

文章编号: 0253-2239(2003)10-1277-4

长余辉荧光粉发光特性的测试及实用装置

张保洲 刘宏亮 王术军 李子英 蒋静芬

(北京师范大学天文系光电探测研究室, 北京 100875)

摘要: 讨论了影响长余辉发光粉特性的主要因素。介绍了测试其发光特性的基本要求。在此基础上描述了一种测试长余辉荧光粉的新装置。它使用模拟 D_{65} 光源作为激发光源, 使用一台自动量程光度计来测量长余辉荧光粉亮度。从激发源到样品的激发光, 以及从样品到光度计的发射光均由光纤进行传导。激发光通过耦合在二光纤中间的电动快门实施控制。装置的工作由计算机控制。需要特别指出的是装置可以在正常照明条件下工作。实测表明装置的设计非常巧妙和实用。

关键词: 材料检测; 测试技术; 长余辉荧光粉; 发光特性; 测试装置

中图分类号: TN304 文献标识码: A

1 引 言

长余辉荧光粉的研究与开发是应用发光材料领域中近年来的热点之一^[1~4]。由于发光特性是长余辉荧光粉最重要的性能参量, 理所当然为大家所重视。然而, 由于长余辉荧光粉发光特性与多种条件相关, 所以控制与测量均比较复杂。在国外, 有的国家已颁布了测试长余辉荧光粉的标准和规范^[5], 实际上他们的测试基本上在暗室中进行, 先用特定强度模拟 D_{65} 光源(多为氙灯)对样品激发, 而后关闭光源, 用高灵敏度光度计(典型的仪器有 PR 1980B, LMT L1009, TOPCON BM-5)对样品进行检测, 由于整个测试过程要持续几个到十几个小时, 因此数据采样均用计算机采集。还有的根据长余辉荧光粉特点, 利用经验关系, 通过几小时内的数据外推荧光粉发光的可持续时间。目前国内还未颁布国家标准或行业标准对长余辉荧光粉发光特性的测量进行规范, 也没有规范的成套测试装置。从事长余辉荧光粉的研发人员和机构只能参照国外某些工业标准, 对普通光度计进行适当改造来测试。其发光特性由于对一些相关测试条件控制存在明显的差异以及光度计改造和应用的不尽合理, 不但不同机构得出的结果存在差异, 即使同一机构测试重复性也有待提高, 而很多生产单位多数甚至没有任何测试手段。本文在初步分析长余辉荧光粉发光特性及测试要求

的基础上, 重点介绍我们研制的长余辉荧光粉发光特性测试装置及其特点。

2 影响长余辉荧光粉发光特性的几个因素

长余辉荧光粉在强光激发后能长时间发光, 这正是它的应用价值所在。因此, 长余辉荧光粉的优劣就主要取决于激发光消失后, 它发光的持续时间和亮度水平。然而要确定它们并不容易, 主要存在两方面的原因:

一方面, 长余辉荧光粉发光不是稳定发光, 它的亮度随时间衰减, 且初时衰减很快, 随后逐渐减缓, 其变化规律大致符合对数衰减规律。亮度变化范围从 10 cd/m^2 量级到 0.3 mcd/m^2 以下超过 5 个量级。这个过程长短主要取决于材料的优劣, 好的材料这个过程可持续二十个小时以上, 最短的也将持续几个小时。换句话说, 测量长余辉荧光粉发光特性不是测量某个时刻的一个值而是测量一个持续数小时甚至数十个小时的亮度变化过程。

另一个方面, 长余辉荧光粉发光的持续时间和亮度水平很大程度上还与下列几个测试条件相关:

1) 激发光源的光谱成分

如果其他条件完全相同, 激发光源的光谱成分不同, 荧光粉发光持续时间和亮度水平也可能不同, 有时甚至相差甚远。这是不难理解的, 因为我们知道荧光材料激发效率与激发光谱是密切相关的;

2) 激发光源的强度

激发光源的强度对发光特性的影响表现为: 如

E-mail: zhangbzh@bnu.edu.cn

收稿日期: 2002-07-19; 收到修改稿日期: 2002-11-01

果其他条件完全相同,一般情况下激发光源强度越强,荧光粉发光持续时间也越长,相应的亮度水平也较高;

3) 发光源对荧光粉的照射时间

如果其他条件完全相同,在一定的时间范围内激发光源照射在荧光粉上的持续时间越长,荧光粉发光持续时间也越长,相应的亮度水平也较高;

此外,荧光粉的发光特性,还与其激发初始状态有关,也就是说荧光粉是否从完全没被激发的情况下开始实施激发,其发光持续时间和亮度水平也是有差异的,这一点可以理解成激发过程持续时间的差异。

