实验研究

一组新的氟原子激光谱线

梁培辉　王福敦　雷仕湛　张国轩　赵梅村

（中国科学院上海光机所）

1970年，M. A. Kovace 和 C. J. Ultee 获得中性氟原子激光谱线[2~6]，这些中性氟原子激光的发射波长都大于6900埃。本文报导了我们于1977年5月份实验中观察到的一组新的氟原子激光谱线，其波长分别为6239.7埃、6348.5埃及6413.6埃。

我们的实验是采用布鲁林型快放电装置，其结构与典型的氮分子激光器相似，电路如图1所示。

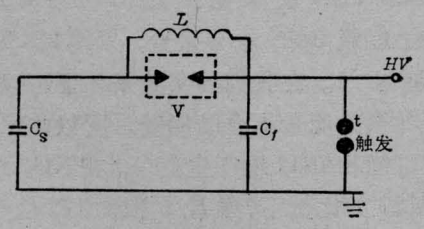

图1　实验装置线路图

L—充电电感；C_s—储能电容：C_f—形成网络电容；V—激光器件；t—外触发球隙

器件 V 是附有熔石英布儒斯特窗的放电室，体积 $55\times3.8\times2.5$ 厘米^3，上、下盖板是窗用玻璃，侧壁为楔形电极尖端 $R\approx2$ 毫米。电极间隔为1.9厘米，储能电容 C_s 约0.013微法，脉冲形成电容 C_f 约为0.003微法，交联充电电感 $L<1$ 微亨，充电电压从0～25千伏连续可调。

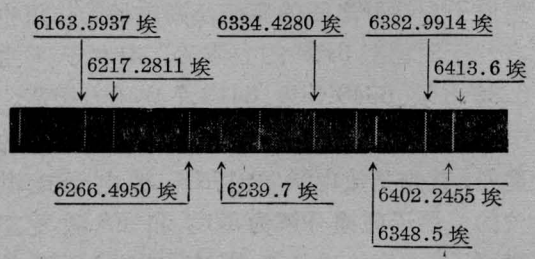

图2　光谱线照片

短的是新观察到的激光谱线。
长的是作为标准的氖灯谱线。

实验中采用近半共焦腔，后腔板为 $R=3$ 米的镀铝全反射镜，前腔板是 $R=\infty$ 的石英平板（不涂膜），它们之间的间隔1.4米。每次实验将器件用油扩散泵排气至 10^{-4} 托左右，然后充以经过精馏的 NF_3 1.5托、纯氦150托。用上海光学仪器厂生产的8埃/毫米的31WI型1米平面光栅光谱仪拍摄激光光谱和标准Ne灯光谱，如图2所示。其中长的谱线是标准Ne灯光谱；而短的是激光光谱。用内插法鉴定其波长分别为6239.7埃，6348.5埃，6413.6埃。测量误差不大于±0.3埃。根据 C. E. Moore 的原子能级表[7]，它们分别归属于中性氟原子的 $3p^4S\sim3s^4P$ 中的三个跃迁，分列于表中。在我们实验中观察到的全部氟原子激光表示在氟原子能级图3中。其中7129埃、7037埃、7311埃以前已经有报导。

跃迁波长和激光观察对照表

跃迁组合	激光观察值	能级表波长值	强度
$3p^4S^0_{3/2}\sim3s^4P_{5/2}$	6239.7埃±0.3埃	6239.686埃	中等
$3p^4S^0_{3/2}\sim3s^4P_{3/2}$	6348.5埃±0.3埃	6348.548埃	最强
$3p^4S^0_{3/2}\sim3s^4P_{1/2}$	6413.6埃±0.3埃	6413.697埃	最弱

对此组激光进行了初步观测，发现其对腔的作用及放电参数选择是较为敏感的；在低 E/P 值时（30伏/厘米·托左右），腔的作用很明显，有后腔板就有激光，没有后腔板就

没有激光。在 $E/P\sim43$ 伏/厘米-托情况下用半带宽 150 埃、中心波长 6380 埃的滤光片滤去杂光，再用焦距 $f=1$ 米的薄透镜聚焦测定其发散角在放电方向上小于 6 毫弧度，垂直于放电方向小于 5 毫弧度。在透镜焦平面上摄取的光场图如图 4。其中图 4(a)是无后腔板时的光场分布照片。图 4(b)是有后腔板时的光场分布照片。

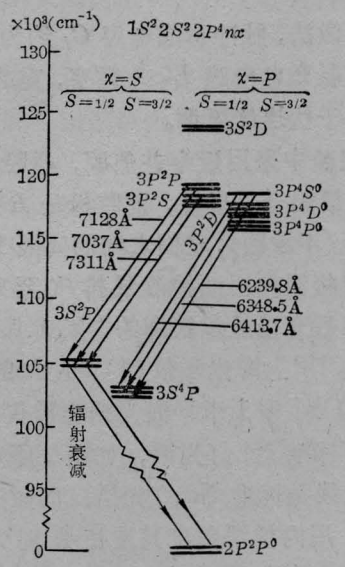

图 3　与实验有关的氟原子能级图

(a)　　(b)

图 4　焦平面上的光场分布图

透镜焦距 $f=1$ 米。其中(a) 无后腔镜 (b) 有后腔镜的激光光场图，$R=3$ 米

如果增加 E/P 值，能够使此组激射跃迁变为超辐射。

这组激光随着放电重复率的提高而强度下降。我们的实验中常用五秒钟放电一次，如果每秒钟放电五次强度就下降。同时也随放电脉冲总数增加而下降：随着放电脉冲总次数增加首先消失的是 6413.6 埃激光线，其次是 6239.7 埃，最后放电超过一百次，6348.5 埃也消失。与此相应的是，6348.5 埃激光的放电泵浦阈值低，而 6413.6 埃激光的放电泵浦阈值最高。

