

半导体照明中的性能 测试测量技术探讨

于立民

June 10, 2010

内容概况

- Labsphere公司介绍
- 公司测量产品技术优势
- Labsphere与能源之星
- Labsphere的产品介绍

Labsphere 公司信息

- 隶属于豪迈集团 Halma p.l.c.
- 豪迈光电部分子公司
 - Ocean Optics
 - Fiberguide Industries
- 成立于 1979
- ISO 9001:2000 certified
- 80,000 sq. ft. facility in New Hampshire
- 在上海建立销售办公室及工厂。



光测量设备



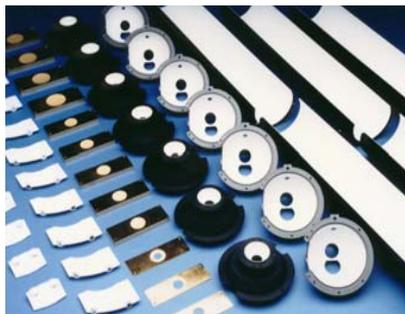
LED、激光、灯具等测量系统

均匀光源系统



CCD、相机、探测器等校准标定

材料和涂层



漫反射标准板, 材料和涂层

光谱仪器配件

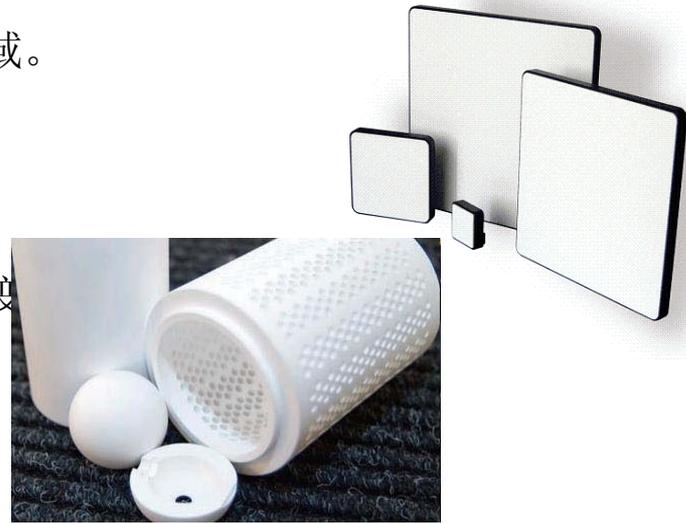


光谱仪和相关配件等

Labsphere涂层的优势

Labsphere的材料和涂层主要包括Spectralon, Spectrafect, Duraflect和Infragold, 各材料又根据特殊的应用领域具体细分成不同的级别。各种材料均经过多年的实践考验, 体现出相对同行业中巨大的优势。具有具体优势如下:

- 公司的光学反射材料具有高漫反射率, 其中Spectrafect反射率>96-98%, Spectralon反射率>99%, Infragold反射率>95%;
- 朗伯特性好,
- 性能可靠稳定, 广泛应用于航空航天领域。
- 材料均匀性好, 性能一致
- 平稳的光谱反射率特性
- 涂料经久耐用, 不脱落
- 可保证至少10年的可靠使用寿命, 不易变
- 涂料无污染、无异味, ;
- 不潮解, 甚至部分涂料可水洗处理

