

# 乙基苯液芯光纤中受激喇曼散射 产生超宽连续谱光源\*

邱明新 郭家平 陆维平  
(上海市激光技术研究所, 200233)

**摘要:** 本文使用乙基苯液芯光纤, 获得高阶斯托克斯线, 各阶线呈以红移为主的反常加宽。加宽后从一阶斯托克斯线至五阶斯托克斯线光谱联成一片, 形成从 562.1 nm 至 700 nm 的连续超宽的相干辐射。

**关键词:** 受激喇曼散射, 乙基苯, 超宽

## Super-broadened coherent spectra induced by stimulated Raman scattering in ethylbenzen core optical fiber

Qiu Mingxin, Guo Jiaping, Lu Weiping  
(Shanghai Institute of Laser Technology, Shanghai)

**Abstract:** We report herein the high order Stokes lines induced by SRS in ethylbenzen core optical fiber. Each Stokes lines has its abnormal broadening mainly in red shift. The broadened Stokes lines form a superbroad coherent spectra covering a band from 562.1 nm to 700 nm.

**Key words:** stimulated Raman scattering, ethylbenzen, super-broadened

光纤中的受激喇曼散射的研究可以产生新的相干辐射波长, 与通讯光纤中某些传播窗口相匹配。另外, 受激喇曼散射放大器还可用来放大通讯光纤中的光信号。与石英光纤相比, 液芯光纤有一些优越性, 例如改变介质的材料比较容易, 某些液体的三阶非线性系数很高, 受激喇曼散射的阈值很低, 甚至可以连续运转。然而, 液芯光纤中要求液体的折射率大于外玻璃毛细管材料的折射率, 这就使可选材料大为减少。到目前为止, 研究得最多的是  $\text{CS}_2$ <sup>[1]</sup> 和苯<sup>[2, 3]</sup>, 也有采用一些其它液芯, 例如  $\text{CHBr}_3$ <sup>[4]</sup> 和  $\text{Br}_2$ <sup>[5]</sup>。

本文对液芯光纤中的受激喇曼散射的研究使用了很多新的介质。除苯以外, 在甲苯<sup>[6]</sup>、苯甲醇和苯乙醇中均获得了高阶斯托克斯线, 并观察到各阶斯托克斯线均呈现不对称加宽现象, 主要加宽为红移。

本文研究了乙基苯液芯光纤中的受激喇曼散射过程, 发现其各阶斯托克斯线反常加宽并联成一个连续的相干辐射谱, 可作为一种特殊的宽带光源。在石英光纤中的受激喇曼散射可以获得各阶斯托克斯线连成一片的现象。可是石英光纤中斯托克斯线移仅为  $200 \text{ cm}^{-1}$  左右,

收稿日期: 1990年10月18日。

\* 国家自然科学基金资助项目。

而乙基苯的斯托克斯线移可达  $1002\text{ cm}^{-1}$ , 为前者的五倍, 要形成一个连续带其加宽量也相应地增加五倍。

表 1 为经 2 米摄谱仪摄取的乙基苯受激喇曼散射谱数据。从表上可见, 加宽以红移为主, 在乙基苯中的斯托克斯线的蓝移加宽也明显可见, 但其蓝移加宽远小于红移加宽。对第一阶斯托克斯线来说, 蓝移加宽仅为红移加宽的三点五分之一。另外一个现象是无论红移加宽或蓝移加宽, 光谱强度均随着加宽量的增加而单调地减弱。

Table 1 Stimulatal Raman scattering spectral data of ethylbenzen taken by a in spectrograph

Spectral line	$c_1$	$P$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$
Wavelength (nm)	505.2	532.0	562.1	595.6	633.4	676.3
Red-shift broadening (nm)		4.125	16.74	34.66	43.44	
Blue-shift broadening (nm)		1.55	1.875	2.418	2.950	3.258
Threshold ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )			$1.4 \times 10^7$	$2.6 \times 10^7$	$5.2 \times 10^7$	$7.7 \times 10^7$

