发一个光谱功率分布 (Spectral Power Distribution, SPD) 可以被定义且易改变的

**收稿日期**: 2012–05–07

基金项目: 2012 年浙江省教育厅科研项目(基于 LED 的光谱可调光源设计及其控制驱动模块的实现) 作者简介: 蒋水秀(1968-), 女,浙江诸暨人,副教授,主要从事光电工程、智能控制与测量方面的研究。 光源, 以便为测试和研发提供充足的照明设备。 目前, NIST 和飞利浦公司已经联合开发出一套 可以实现各种各样 SPD 的新设备。该设备称为 光谱可调光源 (STLS)。其具体设计包括成千上 万个高功率 LED。NIST 设计这个光源的目的是 为了模拟从可见光到近红外波段的不同光源, 从而将其作为光谱辐射、光度和色度计量的标 准<sup>[4-5]</sup>。

在我国,关于此类光源的研究也已经逐步 展开。中国科学院安徽光学精密机械研究所遥 感研究室和中国科学院长春光学精密机械与物 理研究所都对这种光谱分布可调的光源设计进 行了研究和可行性验证,并定量分析了合成效 果,为光谱可调 LED 积分球光源的样机研制奠 定了基础。

# 1 系统的整体结构

下面介绍这种光谱可调光源系统的结构。 该光源用积分球将由计算机控制的多个 LED 的 光能收集起来再输出,并基于误差梯度优化迭代 算法以实时的测量反馈控制来实现不同目标光 谱光源的精确稳定匹配。

这种光源的开发是一个涉及机械电子工程、漫射光学、光度色度测量、网络通信、计算机接口和软件等多个学科的复杂系统工程。图1所示为该系统的基本结构框图,它包括 LED 光源、驱动电路、控制部分和计算机四个部分。

#### 1.1 LED 光源

LED 光源使用窄带发光二极管。 LED 的峰 值波长覆盖红外、可见光以及紫外范围, 以实现 需要的光谱分布。

#### 1.2 驱动电路

驱动电路为 LED 提供合适的驱动电流。通 过对驱动电流进行控制实现对单个 LED 小组的 控制。多个电路板形成一个封装的独立模块。整 个系统可包含多个模块。

#### 1.3 控制部分

控制部分用于连接计算机与电路板,并通 过一定的网络传输协议控制驱动电流,以便对 不同模块以及模块中单个 LED 进行方便、快捷 的操作。

### 1.4 计算机

通过一定的数值模型或查找算法对目标光 源光谱进行匹配。然后通过软件将匹配结果传 送给控制接口(控制各模块自动完成调节),并 对探测器的实时测量数据进行分析,以便通过 反馈进行实时控制。



#### 图 1 NIST 研发的光谱可调光源的结构框图

目前,NIST 和飞利浦公司合作开发的光谱 可调光环境的模拟研究可谓是首创之举(其结构 图和效果图见图 2)。该光环境在距离光源 1.7 m 下的桌面上的照度大于 500 lx,可实现的光谱可



图 2 光谱可调光环境的模拟

调色温范围达到 2500~10000 K。

## 2 系统的主要模块

#### 2.1 光源结构

光源结构采用模块化设计。整个结构分为 若干个模块(也可以是一个)。每个模块包含所 有的颜色通道,而且各模块的排列应有一定的规 律。各个模块在组装时最好是作为一个整体, 而不是以分开的间隔形式,否则将会在模块分 布的间隙部分引起交叠阴影。每个模块配有若 干个电路板, LED 以小组的形式集成在电路板 上。每组 LED 受其驱动电流控制, LED 的相对 能量受到电流控制而发生改变。控制系统应能控 制每组 LED 以实现更灵活的调整。在目标光源 匹配时,系统应有一定的调整优先级。

#### 2.2 LED 的选择

通常光源发出的光由各种具有不同辐射通量的波长组成。光源的总辐射通量等于各个波 长的辐射通量的叠加。 LED 的光谱功率分布表 示在 LED 的光辐射波长范围内各个波长的辐射 功率分布情况<sup>[6]</sup>。 NIST 的 STLS 系统的印制电 路板有六种不同的 LED 配置。表 1 列出了该系 统中色彩、光通量和 LED 主波长的详细信息。

## 2.3 控制和通信

STLS 的控制系统使用以太网作为所有通信 的中坚部分。网络入口使用 KiNet 协议与各自 的电源或数据供应 (PDS150e) 进行通信。其中, 每一个 PDS150e 均可提供与连接的装置进行通 信的以太网连接。一个高速 48 口的以太网交换 机允许唯一的输入和星形网络配置 (标准的以太 网配置) 到所有电源或数据供应。 KiNet 通信协 议是 Philips Color Kinetics 公司开发的一个私有 协议, 易用于大规模光控制系统。

#### 2.4 系统安装

LED 光源装在高度可调的灯架上,而不是 固定在屋顶上。它与屋顶保持一定的距离,这一 方面可以使得散热装置的设计和组装比较容易 实现,另一方面可以方便 LED 的更新和维护。

