

DCM 染料激光导致的 $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ 非晶 的紫外多光子上转换发光

陈晓波¹⁾ 张光寅¹⁾ 刘言滨²⁾ 杨文琴³⁾
王虹⁴⁾ 商美茹¹⁾ 李江卫⁵⁾

(¹⁾南开大学物理系, 天津, 300071, (²⁾北京人工晶体研究所, 北京, 100081,
³⁾福建师范大学实验中心, 福州, 350007, (⁴⁾天津教育学院物理系, 天津, 300020
⁵⁾南开大学出版社, 天津, 300071)

摘要: 报道了 $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ 非晶在脉冲 DCM 染料激光的激发下产生的紫外多光子上转换发光现象, 并对其进行了简要的分析.

关键词: 上转换, 多光子荧光, $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ 非晶.

引言

近年来, 全浓度三价稀土离子系统发光学研究受到人们的重视, 尤其是上转换发光现象更是引起科学界的关注^[1]. 对它的研究不仅有巨大的应用前景, 也有重要的理论意义^[2].

1 实验装置

本文采用的实验装置如图 1 所示. 脉宽为 7 ns、线宽为 0.9 cm^{-1} 、重复率为 10 pps 的脉冲 DCM 染料激光经凸透镜 L_1 聚焦在 $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ 非晶样品 S 上. 在 L_1 之前放置了长波通玻璃滤色片 A_1 (CB580) 以滤去 532 nm 散射泵浦激光, 同时由 A_1 的反射光监视 DCM 激光能量的变化. 样品 S 所发出的荧光由一对石英凸透镜 L_2L_3 收集会聚并由单色仪、光电倍增管和 Boxcar 组成的系统进行接收和处理. 其中在单色仪的入射狭缝前还放置了一短波通玻璃滤色片 A_2 (ZB2) 以滤去散射的 DCM 激光.

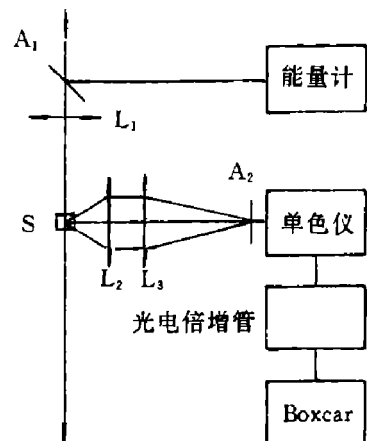


图 1 实验装置示意图
Fig. 1 The experiment set-up

2 实验结果与讨论

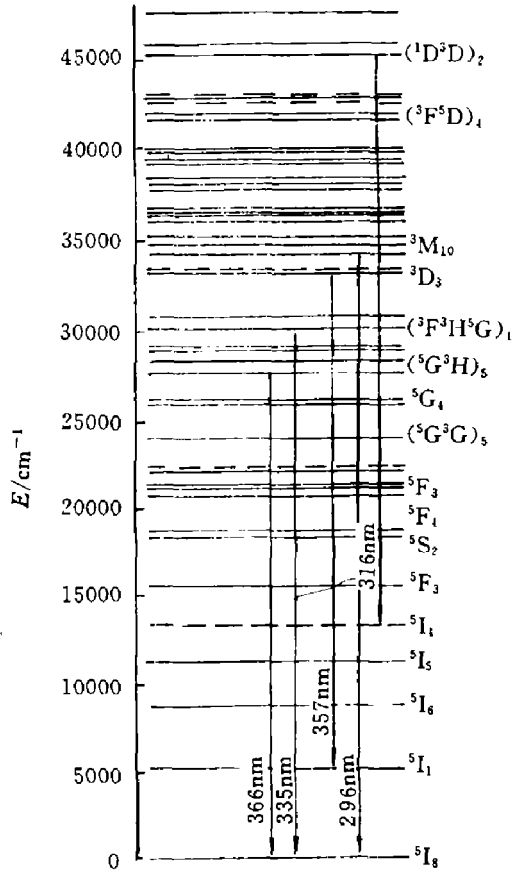


图 2 Ho³⁺ 离子的能级结构
Fig. 2 The energy levels of Ho³⁺ ion

我们测量了 HoP₅O₁₄ 非晶 (Ho³⁺ 离子的能级结构如图 2 所示^[3] 在 280~380 nm 紫外波段内由 640 nm 和 649 nm 波长的 DCM 脉冲染料激光导致的紫外多光子上转换发光现象, 其结果如图 3 所示, 主要有位于 296 nm、316 nm、335 nm、357 nm 和 366 nm 的 5 个上转换荧光. 由图 3 可见, 在不同波长的激光激发下得到的上转换发光谱是很不一样的, 在 649 nm 激光激发下, 316 nm、335 nm 和 336 nm 上转换荧光相对于 296 nm 和 357 nm 荧光的相对强度比在 640 nm 激光激发时强很多, 说明 316 nm、335 nm 和 366 nm 上转换荧光的上转换通道与 296 nm 和 357 nm 荧光是很不一样的.

