

高重复率脉冲可调谐染料激光器在光谱学上的应用

汤金荣 张延平 林福成

(厦门大学) (中国科学院上海光机所)

提要: 本文报道利用高重复率脉冲可调谐激光器作光源所进行的光谱实验, 获得脉冲激光作用下 Ne 的敏化荧光光谱、Ne-Cu 灯的光电流信号的时间积分谱及 Kr-U 灯的光电流光谱。

Application of high repetition rate tunable dye laser in spectroscopy

Tang Jinrong

(Xiamen University, Xiamen)

Zhang Yanping, Lin Fucheng

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

Abstract: Some spectral experiments using a high repetition rate and tunable dye laser as optical source are given. Ne impact-induced fluorescence spectra by irradiation of pulsed dye laser, the time-integral spectra of pulse optogalvanic signals of Ne-Cu lamps and the optogalvanic spectra in Kr-U HCD are obtained.

一、引言

众所周知, 染料激光器的波长可连续调谐, 因而它在激光光谱学实验研究中起了巨大作用。脉冲染料激光器具有脉宽窄、峰值功率高的特点, 可用于研究粒子内部动力学及多光子过程^[1]。现在使用的脉冲染料激光器的重复频率低, 给测量和提高信噪比带来了一定困难。最近我们研制出一台用 CuCl 激光泵浦的窄线宽、可调谐染料激光器, 不仅转换效率高、线宽窄, 而且还具有重复频率高的特点^[2]。因而可以使用连续信号的探测手

段, 来提高其灵敏度及信噪比。

本文报道了利用这种新研制的高重复频率可调谐脉冲染料激光器进行的一些光谱研究。

二、实验结果及讨论

1. 实验装置

实验装置如图 1 所示。染料激光的线宽约为 0.01 nm, 在 570~612 nm 范围内连续可调, 脉宽为 5 ns, 光路中放一偏振片能较好地消除 ASE 背景的干扰。

收稿日期: 1986年6月18日。

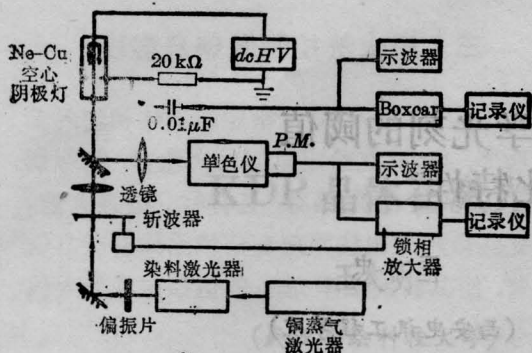


图1 实验装置示意图

2. 588.2 nm 激光作用下 Ne 的发射谱

如图1所示,染料激光波长由示波器探测其光电信号来进行监视。染料激光经偏振片后由一长焦距 ($f=1000\text{ mm}$) 透镜聚焦照入市售的 Ne-Cu 空心阴极灯 (HCD) 中, Ne 的荧光发射信号经一带小孔的全反镜反射,通过一较短焦距 ($f=140\text{ mm}$) 透镜聚焦在单色仪的入口狭缝上。荧光信号由光电倍增管接收,并由锁相放大器放大。实验测得 $600\sim 750\text{ nm}$ 范围内 Ne 的发射谱如图2所示。由图2可以发现,除了来自 $2p_2$ 态发

