

# 大功率激光的发展

邓锡铭

(中国科学院上海光机所)

## Development of high power lasers

*Deng Ximing*

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

文中介绍了形成高功率密度( $\geq 10^4$  瓦/厘米<sup>2</sup>)的强激光技术的现状及其发展前景,描述了在强光与物质相互作用领域内有潜在意义的课题及与此有关的物理实验、测试技术的发展。

# 万兆瓦级倍频激光输出

蔡希洁 舒美冬 周海燕 黄奎喜 葛夏平 郎家俊

(中国科学院上海光机所)

## 10 GW frequency-doubled laser output

*Cai Xijie, Shu Meidong, Zhou Haiyan*

*Huang Kuixi, Ge Xiaping, Lang Jiajun*

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

在大装置上获得高效率倍频输出主要要解决: (1) 大口径倍频器的获得; (2) 在强激光作用下, 获得稳定的大口径高转换效率; (3) 倍频光束尽可能保持基波光束的光束质量。

本实验是在 3 万兆瓦象传递激光系统上进行的, 脉冲宽度 1 毫微秒, 输出总能量 30~60 焦耳, 0.5 毫弧度内能量占 70%, 光束指向稳定性 ( $\pm 5''/2$  天), 激光光谱宽度 30 Å。

倍频器是由温度控制的晶体炉、 $\phi 45$  毫米 KDP 晶体和调整架组成, 晶体放在空气绝热的恒温圆筒内, 温控精度  $\pm 0.01^\circ\text{C}$ , 倍频器对 1.06 微米激光的透过率为 71% (KDP3 厘米厚)。

3 万兆瓦钕玻璃激光系统运转重复率较低, 我们采用重复率 YAG 调 Q 激光器作准直光源进行晶体的角度调谐, 然后用大装置输出光束作精调整。使用二块  $45^\circ 0.53$  微米高反和 1.06 微米低反膜层分离出倍频光束, 用体吸收卡计接受谐波输出, 在测试光路中作总输出能量监视和方向性监视, 还用干涉仪进行球面检测。

倍频转换效率与匹配角有非常灵敏的关系,对激光系统光束质量有极高的要求,我们在 $\phi 40$ 毫米口径倍频转换过程中获得最高全转换效率为47.8% (不扣除倍频器损耗),最高倍频输出能量为12焦耳(总功率达到万兆瓦级)。给出了9焦耳激光输出近场图,KDP晶体的负载强度为5焦耳/厘米<sup>2</sup>。这里使用的KDP都是I类匹配方式工作。

如果激光系统改为窄谱线输出,使用II类匹配方式,转换效率可望进一步提高。

## 用增加频带宽度的方法提高钕玻璃高功率 激光器输出功率的建议

邓锡铭 余文炎 陈时胜 丁丽明 谭维翰

(中国科学院上海光机所)

### A proposal concerning the increase of high power Nd glass laser output power by widening the bandwidth

Deng Ximing, Yu Wenyan, Chen Shisheng

Ding Liming, Tan Weihan

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

限制激光束功率密度最重要原因是高功率激光引起的自聚焦效应。自聚焦的产生不仅依赖于Nd玻璃介质的 $n_2$ ,也和激光束空间强度分布的平滑性密切相关,在不同频率的空间调制当中,小尺寸( $\sim 1$ 毫米)的空间调制具有最大的危险性。而这种较高空间频率的主要来源是Fresnel衍射。为了消除这些衍射条纹,最近几年来已经广泛地使用软边光阑,空间滤波器以及象传递技术,这些改善光束质量,提高光束亮度的措施仅着眼于采用外部措施,而忽略了光束内部频带宽度对抑制自聚焦效应影响。我们用增加激光光谱宽度的方法消除高级Fresnel衍射,从而提高大功率激光系统的输出功率。

波长为 $\lambda_0$ 的单色平面波,通过半径为 $a$ 的光阑后发生衍射,条纹数可用Fresnel数表示 $N = \frac{a^2}{\lambda_0 L}$ 。它的变化可写成 $-dN = N \frac{d\lambda}{\lambda_0}$ ,光谱宽度增加,Fresnel衍射环带数目减少。当 $|dN| \geq 0.5$ ,即 $d\lambda \geq 0.5\lambda_0/N$ 时,衍射环带将消失。对1.06微米激光取 $N_0 = 50$ 作为截止Fresnel数,要求 $\Delta\lambda \geq 100 \text{ \AA}$ 。事实上只要 $\Delta\lambda$ 具有足够的宽度,即使对较低级的Fresnel衍射,也因条纹展宽使衍射分布平滑化。

为了证实上述设想,我们对六路激光系统的正激光( $\Delta\lambda = 17 \text{ \AA}$ )和打靶时产生的反激光( $\Delta\lambda \approx 100 \text{ \AA}$ )两种不同频宽的激光束,用 $\phi 20$ 毫米光阑拦截,在不同的传输距离接收场图,相应于不同Fresnel数。从拍摄的照片看到,对宽频带的反激光,Fresnel衍射环基本消失,并且由于宽带衍射使边缘软化。

获得宽频带激光大体有三种方法:1. 振荡器多纵模输出;2. 高功率激光在非线性介质中传输引起的谱线加宽;3. 激光与等离子体相互作用引起的加宽。