

# 激光等离子体诊断用的光探针

孟绍贤 周 祥\* 崔艺峰\*

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

## 提 要

在四氯化碳喇曼盒中得到喇曼移动的基波光束  $1.115\ \mu\text{m}$ , 在 KDP 晶体中倍频变为  $5575\ \text{\AA}$ , 它们可用于激光产生等离子体的诊断。

## 一、引 言

在激光加热等离子体的实验研究中, 通常采用从加热激光束中分出一部分, 经过倍频和四倍频变为短波长, 再进行喇曼频率变换获得脉冲变短的斯托克斯光, 然后用以探测等离子体冕区的自发磁场、自聚焦细丝和等离子体膨胀的动力学过程<sup>[1~3]</sup>。

在六路激光系统上, 我们将  $1.064\ \mu\text{m}$  光经倍频、照射含乙醇的喇曼盒、获得了  $6303\ \text{\AA}$  的喇曼光, 若泵浦光脉冲脉宽为  $200\ \text{ps}$ , 得到的最短喇曼光脉冲为  $14\ \text{ps}$ , 在泵浦光脉冲线宽为  $0.11\ \text{\AA}$  时, 得到的喇曼光脉冲线宽为  $0.38\ \text{\AA}$ 。这样的喇曼光特性, 很适宜于等离子体冕区的诊断。

近来, 我们提出喇曼倍频探测束的新方案。其基本思想是将主激光  $1.06\ \mu\text{m}$  的一部分在液体喇曼介质中激发起斯托克斯光, 用这个红外光可以探测黑洞靶的闭口效应。

为进行可见光探测, 我们将上述斯托克斯光进行倍频, 这样可以避免泵浦光和高阶斯托克斯光对探测光的干扰; 为进行紫外光探测, 我们再将已倍频的斯托克斯光倍频或与泵浦光和频。这样就保证了一个探测系统的多波长使用, 且结构比较简单。

为确定上述思想的可行性, 做了一个判断性实验。

## 二、实验描述

实验是在一级 Nd: 玻璃锁模激光上进行的。喇曼介质采用四氯化碳液体。

为比较起见, 我们先做了  $1.06\ \mu\text{m}$  光倍频后激发的喇曼光谱如图 1 所示。泵浦光为  $5304\ \text{\AA}$ , 它激发起  $\text{OCl}_4$  的  $459\ \text{cm}^{-1}$  振动。观察到一级斯托克斯光波长为  $5486\ \text{\AA}$ , 二级斯托克斯光波长为  $5575\ \text{\AA}$ , 一级反斯托克斯光波长为  $5178\ \text{\AA}$ , 二级反斯托克斯光波长为  $5057\ \text{\AA}$ , 三级反斯托克斯光波长为  $4943\ \text{\AA}$ , 四级反斯托克斯光波长为  $4833\ \text{\AA}$ 。  $459\ \text{cm}^{-1}$  振动有精细结构, 它是由  $\text{OCl}_4$  的不同同位素所造成。

收稿日期: 1984年9月14日; 收到修改稿日期: 1985年2月7日

\* 清华大学无线电系实习学生。

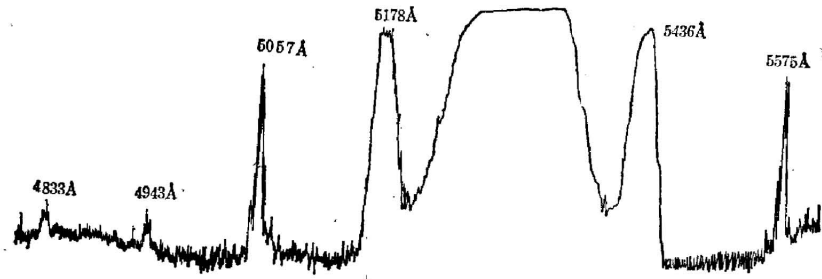
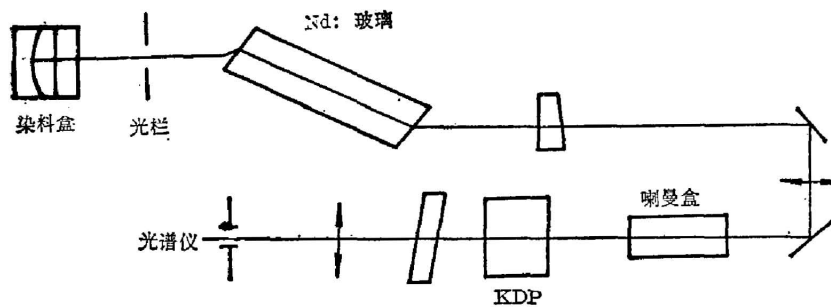
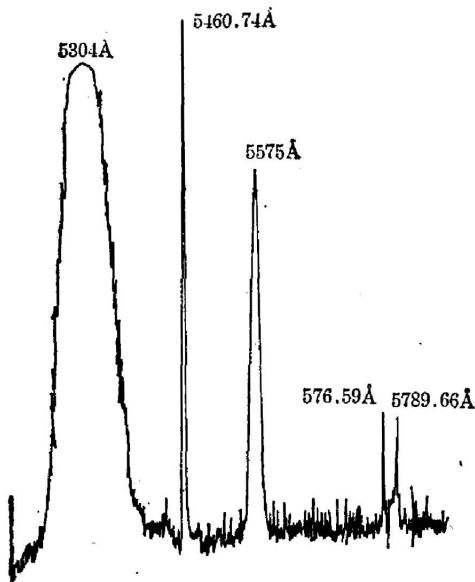
图 1  $\text{CCl}_4$  在  $5300 \text{ \AA}$  脉冲激发下的喇曼谱Fig. 1 Raman spectra of  $\text{CCl}_4$  excited by a pulse at  $5300 \text{ \AA}$ 图 2  $1.06 \mu\text{m}$  激发喇曼实验装置

