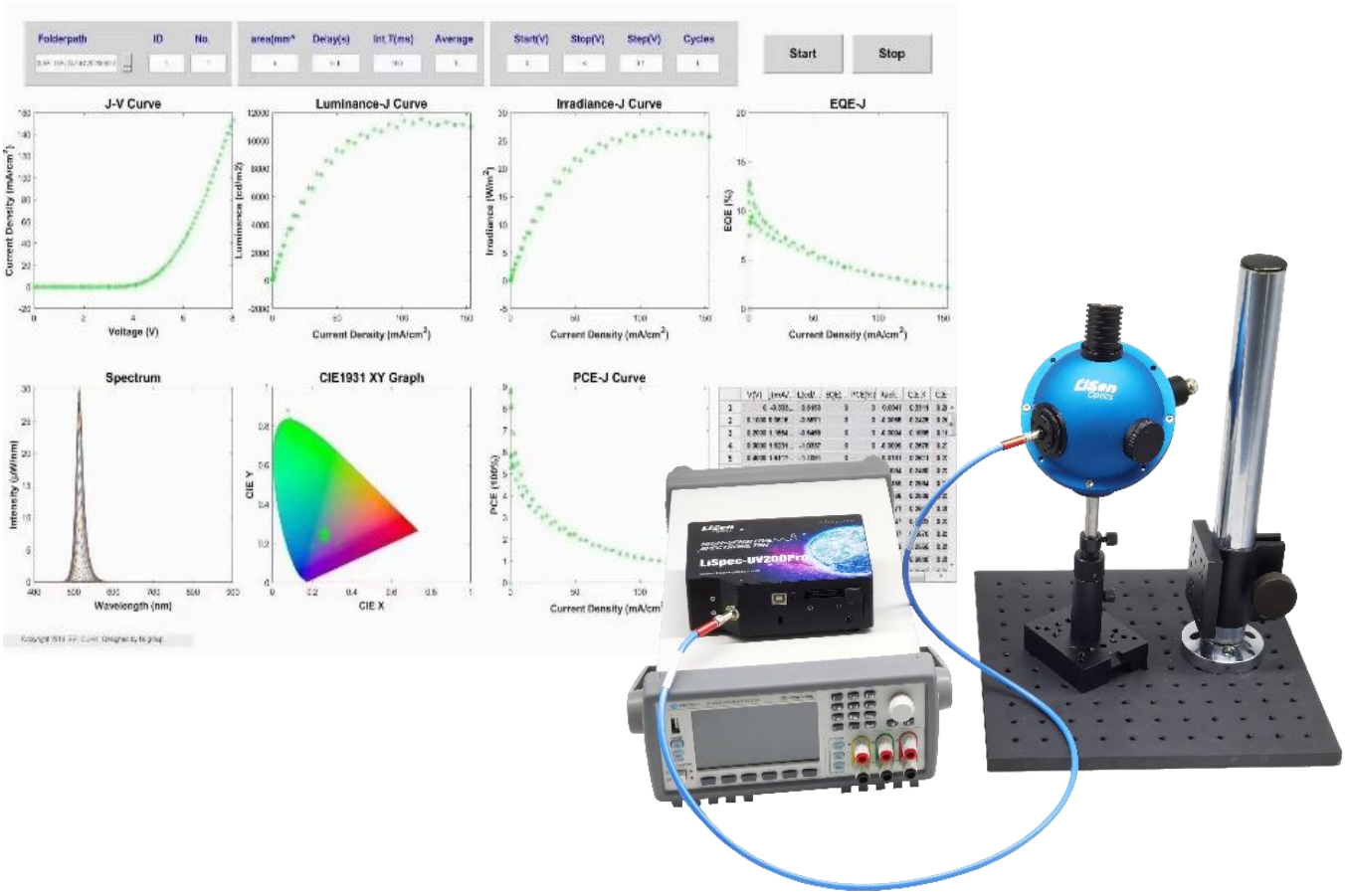
iSpecRad-PQL 光致量子效率光谱测量系统

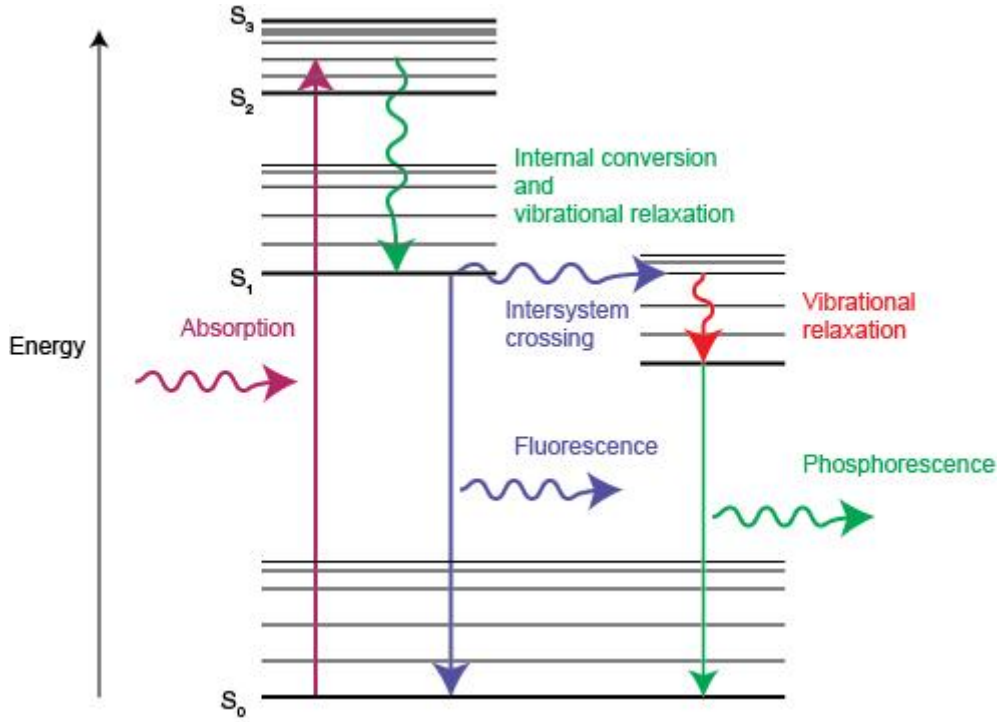
在开发新的发光材料过程中，提高它们的光致发光效率是至关重要的，提高发光材料的量子效率就需要精确量子效率测量技术。iSpecRad-PQL 光致发光量子效率测量系统操作便捷，是莱森光学（LiSen Optics）专门针对器件的光致发光特性进行有效测量，可在手套箱内完成搭建，无需将样品取出即可完成光致发光量子效率的测试。

系统搭配包括光谱仪、带辐射校准光源积分球、激光光源、光纤及配套治具等。莱森光学光谱仪信噪比高、杂散光低，动态范围大，适合不同波段和强度的激发光和发射光测量。同时，该系统配有强大的专用测试软件，操作逻辑简单，测试过程快捷方便。

莱森光学 iSpecRad-PQL 光致发光量子效率系统可以支持粉末、薄膜和液体样品的测量，适用于有机金属复合物、荧光探针、染料敏化型 PV 材料，OLED 材料、LED 荧光粉等领域。



