

用宽带光源检测色心荧光的探索^{*}

林丽莎 章 勇 陈庆俊

(应用物理系)

摘 要

用宽带光源直接激励色心晶体测得发射谱,经适当处理后得到色心晶体的荧光谱与用单色光激励所得的结果相符。从而可以实现那些找不到合适的单色光进行激励的荧光探测。

关键词 光谱 色心, 荧光

一、前 言

测量色心晶体的吸收谱和发射谱是判定色心类型的依据,也是研究色心激光器的重要步骤。目前检测荧光的激发光源一般为单色光,获得单色光的方法主要有:(1)谱线灯;(2)激光;(3)使用单色仪或滤光片从宽带光源中分光取出所需的单色光。用单色光激励荧光的主要优点是:激励光一般与发射光处于不同的波段,相互干扰小,便于分析判断。但现有的谱线灯或激光光源所提供的谱线有限,难以满足不同色心晶体对泵浦光源波长的要求。而宽带光通过单色仪或滤光片分光后虽可满足各种波长的要求,但强度大大减弱,对检测仪器灵敏度的要求大大提高了,而一般实验室是不具备这种条件的。

采用宽带光源(如钨灯)直接激励,具有价格低廉、来源方便、功率大等优点。但由于激励光会对荧光造成一定的背景噪声,从而给检测和分析带来一定的困难。采用本文的方法可以消除背景干扰,从检测信号中提取出荧光信号。

二、实验及结果

1. 实验装置

如图1,光源经透镜系统聚光后入射到待测晶体上,接收装置与入射光成 90° ,避免入射光直接进入接收系统引起干扰。Look-In 锁相放大器是美国 EG&G Princeton Applied Research 5101锁相放大器。

本文1988年6月10日收到。

^{*}福建省自然科学基金资助课题。

2. 实验

实验1 比较直接用宽带光源激励和用单色光激励时样品的荧光强度。

(1) 光源用300W的投影钨灯；样品：Nd:YAG晶体。测得最强的荧光峰位于波长 $\lambda = 1.06\mu\text{m}$ 处；荧光强度 $P_1 \approx 200\mu\text{V}$ 。

(2) 光源用300W投影钨灯经单色仪取出585nm的单色光；样品：Nd:YAG晶体；在Look-in灵敏度范围内未测到荧光。(3) 光源用500W高压氙灯经单色仪取出585nm的单色光，样品Nd:YAG晶体；测得荧光峰位于 $\lambda = 1.0\mu\text{m}$ 处；荧光强度 $P_2 \approx 1.5\mu\text{V}$ ；结果： $P_1/P_2 > 100$ 。

实验2 用宽带光源直接激励样品测量其发射谱。

光源用300W的投影钨灯；样品三组：(1) 红宝石，白宝石；(2) 钨玻璃，白玻璃；(3) 着色后的KI:Li晶体，KI纯晶体。测出各组样品的发射谱如图2—4。

实验3 用单色光激励样品测其发射谱。

(1) 光源用75W的球形汞灯，样品为红宝石，钨玻璃；测出其发射谱如图5、6。(2) 用300W钨灯经694nm全反镜反射后激发着色的KI:Li晶体。测得发射谱如图7。