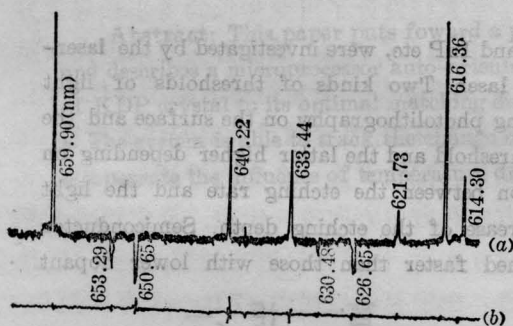


图2 Ne HCD 的反射谱

(a) 588.2 nm 激光激发; (b) 无激光激发

射的 $603, 616.3, 659.9\text{ nm}$ 感生荧光谱线外,还有由于碰撞转移从其他 $2p_i (i \neq 2)$ 态发射的敏化荧光谱线,这说明脉冲激光作用下碰撞转移仍然存在。实验还发现,敏化荧光谱的正负符号不随激光功率而变化,这表明某能级集居数是增加还是减少只跟内部的动力学过程有关,而与激光能量无关。本文把 Ne 的发射谱的相对强度列于表1。

3. Ne-Cu 的脉冲光电流光谱研究

按图1的实验装置,用脉冲染料激光共振照射 HCD 可以获得脉冲光电流信号,用 Boxcar 平均器作时间积分,由此得到脉冲激光照射 Ne-Cu HCD 灯所产生的光电流光谱。为了保证对整个脉冲光电流信号波形积分,Boxcar 的门开得足够大 ($47\mu\text{s}$),Boxcar 的触发信号由 Cu 激光提供,Ne-Cu HCD 的放电电流在 $4\sim 15\text{ mA}$ 范围内。

表1. 588.2 nm 激光作用下 Ne 的发射谱强度

波长 (nm)	跃迁	相对强度
603.00	$1s_4-2p_2$	800
607.43	$1s_4-2p_3$	30
609.62	$1s_4-2p_4$	30
614.30	$1s_5-2p_6$	270
616.36	$1s_3-2p_2$	1070
621.73	$1s_5-2p_7$	190
626.65	$1s_4-2p_5$	-130
630.48	$1s_4-2p_6$	-50
633.44	$1s_3-2p_3$	440
640.22	$1s_5-2p_9$	450
650.65	$1s_4-2p_3$	-170
653.29	$1s_3-2p_7$	-130
659.90	$1s_2-2p_2$	2400
667.83	$1s_2-2p_4$	40
671.70	$1s_2-2p_5$	60
692.95	$1s_2-2p_3$	-140
703.24	$1s_3-2p_{10}$	240

实验获得脉冲光电流效应的时间积分谱如图3所示。由图3可知,脉冲光电流信号的时间积分谱与连续光电流光谱相似^[3]。这表明脉冲激光共振照射 Ne HCD 等离子体所引起的瞬态阻抗变化规律与连续激光照射不同(即光电信号波形不同),但其阻抗的净变化是增还是减却与连续激光作用时一致。另外,实验还发现 HCD 的放电电流变化会引起 $1s_4\sim 2p_3 (607.4\text{ nm})$ 的光电流时间积分谱的符号变化,但相应的脉冲光电流信号波形并没有发生根本的变化。故光电信号的符号不能从脉冲光电流信号的波形来判断。

由于脉冲染料激光器的准连续性,我们

(下转第611页)

