

# 光纤中的紫外受激喇曼散射

杨天龙 高佩娟 舒海珍

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

## 提 要

用 YAG:Nd 激光的三次谐波作激励光,我们在光纤中观测了紫外受激喇曼散射。测定了受激喇曼散射的峰值波长,它们是 3610 Å、3722 Å 和 3791 Å。指出了各受激喇曼线相应的散射元。

在文章 [1] 中,我们已经报导了用 532 nm 相干辐射作泵浦光,用掺杂  $P_2O_5$  的、长为 480 m 的梯度型石英玻璃光纤作喇曼散射介质,获得十级受激喇曼散射的实验研究。我们已经指出,在掺  $P_2O_5$  石英玻璃光纤中,存在两类散射中心,而且在  $SiO_2$  和  $P_2O_5$  这两类散射中心的受激散射过程之间,存在着激烈的竞争。此外,我们也已指明,在用 0.532  $\mu m$  激光

作泵浦光时,用掺  $P_2O_5$  石英玻璃光纤可获得几千个波数范围中的宽带相干辐射。

在本文中,我们报导用紫外相干光进行抽运时,用掺  $P_2O_5$  多模石英玻璃光纤作喇曼散射介质,获得紫外受激喇曼散射的特点。实验装置按排示于图 1。

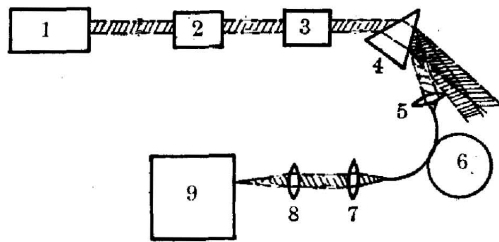


图 1 光纤紫外受激喇曼散射实验方框图  
1—YAG 调 Q 激光器; 2—KDP 倍频器; 3—KDP 和频器; 4—分光棱镜; 5—聚焦透镜 ( $f=30$  cm); 6—光学纤维 ( $L=12$  m); 7—准直透镜 ( $f=3$  cm); 8—聚焦柱透镜 ( $f=20$  cm); 9—31WI 光栅摄谱仪; 10—阴影线区代表光束

Fig. 1 Diagram of ultraviolet stimulated Raman scattering experiment in optical fiber  
1—Q-switched YAG laser; 2—KDP frequency-doubling; 3—KDP mixing; 4—prism; 5—lens ( $f=30$  cm); 6—optical fiber ( $L=12$  m); 7—lens; 8—cylindrical lens; 9—31WI grating spectrograph; 10—shadow indicates the optical beams

率相近,约有 0.1 MW。从光纤输出的光,经 3 cm 焦距的透镜准直,再经柱面透镜聚焦成线状,使焦线恰好在 31 WI 型光栅摄谱仪的输入狭缝上,并进行拍摄受激喇曼谱。由于光纤在紫外部分波段上的吸收损耗较大,散射损耗也由于波长变短而增大<sup>[2]</sup>,使得用于实验的光纤不能太长。如果用的光纤太长,则包括泵浦光在内的所有辐射将在光纤中被严重衰减,

收稿日期: 1981 年 7 月 20 日

导致从光纤出射的光很小。通过逐渐缩短光纤长度, 得到在我们的实验条件下, 光纤长为 12 米时较合适。进行摄谱时的曝光量需要上百次光脉冲。我们在实验中发现, 当泵浦光能较好地产生受激喇曼散射时, 光纤输入表面的破坏也较频繁, 这可能是由于在相应于  $3547 \text{ \AA}$  紫外部分的光纤材料的折射率较高和激光的强度起伏所致。紫外受激喇曼辐射的产生, 可以用紫外辐射打在一些纸片上的可见荧光来观测。为了便于调整, 我们采用焦距为  $f = 30 \text{ cm}$  的长焦距透镜来将  $3547 \text{ \AA}$  的泵浦光注入光纤。

图 2(a) 是用摄谱仪摄得的受激喇曼谱。图 2(b) 是各受激喇曼谱线的相对强度。由图 2(a) 的黑度曲线和相应的乳剂特性曲线进行相对强度标的换算时, 我们忽略了  $0.35 \mu\text{m}$  至  $0.38 \mu\text{m}$  光波段中乳剂反衬度的微小差异。

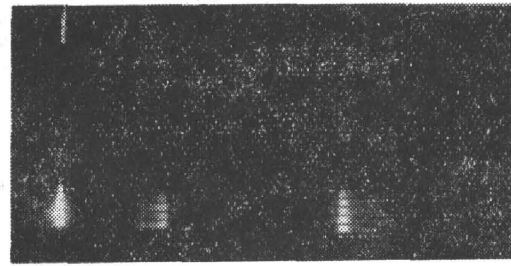


图 2(a) 用  $3547 \text{ \AA}$  激光泵浦, 在光纤中产生的受激喇曼散射谱

上面— $3547 \text{ \AA}$  泵浦光谱线;

下面—自左到右, 其峰值波长依次为  $3547 \text{ \AA}$ ,  $3610 \text{ \AA}$ ,  $3722 \text{ \AA}$  和  $3791 \text{ \AA}$

Fig. 2(a) Stimulated Raman scattering spectrum induced by

$3547 \text{ \AA}$  laser in optical fiber

up— $3547 \text{ \AA}$  pumping light;

down—the wavelength from left to right as  $3547 \text{ \AA}$ ,  $3610 \text{ \AA}$ ,  $3722 \text{ \AA}$  and  $3791 \text{ \AA}$

