

闪烁体的光谱、 寿命、成像、光产额测量



近年来，钙钛矿型闪烁体及钙钛矿型 X 射线直接探测器被广泛研究及报道。在发光闪烁体层面，钙钛矿纳米晶闪烁体通过溶液即可制得，成本极低，且具备全色彩可调谐辐射发光的特点。在直接探测层面，铅卤钙钛矿材料因其具备较大的原子序数、高吸收系数等优点，在 X 射线直接探测领域同样表现出非常优异的性能。

卓立汉光能够提供基于 X 射线的稳态发光光谱，荧光寿命，瞬态光谱以及 X 射线探测成像的相关测量方案。能够提供全套涵盖 X 射线激发源、光谱仪、稳态及瞬态数据处理、成像测量（CMOS 成像，单像素成像，TFT 面阵成像）、辐射剂量表、辐射安全防护等，辐射防护防护满足国标《低能射线装置放射防护标准》（GBZ115-2023）。

如下陈述我们几种测量方案及相关配置明细

（一）稳态光谱及荧光寿命采集

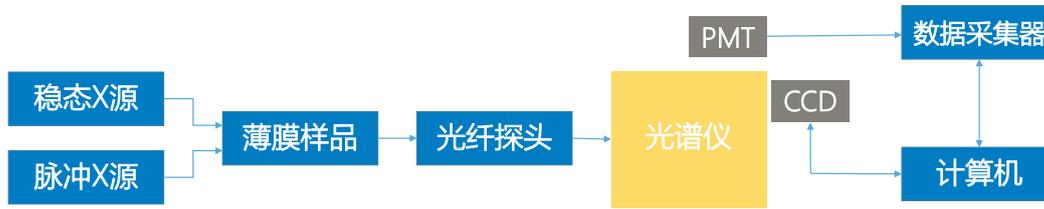
- 基于皮秒 X 射线和 TCSPC 测量原理的方法
- 纳秒脉冲 X 射线
- 稳态和寿命测量数据

（二）X 射线探测成像

- X 射线探测成像光路图
- X 射线探测成像及脉冲 X 射线实现光电流衰减测量
- TFT 集成的面阵 X 射线成像
- 成像测量结果

（三）技术参数

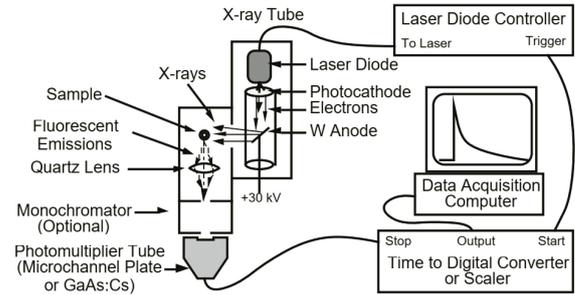
稳态光谱及荧光寿命采集



基于皮秒 X 射线和 TCSPC 测量原理的方法

包含：皮秒脉冲激光器、光激发 X 射线管、TCSPC 或条纹相机。

由皮秒脉冲激光器激发“光激发 X 射线管”发射出 X-ray 作用于样品上，样品发射荧光，经光谱仪分光之后，由探测器探测光信号，数据采集器读取数据。



皮秒 X 射线测量荧光寿命原理图

纳秒脉冲 X 射线



150KV 纳秒脉冲 X 射线



	XR150-20V	XR200	XR53	XR54
a	1'0" (3 m)	1'0" (3 m)	1'0" (3 m)	2'0" (6 m)
b	2'0" (6 m)	2'0" (6 m)	2'5" (7.6 m)	3'5" (11 m)
c	1'00' (30 m)	1'00' (30 m)	1'00' (30 m)	1'00' (30 m)

* 安全距离要求: a: 3 米, b: 6 米, c: 30 米



The redesigned XR150 has a 16 character LCD (8x2), menu based interface and is powered by a DeWalt 12v Li-Ion battery