另外这组激光有明显的器壁效应：在电极表面附近有较强的激光，光强分布中可以看到明显的电极投影，如图 4 所示。用改变腔反射镜反射率的方法可以看到此组激光的能量和 7311 埃强度有耦合。当降低腔板反射率时，此组激光的强度下降，与此同时 7311 埃强度就增加，反之亦然。

上述现象与我们确认的氟原子跃迁组态的特征是协调的。$3p^4S\sim3s^4P$ 跃迁的下能级 $3s^4P$ 和基态 $2p^5\ {}^2P_{3/2}$ 属于光学禁戒 ($\Delta S=0$)，$3s^4P$ 能级寿命比较长，容易产生自终止现象，所以重复率不宜过高。下能级主要靠碰撞猝灭，因此增益的空间分布不均匀，有明显的器壁效应。这组激光跃迁的上能级 $3p^4S^0$ 和 7311 埃激光跃迁 ($3p^2S\sim3s^2P$) 组态的上能级 $3p^2S$ 十分接近，只差 23 个波数 (23 厘米$^{-1}$)。在我们的实验条件下可以示为一对共振的能量耦合的能级。所以此组激光就有可能和 7311 埃产生竞争。在 NF_3:He 为 1.5:120 的比例下，用 E/P 值为 112 伏/厘米·托放电参数激发，总气压小于 65 托就看不到这组激光光谱线，而总气压高达 240 托仍有此组激光输出。这可能是由于在较高气压下 7311 埃激光的下能级 $3s^2P$ 和基态 $2p^2P^0$ 要产生 950 埃的光子共振俘获，拥塞 7311 埃激光的下能级，从而增加 $3p^4S^0\sim3s^4P$ 跃迁的几率。另外，高气压下氟原子和气体分子、氟原子和器壁之间的碰撞及高电场的作用也有利于亚稳态 $3s^4P$ 的去激活，有利于产生 6239.8 埃、6348.5 埃、6413.7 埃激光振荡。

$3p^4S^0$ 能级粒子数的累积有几种可能的途径，首先是放电激发时 NF_3 被电子或激发的氦原子碰撞分解为 NF_2 和 F^* 激发态氟原子，或直接进入 $3p^4S$ 态，或进入更高的氟原子激发能级，由串级跃迁再进入 $3p^4S$ 态，或进入 $3p^2S^0$ 再由共振转移进入 $3p^4S$

态。另一种可能途径是放电时形成 HeF，而 HeF 分解时形成激发氟原子，再由前述途径进入 $3P^4$ 态，从而形成粒子数反转。

此组激光，尤其是 6348.5 埃可以用于泵浦红外染料，也可以作为进行喇曼光谱研究的强激发光源。如果采用最佳气体比分及总压、最佳放电参量，进一步采用流动和掺杂技术，不仅可能提高功率而且也可能提高重复率。这组激光有 13% 的量子效率，成为一种在可见波段中比较实用的高功率激光器件是颇有希望的。

参 考 资 料

[1] M. A. Kovace, C. J. Ultee; *A. P. L*, **17**, p. 39～40(1970).

[2] W. O. Teffere, C. E. Wiewall; *A. P. L*, **17**, p. 444. (1970).

[3] A. E. Florin, R. J. Teneen; *IEEE. J. Quantum Electronic*, **Q-E7**, p. 472(1971)

[4] D. G. Sutton, L. Galuan, P. R. Valonzuela; *IEEE. J. Quantum Electronic*, **Q-E11**, p.54 (1975).

[5] I. J. Bigio, R. F. Begleg; *A. P. L*, **28**, No. 5, p. 263(1976)

[6] L. Hocker, Trink Bang Phi, *A. P. L.*, **29**, No. 8, p. 493(1976).

[7] Charlotte E. Moore, "Atomic Energy Levels", **1**, 1949.

2660 埃激光的产生及应用

杨香春　杨天龙　舒海珍　张新因　叶　霖

（中国科学院上海光机所）

提　　要

强紫外激光有着广泛的应用前景，利用倍频技术产生紫外激光是重要的途径之一。我们进行了钇铝石榴石激光器倍频技术的研究，用 KDP 和 ADP 两块非线性晶体进行两次倍频，把 1.06 微米波长的红外激光转换成 2660 埃波长的紫外激光，其总的能量转换效率大于 5%，2660 埃激光的峰值功率大于 3 兆瓦，重复频率 10 次/秒。此激光器用于育稻种和辐照链霉素优选菌种取得明显效果，在其他方面，应用潜力也很大。

为提高倍频转换效率，我们测量了影响倍频的有关参量，并与计算值做了比较。其实验装置如图 1 所示。高效率倍频，一方面要求基波有良好的特性，另一方面要选择合适的非线性晶体。1.06 微米的激光是用一台 YAG 振荡放大系统的激光器提供的，激光器的振荡级采用双 45° $LiNbO_3$ 晶体进行调 Q，选取瞬时加电压的工作方式，得到小于 10 毫微秒脉宽的偏振输出，为提高方向性，采用平凸不稳定腔，得到 0.7 毫弧度发散角的光束，从有规则的输出花样判断，只有很少的横模参与振荡。振荡级的激光经过两级放大，得到 600 毫焦耳的 1.06 微米的激光输出。

倍频晶体要选择抗破坏强度高，非线性系数大，光学均匀性好，有相匹配角，最好是 90° 相匹配的非线性晶体。$LiNbO_3$、$LiIO_3$ 虽有大的非线性系数，但破坏阈值较低，在脉冲