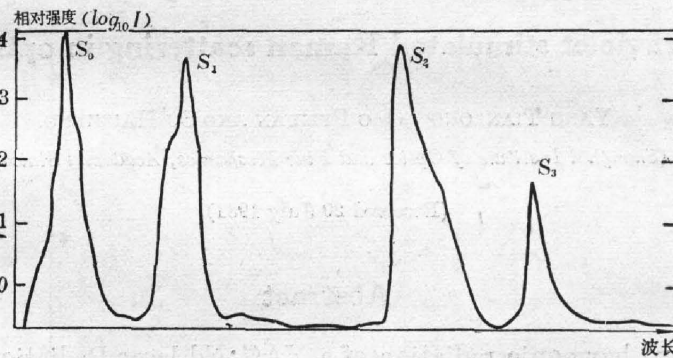


图 2(b) 用  $3547 \text{ \AA}$  泵浦, 在光纤中产生的受激喇曼散射谱的相对强度曲线

$S_0$ —泵浦光 ( $\lambda = 3547 \text{ \AA}$ );  $S_1$ — $\text{SiO}_2$  的一级斯托克斯散射 ( $\lambda_{\text{peak}} = 3610 \text{ \AA}$ );  $S_2$ — $\text{P}_2\text{O}_5$  的一级斯托克斯散射 ( $\lambda_{\text{peak}} = 3722 \text{ \AA}$ );  $S_3$ — $\text{SiO}_2$  的一级斯托克斯散射 ( $\lambda_{\text{peak}} = 3791 \text{ \AA}$ )

Fig. 2(b) Relative spectral intensity of stimulated Raman scattering pumped by  $3547 \text{ \AA}$  light in optical fiber

$S_0$ —pumping light ( $\lambda = 3547 \text{ \AA}$ );  $S_1$ —1st Stokes scattering by  $\text{SiO}_2$  ( $\lambda_{\text{peak}} = 3610 \text{ \AA}$ );  $S_2$ —1st Stokes scattering by  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $\lambda_{\text{peak}} = 3722 \text{ \AA}$ );  $S_3$ —1st Stokes scattering by  $\text{SiO}_2$  ( $\lambda_{\text{peak}} = 3791 \text{ \AA}$ )

由  $3547 \text{ \AA}$  泵浦光激发所产生的各受激喇曼散射峰的峰值波长依次为  $3610 \text{ \AA}$ 、 $3722 \text{ \AA}$  和  $3791 \text{ \AA}$ 。我们认为, 由于  $3610 \text{ \AA}$  的峰值波长对  $3547 \text{ \AA}$  激励光的频移量是  $490 \text{ cm}^{-1}$ , 它

应属于由泵浦光直接激励  $\text{SiO}_2$  四面体的二重简并形变振动的散射中心产生的一级斯托克斯受激喇曼散射; 由于  $3722 \text{ \AA}$  散射峰相对于  $3547 \text{ \AA}$  激励光的频移是  $1325 \text{ cm}^{-1}$ , 它应属于杂置于  $\text{SiO}_2$  晶格中的磷酸盐四面体的价键振动的散射中心对抽运光的一级受激斯托克斯喇曼散射<sup>[3]</sup>; 由于  $3791 \text{ \AA}$  散射峰相对于  $3722 \text{ \AA}$  散射峰的频移也是  $490 \text{ cm}^{-1}$ , 它应由  $\text{P}_2\text{O}_5$  的一级受激斯托克斯散射辐射再次泵浦  $\text{SiO}_2$  散射中心产生的受激斯托克斯散射。由图 2(b) 可知, 在我们的实验条件下,  $S_2$  和  $S_3$  的量级相差达两个量级, 因而完全有可能使受激喇曼散射  $S_2$  再次作为泵浦, 产生受激喇曼  $S_3$  的辐射。但是, 强度的相对大小并不是前一产生后一级的必然表现形式<sup>[4]</sup>, 有时可以反过来。这个问题我们将另文讨论。

上述结果与用  $0.532 \mu\text{m}$  激光泵浦时产生的前几个受激喇曼峰的频移结果一致。这些结果再次表明, 在掺杂  $\text{P}_2\text{O}_5$  的石英玻璃光纤中存在两种散射中心并可互相激发。由于紫外抽运时, 光纤端面易于被光损坏, 使得注入光纤的光功率不可能再大为提高, 因而我们没有观测到高级斯托克斯受激散射。可能是由于光损耗随波长变短而急速增大, 反斯托克斯受激散射也没有观测到。

我们的实验结果也证明, 至少在比  $3547 \text{ \AA}$  更长的波长范围中, 可用掺磷石英玻璃光纤作为低功率激光的受激喇曼变频器。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Gao Peijuan, Nie Chaoqing *et al.*; *Appl. Phys.*, 1981, **24**, No. 4 (Apr), 303.
- [ 2 ] H. G. Unger; «*Planar Optical Waveguides and Fiber*» (Clarendon Press, Oxford, 1977).
- [ 3 ] V. V. Grigoryants, B. L. Davydov *et al.*; *Opt. & Quant. Electron.*, 1977, **9**, No. 4 (Jul), 351.
- [ 4 ] D. von der Linde, M. Mayer *et al.*; *Phys. Rev.*, 1969, **178**, No. 1 (Feb), 11.

## The ultraviolet stimulated Raman scattering in optical fiber

YANG TIANLONG GAO PEIJUAN AND SU HAIZHENG

(*Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica*)

(Received 20 July 1981)

### Abstract

Using the third harmonic radiation of a YAG:Nd laser Radiation as excited light, we have observed the ultraviolet stimulated Raman scattering in optical fiber. The peak-wavelengths of stimulated Raman scattering were identified which distributed at  $3610 \text{ \AA}$ ,  $3722 \text{ \AA}$  and  $3791 \text{ \AA}$ . The corresponding scattering elements of separate peak of stimulated Raman scattering spectrum were analysed.