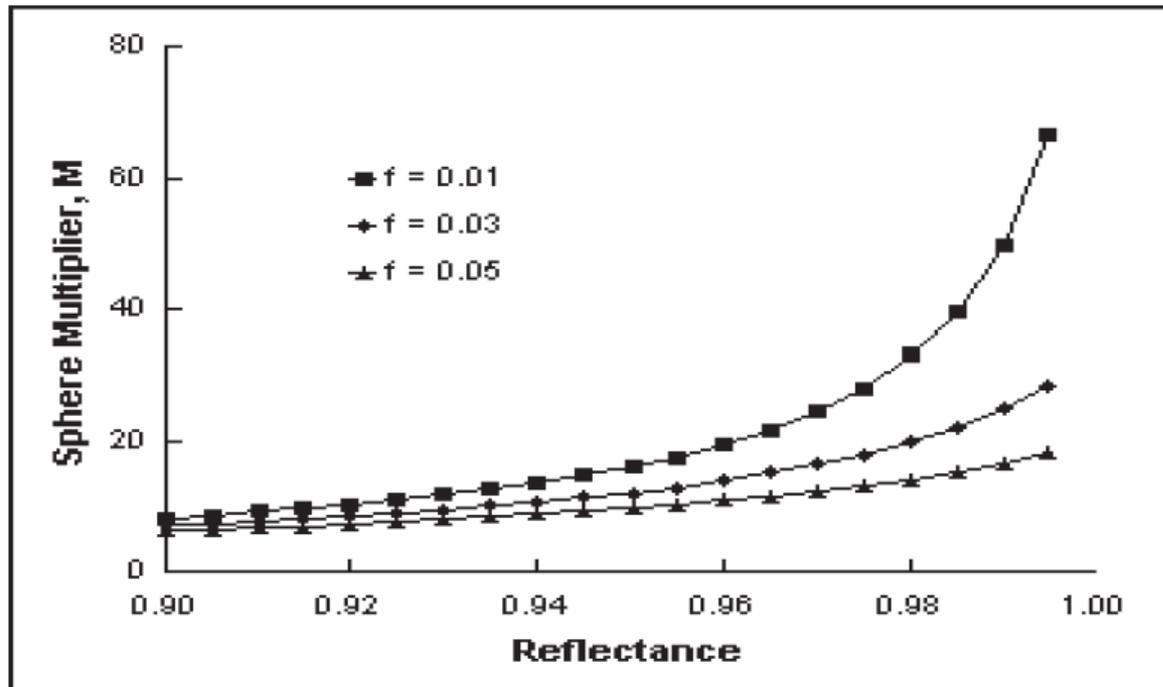


为什么选用高反射率涂料？

- 理论上的积分球应该具有如下特性

- 球形腔体
- 白色涂层
 - 高反射率（近100%）
 - 漫反射（朗伯特特性）

反射率对测量结果的影响



实际积分球的设计

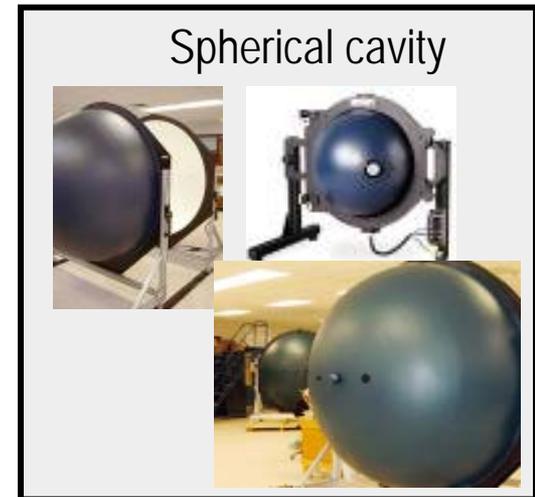
Diffusely reflecting coating

High reflectance coating

Baffle(s) to screen direct view between sample or light source and detector



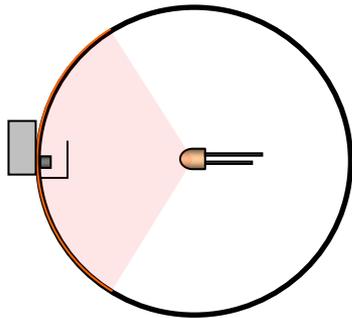
Ports to let light in or out



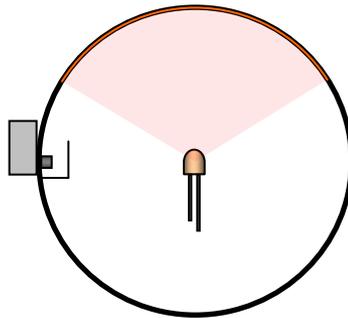
怎样验证球的好坏？

- 4π 测量时不同方向的一致性
- 宽出射角和窄出射角的一致性
- 2π 测量时任意方向测量时的结果一致性
- 从不同开口进行测量的结果一致性

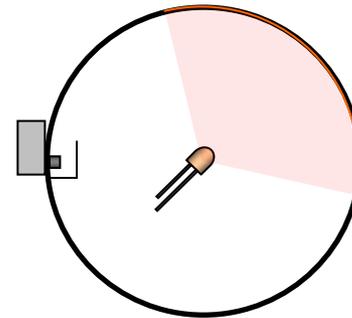
你的积分球不同方向测量结果一致吗（LED测量）？



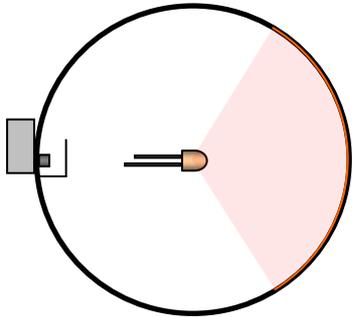
a)



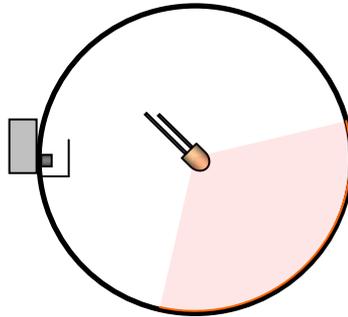
b)



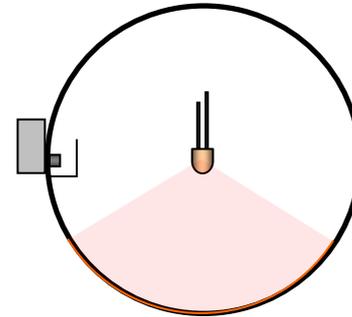
c)



d)



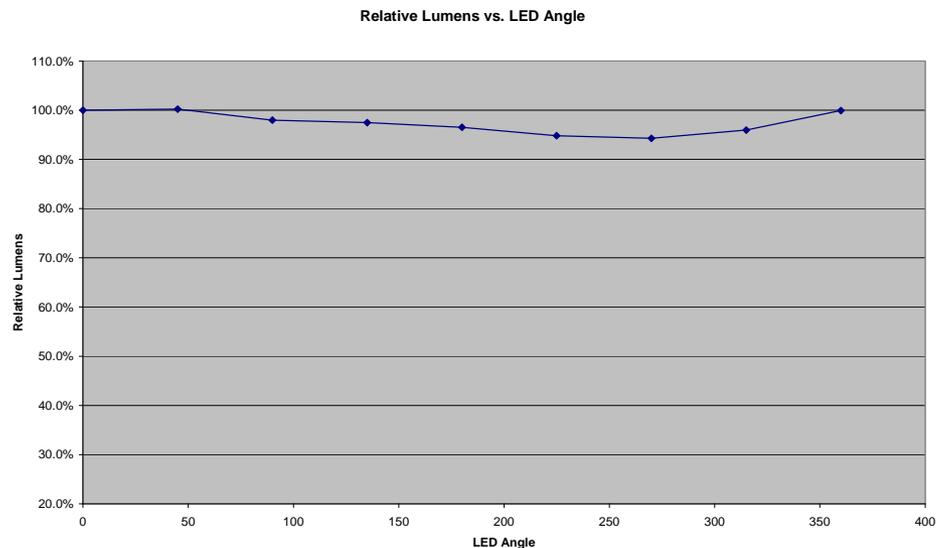
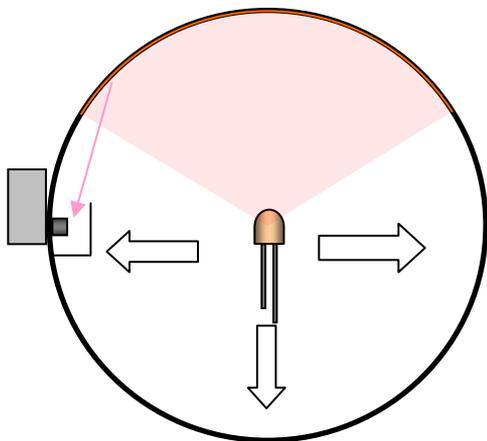
e)



f)

