

# 在泵浦弄空情况下的喇曼效应

**Abstract:** Focusing position in Raman cells for pumping light is adjusted carefully. The intensity for backward Stokes light is increased, and pump depletion is produced. Two isolated pulses appear for the forward Stokes light.

## 一、引言

有关受激喇曼散射的理论和实验的文章是很多的,但应该指出的是关于受激喇曼散射的时间过程,特别是在泵浦弄空情况下<sup>[1]</sup>的受激喇曼散射的时间过程的研究是不够的,而这种研究对获得脉冲宽度可调谐的喇曼激光器是十分重要的。我们利用六路亚毫微秒激光器的一束进行了此项研究,并作了一定理论分析,给出了在泵浦弄空情况下喇曼散射时间特性的结果。

## 二、实验

我们采用如图1的实验装置。从主被动锁模激光器输出的脉冲列中选出单一脉冲,经过多级激光

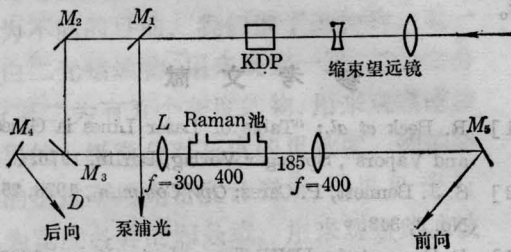


图1 受激喇曼散射实验装置

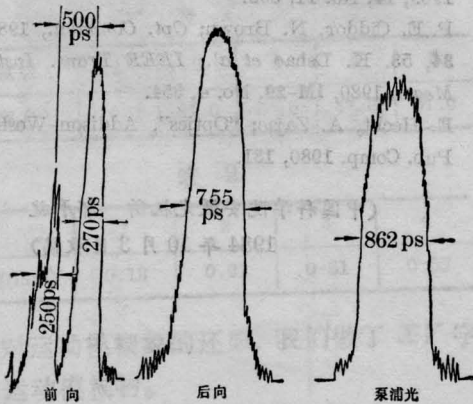


图2 受激喇曼散射的时间特性

器放大,能量达1J左右。然后经过2:1缩束望远镜缩束,经KDP晶体倍频获得5321Å的绿光脉冲。用反射镜M1反射出绿光一部分到高速探测器,大部分经由绿光全反射镜M2。M3用于照射装有乙醇的喇曼盒,其前向斯托克斯光经反射镜M5全反射到高速探测器,后向斯托克斯光经全反镜M4也全反射到高速探测器。为获得强的后向喇曼光,调整会聚透镜的焦点在样品盒中位置,使 $z = \frac{1}{2}ct_p$ ,焦点与样品盒输入端距离为65cm。在此情况下,我们测得泵浦光、前向和后向斯托克斯光波形如图2。泵浦光脉冲有稍许的幅度调制,脉冲半宽度约为862ps。后向斯托克斯光很强,它相对于前向斯托克斯光,多加了27倍的衰减片,脉冲宽度约为755ps。前向斯托克斯光分裂成两个脉冲,其间隔约为500ps。从脉冲波形可以看出,在脉冲泵浦下首先产生前向斯托克斯光,当泵浦光达到一定功率水平时,则开始产生后向斯托克斯光,造成泵浦弄空,使泵浦光脉冲呈现马鞍形。在马鞍第2峰处由于激光足够强,又重新产生前向斯托克斯光。故前向斯托克斯光呈现如图的马鞍形状。这表明了在受激喇曼过程中,前向和后向斯托克斯光的相互竞争过程。

## 三、理论分析

在我们实验中,由于采用的泵浦激光为800ps左右,而乙醇介质的失相时间为0.25ps,因此受激喇曼效应是稳态情况。忽略介质的色散和非线性吸收,可以得到激光和前、后向斯托克斯光的强度方程<sup>[1]</sup>

$$\frac{\partial I_L(x, t)}{\partial x} = -\frac{\omega_L}{\omega_s} (g_s I_L I_s + g_s^B I_L I_s^B) \quad (1)$$

$$\frac{\partial I_s(x, t)}{\partial x} = g_s I_L I_s \quad (2)$$

$$\frac{\partial I_s^B(x, t)}{\partial x} = -g_s^B I_L I_s^B \quad (3)$$

在我们实验条件下,后向斯托克斯光强甚大于

前向斯托克斯光强, 故在(1)式中可略去前向斯托克斯光成分。考虑到散射前后粒子数守恒, 则有

$$\frac{I_L(x)}{\omega_L} + \frac{I_s^B(x)}{\omega_s} = \frac{I_L(l)}{\omega_L} + \frac{I_s^B(l)}{\omega_s} \quad (4)$$

