

# 腔内倾斜标准具法压缩 KrF 激光线宽

姚刚 王乃彦 俞明 王孝君

(中国原子能科学研究院, 北京 102413)

**摘 要** 在一台长脉冲放电泵浦 KrF 准分子激光器上, 对采用腔内倾斜标准具法压缩线宽进行了研究. 采用平行平面腔结构, 在谐振腔中加入小孔光阑以控制横模振荡, 并加入 0.1 mm 空气隙、0.5 mm 固体和 3 mm 固体三个标准具作为线宽压缩元件, 实验中研究了不同光阑孔径及输出耦合率对输出线宽和输出能量的影响. 实验获得的线宽小于 3 GHz, 相当于线宽压缩一千倍.

**关键词** 标准具, KrF 激光, 线宽压缩.

## 1 引 言

稀有气体卤化物准分子激光(RGL)自 1975 年首先获得输出以来, 得到了越来越广泛的应用<sup>[1]</sup>. 但是, 由于自由运转的稀有气体卤化物准分子激光的输出线宽较宽(一般为  $50 \sim 100 \text{ cm}^{-1}$ ), 因此对很多应用如非线性光谱学以及受激喇曼散射、受激布里渊散射的一些应用<sup>[2,3]</sup>而言, 需要实现其窄线宽输出. 直接压缩准分子激光线宽的方法有很多种, 其中, 由于标准具的分辨率高且使用简便, 因此经常采用腔内倾斜标准具法<sup>[4]</sup>、或标准具与其它元件的组合使用<sup>[5]</sup>来获得窄线宽的准分子激光的输出.

在使用腔内倾斜标准具法压缩线宽时, 光线在振荡腔内通过标准具的次数越多, 入射到标准具上的光线的发射角越小, 则线宽压缩的效果就越好, 而一个较长的激光脉宽对于增加光线在激光腔内的往返次数, 及控制激光发散角都有作用, 因此通常而言使用长脉宽的激光器有助于获得窄线宽输出.

本文报道了在一台长脉宽 KrF 准分子激光器上, 采用腔内倾斜标准具法压缩输出激光线宽的一些初步的实验结果.

## 2 实验装置

实验装置如图 1 所示. 实验所用激光器为安徽光机所生产的放电泵浦长脉宽 KrF 准分子激光器, 自由运转时输出单脉冲能量为 250 mJ, 脉宽 60 ns. 实验中采用平行平面腔结构, 在谐振腔中加入两个小孔光阑以控制横模振荡. 采用三个腔内标准具作为线宽压缩元件, 标准具均采用紫外石英制做, 标准具间隙分别为 0.1 mm 空气隙、0.5 mm 固体和 3 mm 固体, 标准具表面镀膜反射率均为 80%. 输出激光的线宽用一个 10 mm 厚的固体标准具(自由光谱范围为 0.

002 nm)测量,干涉环用紫外干板拍摄,并用读数显微镜分析.输出激光能量用 SIENTECH-372 型能量计测量.

实验中要仔细调节各个标准具的倾斜角度,既要尽可能减少由于标准具倾斜所引起的离散损失<sup>[6]</sup>,又要防止标准具之间及标准具与腔镜之间的耦合.

### 3 结果与分析

图 2 为实验记录到的干涉图.图 3 为输出激光的能量和线宽随输出耦合率的变化,实验中腔内小孔光阑的尺寸为  $\phi 3$  mm.由图中可以看出,改变输出耦合率对输出能量有较明显的影响,而输出线宽无明显改变.实际上,随着输出镜反射率的改变,使反馈比例改变,输出线宽应该有所变化,但是在本实验条件下这个变化很小,而测量精度较低,因此在测量结果中反映不出来.图 4 为输出能量和线宽随腔内小孔光阑尺寸的变化,输出耦合率固定为 49%.由图中可以看出,随着小孔尺寸的减小,输出线宽略有下降,而输出能量则下降很多.

当腔内小孔取为  $\phi 1$  mm,输出耦合率取为 49%时,输出激光的线宽为 2.1 GHz ( $0.07 \text{ cm}^{-1}$ ).在此条件下,采用焦斑法,利用一个  $f=5 \text{ m}$  的透镜测量到输出激光的发散角约为 0.54 mrad,考虑到 1 mm 孔径对应的衍射极限发射角约为 0.3 mrad,则实验获得的发射角相应于 1.8 倍的衍射极限.

