

## 高光谱荧光测试系统介绍

### 基本原理：

荧光是一种光致发光的冷发光现象，当某种常温物质经特定波长的入射光照射时，其分子吸收光能后从其基态跃迁到激发态，并且立即退激发并发出另外一种出射光，原理如图 1 所示。通常新的出射光的波长比入射光的波长更长，且多处于可见光波段。

系统使用高灵敏度、高信噪比、高像素 Scoms 相机、制冷型 InGaAs 等作为探测单元，使用高光谱分辨率的透射式光栅光谱仪，结合消色差成像镜头、内置推扫成像结构、内置调焦结构、内置 Shutter 等单元完成采集系统的集成。大功率的氙灯光源或者高功率激光器作为系统进行荧光信号检测的光源体，配合均匀性非常高的复眼透镜组、激发滤光片、聚焦透镜、反射镜等结构完成样品激发光的传送，样品在激发光的作用下会产生相应的荧光（发射）信号，在高光谱相机前端设计有荧光滤光片，这样荧光信号最终被高光谱相机收集到，通过处理分析建模等处理后可获取需要的荧光光谱和图像。

利用激光的优势结合应用行业的需求，可将其高功率激光通过光纤传导并导入到匀光光路（六面体匀光结构）中，形成大面积、均匀

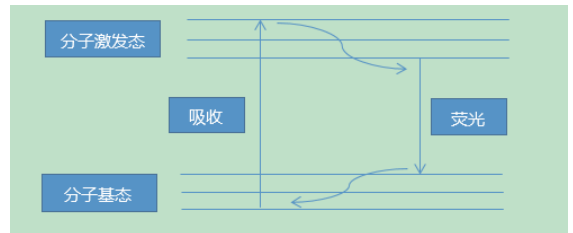


图1 荧光机理

性高、聚焦的激发面阵列光。可以为材料科学的研究提供强有力的技术支持。例如：如果想要将这一新的钙钛矿太阳能电池光伏之星推向市场，更好的理解光物理学和降解机制变的尤为重要。

高光谱成像设备可以获得以下参数的空间分布：

- 表面缺陷
- 相分离
- 无序化

这种有效的方法可以深入表征钙钛矿微观结构，并将有助于理解这些材料中的降解现象，并使他们更接近于商业化。

### 荧光高光谱测试系统



### 高光谱相机参数：

名称	指标描述		
光谱仪	体全息透射式光栅（PGP）结构		
光谱范围	350nm-1000nm		900nm-1700nm
光谱分辨率	2.8nm		5nm
光谱采样间隔	0.5nm(mean)	0.5nm(mean)	1.8nm
光谱仪狭缝宽度	30μm		
Shutter	内置(选配)		
探测器	像素尺寸	6.5μm*6.5μm	6.45μm*6.45μm
	像素大小	2048*2048	1392*1040
	类型	SCOMS	CCD ( Si)
	接口类型	USB3.0	USB2.0
成像镜头	接口类型	Gigabit Ethernet	
	焦距（mm）	25	25
	属性	消色差可见-近红外定焦镜头	
	属性	近红外成像镜头	
成像镜头	光谱范围（nm）	350-1000	350-1000
	光谱范围（nm）	900-2500	
成像镜头	视场角（°）	29（线视场角）@1米	20（线视场角）@1米
	视场角（°）	31（线视场角）@1米	
硬件配置	内置控制主板、微型处理器、电池、二维精密电控位移系统、辅助摄像头等		
软件	自主开发：控制、采集、分析处理等；数据兼容第三方；提供二次开发（windows系统）		

系统参数:

主要部件	设备名称	主要技术指标和功能 (高光谱成像系统采用内置推扫方式)		
1	暗箱	外观尺寸	80cm*80cm*100cm (长宽高)	可定制
		样品台尺寸	30cm**30cm*40cm (长宽高)	可定制
2	光源	反射光源	数量: 4个; 功率: 50W/个; 光谱范围: 350nm~2500nm; 对样品可进行反射光谱测试。	
		大功率LED光源		
	光源	氙灯光源	数量: 1个; 功率: 150W; 光谱范围: 300nm~2500nm; 作为激发光源可对样品可进行荧光光谱测试。  对氙灯光源输出光的传输方式进行了升级改进, 单色光的传输效率更为高效, 提升了单色光强度, 结构更为简单, 滤光片更换更为方便。 复眼透镜: 光能利用率更高, 大面积的均匀照明, 匀化效果更好; 高效的光束转向组件;	 
		激光光源	532nm/808nm等大功率激光器。 多种光传导方式: 1、采用1.5米长多模光纤传导激光; 激光器输出激光并利用光纤进行传输, 使其光信号进入到六面体匀光棒结构中, 通过调整聚焦透镜, 将光源光斑清晰的成像, 使得光源光斑照射区域光照均匀一致, 再经过大面积平面反射镜的反射, 使得激光均匀照射到样品上进而形成激发面阵列光。 采用复眼透镜组传导激光 激光器输出激光并利用光纤进行传输, 使其光信号进入到复眼透镜组中, 利用复眼透镜组对光的匀化, 使其形成面阵列分布的激发光。	   
3	附件	激发滤光片	荧光带通滤光片非常适用于荧光成像应用。其通带具有 > 93% 的透射率, 截止带光密度可达OD6。滤光片基片为熔融石英材料, 表面用离子溅射工艺镀加硬膜, 采用黑色阳极氧化铝环进行封装。340nm/370nm/390nm/450nm/530nm/628nm/697nm等300-1000nm可选。	
		发射 ( 荧光 ) 滤光片	有色玻璃长波通滤光片有 27 种标准 SCHOTT 彩色玻璃类型可供选择, 可在紫外线 (UV)、可见光或近红外 (NIR) 光谱中提供截止波长。有色玻璃基片在其波长范围内具有很高的光谱透射率。设计标准尺寸为 50 x 50mm, 可轻松集成到光学系统中, 并且厚度为 1、2 或 3mm。400nm/455nm/550nm/645nm/720nm等300-1000nm可选。	 
4	功能介绍	辅助监控	荧光测试时, 系统需要完全密闭的暗环境下测试, 通过辅助摄像头可以实时监控暗箱内部情况下。	
		软件功能	采集控制、友好的参数设置界面、自动曝光、自动调焦、自动速度匹配、手动参数设置、数据预处理、辅助功能、辐射度、均匀性、镜头、反射率、区域校准等。	

产品主要特点如下：

- 1) 激发光源均匀分布整视野，作用于样品表面激光功率密度较低，同时避免了由于局部照明造成的载流子复合即使在较低功率下可获得高信噪比图像。
- 2) 整视野面成像，采用光谱扫描，成像速度快，150x150mm<sup>2</sup>成像范围仅需10秒钟。

XY&Line Mapping VS HyperSpectral Imaging

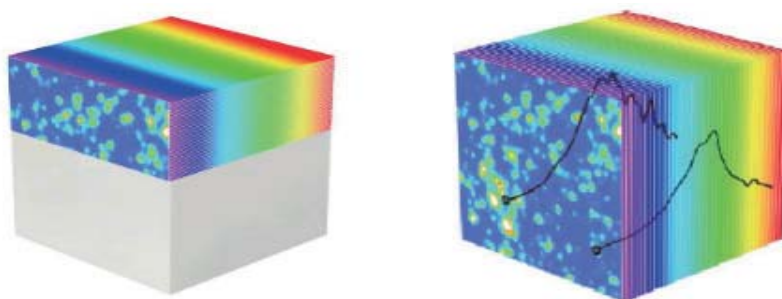


图3 单点Mapping扫描成像与高光谱成像比较

- 3) 可做绝对校准，获得光谱绝对强度，获取器件光电特性如EQE,Voc等
- 4) 可选择不同波长的激光作为激发光源
- 5) 集荧光成像、电致发光、光致发光、反射率成像等诸多功能于一体。