我们还测量了这些紫外发光能级在脉冲 DCM 激光激发下的上转换激发谱, 其结果如图 4(a) 所示, 在滤色片 A₂ 换为 HB720、单色仪接收波长固定在 720 nm (峰位为 661 nm 的 ⁵F₅ → ⁵I₈ 荧光在透过 HB720 nm 玻璃滤色片后峰位变为 720 nm*) 的情况下, 测量了 ⁵F₅ 能级的 Stokes 激发谱, 其激发谱线型平方的线型如图 4(b) 所示. 表 1 给出了这些激发谱的谱峰峰值.

表 1 HoP₅O₁₄ 的激发谱谱峰位置
Table 1 The peaks location of the up-conversion excitation spectra of HoP₅O₁₄ amorphous glass

荧光 (nm)	³ M ₁₀ → ⁵ I ₈	(¹ D ³ D) ₂ → ⁵ I ₄	(³ F ³ H ⁵ G) ₄ → ⁵ I ₈	³ D ₃ → ⁵ I ₇	(⁵ G ³ H) ₅ → ⁵ I ₈	⁵ F ₅ → ⁵ I ₈
296		316	335	357	366	720*
激发谱	638.2			639.1		
谱峰峰值 (nm)	640.1	640.4	640.0	640.8	640.5	640.7
	642.7		642.6	642.9	642.9	
	644.9	645.2		645.5		
	648.6	649.4	650.1	648.9	649.7	

仔细测量这些上转换荧光信号强度 F 随激光能量 P_0 的变化 (见图 5, 其中 (1): $f = 357$ nm, $l = 649$ nm, $\gamma = 2.7 \pm 0.1$; (2) $f = 357$ nm, $l = 640$ nm, $\gamma = 2.8 \pm 0.1$; (3) $f = 316$ nm, $l = 649$ nm, $\gamma = 2.7 \pm 0.1$; (4) $f = 296$ nm, $l = 649$ nm, $\gamma = 2.8 \pm 0.1$; (5) $f = 366$ nm, $l = 649$ nm, $\gamma = 2.1 \pm 0.1$; (6) $f = 366$ nm, $l = 640$ nm, $\gamma = 1.9 \pm 0.1$; (7) $f = 335$ nm,

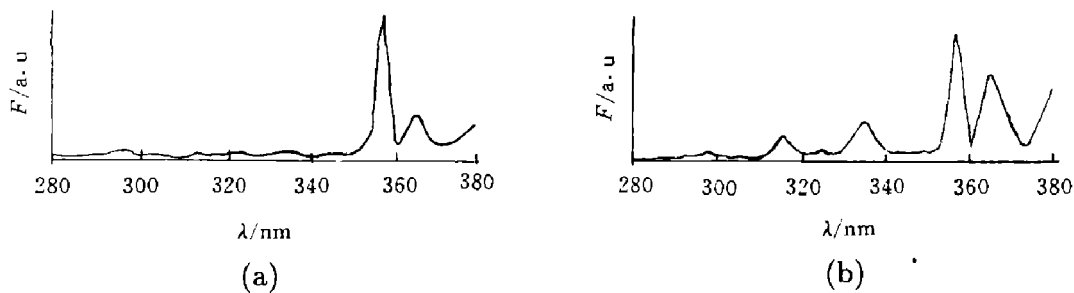


图 3 640 nm 激光 (a) 和 649 nm 激光 (b) 导致的 $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ 非晶的紫外上转换发光谱
 Fig. 3 The ultraviolet up-conversion luminescence spectra of $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ amorphous glass induced by 640 nm laser (a) and 649 nm laser (b)

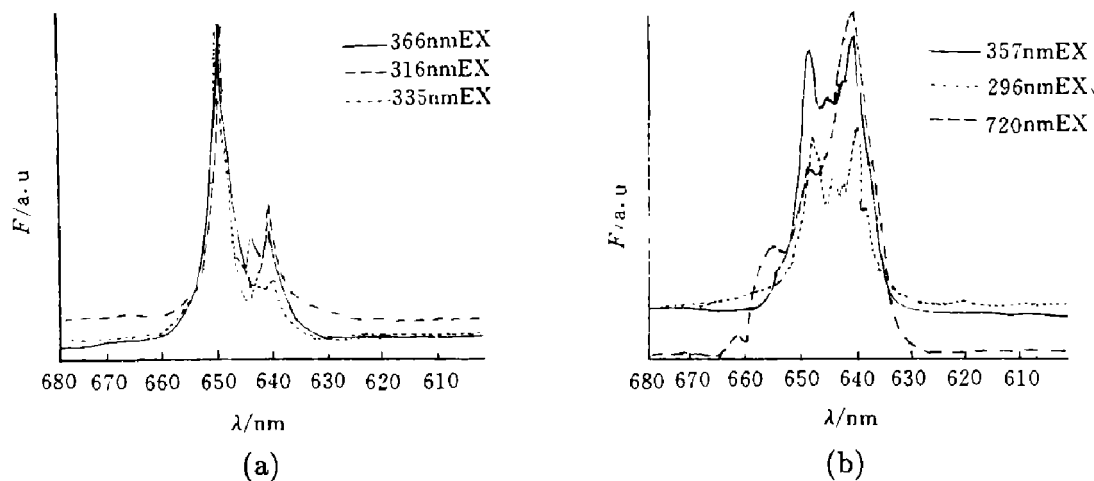


图 4 紫外上转换荧光的激发谱
 Fig. 4 The excitation spectra of the ultraviolet up-conversion fluorescence

