

文章编号:1007-2780(2009)06-0809-03

一种新的 X-射线发光光谱测量装置的建立

任新光,罗劲松

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 激发态物理重点实验室,吉林 长春 130033)

摘 要: 提出一种由 X-射线发生器、光学光纤、荧光光谱仪组成的用于测定 X-射线发光材料的新装置。该设备可以测定 X-射线发光材料的荧光强度随着波长的变化曲线、荧光强度随着激发时间的变化曲线、余辉衰减随着时间的变化曲线以及余辉时间等。研究了 X 射线发光材料在不同时间段的光谱特征。

关 键 词: X-射线发光材料; X-射线发光光谱
中图分类号: TH744. 16; O657. 34 **文献标识码:** A

1 引 言

从第一个 X-射线荧光材料——钨酸钙的发现,人类对 X-射线荧光材料的研究已经经历了 100 多年的历史^[1]。随着科学技术的发展,各种不同性能和用途的 X-射线荧光材料被广泛地研究。人们清楚地认识到,发光材料的激发效率不仅与 X-射线的激发能量有关,同时也与元素本身的性质有关。一般情况下,原子序数越大的原子, X-射线的吸收系数就越大,所以 X-射线荧光材料也由单一的钨酸盐化合物,逐步发展成为原子序数大的稀土掺杂化合物^[2-4]。

X 射线数字实时成像系统现已在国防、医学诊断、工业无损检测、安全检查等领域得到广泛应用,但是此类材料的检测仪器及方法却相对滞后。目前,传统的荧光光谱仪基本采用氙灯(150 W)作为激发光源,它仅能用于光致发光材料的光谱检测,而不能测定那些必须用 X 射线激发的荧光材料。要想测定此类材料,通常采用两台仪器分别测定的方法进行,即首先将材料在 X 射线发生器上激发,然后立即移置到荧光光谱仪上,测定其发光强度对应于波长的光谱分布曲线与余辉。余辉由两部分组成:一个瞬间强度迅速下降的快过程和一个强度相对缓慢下降的慢过程^[5]。当样品停止 X 射线辐射后,移到荧光光谱仪上进行光谱测定时,测出的发光强度对应于波长分布曲线的发光强度明显降低,而且不能测量出该材料在激

发过程中,发光强度随着激发时间的变化曲线;同时,余辉的快过程测量不完全,只能测量到慢过程,因此无法准确地给出发光材料的余辉随着时间变化曲线,即发光的衰减与余辉时间,对此类材料的光谱测定是一个不完整的检测结果。

本文提出了一种新的测定装置与方法,将 X-射线发生器与荧光光谱仪通过光学光纤联结,可以测定 X-射线发光材料的荧光强度随着波长变化曲线、荧光强度随着激发时间变化曲线、余辉衰减随着时间变化曲线以及余辉时间等,取得了令人满意的效果。

2 设备的光学系统与基本原理

如图 1 所示,X 射线发生器 1 发出的 X-射线,通过控制快门 K,进入真空通道 2,经由真空通道与出口的限制狭缝 S₁,将发散的射线转变为平行光,照射到可旋转样品台 3 上的被测样品上。

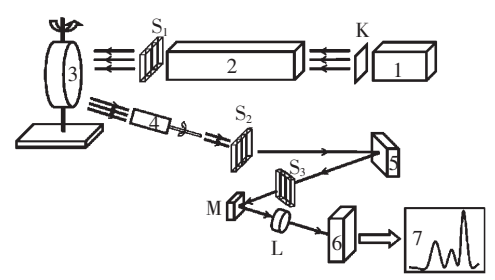


图 1 光学检测系统示意图
Fig. 1 Measurement system scheme of X-ray luminescence spectrum

样品被激发后的发光,通过光学光纤 4 传导到的入射狭缝 S_2 ,再经衍射光栅 5 分光后从出射狭缝 S_3 射出,经凹面镜 M 和透镜 L 聚集于光电倍增管 6。测量后,通过 A/D 转换器与计算机处理系统 7 给出发光谱图。

3 仪器稳定性能测定

以 (ZnCd)S:Ag 材料发光板作为测试样品,监控发光波长 537 nm,除了改变 X-射线发生器的功率外,其他参数均相同。发光强度随着 X 光功率变化谱图如图 2 所示,不同功率下所对应的

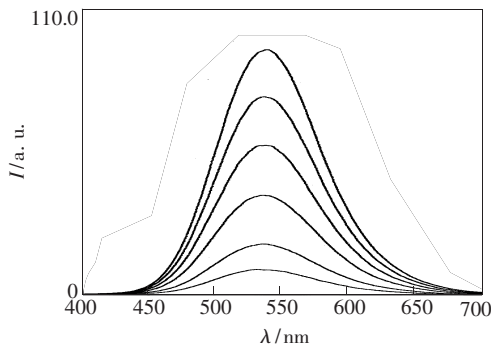


图 2 不同功率条件下测定的发射光谱图
Fig. 2 Luminescence spectra at various power

表 1 不同功率下所对应的发光强度值
Table. 1 Luminous intensity at various power

率功(kW)	相对发光强度
0.4	10.00
0.8	19.66
1.6	37.99
2.4	57.15
3.2	75.21
4.0	92.90

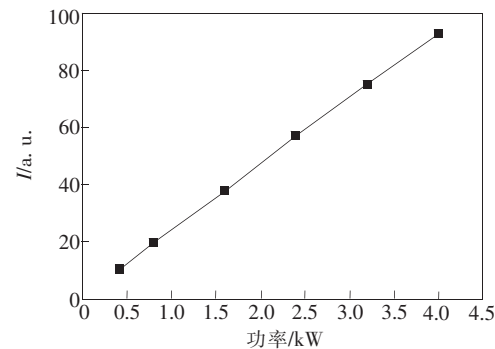


图 3 不同功率所对应的发光强度曲线
Fig. 3 Curve of luminous intensity via X-ray outpowers

发光强度值在表 1 中列出。根据图 2 与表 1 中数据,所绘制的发光强度随着功率的变化曲线如图 3 所示。以上结果表明,仪器发光强度与功率呈现直线关系,证明了仪器的稳定性。