3 长余辉荧光粉发光特性测试要则

综上所述可以得到长余辉荧光粉发光特性测试中必须注意的两点:

首先,描述长余辉荧光粉发光特性的参量必须是在特定条件下测定的。也就是说,必须对测试条件作出约定。自然最权威的约定就是以国标的形式来体现,遗憾的是现在国内不要说国标,甚至连行标都还没有颁布,作为暂时解决问题的途径是借用国外标准。德国工业标准的相应规定为^[5]:

用氙灯^{注)}作激发光源;

激发光源投射到荧光粉上的平均照度为 1000 lx;

辐照均匀性满足 $E_{\min}/E_{\max} > 1/1.1$;

激发光源照射时间为 5 min;

亮度计的量程应涵盖 $10^{-5} \sim 10 \text{ cd/m}^2$ 。

其次,一套测试长余辉荧光粉发光特性的理想装置至少应包括满足上述规定的激发光源、亮度计及相应的控制机构。

4 长余辉荧光粉发光特性测量装置

图 1 是一种长余辉荧光粉特性测量装置的结构示意图。从图中可以看出一根一入二出的光纤将模拟 D_{65} 光源的入射光一分为二,入射光的主要部分传到长余辉荧光粉样品上;另一小部分传到照度监视器上。在传到荧光粉样品的光纤中耦合了一个电动快门,其作用是控制激发光的开启和关闭,这种结构可以准确地控制激发光照射时间。样品处也是一根二合一结构的异形光纤。入射的激发光通过公共端投射到样品上,荧光粉发光则通过公共端传到光度计的传感器上。光出射光纤和光度计探测光纤在公共端随机排列以保证激发光投射和样品探测的均

匀性^[6]。照度监测器的目的是通过它探测到的光量大小来监控投射到样品上的照度(两束光的光强比固定)。光度计测到的样品亮度将实时传到计算机中进行处理,由于整个测试过程亮度变化很大,亮度计在测试过程中必须多次变换量程,这一过程由计算机来控制。电动快门的开闭也可由计算机控制。此外,为保证激发光源光谱不变,改变光源强弱是通过旋转一个筛网中性减光板来实现的。计算机可以根据照度监控器传送的信号来控制马达调整输出光的强度。

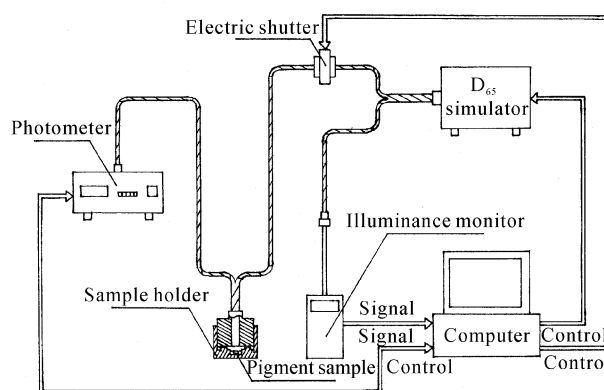


Fig.1 Sketch of the apparatus to measure emitting characters of longtime afterglouring pigments

5 测量装置硬件及软件组成

图 2 是测量装置的电路结构示意图。亮度计分四个量程。总的测量范围是 $10^{-5} \sim 19.99 \text{ cd/m}^2$, 完全满足德国工业标准(DIN)的要求,四个量程的切换由 A/D 采集卡输出的两根晶体管-晶体管逻辑电路(TTL)电平数据线完成。A/D 采集卡采用目前流行的 PCI 总线 A/D 卡。其主要性能参量为:16 通道模拟输入、12 bit 芯片、16 位数字量输出,每秒最高采样次数 100 k。本测量装置中将通道 1 接亮度计信号输出,通道 2 接照度监视器信号输出,三根数字输出线完成对亮度计量程的切换和快门开关的控制,通过 8 bit 数字量输出到 D_{65} 光源控制口,根据照度监视器读数控制光源内步进电机,带动筛网中性减光板旋转,从而调整输出光的强度。