基本原理

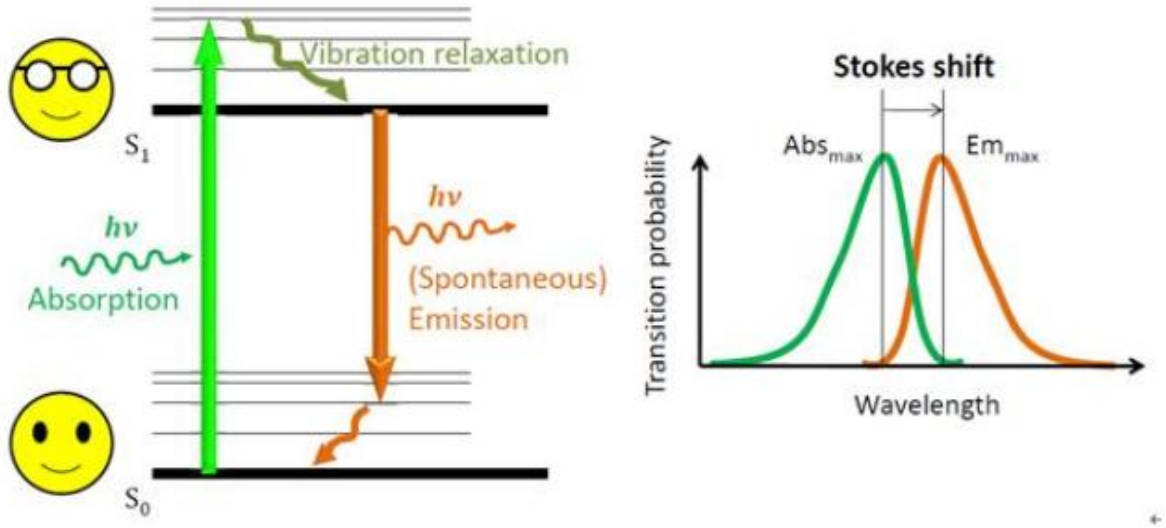


荧光和磷光的吸收和发光过程能量图

能级图描述了普通有机分子的电子能级，并标示了能级间的电子跃迁。S_0、S_1和 T_1分别代表基态，低单态和低三重态。光激发后，激发态分子可以沿几种跃迁路径，包括辐射过程和非辐射过程而回到基态。辐射过程涉及了光发射，例如荧光和磷光。非辐射过程涉及内转换和系统间热释放。辐射过程和非辐射过程相互竞争。

所谓光致发光（Photoluminescence 简称 PL），是指物体依赖外界光源 进行照射，从而获得能量，产生激发导致发光的现象。也指物质吸收光子（或电磁波）后重新辐射出光子(或电磁波)的过程。光致发光过程包括荧光发光和磷光发光。

从量子力学理论上，这一过程可以描述为物质吸收光子跃迁到较高能级的激发态后返回低能态，同时放出光子的过程。光致荧光发光是多种形式的荧光（Fluorescence）中的一种。原理图如下图：



荧光产生的过程

而在现阶段光致发光材料的研究中，对荧光量子效率的计算非常重要，因为这是反映光致发光材料发光能力的重要特征指标。

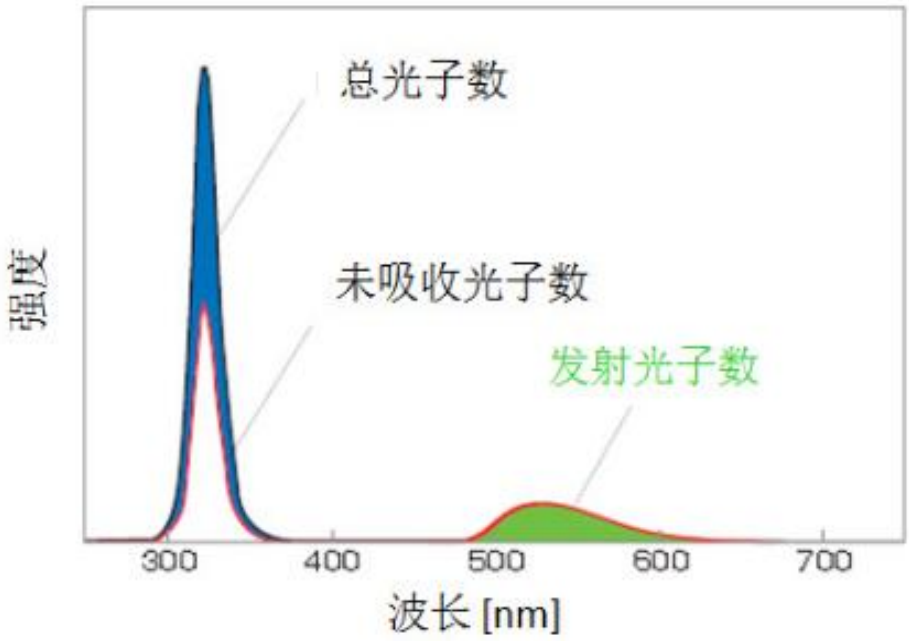
荧光量子效率又称荧光量子产额(quantum yield of fluorescence)和荧光效率。一般情况下，荧光量子效率、荧光量子产额与荧光效率描述等价。首先让激发光照射到空白容器，获得激发光谱，得总光子数。然后，在容器中放入样品，再用激发光照射获得未吸收光子数和发射光子数。通过单位时间(秒)内，发射光子（绿色区域）和吸收光子数（蓝色区域）的比值，计算出绝对荧光量子产率（PLQY）。可以使用下列公式表达：

$$\mathrm{PLQY}(\varphi_{\mathrm{PL}}) = \frac{\text{发射光子数}}{\text{吸收光子数}} = \frac{\text{发射光子数}}{\text{总光子数} - \text{未吸收光子数}}$$