FEATURES

- Pulse setting up to 999 counts
- Program countdown delay timing (5-240 seconds)
- Set multiple pulse trains
- Select time delay between pulse trains.
- Records total life pulses on source
- Resettable pulse tracker
- Select 1 or 3 pulses per count in software
- Variable pulse rate (1 pulse per second or slower)
- DeWalt® battery and charger (110v and 220v available)
- Retro-fit existing XR150 Generators
- 21mm Picatinny Rail option for mounting accessories
- Battery charges in 40 minutes
- Easy grip housing with removable handle
- Threaded insert for tripod
- Tie off points for custom handles and fasteners



Dimensions
Height 4.07" (10.34cm)
Width 3.03" (7.70cm)
Length 9.08" (23.06cm)



HIGHLY PORTABLE

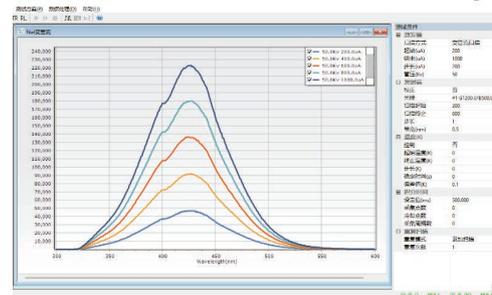
- Source with battery is 20% lighter than previous version
- Kit weighs 13.4 lb; 32% less than predecessor
- Compact case size is 35% smaller in volume (13"H x 7"W x 17"L)
- Battery weighs less than .5 lb (.23 kg)

SPECIFICATIONS

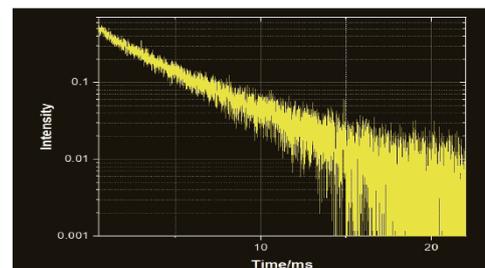
Power:	DeWalt® 12v Li-Ion Battery
Weight:	4.70 lb / 2.13 kg (including battery)
Output dose:	Avg. 3.1 mR/count, measured 12" from source
Pulse rate:	4 counts per second
Counts per charge:	1700 counts (5100 pulses)
Source size:	1/8" (3mm)
Max photon energy:	150 kVp
Pulse width:	50 nanoseconds
Beam angle:	40 degree standard
Current Draw:	6.8 amps
Max duty cycle:	100 counts (300 pulses) per 4 minutes
Warranty:	1 year limited parts, labor, service

Golden Engineering
Portable X-ray Technology
WEB: www.goldenengineering.com
PH: 765-855-3493
EM: sales@goldenengineering.com

稳态和寿命测量数据



NaI 样品在管电压 50KeV, 不同管电流激发下的辐射发光光谱



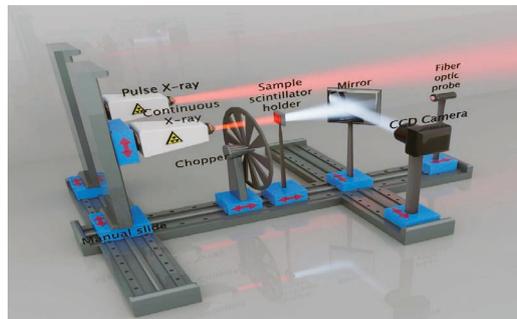
纳秒 X 射线激发的荧光衰减曲线

X 射线探测成像

X 射线探测成像光路图



X 射线探测成像及脉冲 X 射线实现光电流衰减测量



TFT 集成的面阵 X 射线成像

产品技术规格-TFT阵列传感芯片 (a-Si, 64*64)