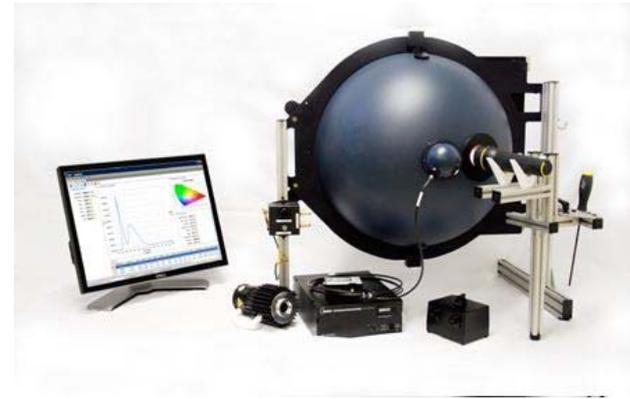
反射率对测量结果的影响

- 方向性对测量结果的影响
 - Labsphere产品误差为3%左右
 - 某些产品的同类误差超过50%

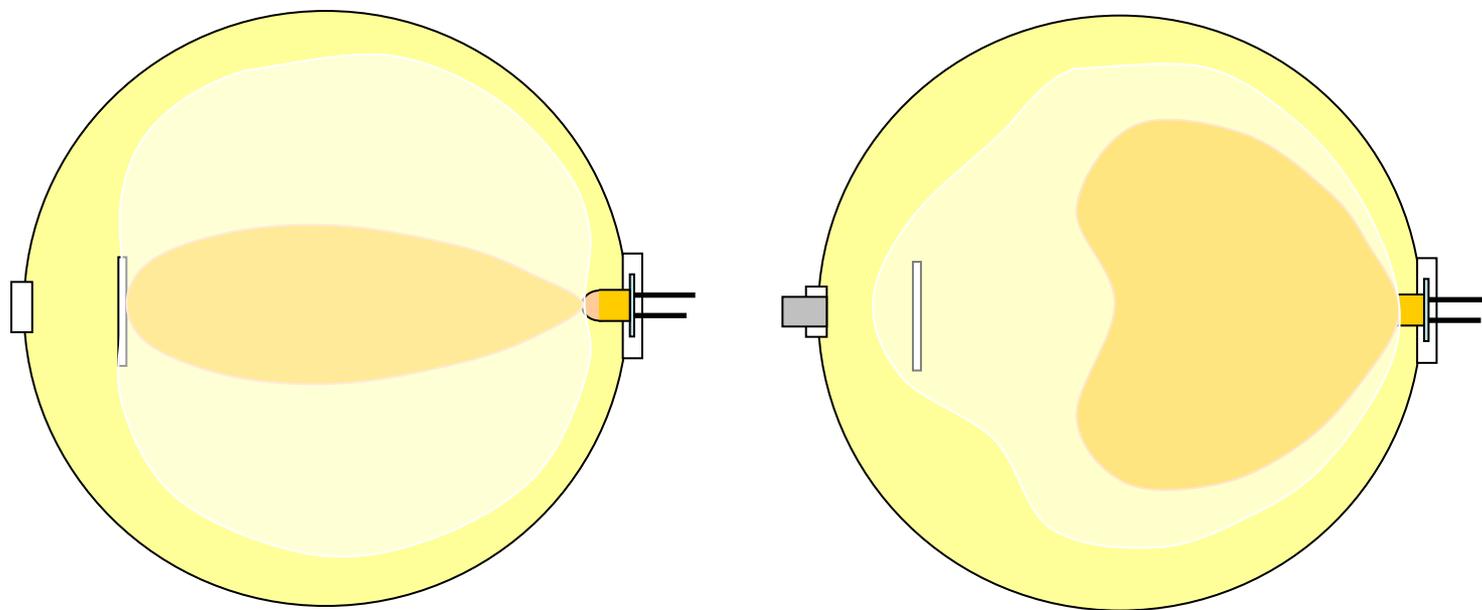


好的积分球可以针对更极端的情况：

- 测量投射光源，手电筒、探照灯、投影灯
- 可以用来测量激光



为什么有些积分球方向性测量结果差别很大？



原因：

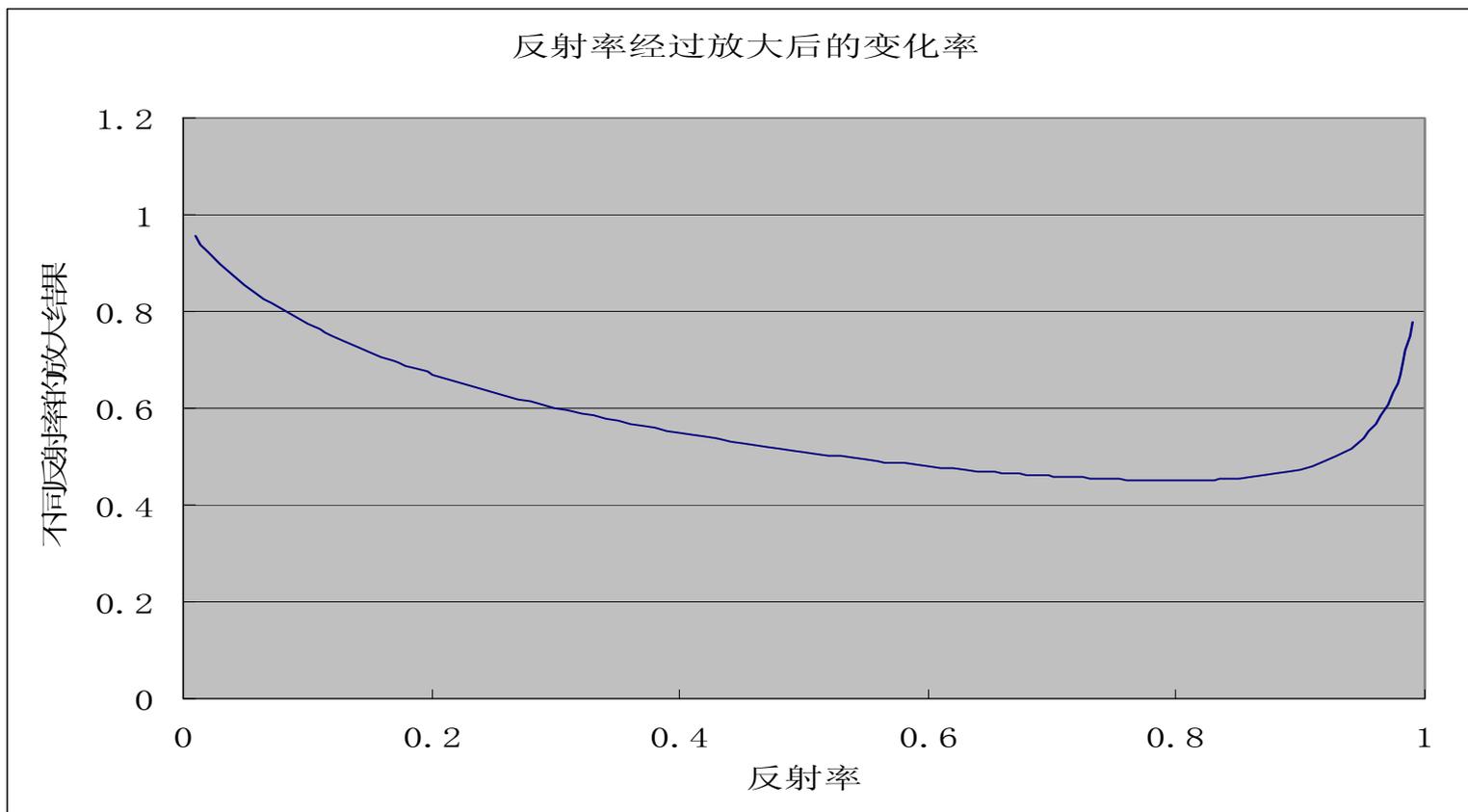
- 较低反射率的影响
- 反射层朗伯特特性的影响
- 积分球结构设计的影响

“80%”反射率的由来

- 通常积分球反射涂料从短波长到长波长的反射率不相同，经过积分球的放大作用，这种差别会被放大。
- 采用光度探头无法识别窄光谱光源受反射率变化的影响

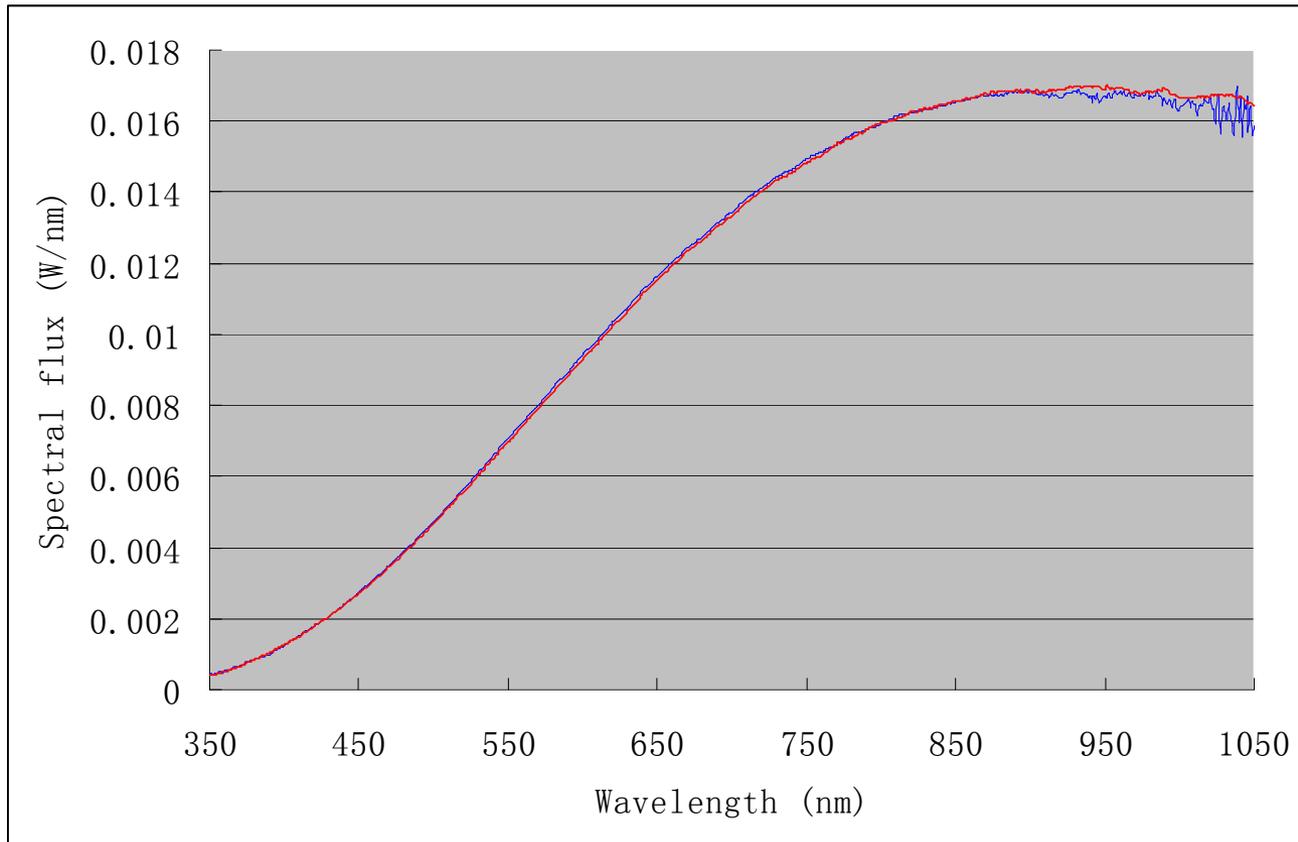
$$M = \frac{\rho}{1 - \rho(1 - f)}$$

特定条件下，不同的光谱反射率在积分球放大作用下的结果



- 问题：
 - 光度探头无法解决光谱反射率的问题。
 - 低反射率导致光源在积分球内的不均匀分布，从而导致测量结果的不准确性。
- 解决方法：
 - 采用高反射率涂层
 - 采用光谱仪进行测量
 - 全光谱校准

校准的作用



校准的作用

- 溯源是一把尺子，他决定了量测工具所能达到的测量准确性和精确度。
- 从光源到最终的测量结果，要经过光源、积分球内部结构、积分球多次反射积分、光的传输、光谱仪分光、**CCD**探测器响应及放大处理等环节。