测量样品的量子产率有两种方法：

1、相对量子产率测量：需要一种已知量子产率的标准品作为参照，通过对标准物和样品进行吸光度和荧光的测量换算得到样品的量子产率。只适用于液体样品。

2、绝对量子产率测量：不需要标准样品进行对比，广泛适用于液体、薄膜和粉末样品。在进行测量时需要积分球附件；积分球内表面涂层一般是高反射性材料，比如硫酸钡和聚四氟乙烯。样品表面各个方向的激发光或者是发射光进行积分球均匀化后从出射口出来，并进入到单色器中最后被检测器检测到。



测试绝对荧光量子产率方法

典型应用

- 无机光致发光、有机光致发光
- EL 器件封装前体
- 有机金属复合物、络化物化合物的测量
- 染料敏化型 PV 材料、OLED 材料
- LED、有机 EL 用荧光体的量子效率测量
- 膜状样品的透过荧光/反射荧光的量子效率测量（非接触式荧光粉用荧光体样品等）

- 量子 Dot、荧光探头（探针）、生体领域、包接化合物等的荧光测量
- 色素敏化型太阳电池的量子效率测量

技术优势特点

- 功能齐全：可用于粉末、溶液、固体、薄膜样品的测量分析。
- 原位测量：可放至手套箱内，实现原位测量
- 结构稳定：设备无需频繁校准
- 激发光源：光栅搭配滤光镜分光，可选择任意波长
- 专业软件：一键式操作简单，测试迅速
- 光谱仪：系统采用制冷型 CCD 信噪比高、灵敏度高、测量精度高

主要技术指标

系统配置		方案 1	方案 2
光谱仪	型号	LiSpec-HS400	LiSpec-HSR100TEC/NIR300-1.7TEC
	光谱范围（nm）	200-1100nm	200-1100nm/900-1700
	探测器	滨松 2048X64-背照式面阵 CCD	滨松 1024X66 致冷型-背照式面阵 CCD/致冷型 512 像元 InGaAs
	信噪比	550:1	1200:1/10000:1

	分辨率	±1nm	±1nm
	动态范围	7ms-10s	1ms-15min
	AD 位数	16 位	16 位
积分球	尺寸	1.5 吋	3.3 吋
	反射率	≥98%	≥98%
	辐射校准光源	一体化溯源到 NIM	一体化溯源到 NIM
源表	型号	吉时利 2450	吉时利 2450
激发光源	类型	365-880nm 光纤耦合高功率 LED；强度可调	365-880nm 光纤耦合高功率 LED；强度可调
光纤	芯径	600 微米或 1000 微米	600 微米或 1000 微米
	波段	200-1100nm	200-1100nm/350-2500nm
	类型	抗紫外石英光纤	抗紫外石英光纤
夹具	形式	专业定制夹具	专业定制夹具
	控制器	YES	YES
软件	LiSpecView-EQL 光谱专用测试软件		
性能参数			
测试范围（依配置决定）	亮度	$0.01-3.5\times10^{6}$ nit	
	通量	2.5×10^{-6} -500 lm	
	辐射亮度	$0.01 - 3\times10^{6}$ mW / Sr / m^2 （350 - 1100 nm）	
		$100 - 8\times10^{8}$ mW / Sr / m^2 （900 - 1700 nm）	
	辐射通量	0.5×10^{-5} - 850 mW （350 - 1100 nm）	
		$0.01 - 5.5\times10^{4}$ mW （900 - 1700 nm）	

测试项目	光致发光量子效率 荧光材料发光发光测量（量子效率 X 吸收） 量子效率和激发波长的关系（-02G，-03G） 光致发光谱（峰值波长，FWHM） 光致发光激发谱（-02G,-03G） 色彩测定（色度、色温、显色指数等） EEM 测量（激发-发射矩阵）	
准确/重复性	亮度重复性	≥98%
	主波长准确性	±0.5 nm
	波长准确性	±0.3nm
	NIM 溯源准确性	≤1%
	光致量子效率重复性	≤5%