

# CBrCl<sub>3</sub> 液芯光纤中的受激喇曼散射

李 劬 王翠凤 陈英礼 张祖明 华一敏 刘亚钢 王文珍  
(上海交通大学 凝聚态物理研究所) (上海交通大学 应用物理系)

## 提 要

以 1.06 μm 调 Q-锁模激光泵浦 CBrCl<sub>3</sub> 液芯光纤, 观察到 11 级受激喇曼散射, 测量了各级受激喇曼散射的相对峰值功率及第 9、10 和 11 级的频谱。这种液芯光纤中的受激喇曼散射可作为获得 2 μm 以上波段红外相干光的手段。

关键词: 红外相干光; 液芯光纤; 受激喇曼散射。

利用光纤中的受激喇曼散射以获得长波长的相干辐射已是熟知的方法。常用的光纤是石英光纤<sup>[1,2,4~6]</sup>和液芯光纤<sup>[3]</sup>。以石英为基体的光纤因其低损耗, 作用距离可以很长, 弥补了其增益系数较低的缺点, 在短于 2.0 μm 的波段内是一种很好的喇曼介质。在 2.0 μm 以上的波段, 由于石英的本征吸收, 使其应用受到限制。至于液芯光纤, 由于存在某些增益系数很高的有机物质, 所以能以较短的光纤长度获得相当高的增益。在可见光波段, CS<sub>2</sub> 是最常用的液芯材料。CBrCl<sub>3</sub><sup>[7]</sup> 则因其良好的红外透明性, 很适合用在 2 μm 以上波段。本文报道对 CBrCl<sub>3</sub> 液芯光纤中受激喇曼散射的实验研究结果。

在液芯光纤中进行受激喇曼散射实验对工作液体的要求主要有三个方面: (1) 液体的折射率必须大于空芯光纤管壁材料的折射率; (2) 在使用的波段中液体的吸收要小; (3) 液体要具有大的喇曼散射截面。CBrCl<sub>3</sub> 能较好地符合上述三方面的要求。其折射率为 1.506, 大于管壁折射率  $n=1.458$ 。

实验测量了 0.5 μm~2.5 μm 之间 CBrCl<sub>3</sub> 的吸收谱, 发现仅在 2.4 μm 附近有一个小的本征吸收峰。CBrCl<sub>3</sub> 在 2.5 μm~12 μm 波段内也没有任何明显的吸收峰。CBrCl<sub>3</sub> 的喇曼散射截面仅略小于 CS<sub>2</sub> 的散射截面, 仍不失为较好的喇曼增益介质。

实验装置如图 1 所示。光源是美国光谱物理公司的 SP 3000 连续锁模调 Q YAG 激光器, 其输出锁模脉宽为 150 ps。为保证在 2 μm 以上波段有良好的透过率, 用熔

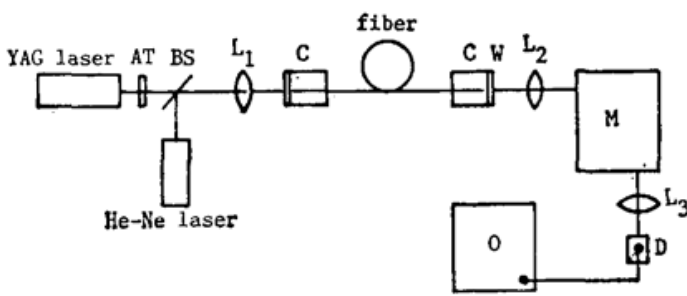


Fig. 1 Experimental setup

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| AT—Attenuator                                 | W—Fused Silica Window |
| BS—Beam Splitter                              | D—Detector            |
| C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> —Liquid Cells | M—Monochromator       |
| L <sub>1</sub> —10× Microscope Objective      |                       |
| L <sub>2</sub> , L <sub>3</sub> —LiF Lenses   | O—Oscilloscope        |

石英平板作为液槽 C<sub>2</sub> 的出射窗用 LiF 透镜作为光栅单色仪的入射和出射聚光镜。D 为 HgCdTe 探测器。所用光纤是芯径为 15 μm 的空芯石英光纤。液槽的构造需要一些特殊