可得到

$$I_L(x) = \omega_L \left( \frac{I_L(l)}{\omega_L} + \frac{I_s^B(l)}{\omega_s} - \frac{I_s^B(x)}{\omega_s} \right) \quad (5)$$

其坐标表示如图3。

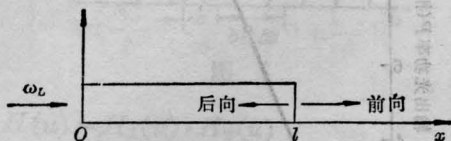


图3 喇曼散射坐标图

将(5)式代入(3)式, 则得

$$\frac{\partial I_s^B(x, t)}{\partial x} = \frac{\omega_L}{\omega_s} g_s^B (I_s^B)^2 - g_s^B I_s^B \left[ I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] \quad (6)$$

(6)式为柏努利方程。利用代换

$$V(x, t) = \frac{1}{I_s^B(x, t)} \quad (7)$$

则(6)式变为

$$\frac{dV(x, t)}{dx} - g_s^B \left[ I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] V(x, t) + \frac{\omega_L}{\omega_s} g_s^B = 0 \quad (8)$$

在  $x=0$  处, 可求出后向斯托克斯光的解

$$I_s^B(0, t) = \frac{\omega_s I_s^B(l, t) \left[ I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l, t) \right]}{e^{g_s^B \left[ I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] l}} = \frac{\omega_s \left[ I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l, t) \right]}{-\omega_L I_s^B(l, t) \left[ 1 - e^{g_s^B \left[ I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] l} \right]} \quad (9)$$

若后向斯托克斯光增益很大时, 则有

$$I_s^B(0, t) = \frac{\omega_s}{\omega_L} \left[ I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l, t) \right] \quad (10)$$

激光几乎全部转换成后向斯托克斯光。

若后向斯托克斯光增益很小, 则

$$I_s^B(0, t) = I_s^B(l, t) e^{g_s^B \left[ I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] l} \quad (11)$$

在(10)式情况, 后向斯托克斯光脉冲宽度与泵浦光脉冲宽度相同。这里假定了后向斯托克斯光产生前,  $l$  处泵浦光强度为输入的泵浦光强。在(11)式情况, 后向斯托克斯光很弱。上述公式中  $I_s^B(l)$  实际等于  $l$  处后向自发斯托克斯光, 它的数量级为  $10^{-2}$  W/cm<sup>2</sup>, 与  $I_L(l)$  相比可忽略。

若考虑泵浦光为高斯型

$$I_L(l, t) = I_L(l) e^{-\left(\frac{t-t_p}{\tau_p}\right)^2 \ln 2} \quad (12)$$

则可根据(9)式求出后向斯托克斯光脉冲形状, 它的脉冲宽度比泵浦光脉冲宽度窄。根据(5)式而可看出, 泵浦弄空后的光为两峰夹一谷的马鞍形状。

这个脉冲由喇曼介质焦点处  $l$  继续向右传播, 形成前向斯托克斯光, 它亦为泵浦弄空光脉冲形状。而图2中前向斯托克斯光的前峰和后峰的高低, 由透镜在介质中焦点的位置和泵浦光强决定。

## 参 考 文 献

- [1] A. Penzkofer et al.; *Prog. Quant. Electr.*, 1979, 6, No. 2, 55.

(中国科学院上海光机所 孟绍贤  
张伟清 林礼煌 林尊琪  
盛国平 谢梓铭 康玉英  
1984年11月5日收稿)

## 脉冲阈值法测注入式激光器的载流子寿命

**Abstract:** This paper describes the measurement of carrier lifetime of GaAs/GaAlAs DH lasers. Simplified experimental system without high speed detector and very broad band amplifier is used.

### 一、前言

以前载流子寿命  $\tau_c$  的测量方法多用延迟时间法<sup>[1]</sup>和频率响应法<sup>[2]</sup>, 但是这些方法都需要高速探

测器、高速信号源和宽带低噪放大显示系统, 而且由于高速信号因易受干扰而产生各种畸变。本文介绍的脉冲阈值法使用积分式的探测系统, 使高频检