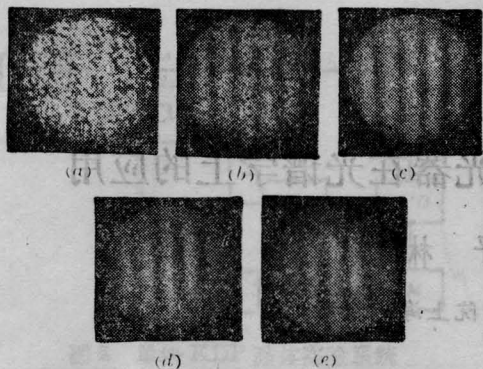


图8 不同直径滤波孔的全场条纹

(a) $D=0.45$ mm; (b) $D=1$ mm; (c) $D=3$ mm;
(d) $D=4.5$ mm (e) $D=6$ mm

大孔内各位置滤波得到。小孔所得条纹质量不错,但条纹间隔、方向各异,它们的迭加——即中图的条纹质量显著下降。可见,滤波孔选择适当才能得到较好的条纹。

从图6和图8还可看出,像面上二次散斑颗粒的大小对条纹可见度有很大影响。(16)式中两求和项说明二次散斑可看成随机栅的迭加,栅的频率成份由滤波孔大小、形状

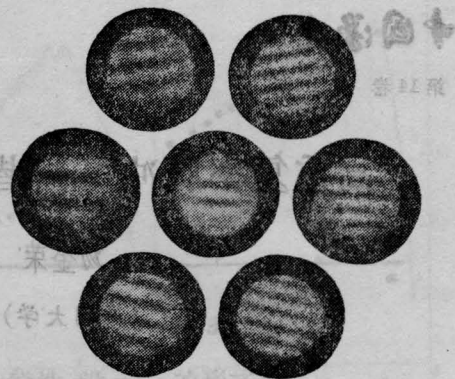


图9

决定。高频成份多的散斑图颗粒较小,反之较大。滤波孔通常比照相机孔小许多,故二次散斑颗粒比一次散斑颗粒大许多。滤波孔越小,二次散斑颗粒越大,条纹的可见度越差。

参 考 文 献

- [1] 顾杰,沈永昭;《中国激光》,1987,14, No. 8, 490.
- [2] Duffy D. E.; *Exp. Mech.*, 1974, 14, No. 9, 378.
- [3] Hung Y. Y. et al.; *Appl. Opt.*, 1975, 14, 168.
- [4] Khetan R. P., Chiang P. F.; *Appl. Opt.*, 1976, 15, No. 9, 2205.

(上接第613页)

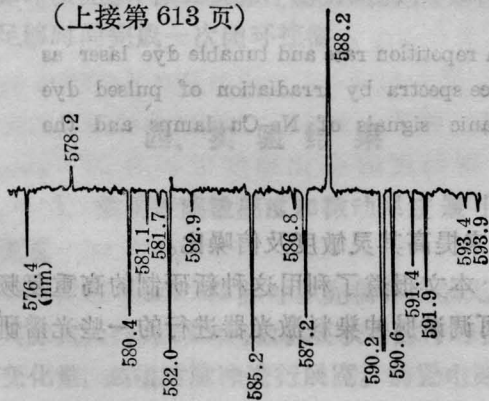


图3 Ne-Cu灯中脉冲光电流信号的时间积分谱
(放电电流15mA)

也可用锁相放大器来探测光电流光谱^[3]。图4给出了自制Kr-U灯的光电流光谱,图中只标出强线的波长值。另外,利用感生荧光的衰减曲线测出了Ne $2p_2$ 能级的寿命。

三、结 论

把新研制的高重复率脉冲可调谐染料激

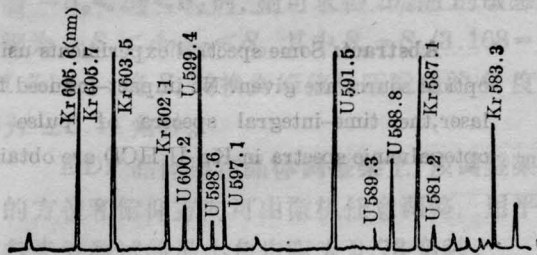


图4 Kr-U灯的光电流光谱(单位nm)

光器作激光光谱实验,获得了脉冲激光作用下Ne的敏化荧光谱。发现脉冲激光激发与连续激光激发一样,仍然存在碰撞转移过程。另外还获得Ne-Cu灯的脉冲光电流信号的时间积分谱及Kr-U灯的光电流光谱,这些实验表明高重复率、窄线宽脉冲可调谐染料激光器在激光光谱研究中将发挥较好的作用。

参 考 文 献

- [1] 胡企铨等;《光学学报》,1984,4, No. 3, 212.
- [2] 汤金荣等;《中国激光》,待发表.
- [3] 景春阳等;《光学学报》,1986,6, No. 5, 396.