

激光等离子体中 $\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波的实验观测¹⁾

陈时胜 赵庆春 毕无忌 王笑琴 何兴发

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

1982 年 6 月 2 日收到

提 要

测量了激光产生的等离子体中 $\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波的发射。结果表明,在靶面功率密度为 $10^{14}\text{W}/\text{cm}^2$ 量级的情况下, $\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波发生蓝移,蓝移量约为 $70\text{\AA}$ 。谐波本身加宽量为 $26\text{\AA}$,随靶面功率密度增加,加宽量亦略有增大。

在激光产生的非均匀等离子体中,存在三种波。一种是横波,即激光的电磁波;另外两种是纵波,即电子作高频振荡的等离子体波以及离子声波。在等离子体中的四分之一临界密度面附近,这三种波可能满足共振条件的是受激喇曼散射^[1]和双等离子体波衰变^[2]。这两种过程都会产生频率为入射光波频率(ω_0)一半的 $\frac{1}{2}\omega_0$ 激子。这种 $\frac{1}{2}\omega_0$ 激子,不管是三个结合在一起,还是一个 $\frac{1}{2}\omega_0$ 激子与一个入射光子(ω_0)结合都会产生 $\frac{3}{2}\omega_0$ 光子,并从等离子体中发出^[3]。我们的实验观测了激光等离子体发出的 $\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波光谱。

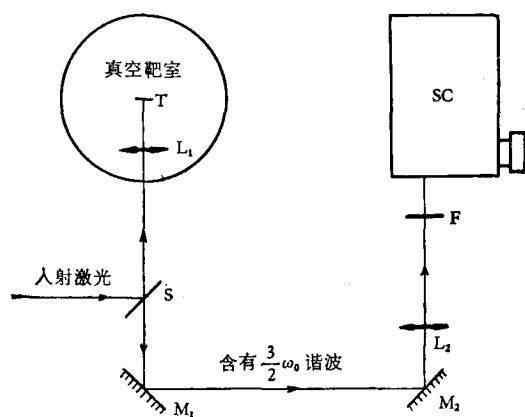
一、实 验

本实验是在六束高功率钕玻璃激光等离子体实验装置^[4]上进行的。利用其中的一束激光。激光波长为 $1.064\mu\text{m}$,谱线宽度约 $1\text{\AA}$,脉冲宽度(FWHM)为 100ps ,预脉冲与主脉冲能量之比约为 10^{-6} — 10^{-5} 。靶室真空度为 10^{-2}Torr ,调焦精度为 $10\mu\text{m}$ ^[5]。使用的靶是平面铝靶,激光垂直入射靶面,靶面上功率密度约为 $5 \times 10^{14}\text{W}/\text{cm}^2$ 。

为了测量 $\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波光谱,我们采用一台焦长为 1300mm 的平面光栅摄谱仪,光栅刻线为每毫米 288 条,实验中用二级光谱,线色散为 $14.5\text{\AA}/\text{mm}$,分辨率受狭缝限制为 $6\text{\AA}$ 。用氦光谱灯的 $6678\text{\AA}$ 和 $7065.7\text{\AA}$ 两条谱线作为定标谱线。

实验装置示于图 1 中。

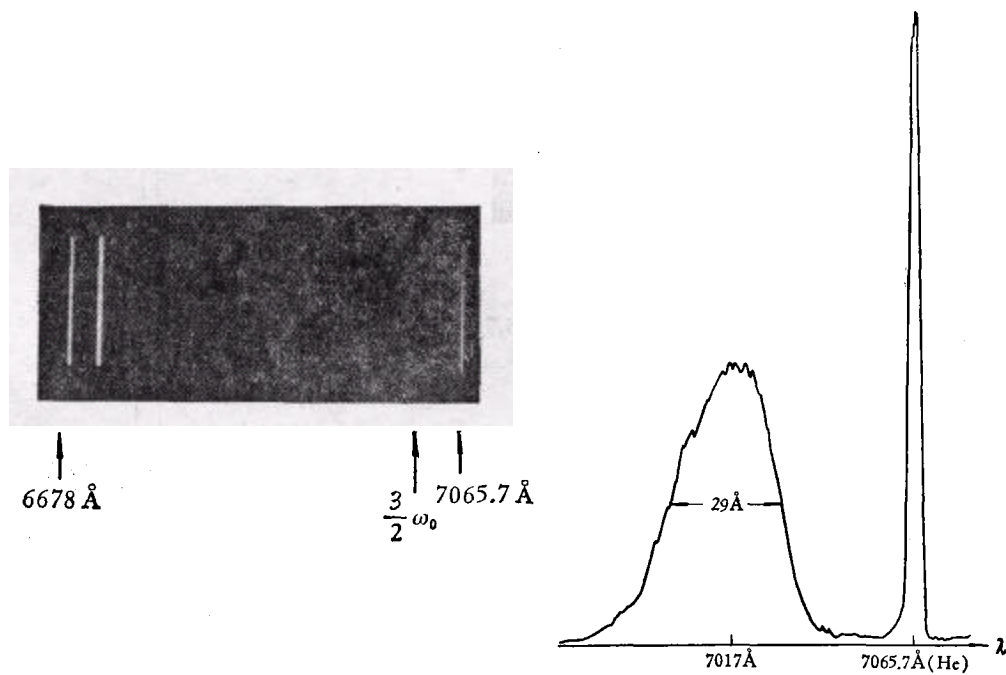
1) 参加本工作的还有谢环加、戴美兰、魏小春、范根良以及应影等同志。

图1 $\frac{3}{2} \omega_0$ 谐波实验光路图

S 为反射镜, 对 $1.064 \mu\text{m}$ 激光全反射, 对 $7093 \text{ \AA}$ 透过率大于 70%; L_1 为非球面打靶透镜 ($f/2$); T 为平面铝靶; M_1, M_2 为铝膜反射镜; L_2 为会聚透镜, F 为滤光片; SC 为平面光栅摄谱仪