将被测粉放入样品托后(为保持激发前样品处于非激发状态,最好在进行测试前几个小时就将样品放好)。打开模拟 D_{65} 光源大致调整其输出强度

注) 氙灯的规定其实质是由于其光谱接近 D_{65} 照明体,因此使用其他模拟 D_{65} 应当也是可以的,只要其光谱与 D_{65} 足够接近。

至预定值,打开光度计主机及计算机,待光源输出基本稳定(这个过程通常需 5 min 左右),即可启动测量程序进行测量,此后的整个测量过程均由计算机

控制完成,相应的软件流程图见图 3。表 1 和图 4 是一个样品测试及数据处理报告。

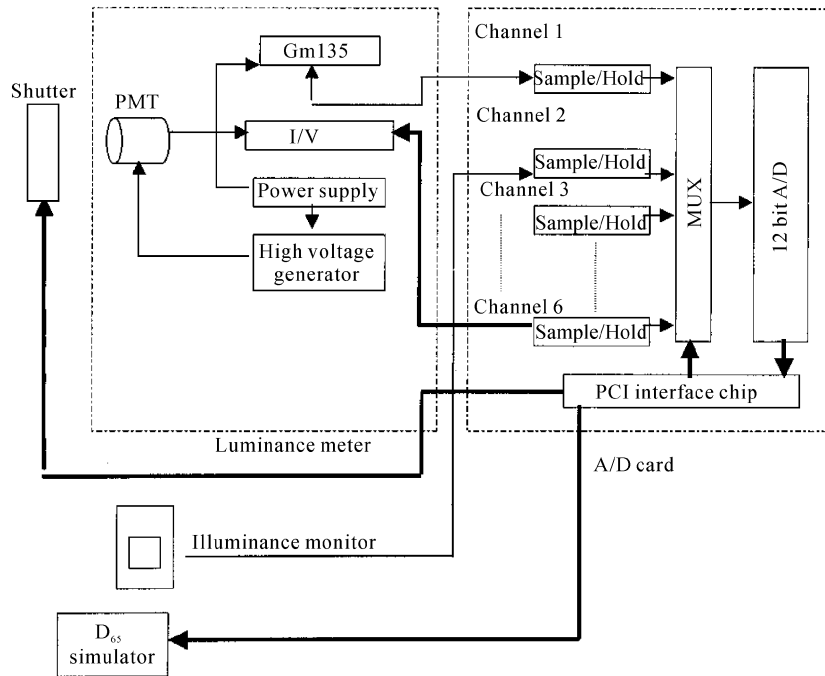


Fig. 2 Block diagram of electronic-controlled system

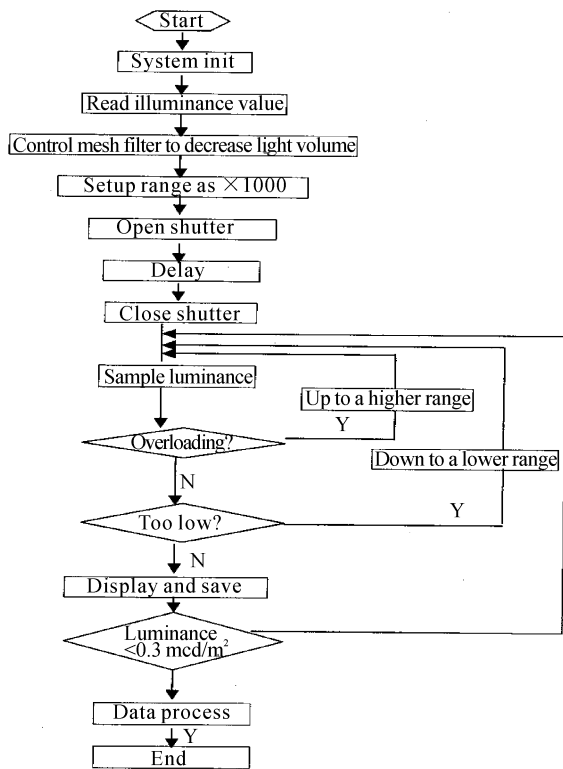


Fig. 3 Program flow diagram

Table 1 Relation of luminance and time

| min | mcd/m ² | min | mcd/m ² | min | mcd/m ² |
|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|
| 2 | 1427 | 42 | 68.6 | 82 | 30.8 |
| 4 | 780.0 | 44 | 65.0 | 84 | 29.9 |
| 6 | 536.0 | 46 | 61.7 | 86 | 29.1 |
| 8 | 405.0 | 48 | 58.8 | 88 | 28.3 |
| 10 | 324.0 | 50 | 55.9 | 90 | 27.5 |
| 12 | 268.0 | 52 | 53.4 | 92 | 26.7 |
| 14 | 229.0 | 54 | 51.1 | 94 | 26.2 |
| 16 | 199.0 | 56 | 49.0 | 96 | 25.4 |
| 18 | 176.0 | 58 | 46.9 | 98 | 24.7 |
| 20 | 167.2 | 60 | 45.2 | 100 | 24.1 |
| 22 | 141.7 | 62 | 43.3 | 102 | 23.4 |
| 24 | 128.8 | 64 | 41.5 | 104 | 22.9 |
| 26 | 117.9 | 66 | 40.2 | 106 | 22.3 |
| 28 | 108.7 | 68 | 38.8 | 108 | 21.9 |
| 30 | 100.6 | 70 | 37.4 | 110 | 21.3 |
| 32 | 93.6 | 72 | 36.1 | 112 | 20.8 |
| 34 | 87.3 | 74 | 34.9 | 114 | 20.3 |
| 36 | 81.6 | 76 | 33.6 | 116 | 20.0 |
| 38 | 76.8 | 78 | 32.3 | 118 | 19.6 |
| 40 | 72.6 | 80 | 31.8 | 120 | 19.2 |