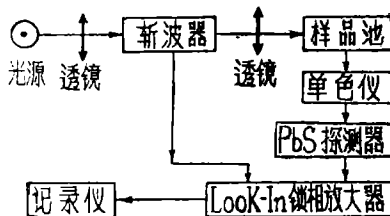


图1 实验装置

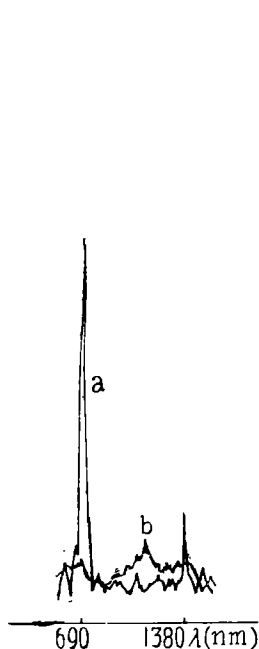


图2 a为钨灯激发红宝石发射谱；b为钨灯通过白宝石谱线

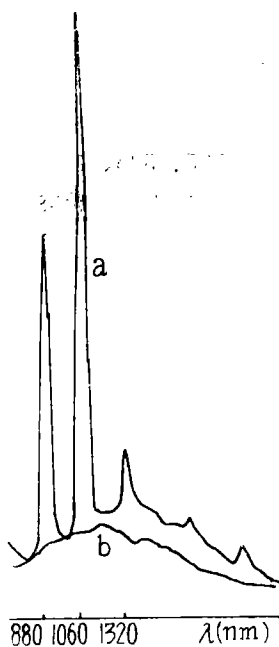


图3 a为钨灯激发钨玻璃发射谱；b为钨灯通过不掺Nd的玻璃的谱线

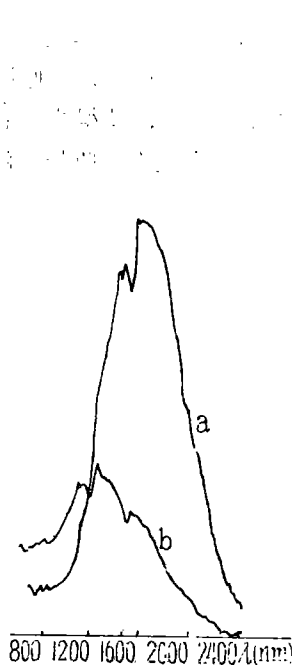


图4 a为钨灯激发着色的KI:Li晶体发射谱；b为钨灯通过纯KI晶体的谱线

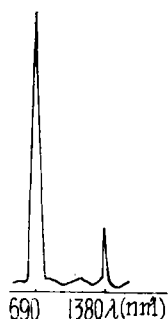


图5 汞灯激发红宝石发射谱

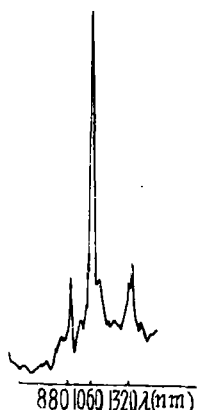


图6 汞灯激发钹玻璃发射谱

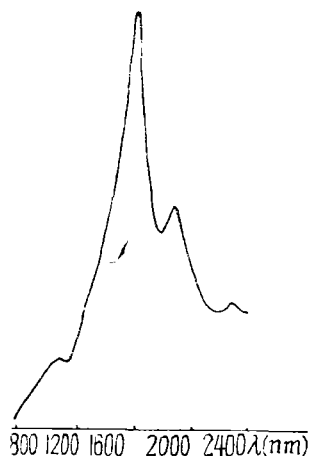


图7 钨灯经649nm全反镜后激发着色的KI:Li晶体发射谱

三、讨 论

1. 从实验1可以看出宽带光源直接激励Nd:YAG晶体的荧光,比经单色仪分光后激励的荧光强度大得多。其原因:(1)引进单色仪,加长了光路,增大了损耗,且单色仪的接收光阑宽度有限,使得光源的大部分能量未被利用。(2)由于Nd:YAG所发射的 $1.06\mu\text{m}$ 的荧光可以有几个吸收带(峰值分别位于525、585、750、810、870nm附近)^[1],用钨灯直接激励,这些波段的能量均可利用;而经单色仪分光后585nm的谱线光(其半高宽 $\Delta\lambda < 20\text{nm}$)仅利用这一谱线的能量,显然所利用的能量减少了很多,激励的荧光强度必然很小。

光源对KI、KCl等色心晶体的激励作用存在同样的情况:可由不同的激发带激发出同一色心的荧光。例如KCl的 F_2 心除了在 $0.8\mu\text{m}$ 处有一吸收带,在 $0.5\mu\text{m}$ 和 $0.6\mu\text{m}$ 之间的F带处还有几个吸收带^[2],这些吸收带的光也可激发出 F_2 心的特征荧光;而KI的 F_2 心可以用673nm和 $1.1\mu\text{m}$ 的光激励^[3]。我们用钨灯经单色仪分光后激励KI及KCl色心晶体均未检测出明显的荧光,而用钨灯直接激励就很容易测出其荧光谱。

2. 从实验2测得的红宝石、钹玻璃及KI:Li色心晶体的发射谱,同单色光激励发射的荧光谱作比较有所区别(比较图2—4中(a)与图5—7),这是由于宽带激励源的背景干扰。采用以下方法进行处理:分别将钨灯激励的红宝石、钹玻璃、KI:Li的发射谱线减去它们的基质白宝石、白玻璃及未着色的KI晶体的谱线,分别得到图8—10的谱线。

