

# 非稳腔 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光输出喇曼频移实验研究

钟鸣 韩凯

(西南技术物理研究所, 成都, 610041)

**摘要:** 本文报道了 $1.06\ \mu\text{m}$ 非稳腔激光输出经高压甲烷喇曼频移的实验研究结果。重点比较了喇曼激光和 $1.06\ \mu\text{m}$ 泵浦激光的光束质量。

## The Raman shifting experimental research of $1.06\ \mu\text{m}$ unstable-resonator laser

Zhong Ming, Han Kai

(Southwest Institute of Technical Physics)

**Abstract:** In this paper we report the Raman shifting experimental results of  $1.06\ \mu\text{m}$  unstable-resonator laser with a high pressure  $\text{CH}_4$  gas. The main work is a comparison of beam quality between the Raman laser and the  $1.06\ \mu\text{m}$  pump laser.

### 一、引言

$1.06\ \mu\text{m}$  Nd:YAG 激光经高压甲烷气体喇曼频移成 $1.54\ \mu\text{m}$ 激光输出, 已进入实用化阶段<sup>[1]</sup>。目前人们的工作主要集中在提高转换效率、重复频率以及改进喇曼激光光束质量。

楼祺洪<sup>[2]</sup>等研究了氯化氙激光光束质量对氢气受激喇曼散射转换效率的影响, 认为当聚焦区的功率密度大于阈值后, 光束质量的好坏直接影响喇曼频移的转换效率。

本文报道了由凸球面全反射镜及点膜输出片组成的非稳腔 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光输出经高压甲烷气体喇曼频移的实验研究结果。在 $25.3\ \text{mJ}$ 的 $1.06\ \mu\text{m}$ 输入下, 获得了 $7.8\ \text{mJ}$ 喇曼输出。喇曼转换效率达 $32\%$ 。采用阈值法测量了 $1.06\ \mu\text{m}$ 泵浦光和喇曼激光的发散角。并且利用高倍显微镜拍摄了 $1.06\ \mu\text{m}$ 泵浦光及 $1.54\ \mu\text{m}$ 喇曼激光的远场模式, 发现喇曼激光远场模式得到明显的改善。

### 二、实验装置及步骤

实验装置如图1所示, 图中, 1— $R=500\ \text{mm}$ 凸球面全反射镜; 2—BDN染料片; 3—Nd:YAG晶体 $\varnothing 5\ \text{mm} \times 70\ \text{mm}$ ; 4— $d_0=1.5\ \text{mm}$ 的点膜输出片; 5—准直透镜; 6—聚焦透镜与准直透镜充当喇曼盒封装窗口的一体化喇曼盒, 透镜焦距均

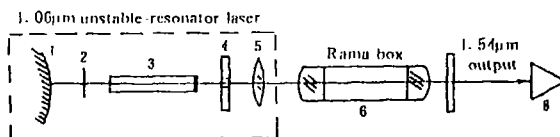


Fig. 1 The Raman shifting experimental setup of unstable resonator laser output

[4] 张松, 朱荆璞, 谭朝鑫. 材料科学进展, 1990, 4(2): 168

[5] 张树生, 王志平, 董晓强. 第六届全国焊接学术会议论文集, 西安, 1990, 5: 21

作者简介: 顾洪武, 男, 1959年6月出生。工程师。现从事激光熔敷工艺的基础研究与应用工作。

收稿日期: 1993年1月4日。

为 74mm, 甲烷充气气压 80atm; 7—1.06 $\mu\text{m}$  滤光片; 8—经标定的 LPE-1A 能量计。

首先设计并调试凸球面全反, 点膜输出非稳腔 1.06 $\mu\text{m}$  Nd:YAG 激光器, 经由标定的 LPE-1A 能量计测出其输出能量为 25.3 mJ, 采用透镜聚焦, 在焦点处获得远场光斑, 然后用高倍显微镜观察, 拍摄其模结构如图 2a 所示, 然后, 将非稳腔 1.06 $\mu\text{m}$  激光输出经喇曼盒进行喇曼频移, 由滤光片滤除 1.06 $\mu\text{m}$  泵浦光, 与 1.06 $\mu\text{m}$  激光一样的测量方式, 测得 1.54 $\mu\text{m}$  喇曼激光输出达 7.8 mJ, 远场模式结构如图 2b 所示, 泵浦光和喇曼激光能量测量采用多次测量取平均值。