项目	规格	
SC-T-A064-2202		
基板尺寸 (H×V×T)	44.64×46.64×0.5 mm	
有效区尺寸 (H×V)	32×32 mm	
分辨率 (H×V)	64×64	
像素大小	500×500 μm	
TFT 尺寸	W/L=100/10 μm	
像素结构/剖面图	1T1C	
Pin 尺寸	Space 100 μm	Width 100 μm
	Pitch 200 μm	Length 1000 μm
Pin 序 (从左至右)	01-64: 列读 65-128: 行扫 129-131: 电容公共极 132-134: 共电极 135-160: 空	
潜在应用范围	钨铁矿有机光电探测器、压力传感器、电源显示、电流源微流控等	

TFT 传感芯片规格

产品技术规格-64*64阵列读取系统

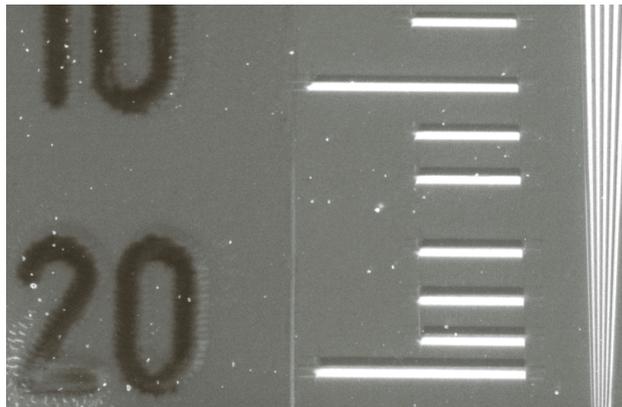
项目	规格
长×宽×高	170×151×170 mm
净重	600 g
充电接口	DC002-1.3
数据规格	64路脉冲电压 (行选信号), 电压调节范围: -15V~+15V
	64路电流读取通路, 支持正电流读取, 探测范围: 100pA-200nA
	2路直流偏置电压, 电压调节范围: -15V~+15V
数据通信方式	WiFi 无线通讯
数据显示载体	手机 (Android 9.0以上操作系统, 6GB以上运行内存)
电流档位	4个电流档位 (1nA/10nA/100nA/200nA) 以及1个自定义电流档位
成像规格	分辨率: 64行×64列
	数据灰阶: 支持256灰阶显示
续航时间	常温下, 连续工作大于4小时
刷新频率	8.2Hz on 10nA档位, 一帧图像包含64×64个数据
文件保存类型	用户通过自主控制数据保存的起止: CSV