经过处理后的荧光谱线与单色光激励发射的荧光谱进行对照,可以看出:两者的峰值位置完全一致,荧光峰的轮廓大致相同,只是用连续光激励的光谱线的半宽度略大一些。钨灯所发的光经各种未着色晶体后所探测到的光谱基本上是钨灯的光谱,而着色晶体的发射谱是在这个基础上增加了杂质的吸收和发射谱,因而两者相减后便得到色心的吸收谱和发射谱。这就是光谱测定中经常采用的参比方法。

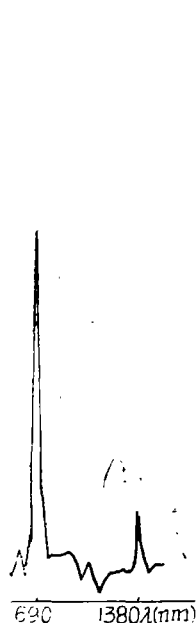


图8 钨灯激发红宝石荧光谱

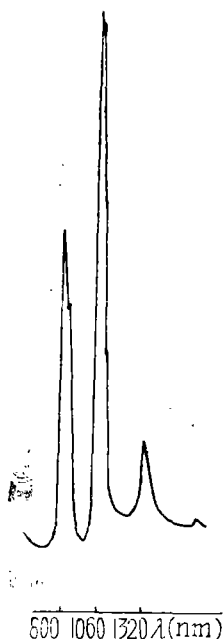
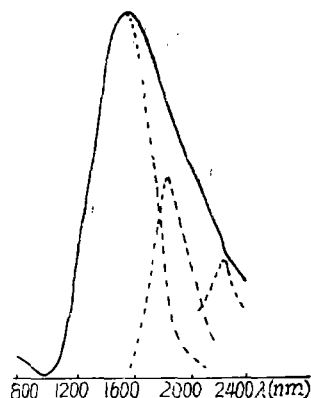


图9 钨灯激发钨玻璃荧光谱

图10 钨灯激发着色的KI:Li
晶体的荧光谱

用宽带光源激励着色的KI:Li晶体的荧光谱的半宽度略大一些,其原因是色心晶体内一般存在着多种色心,每种色心都有自己的发射谱,其中有些色心的发射谱线互相交迭,用宽带光源激励的荧光谱线实际上往往是几种色心发射谱线的迭加,其结果发射谱必然比单一色心的荧光谱的半宽度大一些。这种发射谱经计算机解谱可分解出所含的各种色心的发射谱。图10钨灯激发着色的KI:Li晶体的荧光谱分解后如图10中虚线所示,分解后的谱线与图7大致相符(精确地用计算机解谱将另文发表)。

四、结 论

通过以上实验可见用宽带光源直接激励色心晶体探测其荧光是可行的,得到的荧光谱与单色光激励的结果一致。

在对KI色心晶体的研究工作中,曾用He-Ne激光器和钨灯经单色仪取出690nm的谱线对KI的F心及着色的KI:Li晶体进行激励,均无法探测到荧光,这是因为这些单色光的强度太小,在仪器灵敏度范围内未能被探测,但用钨灯直接激励测得了KI的F心的荧光谱以及KI:Li的F₂心、F_A心等荧光谱。

目前许多实验室由于条件所限,缺少单色光源及成套的分光设备,因此无法开展荧光探测方面的工作,我们的工作则为探测荧光提供了方便的光源和方法。

参 考 文 献

- [1] 北京大学物理系, 激光原理, 北京大学出版社, (1981), 152.
[2] Scacco, A., *Radia. Eff*, 72, (1983), 165.
[3] Schneider, I., *Solid State Commun*, 4, (1966), 549.

Using a Broadband Light Source to Measure the Fluorescence Spectrum of Colour Centre

Ljn Lisha Zhang Yong Chen Qingjun

Abstract

With proper treatment, the fluorescence spectrum of colour centre crystal was determined by our work to be obtained from an emission spectrum of colour centre crystal which was excited with a broadband light source.

The result coincides with that obtained by exciting with monochromatic light. Thus those explorations of fluorescence can be realized without the excitation of appropriate monochromatic light.

Key words optical spectra, color centers, fluorescence