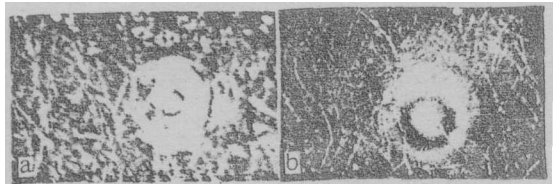


Fig. 2 The pictures of the 1.06  $\mu\text{m}$  pump laser and 1.54  $\mu\text{m}$  Raman laser far-field modes ( $\times 100$ )

### 三、实验结果及讨论

#### 1. 转换效率

1.06 $\mu\text{m}$  激光频移成 1.54 $\mu\text{m}$  激光的转换效率为 32%, 考虑到 1.06 $\mu\text{m}$  滤光片为常用的 1.06 $\mu\text{m}$  全反膜片, 对 1.54 $\mu\text{m}$  的透过率仅为 80% 左右, 因此实际的喇曼转换效率大于 32%。

#### 2. 远场模式改善

我们采用焦距为 125mm 的聚焦透镜会聚 1.06 $\mu\text{m}$  激光和 1.54 $\mu\text{m}$  激光, 用相纸置于焦平面上记录远场模式, 然后用高倍显微镜观察。图 2a 是 1.06 $\mu\text{m}$  远场光斑(显微放大倍率为 100 倍), 从图可以看出 1.06 $\mu\text{m}$  远场模式为多模结构。图 2b 是 1.54 $\mu\text{m}$  远场光斑(显微镜放大倍率亦为 100 倍), 显然为典型的低阶模。对于 1.06 $\mu\text{m}$  泵浦场, 由于 SRS 的非线性过程, 泵浦光低阶模对 SRS 起主要作用, 而高阶模对 SRS 贡献甚微, 因此 1.54 $\mu\text{m}$  模结构得到了较大的改善, 比较图 2a 和图 2b 就可知改善的程度。

采用阈值法我们分别测量了 1.06 $\mu\text{m}$  泵浦激光及 1.54 $\mu\text{m}$  喇曼激光的远场发散角分别为 2.1 mrad 和 2.4 mrad。有趣的是我们测量了 1.06 $\mu\text{m}$  泵浦光及 1.54 $\mu\text{m}$  喇曼激光的基模发散角分别为 0.4 mrad 和 0.8 mrad (即照片中心光斑的发散角), 这与文献[3]中关于半谐振腔喇曼激光发散角是泵浦光的两倍的结论是一致的。尽管喇曼激光发散角增大了一倍, 但由于模式得到了改善, 由泵浦场的高阶模改善为喇曼激光的低阶模, 因此, 发散角的增大由模式改善来弥补, 总的效果相当。

### 四、讨 论

喇曼激光光束质量与泵浦光束质量关系究竟怎样, 这是使用者极为关心的事。我们的试验说明在模式结构上, 喇曼激光得到了较大的改善, 但是低阶模的发散角增大了一倍, 因此总的发散角没有多大的改善。如果我们进一步改善泵浦光的模式, 使其成为低阶模, 则喇曼激光的模式完全可以成为 TEM<sub>00</sub> 模。有关理论上的定量分析需进一步进行。

#### 参 考 文 献

- [1] Nichols R W, Ng W K. SPIE, 1986, 601, 92
- [2] 楼祺洪, 霍芸生, 董景星 *et al.* 中国激光, 1988, 15(10), 598
- [3] Gregor E, Nieuwama, Stultz RD. SPIE, 1990, 1207, 124

作者简介: 钟 鸣, 男, 1957 年 5 月出生。副研。现从事激光器件与技术的研究工作。

收稿日期: 1992 年 12 月 31 日。