- 每个波长的光谱响应都得到校准，不存在光谱反射率不相同带来的问题。
- 辅助灯的作用

测量

- 对方向不敏感的的积分球设计（高反射率、高朗伯特特性）
- +NIST溯源单光谱校准
- +辅助灯修正
- =可靠准确的结果

- Labsphere产品与能源之星

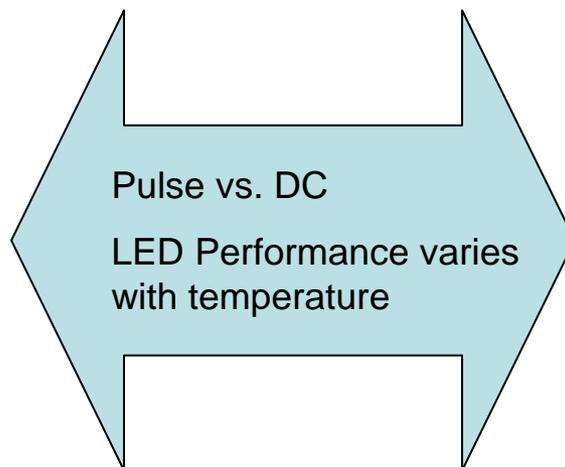
行业存在的问题及考虑

- 市场上存在很多低质量产品（亮度低，寿命短，色彩差）
- 标称的性能指标不够准确，标称的信息不充分
- 存在很多色彩的质量问题（显色指数）
- 照明产品设计者始终不信任半导体照明，
- 寿命问题，成本问题

LED生产者和照明行业之间的巨大差别

LED 生产者

- LEDs 在生产中测量
- LEDs 是在脉冲驱动下进行测量
- LEDs 在 $T_j=25^{\circ}\text{C}$ 条件下进行测量



照明行业

- LEDs 灯具非常热 ($T_j= 60^{\circ}\text{C}$ 到超过 100°C)
- 通常光度是在稳定的直流模式下进行测量

Performance of LEDs \neq Performance of SSL Products

因此：

商业客户需要导向性标准： ENERGY STAR

ENERGY STAR 针对对半导体照明的几个标准



相应的标准

- 测试方法和测量..... IESNA LM-79
- 色度参数测量..... ANSI C78.377
- LED寿命测试方法..... IESNA LM-80
- 实验室加速测量方法 NVLAP EELP-SSL
- 术语 ANSI/IESNA RP-16