二、实验结果

实验中, 激光被垂直地聚焦在平面铝靶的表面上。结果表明, $\frac{3}{2} \omega_0$ 谐波位于 $7030 \text{ \AA}$

图2 $\frac{3}{2} \omega_0$ 谐波光谱

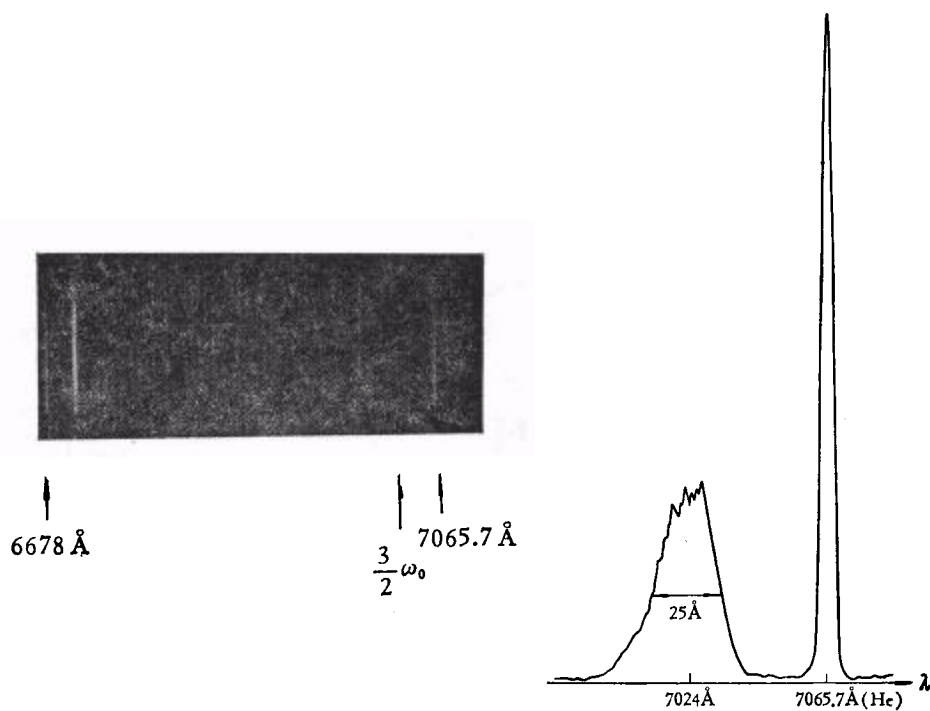
入射激光能量为 8.8 J ; $\frac{3}{2} \omega_0$ 光谱蓝移量为 $76 \text{ \AA}$; 谱线加宽为 $29 \text{ \AA}$

附近,而其计算值应为 $7093 \text{ \AA}$, 表明 $\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波发生了蓝移,蓝移量约为 $70 \text{ \AA}$, 谱线也加宽了,加宽量约为 $26 \text{ \AA}$. $\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波蓝移量以及谱线加宽量随入射到靶面上的激光能量略有变化,如表 1 所示.

表 1

入射激光能量 (J)	$\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波蓝移量 ($\text{\AA}$)	$\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波加宽量 ($\text{\AA}$)
4.2	69	25
4.4	69	25
5.4	71	27
7.0	72	27
8.8	76	29

图 2 和图 3 分别是不同入射激光能量的典型光谱照片及显微密度扫描.

图 3 $\frac{3}{2}\omega_0$ 谐波光谱

入射激光能量为 4.4 J ; $\frac{3}{2}\omega_0$ 光谱蓝移量为 $69 \text{ \AA}$, 谱线加宽量为 $25 \text{ \AA}$

参 考 文 献

- [1] C. S. Liu, *Phys. Fluids*, **17** (1974), 1211.
- [2] C. S. Liu, *Phys. Fluids*, **19** (1976), 967.

- [3] E. McGoldrick, *Optics Comm.*, **39** (1981), 172.
[4] 邓锡铭等, 光学学报, (1981), 289.
[5] 毕无忌等, 长春光学精密机械学院学报, (1) (1980), 10.

EXPERIMENTAL OBSERVATION ON $3/2\omega_0$ HARMONIC EMISSION FROM LASER PLASMA

Chen Shi-sheng Zhao Qin-chun Bi Wu-ji Wang Xiao-qin He Xing-fa
(*Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The measurement on the $3/2\omega_0$ harmonic emission from laser plasma has been carried out. The experimental results show that harmonic spectra has a blue-shift of about $70\text{ \AA}$ and is broadened by about $26\text{ \AA}$ when power density on the target surface is about 10^{14} W/cm^2 . There is a slight broadening of spectra following the increase of power density on the target surface.