图 1 和图 2 分别表示红移加宽量与蓝移加宽量与阶次基本成线性关系。

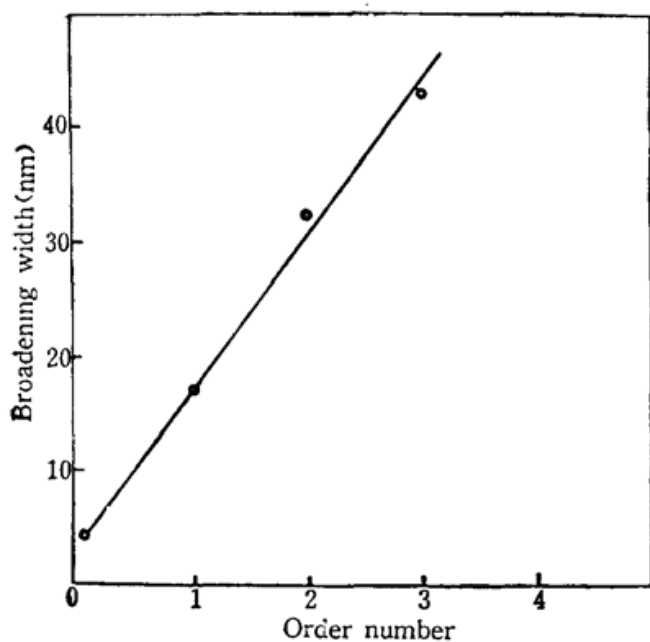


Fig. 1 Broadening width of the Stokes red shift vs the order number

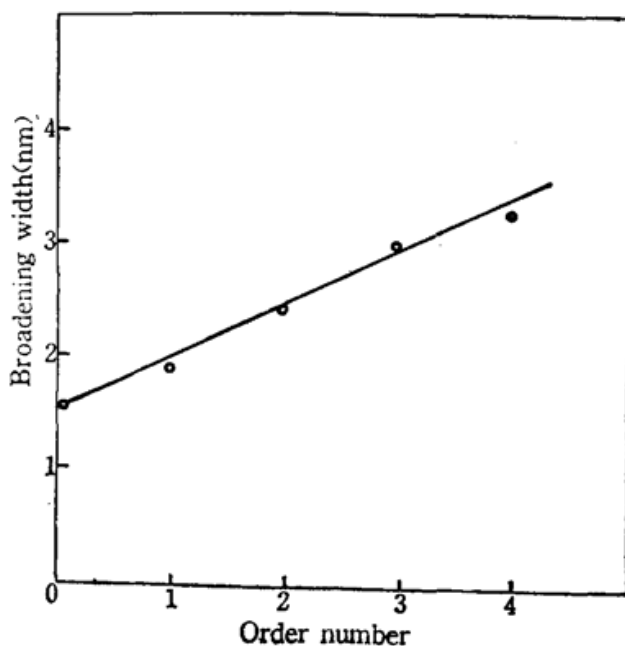


Fig. 2 Broadening width of the Stokes blue shift vs the order number

随着泵浦光的增强, 各阶斯托克斯线逐级起振。最早起振的是一阶斯托克斯线, 然后二阶斯托克斯线等等。图 3 为各阶斯托克斯线起振的泵浦光光强阈值图。

从光谱图上亦可隐约可见反斯托克斯线, 但其光强要弱很多。反斯托克斯线由四光子混频过程产生, 由二个泵浦光光子和一个斯托克斯光子的湮灭, 产生一个反斯托克斯光子。反斯托克斯光的存在条件是斯托克斯光足够强, 以及满足相位匹配条件。由于液体介质存在色散,

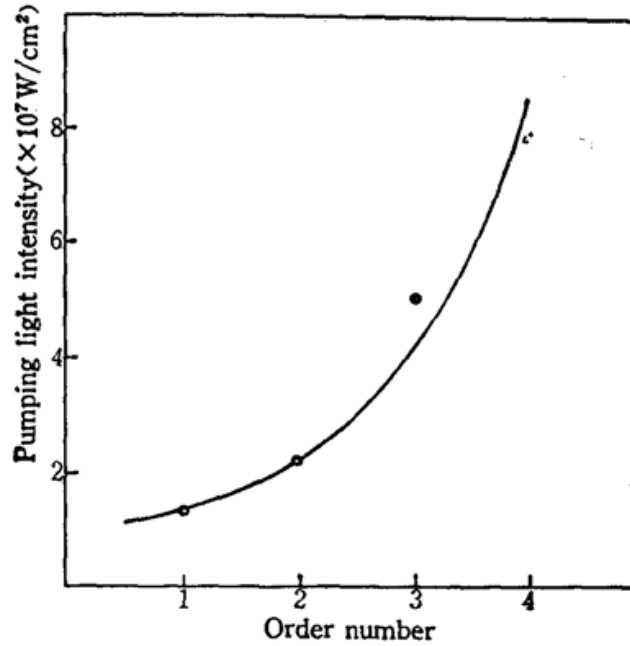


Fig. 3 Light intensity threshold of oscillating pump light for various orders of Stokes lines

相位匹配不十分理想, 故反斯托克斯线较弱。

超连续谱的形成一方面提供了一种新的宽带相干光源, 另一方面在理论上提出了一个问题, 什么过程是引起反常加宽和红移的原因: 实验中得到的以红移为主的加宽过程则是由一种非线性过程引起的。当斯托克斯波沿着液芯光纤传播时, 在光电场的作用下诱导液体分子的重取向, 而液体分子的弛豫时间则引起了不对称加宽, 这就是在液芯光纤中受激喇曼散射的同时激发了一种瑞利翼散射波。同时受激转动喇曼散射的激发也对反常加宽和红移加宽有一定的影响。随着斯托克斯线级数的增加, 级联效应引起的红移加宽也更加明显了。此外其它的光学非线性过程如自聚焦等也能引起反常加宽和红移, 但它们的作用可能是微弱的。通过其它的一系列研究, 我们将可能对它的机制加以更加明确的确认。

### 参 考 文 献

- 1 E. P. Ippen, *Appl. Phys. Lett.*, **6**, 303(1970)
- 2 J. Stone, *Appl. Phys. Lett.*, **26**, 163(1975)
- 3 赫光生, 唐定远 *et al.*, *Chinese Phys. Lett.*, **2**, 477(1985)
- 4 A. R. Chraplyry, T. J. Bridge, *Opt. Lett.*, **6**, 632(1981)
- 5 T. J. Bridges, A. R. Chraplyry *et al.*, *Opt. Lett.*, **7**, 566(1982)
- 6 Qiu Mingxin, Lu Weiping *et al.*, *Opt. Commun.*, to be published