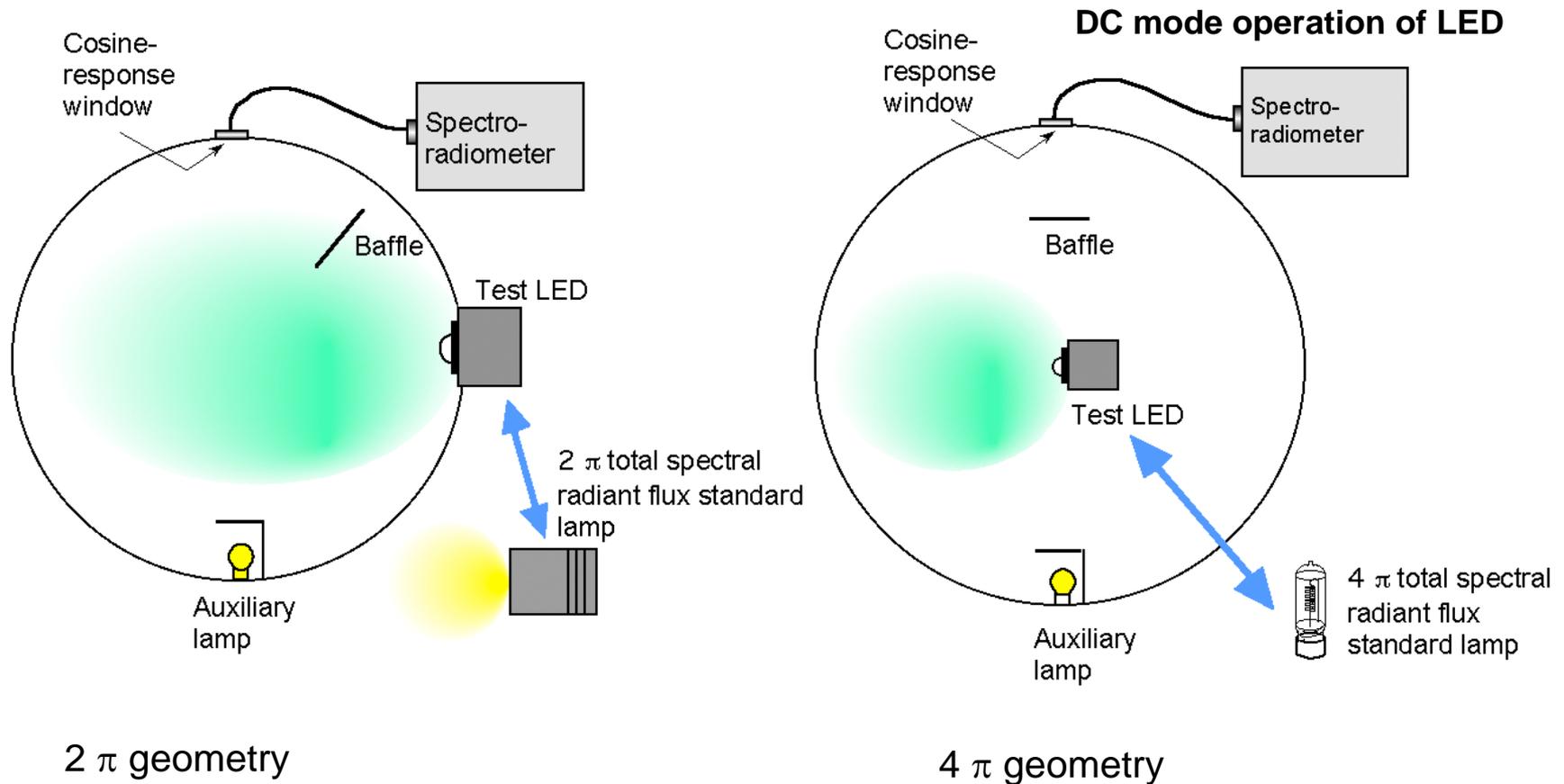
已批准的SSL电气和光度测试方法

IESNA LM-79

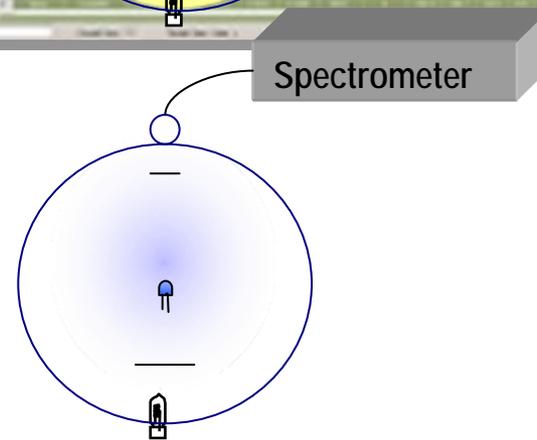
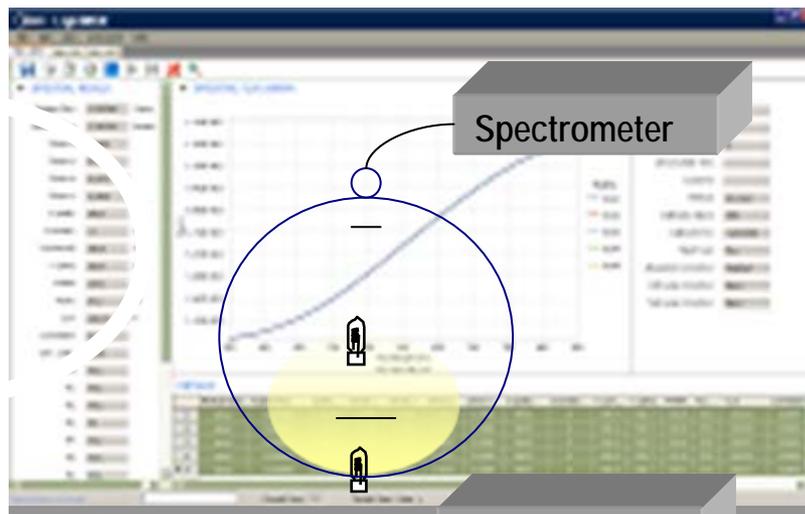
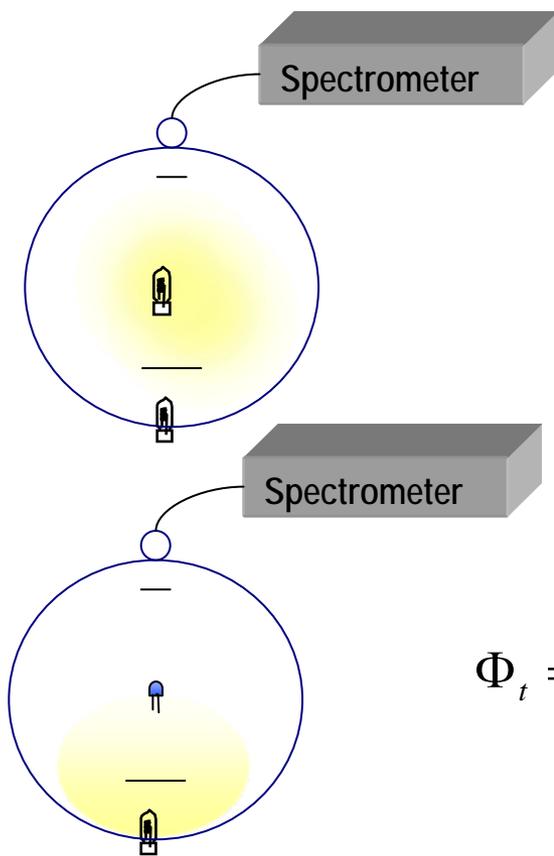
- 该方法用于DOE SSL Energy Star
- 包括 LED 光源及集成的LED灯具
- 测量内容包括
 - Total luminous flux (lumen)
 - Luminous efficacy (lm/W)
 - Chromaticity, CCT, CRI (4 π integrated)
 - Luminous intensity distributions
- 使用方法
 - Sphere-spectroradiometer
 - Sphere-photometer
 - Goniophotometer



IESNA LM-xx 标准使用积分球及光谱仪的方法



测试流程



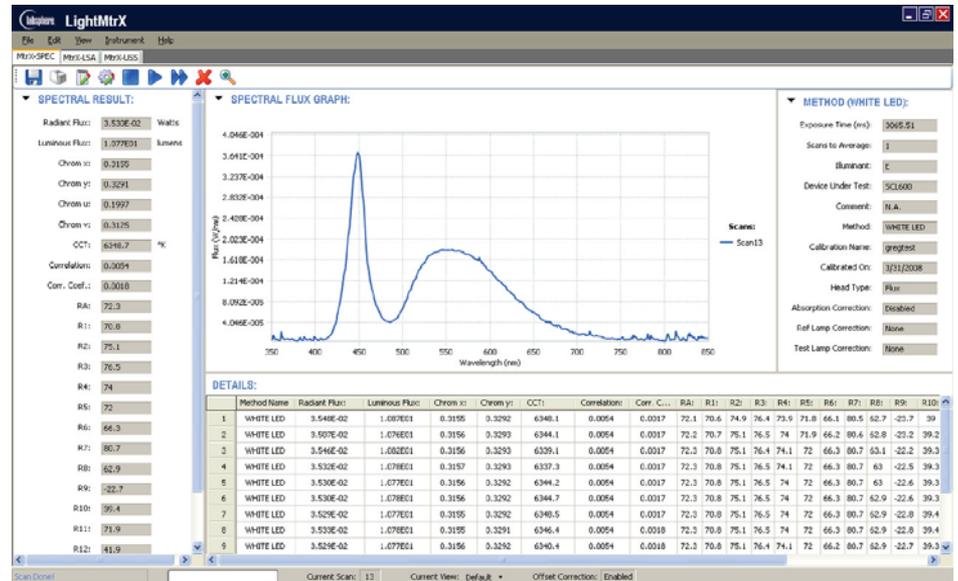
$$\Phi_t = \Phi_s \frac{D_t}{D_s} \frac{A_s}{A_t} k$$