4 仪器精密度测定

同样以 (ZnCd)S:Ag 材料发光板作为测试样品,监控发光波长 537 nm,各项测量参数完全相同条件下,连续 14 次测量的发光强度结果如表 2 所示,相对标准偏差小于 2%,说明仪器的精密度较高。

表 2 仪器精密度的测量值
Table 2 Measurement of precision

序数	发 光 强 度(cd/m ²)
1	458.1
2	446.3
3	447.0
4	450.5
5	452.0
6	453.6
7	457.4
8	458.2
9	471.1
10	467.3
11	459.5
12	463.1
13	464.7
14	467.0

经计算,14 次测量结果的平均值为 458.3 cd/m²,标准偏差 σ_{n-1} 为 7.75 cd/m²,相对标准偏差 x/σ_{n-1} 为 1.69%。

5 不同时间阶段光谱分布曲线的测定

以硅酸盐掺杂稀土长余辉发光材料作为测试样品,监控波长为 505 nm。

图 4 表明,X-射线发光材料在不同的时间尺度下,不同的发光阶段具有不同的行为,即当样品被激发时,并不是立刻达到最大值,而是包括一个发光强度迅速上升的快过程和一个缓慢上升的慢过程;当激发停止后,发光强度同样存在一个迅速下降的发光衰减快过程和一个缓慢下降的余辉慢过程。

图 4 为不同时间下的发光强度曲线,从图中

可以看到:0~171 s,仪器的快门没有打开,材料未被激发,此时测定的是仪器背底;在 171 s 时快门开启,材料开始发光;171~180 s,发光强度出现

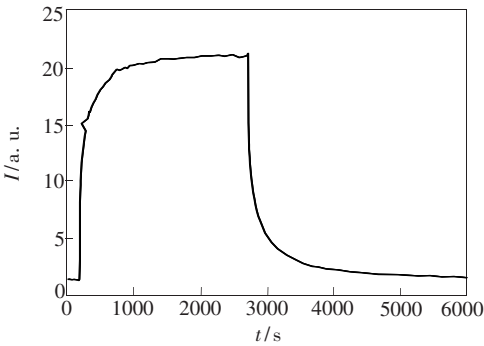


图 4 不同时间段的光谱分布曲线

Fig.4 Spectra distribution graph at various time

一个迅速上升的快过程;180~2 703 s 是发光强度随着时间增长而逐渐缓慢上升的慢过程;在 2 703 s 时快门关闭,停止激发;2 703~2 706 s 是发光衰减快过程;2 706~6 000 s 发光强度从最大值下降到它的强度 1/10 处,是余辉过程,时间约为 1 350 s。

6 结 论

通过 X-射线发光材料测量得到的实验结果可以看出,本装置具有测量稳定性能好、测量精密度高(相对标准偏差小于 2%)、操作简单快速等优点。不仅可以弥补原有测量方法不足,而且可以精确测定发光材料在不同时间段中相应的光谱特征,大大简化了此类材料测定的复杂步骤。

参 考 文 献:

[1] 徐叙谔,苏勉曾. 发光学与发光材料 [M]. 北京:化学工业出版社,2004.
[2] Schweizer S. Physics and current understanding of X-ray storage phosphors [J]. *Phys. Stat. Sol. (A)*, 2001, 187:335-393.
[3] 夏上达. 稀土发光和光谱理论的研究进展 [J]. *发光学报*,2007,28(4):465-478.
[4] 杨志平, 赵金鑫, 李小宁,等. X 射线增感屏用纳米 CaWO_4 的 Pechini 溶胶-凝胶法制备及其光学性能[J]. *发光学报*,2008,29(2):279-282.
[5] 任新光. 电弧法 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ 长余辉发光陶瓷的制备及其光谱分析 [J]. *光谱学与光谱分析*,2000,20(3): 268-269.

New Spectrometric Instrument for X-Ray Luminescence Materials Observation

REN Xin-guang, LUO Jin-shong

(Key Laboratory of Excited State Process, Changchun Institute of Optic, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China)

Abstract

A new instrument for X-ray luminescence spectrum was established in order to study properties of X-ray luminescence materials,which consists of X-ray generator, optical fiber and fluorescence spectrophotometer and can determine spectral distribution graph, time-change graph, afterglow decay curve. The results showed that both of stability and precision are fine and relative standard deviation (RSD)is less more than 2%. The instrument simplifies the process for determining X-ray luminescence materials.

Key words: X-Ray luminescence materials; X-Ray emission spectrum

作者简介:任新光(1951—),男,吉林长春人,副研究员,主要从事仪器分析方面研究。