表 1 荧光成像技术检测的响应激发光源、波段和荧光发射波段：

分类	检测对象	光源类型	激发波段、波长/nm	发射波段、波长/nm
叶片	烟草叶片	氙灯	355	440、520、690、740
	甜菜叶片	氙灯	340	440、520、690、740
	苹果叶片	卤素灯	520、550	650
	向日葵叶片	卤素灯	紫外、蓝光	610、685、735
	烟草叶片	LED	455	505~560、690
	柑橘叶片	LED	紫外、蓝光	550、690
	柑橘叶片	LED	紫外、红、绿、蓝光	黄、红、远红外
	烟草叶片	LED	470	650
	柑橘叶片	LED	365、445、470、530	570、610、690、740
	苹果叶片	LED	455	618
	柑橘叶片	激光	532	680~712、712~750
	柑橘叶片	激光	532	680~712、712~750
	柑橘叶片	激光	473	
果实	小麦叶片	激光	337	370~800
	苹果	闪光灯	紫外 (λ=340)	440、520、690、740
	苹果	LED	蓝光	红、远红外
	葡萄	LED	紫外、红、绿	蓝绿、红、远红
	脐橙	LED	紫外	绿
	脐橙	LED	365	530~550
材料	苹果	激光	337	350~820
	钙钛矿	激光	532	785
	GaN	激光	808	1180

**应用案例：**

1. 实验案例：

测试芒果样品在添加罗丹明-B荧光试剂，使用氙灯作为激发光源，390nm的激发滤光片、550nm的荧光滤光片，利用高光谱荧光系统获取到的荧光图像、荧光光谱；反射图像、反射光谱。