系统的特性：

- 采用**NIST**溯源的宽光谱标准灯，进行单光谱校准
- 采用辅助灯结构，减小各种灯体形状的测量误差
- 采用预置电流的恒流源，可保证标准灯和辅助灯的输出准确性及稳定性
- 公司有两个**NIST**认可的校准实验室
- 随系统提供直接溯源**NIST**的标准灯，可溯源辐射通量、光通、色温、色坐标等参数
- 客户可在线校准系统，确保测量准确
- 软件支持各种校准操作

LightMtrx软件

- 记录所有的光度学参数和色度学参数
- 在线地进行可溯源NIST的校准
- 可配合标准电源
- 支持扩展开发功能



标准价值

- 成为美国能源之星指定检测实验室的光测量主要供应商, 选择Labsphere可以大大提升贵司在行业内的地位并和国际认可实验室使用同一检测平台

能源之星认可进行积分球系统测量的实验室(斜体蓝字的为采用Labsphere积分球系统的实验室)

- ***Intertek - Cortland, NY***
- ***Luminaire Testing Laboratory Inc. – Allentown, PA***
- ***Lighting Sciences Inc. – Scottsdale, AZ***
- ***OnSpeX/CSA International – Atlanta, GA***
- ***Orb Optronix Inc. – Kirkland, WA***
- Aurora International Testing Laboratory– Aurora, OH
- Independent Testing Laboratories Inc. – Boulder, CO

Labsphere的其他产品

各种尺寸积分球

- Diameter 6”(coating Spectralon)
- Diameter 10” (Spectraflect, Spectralon)
- Diameter 20” (Spectraflect, Spectralon)
- Diameter 40” (coating Spectraflect)
- Diameter 65” (coating Spectraflect)
- Diameter 76” (coating Spectraflect)
- Diameter 3 meter (118”, Spectraflect)