TFT 读取系统规格

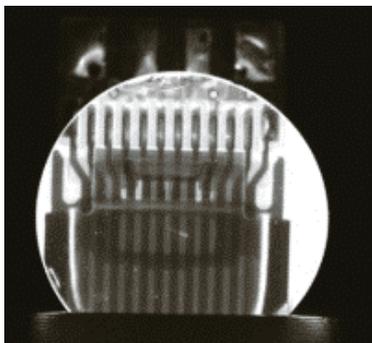
成像测量结果



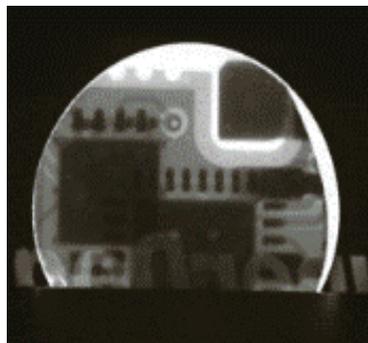
CMOS 成像实物图



分辨率指标: TYP39 分辨率卡的 X 射线图像。测试 1mm 厚的 YAG(Ce) 时, 分辨率可以优于 20lp/mm



手机充电头成像测试



密码狗成像测试

技术参数

稳态 X 射线 激发发光 测量	光源	能量: 4-50KV, 功率: 0-50W 连续可调, 靶材: 钨靶, 铍窗厚度 200 μ m, 样品位置辐射剂量: 0-25Sv/h				
	光路	透射和反射双光路, 可切换				
	光谱范围	200-900nm (可扩展近红外)				
	监视器	内置监视器方便观察样品发光, 可拍照				
	快门	可控屏蔽快门, 辐射光源最大功率下, 关闭快门, 样品位置辐射剂量小于 10uSv/h				
	辐射防护	满足国标《X 射线衍射仪和荧光分析仪卫视防护标准》(GBZ115-2023)				
	样品支架	配备粉末、液体、薄膜样品架				
	成像测量模块	成像面积: 直径 20mm (可定制更大面积: 120mm \times 80mm) 成像耦合光路附件, 样品测试夹具 相机参数: 颜色: 黑白, 分辨率: 20MP, 5472 (H) \times 3648 (V), 像元尺寸: 2.4 μ m \times 2.4 μ m, 量子效率: 84%@495nm, 暗电流: 0.001e-/pixel/s, 制冷温度: -15 $^{\circ}$ C, 成像分辨率: 优于 20lp/mm				
瞬态 X 射线 激发发光 测量	光源	皮秒脉冲 X 射线源		纳秒脉冲 X 射线源 *		
		405nm ps 激光二极管: 波长: 100Hz-100MHz 可调, 峰值功率: 400mW@ 典型值, 脉冲宽度: <100ps 光激发 X 射线光管: 辐射灵敏度: QE10% (@400nm), 靶材: 钨, 操作电压: 40KV, 操作电流: 10 μ A@ 平均值, 50 μ A@ 最大值		电压: 150KV 脉冲宽度: 50ns 重复频率: 10Hz 平均输出剂量率: 2.4mR/pulse		
	数据采集器	TCSPC 计数器	条纹相机 (同时获得光谱和寿命)		示波器	
		瞬时饱和计数率: 100Mcps 时间分辨率 (ps): 16/32/64/128/ 256/512/1024/.../33554432 通道数: 65535 死时间: < 10ns 支持稳态光谱采集 数据接口: USB3.0 最大量程: 1.08 μ s @16ps, 67.1 μ s@1024ps, 2.19s@33554432ps		光谱测量范围: 200-900nm 时间分辨率: <=5ps, (最小档位时间范围 + 光谱仪光路系统) 探测器: 同步扫描型通用条纹相机 ST10 测量时间窗口范围: 500ps-100us (十档可选) 工作模式: 静态模式, 高频同步模式以及 低频触发模式; 系统光谱分辨率: <0.2nm@1200g/mm 单次成谱范围: >=100nm@150g/mm 静态 (稳态) 光谱采集, 瞬态条纹光谱成像及荧光寿命曲线采集		模拟带宽: 500 MHz 通道数: 4+ EXT 实时采样率: 5GSa/s (交织模式), 2.5GSa/s (非交织模式) 存储深度: 250Mpts/ch (交织模式), 125 Mpts/ch (非交织模式)
		寿命尺度	500ps-10 μ s	100ps-100 μ s	100ns-50ms	
X 射线 探测成像	方式	CMOS 成像	单像素探测器	TFT 集成的面阵探测器		
	配置	成像耦合光路附件, 样品测试夹具 相机参数: 颜色: 黑白 分辨率: 20MP, 5472 (H) \times 3648 (V) 像元尺寸: 2.4 μ m \times 2.4 μ m 量子效率: 84%@495nm 暗电流: 0.001e-/pixel/s 制冷温度: -15 $^{\circ}$ C	XY 二维电动位移台: XY5050: 行程: X 轴 50mm, Y 轴 50mm, 重复定 位精度 1.5 μ m, 水平负载 4Kg; XY120120: 行程: X 轴 120mm, Y 轴 120mm, 重复 定位精度 3 μ m, 水平负载 20Kg	TFT 阵列传感芯片 (可提供直接型和间接型芯片): 背板尺寸 (H \times V \times T): 44.64 \times 46.64 \times 0.5 mm, 有源区尺寸 (H \times V): 32 \times 32mm, 分辨率 (H \times V): 64 \times 64, 像素大小: 500 \times 500 μ m TFT 读出系统: 成像规格: 解析度: 64 行 \times 64 列, 数据灰阶: 支持 256 灰阶显示, 数据通信方式: WIFI 无线通讯, 数据显示载体: 手机 / 平板 (Android 9.0 以上操作系统、6GB 以上运行内存)		
辐射剂量 测定	辐射剂量表	探测器: 塑料闪烁体, \varnothing 30 \times 15 mm 连续长期辐射: 50 nSv/h ... 10 Sv/h 连续短期辐射: 5 μ Sv/h ... 10 Sv/h 环境剂量当量测量范围: 10 nSv ... 10 Sv 连续的短时辐射响应时间: 0.03 s 相对固有误差: 连续和短期辐射: \pm 15% 最大 137 Cs 灵敏度: 70 cps/(μ Sv \cdot h $^{-1}$) 剂量率变化 0.1 to 1 μ Sv/h 的反应时间 (精度误差 \leq \pm 10%) < 2 s				