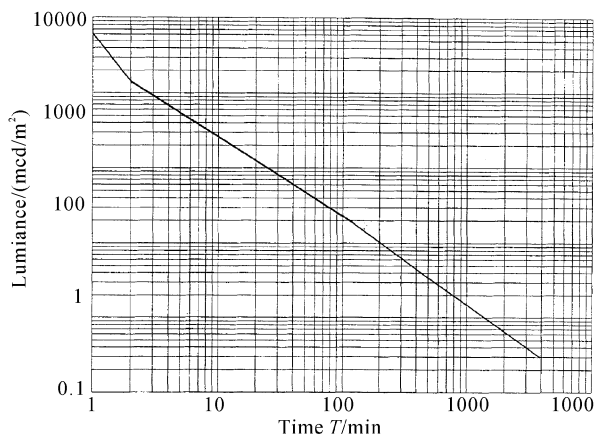


Fig. 4 Measurement report

6 测试装置的特点

上述装置具有三个显著特点:

1) 长余辉荧光粉发光特性的测量全过程: 开启快门—激发—关闭快门—测量样品亮度变化过程—数据处理显示均可在计算机控制下方便、准确、连贯地完成;

2) 由于采用异形光导作为传光手段, 加之样品托架的特殊设计, 整个装置可以在正常照明条件下开展测试, 而无需在暗室中进行。该装置完成后已整套或部分提供数家研发机构使用, 结果证明它的

设计合理巧妙, 是测试长余辉荧光粉发光特性理想的实用装置。

3) 将探测光纤与快速光谱测试系统相接可以得到长余辉荧光粉的发光光谱。

参 考 文 献

- 1 Luo Xixian, Yu Jingjie, Lin Guangxu *et al.*. Development of long afterglow phosphors. *Chin. J. Luminescence* (发光学报), 2002, **23**(5):497~502 (in Chinese)
- 2 Li Chengyu, Wang Shubin, Yu Yingning *et al.*. Long-lasting phosphorescence in Er^{2+} , Dy^{3+} co-doped strontium aluminoborate glass-ceramic. *Chin. J. Luminescence* (发光学报), 2002, **23**(3):233~237 (in Chinese)
- 3 Zhang Tianzhi, Su Qiang, Wang Shubin. Luminescent properties of $\text{MAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}^{2+}, \text{Re}^{3+}$. *Chin. J. Luminescence* (发光学报), 1999, **20**(2):170~175 (in Chinese)
- 4 Zhang Yuqi, Huang Jiamu, Li Zhixia. Determination of UV-vis reflective spectra of long after-glow phosphorecent material. *Spectroscopy and Spectral Analysis* (光谱学与光谱分析), 2002, **22**(6):898~901 (in Chinese)
- 5 Liu Zhengfen, Wang Shujun, Zhang Baozhou. A fast spectral measurement and analysis system. *Opto-Electronic Engineering* (光电工程), 2001, **28**(2):27~31 (in Chinese)
- 6 Hao Yunxiang, Chen Xiaju, Zhang Baozhou. *Photometry* (光度学). Beijing: Publishing House of Beijing Normal University, 1988 (in Chinese)

Measurement on Emitting Characteristics of Longtime Afterglowing Pigments and a Practical Apparatus

Zhang Baozhou Liu Hongliang Wang Shujun Li Ziyang Jiang Jingfen

(Photoelectric Detecting Laboratory, Department of Astronomy,

Beijing Normal University, Beijing 100875)

(Received 19 July 2002; revised 1 November 2002)

Abstract: The main factors influencing the emitting characteristics of longtime afterglowing pigments are briefly discussed. The essential requirements for measuring the emitting characters are introduced. A new apparatus satisfied for the measurement of longtime afterglowing pigments is developed. It uses D_{65} simulator as the stimulating source and uses auto-range photometer to measure luminance of longtime afterglowing pigments. The light from stimulating source to the pigment sample and the emitting light from the pigment sample to the photometer are transmitted by optical fibres. The stimulating light is controlled by an electric shutter which is coupled between the two optical fibres. The apparatus operated by a computer. It would be specially mentioned that the apparatus can be operated under the normal lighting condition. The measurements shows design of the apparatus is very ingenious and practical.

Key words: test of materials; measuring technique; longtime afterglowing pigment; characteristics of emitting light; measuring apparatus