典型的单颗LED及小型模块测量系统



光强探头_I 1000 and I 2000



辐照度/辐亮度探头及标准灯 ——E 1000

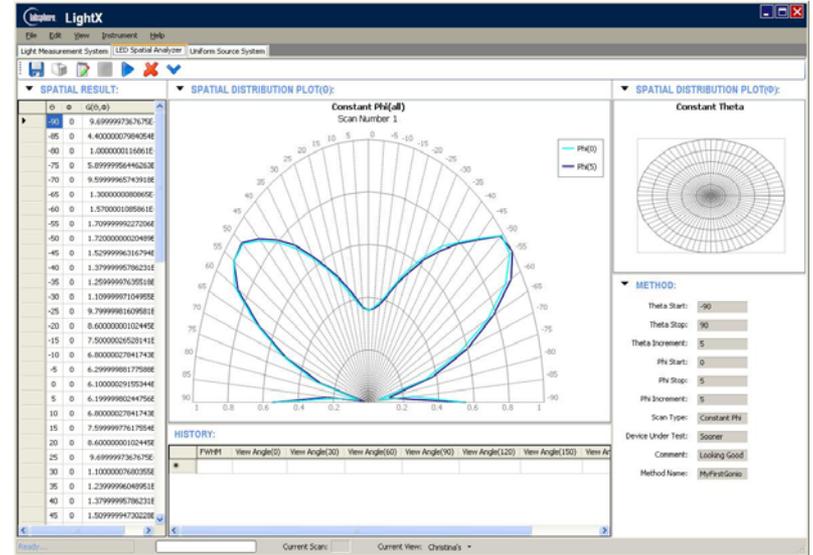


E 1000

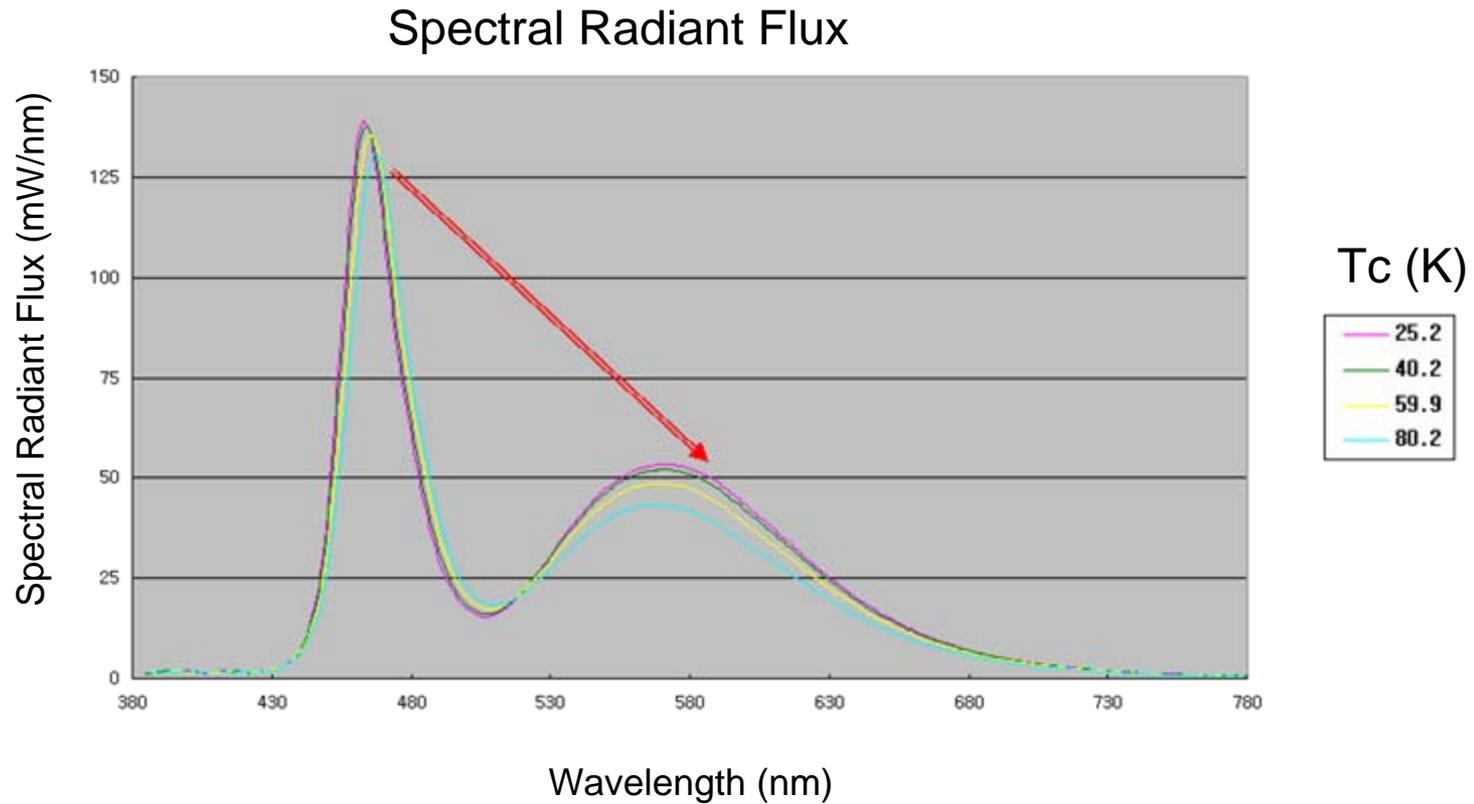


IES 1000

LED空间分布测量系统__LSA 3000

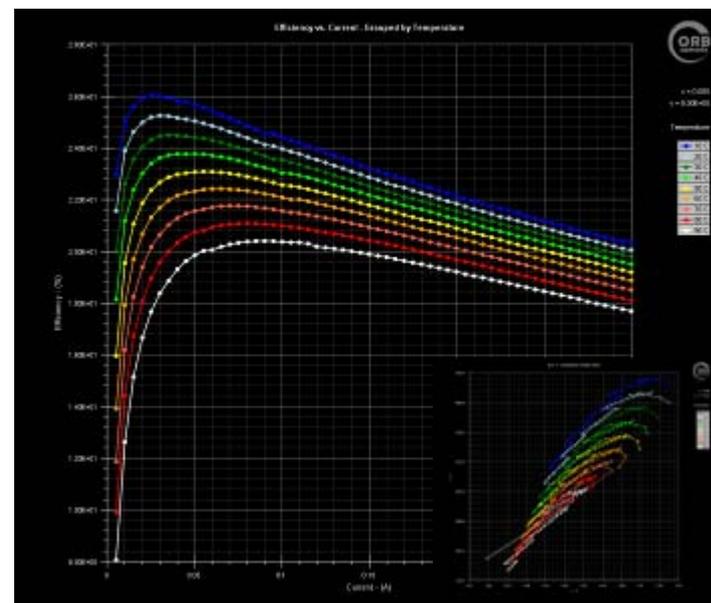
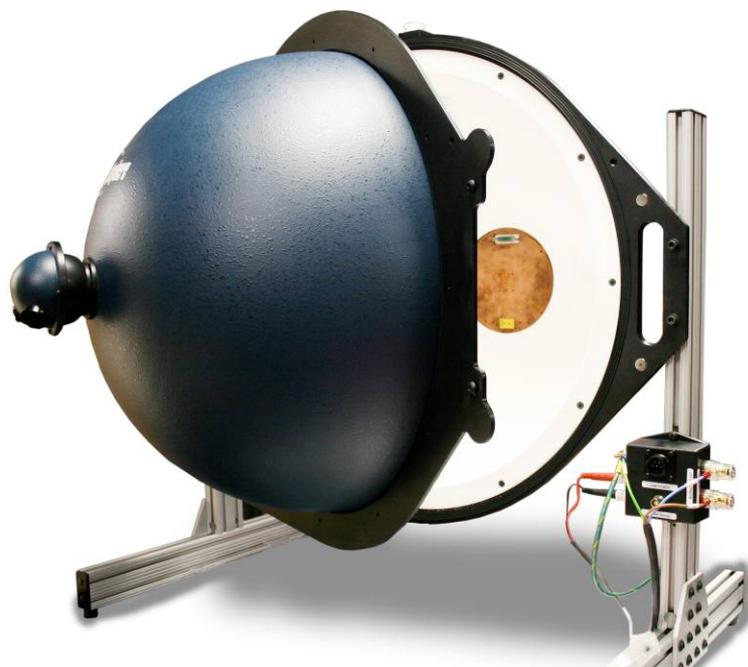


光谱通量敏感度: 老化箱温度



温度控制系统

用于分析LED的光度、色度、电气和效率随温度变化的特性



环境温度控制: 光通量

LM-79 & LM-80 states:
25 +/- 1°C

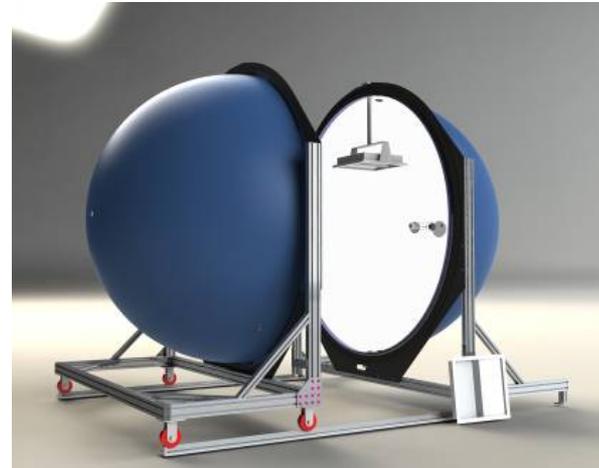
- 输入输出通风口
- 挡板
- 适用温度传感器进行闭环控制



行业趋势：选用大积分球

LM-79

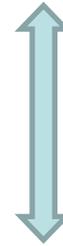
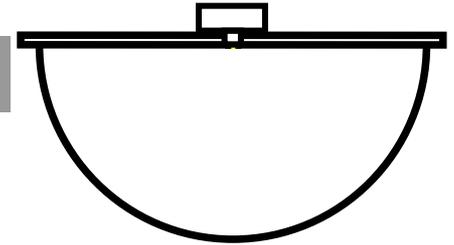
- 4π geometry
 - less than 2% of total area of the sphere (ex. 30cm in a 2M sphere)
 - 2/3 diameter for linear lamps
- 2π geometry
 - 1m or larger for compact lamps
 - Less than 1/3 of sphere diameter
- 2m for 500W or larger



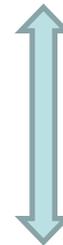
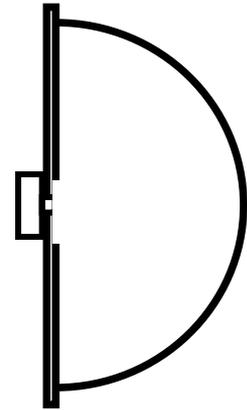
半球形积分球



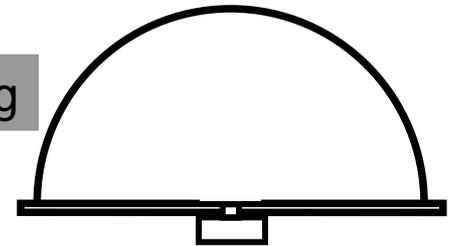
Base-UP lighting



Base-Side lighting



Base-Down lighting





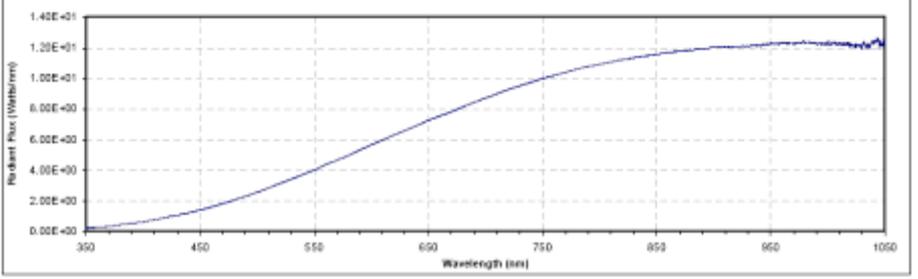
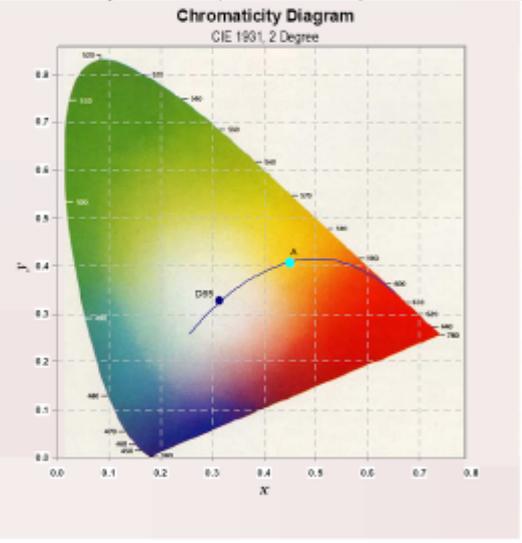
FFS-100-400/1000 CALIBRATION CERTIFICATE