光产额测量方案

闪烁晶体的光产额（也称为光输出或光子产额）是指晶体在受到电离辐射（如 γ 射线、X 射线或粒子）激发后，发射光子（通常是可见光）的数量。光产额通常以每单位能量沉积产生的光子数来表示，单位可以是光子/MeV。

光产额是衡量闪烁晶体性能的重要参数之一，它是衡量闪烁体材料性能的重要指标之一，也直接关系到该材料在实际应用中的灵敏度和效率。常见的闪烁晶体包括碘化钠（NaI），碘化铯（CsI），和氧化镧掺铈（LaBr₃）等。不同的晶体材料会有不同的光产额，这取决于其发光机制、能带结构、以及材料的纯度和缺陷等因素。研究闪烁体材料的光产额对于提高其性能、拓展其应用具有重要的意义。

一些常见闪烁晶体的光产额值如下：

碘化钠（NaI(Tl)）：约 38,000 photons/MeV

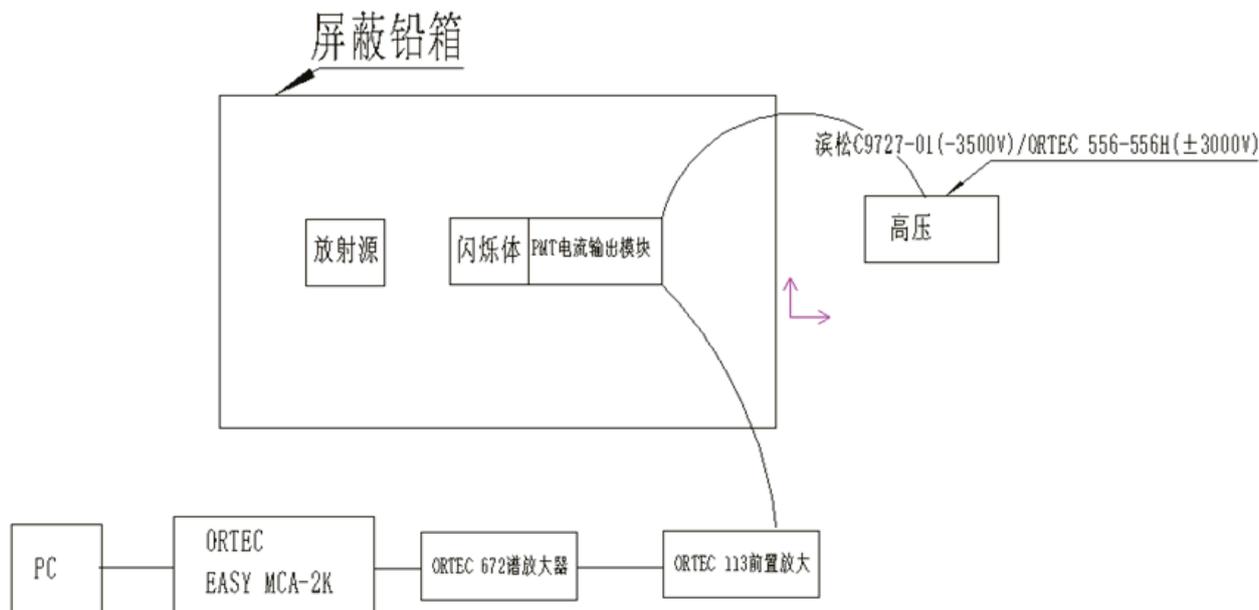
氯化铯（CsI(Tl)）：约 54,000 photons/MeV

氧化铈掺杂的氧化镧（LaBr₃）：约 63,000 photons/MeV

钕铝石榴石掺杂铈离子（YAG:Ce）：约 14,000 photons/MeV

光产额越高，意味着该晶体能够在相同的能量沉积条件下产生更多的光子，从而在探测器中生成更强的信号，通常也会导致更好的能量分辨率。

卓立汉光提供一整套包含同位素源、屏蔽铅箱（被测器件及光路）、光电倍增管、高压电源、闪烁体前置放大器、谱放大器、多道分析仪及测试软件，实现闪烁体的光产额测量。



同位素源	Na-22 (或 Cs-137 可选), 屏蔽铅箱 (被测器件及光路), 充分保证测试人员安全
光电倍增管	光谱范围: 160-650nm, 有效面积: 46mm 直径, 上升时间: $\leq 0.8\text{ns}$
高压稳压电源	提供: 0-3000V
闪烁体前置放大器:	上升时间 $< 60\text{ns}$ 积分非线性 $\leq \pm 0.02\%$ 计数率: 250 mV 参考脉冲的增益偏移 $< 0.25\%$, 同时应用 65,000/秒的 200 mV 随机脉冲的额外计数速率, 前置放大器下降时间: 信号源阻抗为 $1\text{M}\Omega$, 则下降时间常数为 $50\ \mu\text{s}$