收稿日期: 1989年4月13日; 收到修改稿日期: 1989年10月31日

\* 本工作由上海交通大学科学基金会资助。

的考虑,既要保证良好的密封性,又要防止工作液体与密封材料的接触。

在实验中,用 1.06  $\mu\text{m}$  激光泵浦,探测到 11 级受激喇曼散射谱。输入泵浦脉冲峰值功率为  $\sim 30 \text{ kW}$ 。泵浦及各级受激喇曼散射脉冲的中心波长及其相对峰值功率示于图 2。

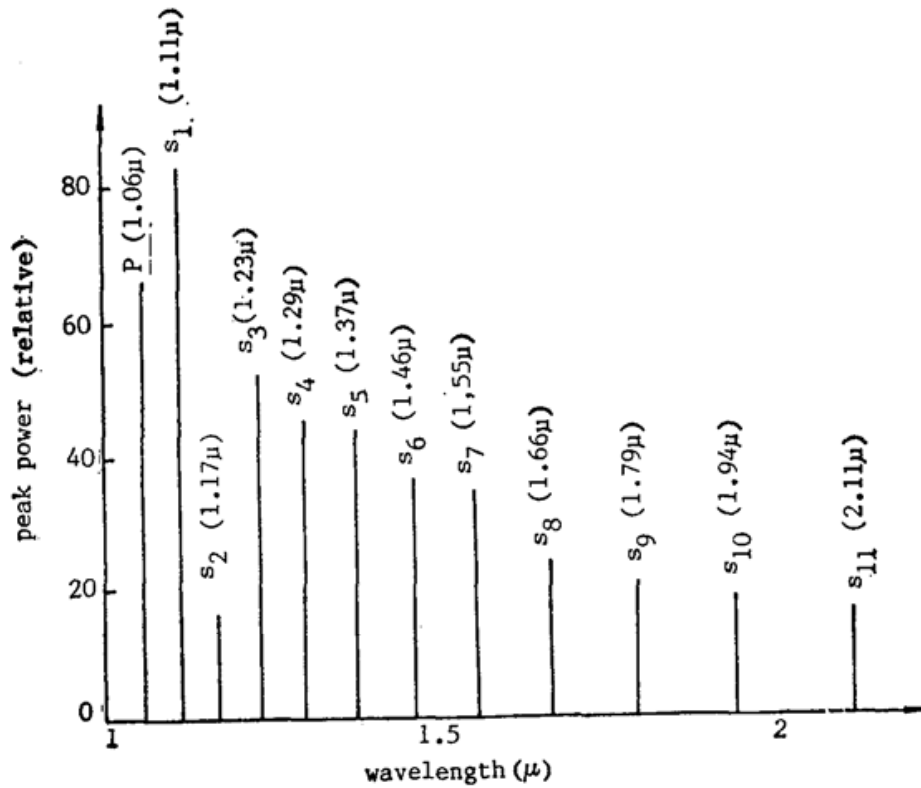


Fig. 2 11 Stokes Orders of SRS in CBrCl<sub>3</sub> Liquid Core Fiber

由图 2 可知:

(1) 泵浦光有明显的抽空;

(2) 第二级斯托克斯光功率明显地低于其相邻级次。纯净的 CBrCl<sub>3</sub> 在此波长处并无吸收峰; 实验也无发现由于液槽粘结剂的溶解或 CBrCl<sub>3</sub> 的分解所引起的液体光学性质变化。这一现象的解释正在研究中;