2π、4π标准灯及校准

DATE OF REPORT: 9/18/2009
PAGE 2 OF 2

Table II Spectral Flux Calibration Report

Radiant Flux (mW)	Luminous Flux (lumens)	Correlated Color Temp. (deg. K)	Color Rendering Index Avg. (RA)	wavelength (nm)	Spectral Flux (mW/nm)	wavelength (nm)	Spectral Flux (mW/nm)
1780	371	2879	99	350	2.36E-01	710	9.00E+00
Chromaticity coord. x	Chromaticity coord. y	Chromaticity coord. u	Chromaticity coord. v	360	2.59E-01	720	9.78E+00
0.4484	0.4078	0.2370	0.3498	370	3.43E-01	730	9.51E+00
				380	4.51E-01	740	9.76E+00
				390	3.38E-01	750	1.00E+01
				400	6.39E-01	760	1.02E+01
				410	7.78E-01	770	1.04E+01
				420	9.22E-01	780	1.06E+01
				430	1.07E+00	790	1.08E+01
				440	1.22E+00	800	1.09E+01
				450	1.47E+00	810	1.11E+01
				460	1.61E+00	820	1.12E+01
				470	1.83E+00	830	1.14E+01
				480	2.07E+00	840	1.15E+01
				490	2.32E+00	850	1.16E+01
				500	2.57E+00	860	1.17E+01
				510	2.83E+00	870	1.18E+01
				520	3.14E+00	880	1.19E+01
				530	3.41E+00	890	1.19E+01
				540	3.73E+00	900	1.20E+01
				550	4.03E+00	910	1.21E+01
				560	4.38E+00	920	1.21E+01
				570	4.67E+00	930	1.21E+01
				580	4.98E+00	940	1.21E+01
				590	5.34E+00	950	1.21E+01
				600	5.68E+00	960	1.22E+01
				610	5.98E+00	970	1.22E+01
				620	6.32E+00	980	1.24E+01
				630	6.63E+00	990	1.22E+01
				640	6.93E+00	1000	1.24E+01
				650	7.20E+00	1010	1.24E+01
				660	7.50E+00	1020	1.22E+01
				670	7.82E+00	1030	1.22E+01
				680	8.14E+00	1040	1.24E+01
				690	8.45E+00	1050	1.24E+01
				700	8.73E+00		



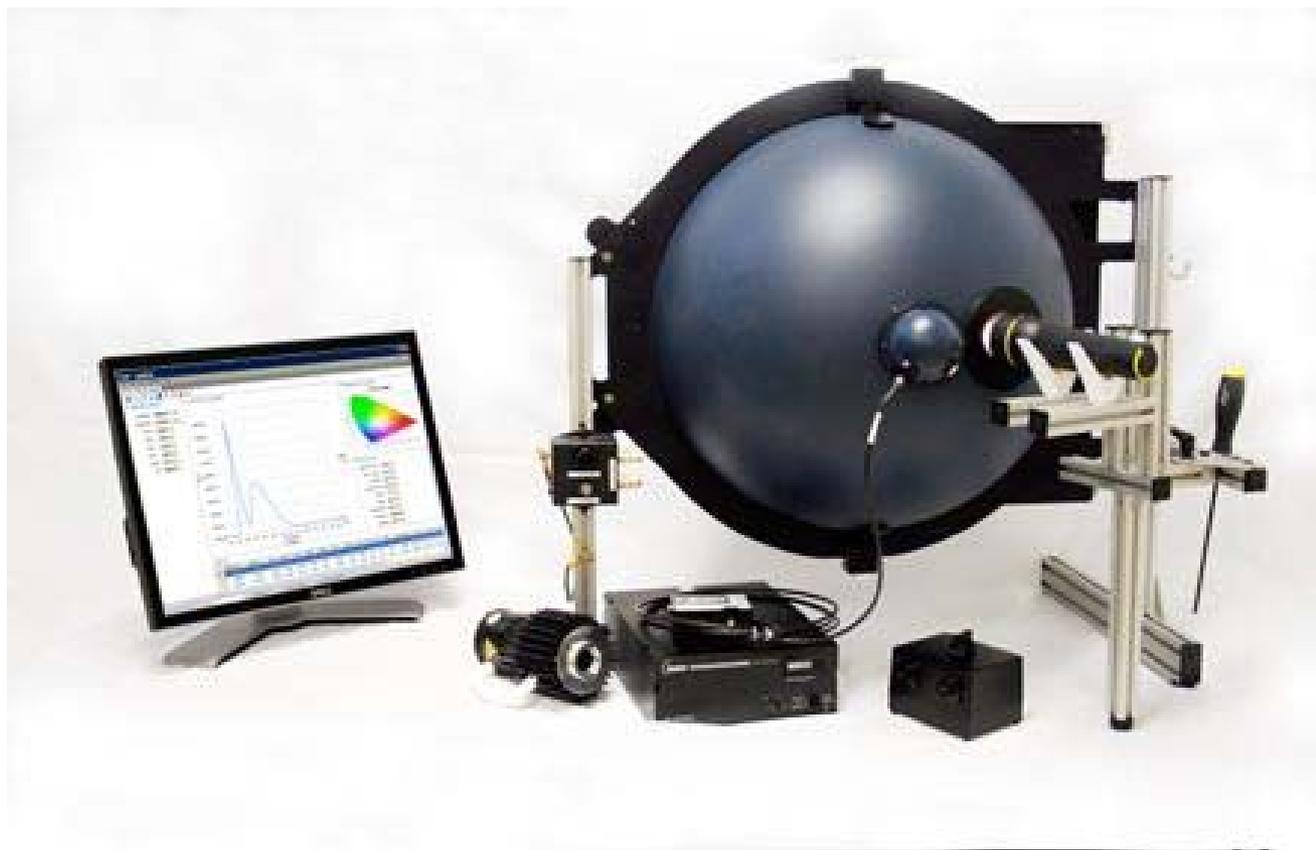
LED老化过程中的性能测试系统



LED及通用光源能效系统



手电筒及投射光源测试系统



Labsphere国内支持的价值

- Labsphere是目前国际唯一一家在国内有厂家提供技术支持, 涂料喷涂的积分球制造企业-我们的合作伙伴和最终用户都是幸运的
- 国内外技术专家团队保证客户的需求的到满足和优化

Labsphere光测量产品方面的技术优势

- 30年专业积分球设计加工经验，在积分球内部结构、操作方式、测量方法上具有丰富的经验，满足**Energy Star**的测量规范。
- 提供一站式的解决方案：强大的分析软件涵盖光、色、电特性分析，完整地提供辐射度和光度的各种参数
- **Labsphere**的LED测量系统可实现 2π 和 4π 测量，符合**LM-79**的测量要求。适合从小功率到大功率，更具灵活性，对用户具有较高的使用价值。
- 公司针对LED方向性强的特点设计的测试系统稳定可靠，测量重复性高，方向性不敏感。用**Labsphere**积分球LED测量系统在不同角度的极端情况下LED测量结果，光通量误差小于 $\pm 3\%$ ，业界同类产品的 $>50\%$ 误差。
- 系统自带校准灯(2π 和 4π 标准灯)，可便于您现场校准，校准数据直接追溯美国国家标准和技术协会（**NIST**），不用返回原厂校准
- 采用辅助灯的设计方案，可补偿不同外形结构LED及灯具带来的误差，保证结果准确性。
- 我司美国专家是资深的光测量行业专家：在各类国际光学组织担任顾问，参与国际测试标准的制定，让广大客户了解业界动态
- 欧美和国内 LED生产厂家，检测机构及计量单位的标准设备，为行业标准提供可靠参考依据

Thank You !