表1 STLS 的所有 LED 列利
--------------------

颜色	辐射通量	光通量	主波长
	/W	/lm	$/\mathrm{nm}$
Royal Blue 3	21.6	546	448.5
Royal Blue 5	18.1	689	456.8
Royal Blue 6	19.5	931	461.4
Blue 1	32.5	1629	462.3
Blue 2	29.6	1833	466.9
Blue 3	14	1150	472.6
Blue 4	20.8	2210	477.7
Cyan 2	21.7	5360	497.5
Cyan 4	16.3	4963	504
Green 1	13.7	6184	521
Green 2	11.5	5658	526.9
Green 3	13.1	6702	530.4
Green 4	10.6	5792	537
Internatix G3560	6.7	3383	557.3
Intermatix Y3957	5.7	2835	563.4
Intermatix Y4254	6.4	3112	568.4
Intermatix Y4750	6.3	2802	575.4
Amber 2	11	5564	588.6
Amber 7	12.3	5654	595.2
Internatix O6040	5.3	1529	597.5
Red-Orange 2	14.5	3315	617.5
Red 4	20	3436	624
总计	331.2	75277	

## 3 结束语

本文介绍了一个由大量 LED 和积分球组成 的光谱可调光源。这种光源通过精确控制每一个 LED 模块的电流使光源产生不同的光谱分布, 可以用于模拟各种光谱分布。在光辐射测量中, 这种光源将会成为更为有效、更为便捷的光源。 由于该系统使用了大量的 LED,在工作时将会 产生大量的热量,而 LED 的性能受环境温度的 影响极大,因此需要采用合适的散热设计。

#### 参考文献

- 陈风,袁银麟,郑小兵,等. LED 的光谱分布可调 光源的设计 [J]. 光学精密工程, 2008, 16(11): 2060-2064.
- [2] 陈风,郑小兵.光谱非匹配对于光学遥感器定标精 度影响的分析 [J].光学精密工程,2008,16(3):415-419.

[4] Fryc I, Brown S W, Eppeldauer. LED-based Spectrally Tunable Source for Radiometric, Photometric and Colorimetric Applications [J]. Opt Eng, 2005,

(上接第6页)

- [44] 闫小星,徐国跃.低红外发射率涂层力学寿命预测[J]. 材料工程, 2010, 30(Z1): 193-197.
- [45] 王雅君. 低红外发射率涂层的耐腐蚀性能研究 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2011.
- [46] 陈皿,杨立.基于辐射对比度的涂料隐身性能优化与 评估[J]. 红外与激光工程, 2008, 37(6): 1043–1047.
- [47] 谢民勇, 沈卫东, 宋斯洪, 等. 基于目标与背景红 外辐射对比度的红外隐身效能研究 [J]. **红外技术**,

(上接第21页)

- [8] Jones H G. Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology [M]. London: Cambridge University Press, 1992.
- [9] Irmak S, Dorota Z, Ruhi B. Determination of Crop Water Stress Index for Irrigation Timing and Yield Estimation of Corn [J]. Agronomy Journal, 2000, 92(6): 1221–1227.
- [10] Moran M S, Clarke T R, Inoue Y, et al. Estimating Crop Water Deficit Using the Relation between Surface-air Temperature and Spectral Vegetation Index [J]. Remote Sensing Environment, 1994, 46(3): 246–263.

44(11): 1309-1316.

- [5] 朱继亦,任建伟,李葆勇,等.基于 LED 的光谱可 调光源的光谱分布合成 [J]. 发光学报, 2010, 21(6): 882-887.
- [6] 俞建峰, 钱建明, 顾高浪. LED 灯具光通量检测 技术的分析研究 [J]. 光学仪器, 2011, 23(5): 9-13.

2011, **33**(2): 113–115.

- [48] 黄勇,王浚.基于相干热辐射红外隐身技术的机理 研究 [J]. 航空科学技术, 2010, 24(1): 33–36.
- [49] 付伟. 红外隐身原理及其应用技术 [J]. 红外与激光 工程, 2002, 31(1): 88–93.
- [50] Dranidis D V. Airborne Stealth in a Nutshell -PART I [EB/OL]. www.harpoonhq.com/waypoint/ articles/Article\_021.pdf, 2012.
- [51] 高颂,乐洪宇.国外红外隐身技术的发展[J]. 舰船 电子工程, 2010, 30(10): 17-22.
- [11] Inoue Y, Sakuratani T, Shibayama M, et al. Remote and Real-time Sensing of Canopy Transpiration and Conductance: Comparison of Remote and Stem Flow Gauge Methods in Soybean Canopies as Affected by Soil Water Status [J]. Japanese Journal of Crop Science, 1994, 63: 664–670.
- [12] Gardner B R, Nielsen D C, Shock C C. Infrared Thermometry and the Crop Water Stress Index: I. History, Theory, and Baselines [J]. Journal of Experimental Botany, 1992, 5(4): 462–466.
- [13] Leinonen I, Hamlyn G J. Combining Thermal and Visible Imagery for Estimating Canopy Temperature and Identifying Plant Stress [J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 401(55): 1423–1431.