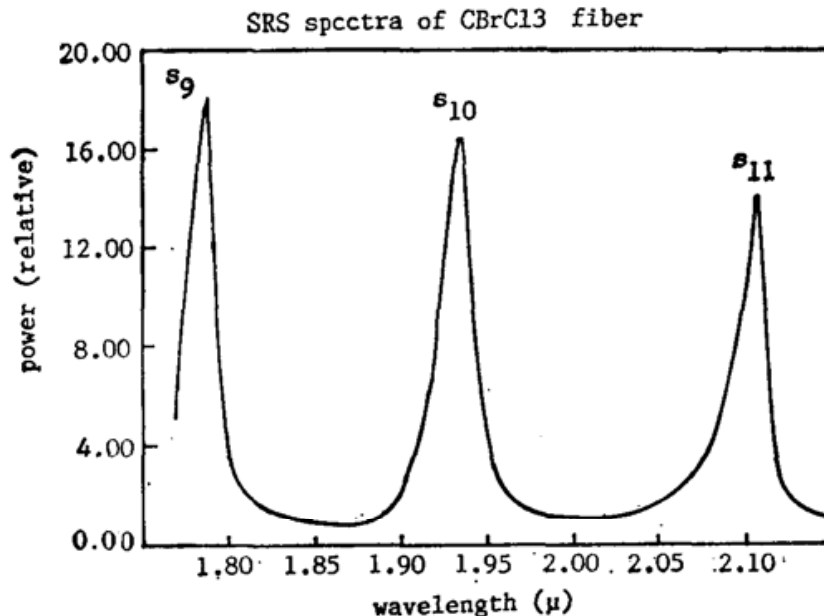


Fig. 3 9 th, 10 th and 11 th SRS Spectra of CBrCl<sub>3</sub> Liquid Core Fiber

(3) 第 11 级斯托克斯光的波长已达  $2.11 \mu\text{m}$ , 说明用  $\text{CBrCl}_3$  液芯光纤中的受激喇曼散射有可能提供  $2 \mu\text{m}$  以上波段的相干光输出。在  $1.06 \mu\text{m}$  处实测的  $\text{CBrCl}_3$  液芯光纤的总损耗为  $0.002 \text{ cm}^{-1}$ 。据此算出这种光纤的有效长度可达  $5 \text{ m}$ 。作者在实验中所用的光纤长度为  $2 \text{ m}$ , 说明如果用更长的光纤可望提高受激喇曼散射转换效率, 以期得到 1 级以上的斯托克斯光。通过进一步提高高激光束-光纤之间的耦合效率也有可能得到更高级次的受激喇曼散射。

(4) 由测量结果算出的喇曼频移为  $423 \text{ cm}^{-1}$ , 与有关文献报道的值一致。

为了解高阶斯托克斯光的频谱增宽情况, 作者对第 9、10、11 三级斯托克斯光的频谱进行了测量, 其结果示于图 3, 实测的半峰全宽度约为  $50 \text{ cm}^{-1}$ , 这个线宽比  $\text{CBrCl}_3$  的喇曼增益线宽 ( $8 \text{ cm}^{-1}$ ) 大得多。这种光谱增宽的机制尚不清楚, 有待进一步深入探究。

上海技术物理研究所童斐明、杨秀珍提供了  $\text{HgCdTe}$  探测器, 特此致谢!

### 参 考 文 献

- [1] R. H. Stolen *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1972, **20**, No. 2 (15, Jan), 62~64.
- [2] R. H. Stolen; in D. B. Ostrowsky, ed.; *Fibers and Integrated Optics*, (Plenum, New York, 1979).
- [3] E. P. Ippen; *Appl. Phys. Lett.*, 1970, **16**, No. 8 (15, Apr), 303~305.
- [4] J. Stone *et al.*; *Opt Lett.*, 1982, **7**, No. 6 (Jun), 297~299.
- [5] A. R. Chraplyvy *et al.*; *Opt. Lett.*, 1983, **8**, No. 7 (Jul), 415~417.
- [6] 王兆民; 《光学学报》, 1985, **5**, No. 7 (Jul), 654~657.
- [7] T. J. Bridges, J. G. Bergman; *Proc. SPIE*, 1982, **320**, 60~61.

## Stimulated Raman scattering in $\text{CBrCl}_3$ liquid core fiber

LI QU, WANG CUIFENG AND CHEN YINGLI

(*Institute of Condensed Matter Physics, Shanghai Jiaotong University*)

ZHANG ZUMING, HUA YIMING, LIU YAGANG AND WANG WENZHEN

(*Department of Applied Physics, Shanghai Jiaotong University*)

(Received 13 April 1989; revised 31 October 1989)

### Abstract

11 Stokes orders of SRS were observed in  $\text{CBrCl}_3$  liquid core fiber pumped with a mode-locked and Q-switched YAG laser at  $1.06 \mu\text{m}$ . Relative peak power of pumping and Stokes pulses as well as the frequency spectra of 9th, 10th and 11th Stokes light were measured. This kind of liquid core fiber can serve as an IR coherent light source beyond  $2 \mu\text{m}$  wavelength.

**Key words:** IR coherent light; stimulated Raman scattering; liquid core fiber.