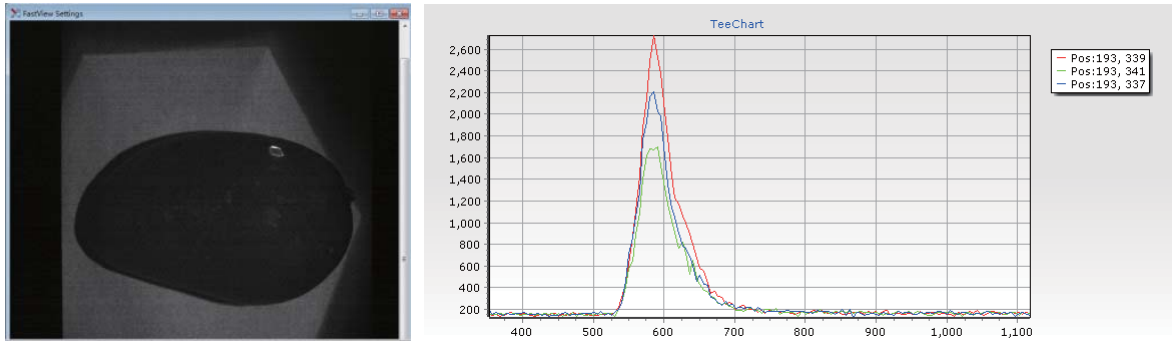


图4 芒果表面添加罗丹明-B试剂后的荧光图像和荧光光谱

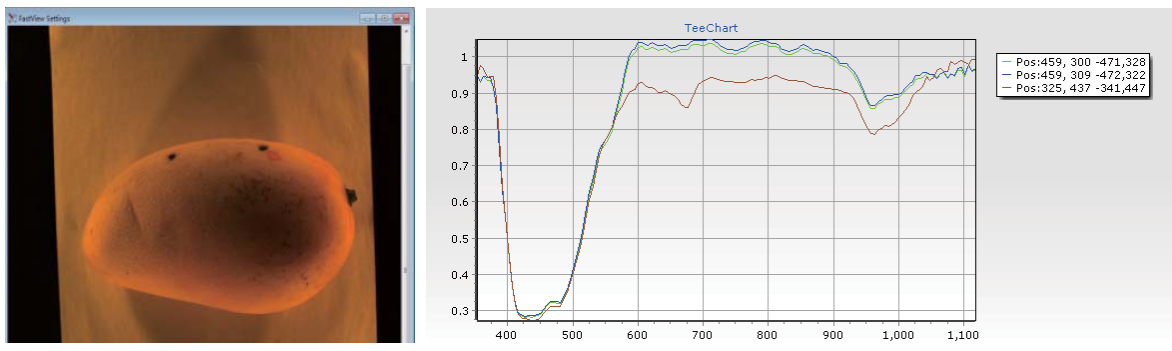


图5 芒果表面添加罗丹明-B试剂后的反射图像和反射光谱

2.应用案例：不同新鲜度、腐烂变质、硬化等类型枸杞的品质存在差异，能够快速的检测其差异性（例如是否还有化学残留等），利用高光谱成像设备获取不同类型枸杞的荧光图像和光谱信息。

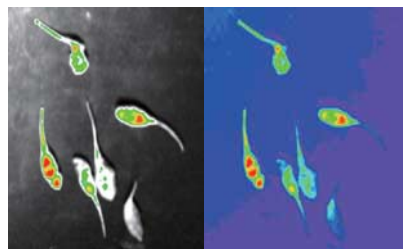


图6 干枸杞类的荧光图片

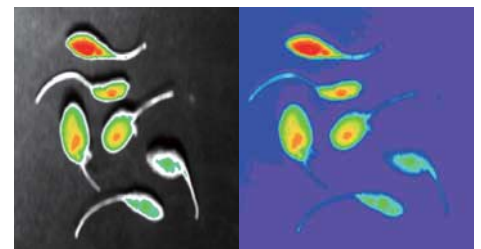


图7 新鲜&半新鲜&腐烂枸杞类

**光谱说明：**

1. 干枸杞荧光信号也分布在455nm附近，与新鲜枸杞比较，在550nm附近没有波峰，而且整个光谱都随着新鲜的程度其光谱曲线逐渐下降；
2. 干的程度越多，荧光信号越弱；

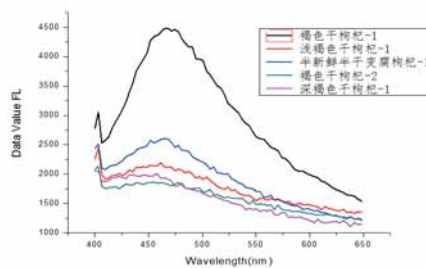


图8 干枸杞类光谱

3. 应用案例：花生在生长及贮藏过程中因环境等因素影响极易感染黄曲霉和寄生霉，其次生代谢产物-黄曲霉毒素具有强毒性和高致癌、致畸性。对同种的花生颗粒进行检测，并获取不同毒性浓度花生的荧光高光谱图像及光谱信息，为污染黄曲霉毒素花生的无损在线检测技术研究提供支持。