谱放大器	高性能能谱, 适合所有类型的辐射探测器 (Ge、Si、闪烁体等) 积分非线性 (单极输出): 从 0 到 +10V $< 0.025\%$ 噪声: 增益 > 100 时, 等效输入噪声 $< 5.0\ \mu\text{V rms}$; 手动模式下, 增益 > 1000 时, 等效输入噪声 $< 4.5\ \mu\text{V rms}$; 或者自动模式下, 增益 > 100 时, 等效输入噪声 $< 6.0\ \mu\text{V rms}$ 温度系数 (0 到 50°C) 单极输出: 增益为 $< +0.005\%/^\circ\text{C}$, 双极输出: 增益为 $< +0.07\%/^\circ\text{C}$, 直流电平为 $< +30\ \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 误差: 双极零交叉误差在 50:1 动态范围内 $< \pm 3\ \text{ns}$ 增益范围: 2.5-1500 连接可调, 增益是 COARSE (粗调) 和 FINE GAIN (微调增益) 的乘积。 单极脉冲形状: 可用开关为 UNIPOLAR (单极) 输出端选择近似三角形脉冲形状或近似高斯脉冲形状。 配置专用 3kv 高压电源
2K 通道多道分析仪	ADC: 包括滑动标度线性化和小于 $2\ \mu\text{s}$ 的死区时间, 包括存储器传输 积分非线性: 在动态范围的前 99% 范围内 $\leq \pm 0.025\%$ 。 差分非线性: 在动态范围的前 99% 范围内小于 $\pm 1\%$ 。 增益不稳定性: $< \pm 50\ \text{ppm}/^\circ\text{C}$ 死区时间校正: 根据 Gedcke-Hale 方法进行的延长的实时校正。 USB 接口: USB 2.0 到 PC 的数据传输速度最高可达 480Mbps
操作电脑	/
光学平台	尺寸: $1500*1200*800\text{mm}$ 台面 430 材质, 厚度 200mm, 带脚轮。固有频率: 7-18Hz, 整体焊接式支架

