

# YAG 激光泵浦光纤产生受激喇曼散射\*

王金华 许德胜 徐启阳 李再光

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

**摘要:** 本文利用 YAG 激光泵浦光纤产生受激喇曼散射, 并利用所摄取的受激喇曼光谱图定出斯托克斯线波长, 计算样品的喇曼频移, 对实验中所观察到的现象进行分析讨论。

**关键词:** 受激喇曼散射 光纤 激光 YAG 激光器

## Experiment of stimulated Raman scattering of pumped optical fibers by YAG laser

Wang Jinghua, Xu Desheng, Xu Qiyang, Li Zaiguan

(National Laboratory of Laser Technology, HUST)

**Abstract:** In this paper, stimulated Raman scattering(SRS) is observed when multi-mode optical fibers are pumped by YAG laser. The wavelength of the Stokes beams is obtained by the SRS spectrum and the Raman frequency shift is calculated. The phenomena in the experiment are analyzed and discussed.

**Key words:** stimulated Raman scattering optical fibers YAG laser

### 一、引言

受激喇曼散射(SRS)与普通喇曼散射(RS)过程都必须遵守能量与动量守恒方程<sup>[1]</sup>:

$$\begin{aligned}\omega_{s_1} &= \omega_0 - \omega_r & \vec{k}_{s_1} &= \vec{k}_0 - \vec{k}_r \\ \omega_{as_1} &= \omega_0 + \omega_r & \vec{k}_{as_1} &= \vec{k}_0 + \vec{k}_r \\ \omega_r &= E_r / \hbar\end{aligned}$$

式中,  $\omega_0$ ,  $\omega_{s_1}$ ,  $\omega_{as_1}$  及  $\vec{k}_0$ ,  $\vec{k}_{s_1}$ ,  $\vec{k}_{as_1}$  分别表示入射光(斯托克斯(Stokes)光、反斯托克斯(Anti-Stokes)光)的圆频率及其波长矢量,  $\omega_r$ ,  $\vec{k}_r$  分别表示为分子振动圆频率及其波矢量,  $E_r$  为分子激发能量,  $\hbar = h/2\pi$ 。众所周知, 受激喇曼散射具有明显的阈值, 而且受激喇曼散射过程可看作是光子场与声子场之间的相干散射过程, 即相干入射光子被受激相干声子散射。它具有受激光放大的特性。随着入射的 YAG 激光功率密度的增大, 一级 Stokes 辐射或 Anti-Stokes 辐射, 又可在介质(光纤)中激发 SRS, 产生二级 Stokes 辐射, …… , 这就是 SRS 特有的多级散射过程<sup>[2]</sup>。它们间的频率差是等间隔的, 这个等间隔即介质(光纤)的喇曼频移。

### 二、实验内容和实验装置

用光纤作为喇曼介质, 因为它非线性效应、传输信息的好材料。可将高强度激光场

\* 本文曾在全国第六届光谱学术讨论会(长春, 1994.7)交流。

与物质相互作用局限在较小的截面内,同时它具有取用任意长度的灵活性。其实验装置图如图1所示。

使用的是染料调Q Nd<sup>3+</sup>:YAG倍频激光器,激发光纤的SRS,通过光栅摄谱仪<sup>[3]</sup>拍谱后,再用光谱投影仪和读数显微镜进行测试分析。

实验装置的主要设备之一是激光源<sup>[6]</sup>,用的是BDN调Q,YAG棒为 $\varnothing 5 \times 70$ ,LiNbO<sub>3</sub>倍频晶体,脉冲氙灯和脉冲电源。使用相交圆聚光腔,聚光效率高。脉冲重复率1~100Hz连续可调。

将拍摄的SRS谱图,定出第一级Stokes线波长,以波数为单位,计算样品的喇曼频移,然后对实验中观察到的现象进行分析。

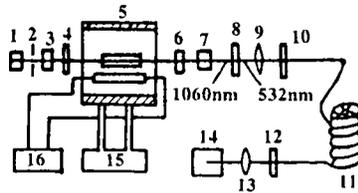


Fig.1 Experimental apparatus

1 - He-Ne laser 2 - aperture 3 - planar mirror 4 - dye cell 5 - collector 6 - 532nm/1060nm splitter 7 - LiNbO<sub>3</sub> crystal 8 - planar mirror 9, 13 - lens 10, 12 - fiber coupling 11 - optical fiber 14 - grating spectrograph 15 - cooling system 16 - pulsed supply

### 三、实验结果与讨论

图2是实验获得SRS谱图,其中第一排为铁光谱,第二排为SRS各分量和透过样品剩余的532nm激光谱线。从这条谱线起,向右分别为一、二、三、四、五、六、七、八级Stokes线。第三排为未调Q的YAG激光的532nm谱线。

