

应用共振跃迁下能级集居数变化现象测定激光波长

王松岳

(中国科学院长春应用化学研究所, 长春)

摘要: 应用激光激发共振跃迁下能级集居数减少, 同时发射负信号荧光现象, 测定与铀原子605.134nm跃迁共振的激光波长, 本方法与文献[4]的方法结合, 可准确可靠测定与一切原子或离子实际存在跃迁共振的激光波长。

Determination of the laser wavelength by the phenomena of laser-excited population change on the resonant transitional lower level

Wang Songyue

(Changchun Institute of Applied Chemistry, Academia Sinica)

Abstract: The laser wavelength resonated on the 605.134nm transition in atomic uranium was determined by means of the phenomena of laser-excited population decrease and emitted minus fluorescence signal on the resonant transitional lower level. By combining the methods in this work with that in Ref. [4], laser wavelengths resonated on the actually existential transitions in all the atoms and ions might be determined accurately and veraciously.

properties. J Chem Phys, 1984, 81(8): 3463~3473

- [5] 费浩生, 张云, 韩力 *et al.* 用喇曼增强非简并回波混频测量喇曼模的横向弛豫时间. 物理学报, 1989, 38(12): 2054
- [6] Stavola M, Mourou G, Knox W. Picosecond time delay fluorometry using a jitter-free Streak camera. Opt Comm, 1980, 34(3): 404
- [7] Trebino R, Siegman A E. Subpicosecond relaxation study of malachite green using a three-laser frequency-domain technique. J Chem Phys, 1983, 79(8): 3621~3626
- [8] 吕振国, 符昌海, 李庆行 *et al.* 共振混频过程的超快弛豫现象研究. 激光技术, 1990, 14(5): 10

收稿日期: 1990年6月1日。

收到修改稿日期: 1990年12月26日。

激光光谱学研究的深入发展和原子法激光分离同位素研究监控激光波长的迫切需要，推动了测定激光波长方法的探索和仪器的研制。近年来国内外曾先后制成了不同精度的数字显示激光波长计，在一定程度上有助于激光波长的计量。但是在实际应用中不能保证测得的波长确实与原子某一跃迁完全共振。而光电流光谱技术具备了及时反映这种共振的特性，我们曾用它标定过一些元素的原子波长^[1]，但对于复杂原子光谱线的认定还需要辅助方法加以佐证。激光激发原子荧光法的应用为复杂原子谱线的认定提供可靠的根据^[2,3]。最近我们联合应用光电流光谱技术与原子荧光法成功地测定了与原子某些高分辨光谱线中某一成分共振的激光波长^[4]。但是与传统方法一样，荧光信号都是由共振跃迁的上能级发射的。一旦某一跃迁的上能级不存在可观测到的第二种辐射分支时，传统的原子荧光技术就不适用。如果共振跃迁的下能级是辐射激发态就有可能发射负信号荧光^[5]，本文首次应用这种现象测定了与铀原子605.134nm跃迁共振的激光波长。

实验用362型连续波氩离子激光泵浦的HRJ801型若丹明6G环形染料激光作激发光源。染料激光输出功率约100mW，线宽约0.1GHz，经分束器后，弱的一束射入扫描干涉仪，用于监控扫描情况，强的一束射入空心阴极放电管或待用的其他工作系统。实验装置示意图与文献[5]的图2相似，但要求空心阴极放电管前的激光反射镜镜架机械转动机构的重现性好，以保证激光在空心阴极放电管或其他工作系统交替入射时都能做到快速、准确调整好。作为监测标准的铀原子由U-Ne空心阴极放电管提供，工作电流40mA。激光跃迁的激光波长用GDM-1000型光栅双单色仪粗测，然后把单色仪的输出调到待测荧光的波长位置，仔细调谐扫描电子仪，与对应跃迁共振后，就在该波长附近进行光谱范围为30GHz的精细扫描，扫描时间30s，荧光信号记录在单色仪的记录器上。激光波长扫描可通过示波器屏幕上扫描的波形显示出来（见图1）。当单色仪的记录器出现荧光信号时，示波器屏幕上波形通过某一点的位置正好对应于与原子某一跃迁共振的激光波长。激光波长测定后，转动反射镜镜架让激光射入工作系统。

铀原子605.134nm (${}^7L_6 - {}^7M_7$) 跃迁的上能级 7L_6 虽然存在一些辐射跃迁，但都很微弱，不易观测到荧光信号。而下能级 7M_7 是一个辐射激发态（见图2），当激光波长与上述跃