Fig. 2 Experimental set-up

为了证实  $1.06 \mu\text{m}$  激发喇曼光倍频的可能性, 我们采用如图 2 的实验装置。锁模激光器采用平凹腔结构, 全反射凹面镜曲率半径为  $R=7 \text{ m}$ , 腔长  $1.5 \text{ m}$ , 染料盒厚为  $0.5 \text{ mm}$ , 染料采用五甲川二氯乙烷溶液, 透过率选为  $65\%$ , 输出镜反射率为  $50\%$ , 工作物质为  $\phi 10 \times 220 \text{ mm}$  两端切成布儒斯特角的 Nd 玻璃棒, 腔内加入  $\phi 2.5 \text{ mm}$  小孔。考虑到  $1.06 \mu\text{m}$  锁模脉冲系列光比较强。实验将  $1.06 \mu\text{m}$  超短光脉冲用  $f=1600 \text{ mm}$  透镜聚束于喇曼盒和倍频晶体。再用  $1.06 \mu\text{m}$  全反射镜将基波完全反射掉, 然后通过光栅光谱仪拍照。

图 3  $\text{CCl}_4$  在  $1.06 \mu\text{m}$  激光激发下倍频后的喇曼光谱Fig. 3 Frequency-doubled Raman spectra of  $\text{CCl}_4$  excited by laser beam at  $1.06 \mu\text{m}$ 

$\text{CCl}_4$  在  $1.06 \mu\text{m}$  超短光脉冲激发下的喇曼光倍频后的结果如图 3 所示。其中  $5460.74 \text{ \AA}$ 、 $5769.59 \text{ \AA}$  和  $5789.66 \text{ \AA}$  为定标汞灯光谱。由测得光谱可求出泵浦光波长为  $1.0608 \mu\text{m}$ , 得到的  $\text{CCl}_4$  的一级斯托克斯光为  $1.115 \mu\text{m}$ , 倍频后的斯托克斯光波长为  $5575 \text{ \AA}$ 。

### 三、结果讨论

从实验结果可得几点结论:

(1) 红外光  $1.06 \mu\text{m}$  照射喇曼介质可有效地产生频移的斯托克斯光  $1.115 \mu\text{m}$ 。它可用于等离子体的红外探测。

(2) 喇曼光可通过倍频进行频率变换, 我们将  $1.115 \mu\text{m}$  喇曼光倍频变为  $5575 \text{ \AA}$ 。它可用于等离子体的可见光探测。

(3) 红外光激发的喇曼光谱可以通过倍频方式进行探测。据此可采用此种方法来研究荧光染料激发的喇曼光谱, 可能是减少荧光谱对喇曼光谱干扰的方法之一。

(4) 利用喇曼倍频法有利于消除高阶斯托克斯光和反斯托克斯光对所需的斯托克斯光的干扰。

(5) 还可以将上述得到的倍频喇曼光进一步倍频, 从而获得紫外探测光。也可用和频方式获得紫外探测光。

(6) 从图 1 还可看到一级反斯托克斯光可以有足够的强度。它的空间结构为圆环形状, 因而在等离子体冕区探测中, 具有一定的优点。

总之, 由于实现了喇曼光倍频, 有可能大大扩大喇曼频率变换范围, 扩大激光等离子体光学探测的范围。

#### 参 考 文 献

- [1] O. Willi; *Opt. Commun.*, 1981, **37**, No. 1 (Apl), 40.
- [2] O. Willi; *Opt. Commun.*, 1981, **37**, No. 1 (Apl), 45.
- [3] H. Gruhl; *IEEE J. Quant. Electron.*, 1984, **QE-20**, No. 9 (Sep), 1065.

### Probe beam used for diagnostic of laser-produced plasmas

MENG SHAOXIAN ZHOU XIANG\* AND CUI YIFENG\*  
(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 14 September 1984; revised 7 February 1985)

#### Abstract

A Raman-shifted fundamental probe beam at  $1.115 \text{ \AA}$  in a  $\text{CCl}_4$  cell has been obtained. The beam was then frequency-doubled in a KDP crystal to  $5575 \text{ \AA}$ . The probe beam can be used for diagnostic of laser-produced plasmas.

\* Student of Tsinghua university, Beijing.