从图2可知,不调Q的激光不产生SRS,这说明SRS的阈值特性。又从图2上可清楚看到SRS的各阶散射情况。

测试图2,SRS各分量的波长为 $\lambda_{s_1} = 5446.5\text{\AA}$ ,  $\lambda_{s_2} = 5580.6\text{\AA}$ ,  $\lambda_{s_3} = 5720.7\text{\AA}$ ,  $\lambda_{s_4} = 5868.6\text{\AA}$ ,  $\lambda_{s_5} = 6024.7\text{\AA}$ ,  $\lambda_{s_6} = 6189.6\text{\AA}$ ,  $\lambda_{s_7} = 6361.6\text{\AA}$ ,  $\lambda_{s_8} = 6545.8\text{\AA}$ 。

由文献可查出SiO<sub>2</sub>的喇曼频移为 $440\text{cm}^{-1}$ 。根据SRS的机理知散射光波长为 $\lambda_n = (1/5320 \pm 440 \times 10^8 n)$ ,其中 $n$ 为整数1,2,3……。当 $n$ 为不同值时,可计算出不同级散射光的波长如下:

$\lambda_{s_1} = 5447.5\text{\AA}$	$\nu_{s_1} = 18357.0\text{cm}^{-1}$
$\lambda_{s_2} = 5581.3\text{\AA}$	$\nu_{s_2} = 17916.9\text{cm}^{-1}$
$\lambda_{s_3} = 5721.8\text{\AA}$	$\nu_{s_3} = 17477.0\text{cm}^{-1}$
$\lambda_{s_4} = 5869.6\text{\AA}$	$\nu_{s_4} = 17036.9\text{cm}^{-1}$
$\lambda_{s_5} = 6025.2\text{\AA}$	$\nu_{s_5} = 16596.9\text{cm}^{-1}$
$\lambda_{s_6} = 6189.7\text{\AA}$	$\nu_{s_6} = 16155.9\text{cm}^{-1}$
$\lambda_{s_7} = 6362.5\text{\AA}$	$\nu_{s_7} = 15717.0\text{cm}^{-1}$
$\lambda_{s_8} = 6545.8\text{\AA}$	$\nu_{s_8} = 15276.9\text{cm}^{-1}$

从而得到: $\Delta\nu = \nu_0 - \nu_{s_1} = 439.6\text{cm}^{-1} = 440.0\text{cm}^{-1}$

此值就是SiO<sub>2</sub>的喇曼频移,与文献查阅参考值是相同的。同理也可求出光纤成分所含的GeO<sub>2</sub>和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的频移。

通过对该实验的研讨,实验数据和理论分析基本相符。要使某样品产生SRS,对泵浦光源



Fig.2 A photograph of SRS spectra experimently

## 激光在医学领域的应用和展望

李亚华 李正佳 朱长虹

(华中理工大学激光技术与工程研究院, 武汉, 430074)

**摘要:** 本文系统地介绍了激光在医学领域的应用和发展前景, 着重分析了激光医疗技术、医用激光器件及其相关学科之间相互渗透、发展的关系。文章最后介绍了我们在激光医疗设备的研究、开发和产业化方面所做的工作。

**关键词:** 医用激光技术

## Application and prospect of laser research on medicine and clinical

Li Yahua, Li Zhengjia, Zhu Changhong

(Institute of Laser Technology & Engineering, HUST)

**Abstract:** In this review, the application and prospect of laser research on medicine and clinical therapy are introduced systematically. The interdependent relationship of laser therapy with medical laser instrument and related subject is analyzed emphatically. In the last part of the article, our efforts and progress on the research, development and production of medical laser instruments are described briefly.

**Key words:** medical laser technology

### 一、激光在医学中的应用

由于激光具有功率/能量高, 方向性、单色性、相干性好的特点, 并且激光手术止血效果好, 手术视野清晰, 因此激光在几乎所有的医学领域均得到了应用, 例如皮肤科、耳鼻喉科、妇产科、泌尿外科、肝胆外科、神经外科等各种手术。激光可以对早期恶性肿瘤进行诊断和光化学治疗, 利用光纤和内镜对人体腔内疾患进行治疗。激光还可以用于血管成形术和心脏手术治

的功率有个阈值要求<sup>[3]</sup>。从计算知各 Stokes 线各自和入射的激光的频率差相等<sup>[5]</sup>。瑞利散射线很细, 这是激光特性之一的单色性好之故<sup>[5]</sup>。各级 Anti-Stokes 线很弱, 甚至没有出现。SRS 的频率取决于介质本性和入射光的波长, 同时与介质分子的特征有关。SRS 的频率反映着分子晶体振动频率和分子旋转率。所以可以利用 SRS 对有关物质进行定性和定量分析。

### 参 考 文 献

- 1 Eckhact G, Bortfeld D P, Geller M. A P L., 1963;3:173
- 2 郑顺旋. 物理, 1979;8(3)
- 3 朗 D A 著, 顾本源译. 喇曼光谱学. 北京: 科学出版社, 1983:288~291
- 4 诸圣麟. 原子物理. 北京: 人民教育出版社, 1977:275~284
- 5 母国光, 战元令编. 光学. 北京: 人民教育出版社, 1979:560~562
- 6 郭奕理. 中国激光, 1983;10(2):120~121