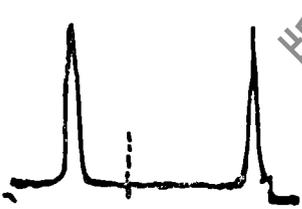


图1 激光波长扫描的示波图形，纵坐标为相对光强度，横坐标为干涉位相对应于激光波长，两峰分别表示m和m+1级的最大干涉，其自由光谱范围为 1cm^{-1}

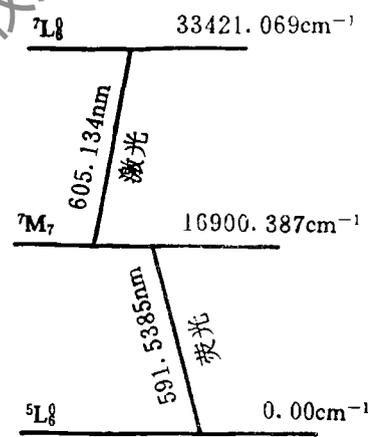


图2 铀原子能级及其跃迁关系图（数据引自文献[6]和[7]）

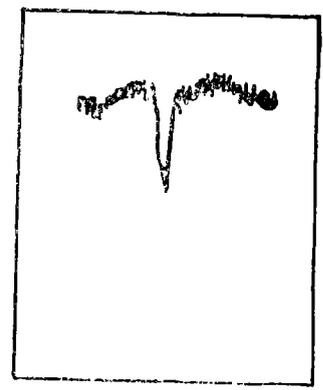


图3 激光波长在605.134nm附近扫描时测得铀原子591.5385nm跃迁的负荧光信号

迁共振时, 7M_7 能级集居数减少,同时发射负信号荧光。通过观测591.5385nm(${}^7M_7-{}^6L_9$)跃迁的荧光信号就可确定与上述跃迁共振的激光波长。为此,当单色仪粗略测得上述波长后,就让激光在此波长附近进行光谱范围为30GHz的精细扫描,共振激发铀原子 ${}^7L_9-{}^7M_7$ 跃迁后就可单色仪的591.5385nm (16900cm^{-1}) 输出处观测到下能级 7M_7 发射的负信号荧光(见图3)。荧光峰位置正好对应于激光波长605.134nm。

本方法的实验装置简单,操作方便,可准确测定与原子(或离子)某些跃迁共振的激光波长。应当说明,本方法与激光波长仪不一样,不能在一定波长范围内连续任意地测定所有的激光波长,而只能测量与原子(或离子)实际存在跃迁(且下能级为辐射激发态)共振的激光波长。但是在激光光谱学和激光分离同位素研究中有实用意义的正是与这些实际存在跃迁共振的而不是一切波长的激光。因此本方法与文献[4]介绍的方法结合,不仅可以代替而且比激光波长仪优越。

参 考 文 献

- [1] 金巨广, 金昌泰, 王松岳. 应用光电流光谱进行波长定标. 激光, 1982, 9(10): 657~659
- [2] 王松岳, 金巨广, 王秀兰 *et al.* 应用激光激发的原子荧光法在低分辨率检测系统中间接观测铀原子的高分辨率光谱. 中国激光, 1985, 12(8): 478~481
- [3] 王松岳, 金昌泰, 生明涛 *et al.* 激光激发的铀原子荧光光谱. 中国激光, 1987, 14(5): 283~286
- [4] 王松岳. 光电流光谱技术与原子荧光法联用测定激光波长. 中国激光(待发表)
- [5] 王松岳, 金巨广, 孙孝忠 *et al.* 激光激发共振跃迁的下能级集居数变化现象及其应用研究. 科学通报, 1988, 33(4): 274~278
- [6] Palmer B A, Keil R A, Engleman Jr R. An atlas of uranium emission intensities in a hollow cathode discharge. Los Alamos Scientific Laboratory Report LA-8251-MS informal report UC-34s issued: July 1980: 80
- [7] Blaise J, Radziemski Jr L J. Energy levels of neutral atomic uranium (UI). J O S A, 1976, 66(7): 644~659

作者简介: 王松岳,男,1934年8月出生。副研究员。从事激光技术和激光光谱研究工作。

收稿日期: 1990年7月30日。

· 产品简讯 ·

光 束 积 分 器

BIZ系列透射光束积分装置是由Laser Power Optics公司(加州圣迭戈)为高功率CO₂激光器的用户而设计的。这些金刚石转变的光学元件把高功率光束分成6mm见方的几部分并将它们覆盖在靶平面上,产生较均匀的大礼帽形强度分布。规格包括直径1.5和2.5in,准直光束工作距离10in,以及断面尺寸0.25in。

译自 L F World, 1991, 27(2): 186 张贤义 译 刘建卿 校