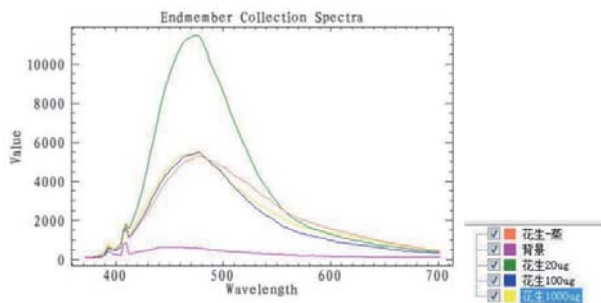


图10不同毒性浓度花生的荧光高光谱图像

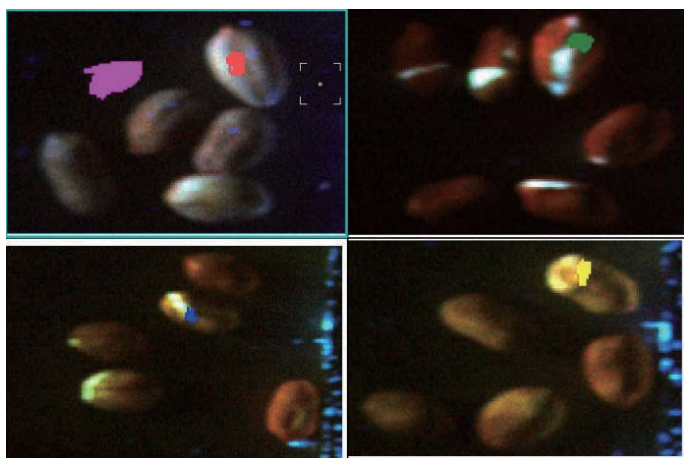


图9不同毒性浓度花生的荧光高光谱图像

4. 应用案例：荧光检测-太阳能电池片品质：

太阳能电池是一种通过光电效应或光化学反应直接把光能转化为电能装置。由于太阳能是一种清洁能源，因此光伏技术近年来备受关注。光伏材料的转换效率随着技术的发展也有了显著的提高。基于高光谱荧光成像系统的设备以其独特的体布拉格光栅滤波片技术，采用革新的二维成像技术，不同于常规的荧光成像设备，这是一款一次性可全视野成像的设备，可快速获得电池的荧光成像，用于研究产品的缺陷、约束条件和光电特性的。

Laser : 808nm ( 电流 : 4A、 功率 : 17W ) ; 像素 : 640x512 ; 光谱分辨率 : 5nm ;

光谱范围 : 900nm~1700nm ; 积分时间 : 30ms@Gain2 ; 成像时间 : 10s/cube ; 测试环境 : 暗箱 ;

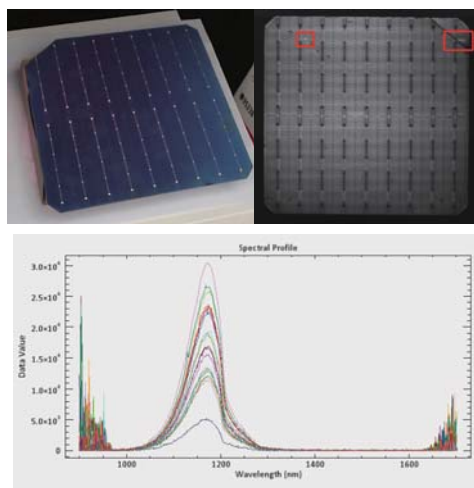
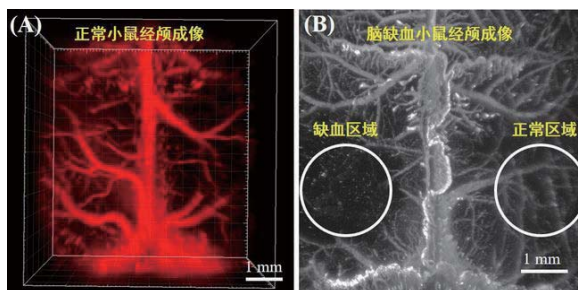


图12 太阳能电池荧光高光谱检测

5. 应用案例：红外二区荧光高光谱检测：

近红外二区 (NIR-II) 指的是波长在 1000-1700 nm 的近红外光，与荧光成像常用的可见光以及近红外一区相比，近红外二区由于发射波长更长，可显著抑制光在穿透生物组织时的散射以及生物组织自发荧光现象的影响，使探测深度更深、空间分辨率和信噪比更高。因此近红外二区荧光成像技术近年来受到了广泛关注，并得到了快速发展。

备注：中国科学院深圳先进技术研究院郑炜研究员团队与南京大学张蜡宝教授团队合作，成功研制出首台近红外二区荧光介观成像系统。



正常小鼠大脑经颅三维成像结果 (B) 脑缺血小鼠大脑经颅三维成像最大强度投影图

技术专利：