$l=649 \text{ nm}$, $\gamma=1.8\pm 0.1$), 我们发现 335 nm 和 366 nm 上转换荧光是双光子荧光, 而 296 nm、316 nm 和 357 nm 荧光是三光子荧光. 由图 2、图 3 和图 4 不难指出 296 nm、316 nm、335 nm、357 nm 和 366 nm 的这些荧光依次分别为: $^3M_{10} \rightarrow ^5I_8$ 、 $(^1D^3D)_2 \rightarrow ^5I_4$ 、 $(^3F^3H^5G)_5 \rightarrow ^5I_8$ 、 $^3D_3 \rightarrow ^5I_7$ 和 $(^5G^3H)_5 \rightarrow ^5I_8$ 的荧光跃迁.

事实上, 假如上转换机理是离子间能量传递的话, 上转换激发谱的谱峰必然位于受激能级的吸收峰位上. 假如上转换机理是单离子的步进多光子吸收时, 则上转换激发谱的谱峰峰位取决于多步单光子吸收的重叠情况, 并且可能会有多个激发谱峰. 在共振的步进多光子吸收的情况下, 上转换激发谱峰峰位相对受激能级吸收的峰位的

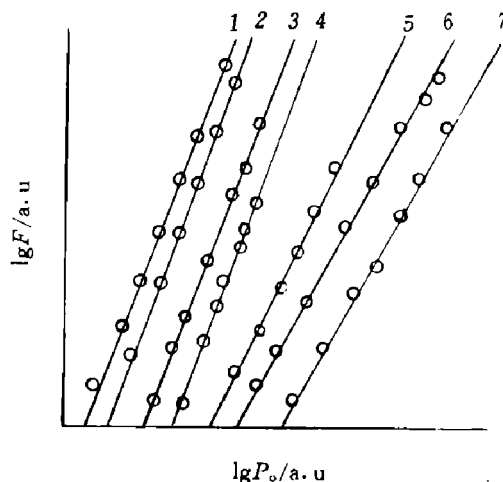


图 5 紫外上转换荧光 f 信号强度 F 相对于激光 l 能量 P_0 的双对数变化关系
 Fig. 5 The dependence of signal intensity F of ultraviolet up-conversion fluorescence f upon the energy P_0 of laser l

偏离一般是落在吸收的半宽之内的.

由图 4 可以看出, $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ 非晶的紫外发光能级的激发谱的线型是完全不同于 5F_5 受激能级的吸收平方的线型的, 它们所具有的多个激发谱峰的峰位也都是落在受激能级吸收的半宽之内的. 因此, 可以相信在脉冲 DCM 染料激光的激发下 $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ 非晶的这些紫外上转换发光的上转换机理主要是单离子的步进多光子吸收, 尤其是 316 nm、335 nm 和 366nm 荧光, 其上转换机理几乎完全是单离子的步进多光子吸收.

参考文献

- 1 Pollack S A, Chang D B. *Opt. Quant. Elect.*, 1990;22(5):S75
- 2 Allain J Y, Monerie M, Poignant H. *Elec. Lett.*, 1990;26(4):261
- 3 Carnall W T, Fields P R, Pajnak K. *J. Chem. Phys.*, 1965;49(10):4424

ULTRAVIOLET MULTI-PHOTON UP-CONVERSION LUMINESCENCE OF AMORPHOUS $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ INDUCED BY DCM DYE LASER

CHEN XIAOBO¹⁾, ZHANG GUANGYIN¹⁾, LIU YANBIN²⁾, YANG WENQIN³⁾
WANG HONG⁴⁾, SHANG MEIRU¹⁾, LI JIANWEI⁵⁾

¹⁾Department of Physics, Nankai University, Tianjin 300071, China

²⁾Beijing Institute of Artificial Crystals, Beijing 100018, China

³⁾Experiment Center, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

⁴⁾Department of Physics, Tianjin Education College, Tianjin 300020, China

⁵⁾Nankai University Press, Tianjin 300071, China)

Abstract: This paper reports the phenomenon of ultraviolet multi-photon up-conversion luminescence of amorphous $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$ induced by pulsed DCM dye laser and gives some simple analyses.

Key words: up-conversion, multi-photon fluorescence, amorphous $\text{HoP}_5\text{O}_{14}$