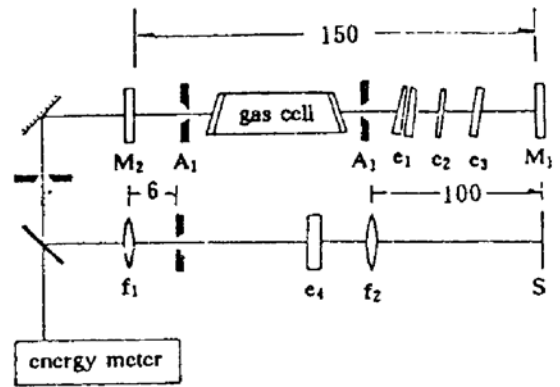


Fig. 1 The experiment arrangement

$M_1$ —total reflector,  $M_2$ —output coupler,  $A_1$ —intracavity aperture,  $e_1, e_2, e_3$ —intracavity etalons,  $e_4$ —etalon for measurement,  $f_1$ — $f_6$  cm convex lens,  $f_2$ — $f_{100}$  cm convex lens



Fig. 2 Fabry-Perot interferograms of the laser output

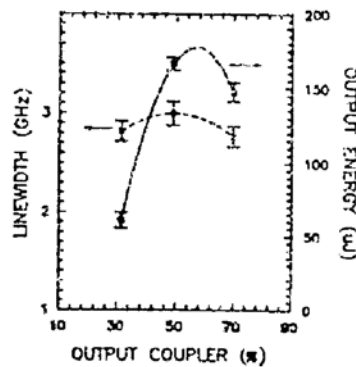


Fig. 3 Output energy and linewidth versus transmittance of output coupler

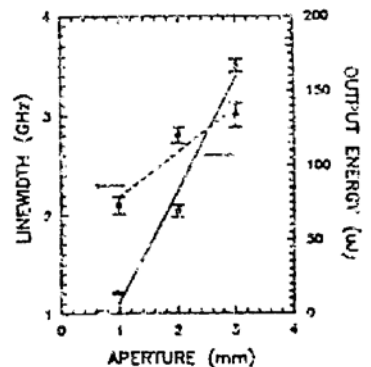


Fig. 4 Output energy and linewidth versus the size of intracavity apertures

综上所述,本文在一台长脉冲 KrF 激光器上,采用腔内倾斜标准具法对 KrF 激光的输出线宽进行了压缩,实验获得的最窄线宽为  $0.07 \text{ cm}^{-1}$ ,发散角约为 1.8 倍衍射极限,输出激光

的能量约为 15  $\mu\text{J}$ , 这个能量足以注入锁定一个几百毫焦尔的 KrF 非稳振荡腔<sup>[7]</sup>.

感谢王淦昌教授和单玉生教授对本工作的关心与支持.

### 参 考 文 献

- [1] T. Mckee, J. A. Nilson, Excimer Applications. *Laser Focus*, 1982, **18**(6) : 51~55
- [2] J. P. Partanen, M. J. Show, High-power forward Raman amplifiers employing low-pressure gases in light guides. *J. O. S. A.*, 1986, **B3**(10) : 1374~1389
- [3] M. J. Damzen, M. H. R. Hutchinson, W. A. Schroeder, Direct measurement of the acoustic decay times of hypersonic waves generated by SBS. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1987, **QE-23** : 328~334
- [4] J. P. Partanen, M. J. Shaw, A single-Mode KrF laser. *Appl. Phys.*, 1987, **B43** : 231~237
- [5] J. P. Partanen, Multipass grating interferometer applied to line narrowing in excimer laser. *Appl. Opt.*, 1986, **25** (21) : 3810~3815
- [6] W. R. Lebb, Losses introduced by tilting intracavity etalons. *Appl. Phys.*, 1975, **6** : 267~272
- [7] L. J. Bigio, M. Slatkine, Attainment of the theoretical minimum input power for injection locking of an unstable-resonator KrF laser. *Opt. Lett.*, 1981, **6**(7) : 336~338

## Bandwidth Narrowing Output in KrF Laser by Intracavity Tilted Etalons

Yao Gang      Wang Naiyan      Yu Ming      Wang Xiaojun

(China Institute of Atomic Energy, P. O. Box. 275(7), Beijing 102413)

(Received 18 January 1993)

**Abstract** Intracavity tilted etalons were used to reduce the bandwidth of KrF laser output. The laser device used in our experiments is a discharge pumped long pulse duration KrF excimer laser. Its optical cavity consisted of a flat total reflector and a flat output coupler. Two apertures were placed inside the optical cavity to control the transverse modes, and three F-P etalons provided spectral dispersion. These etalons were 0.1 mm air-spaced, 0.5 mm solid, and 3 mm solid. In the experiments, the influence of the apertures and the reflectivity of output coupler were studied. By selecting suitable parameters, output linewidth no more than 3GHz can be obtained, this value is 1000 times smaller than the linewidth from free running.

**Key words** etalon, KrF laser, linewidth narrowing.