

可见光区宽带可调谐激光光限制器实验研究

查子忠 王 军 赵晓彦 焦 华 王 骥

(哈尔滨工业大学光电子技术研究所, 哈尔滨 150001)

摘 要 报道了可见光波段可调谐激光防护的实验研究结果。

关键词 非线性悬浮液, 光限制器, 可调谐激光。

1 引 言

由于用于激光武器的激光谱线日益增多和可调谐激光的应用与发展, 对于宽带可调谐激光防护的需求越来越迫切。基于线性光学原理的激光防护, 由于它只对波长敏感, 对强度不敏感, 对波长相同, 强度不同的光辐射具有相同的恒定透射率, 故在原理上, 它不可能实现宽带可调谐激光防护^[1]。如果人眼戴上能防 0.4~ 0.76 μm 激光防护镜, 则什么也看不见了。80年代发展的基于非线性光学原理的光限制器, 由于它不仅对波长敏感, 且对强度也敏感。对波长相同, 强度不同的光辐射具有不同透射率, 对弱辐射呈高透射, 对强辐射呈低透射特性, 使得它在原理上有可能实现宽带可调谐激光防护^[1]。但至今发表的光限制器研究都是单波长激光光限制器, 例如 $\lambda = 1.06 \mu\text{m}$ 或(和) $0.53 \mu\text{m}$ 。本文报道在 0.4~ 0.7 μm 范围宽带可调谐激光光限制器的实验结果。

2 实验研究

2.1 材料选取

实现宽带可调谐激光光限制器的关键是宽带非线性光学材料。本实验是用非线性悬浮液作为宽带非线性光学材料, 其溶质选用从墨汁中提取的碳颗粒, 溶剂选用流动性较好的甲醇。文献[2]对这种悬浮液的非线性机制已作了详细的实验研究。这种悬浮液在强激光照射下, 悬浮的碳颗粒通过线性吸收激光能量而被加热, 当吸收能量达到碳颗粒热介离温度时, 形成微观等离子体, 这种微观等离子体引起入射激光的强烈散射, 其非线性机制主要是非线性散射。由于碳颗粒是黑色的, 对于辐射的吸收无明显选择性, 故这种悬浮液的非线性带宽可以很宽。

2.2 实验装置

实验装置如图1所示。为了证实这种悬浮液的非线性在可见光区是否具有宽带特性, 本文选用了准分子激光泵浦的脉冲可调谐染料激光, 通过更换染料, 可调谐范围达到 0.4~ 0.7

μm 。此外,还选用了调 Q YAG 激光 $0.53 \mu\text{m}$ 和调 Q 红宝石激光 $0.6943 \mu\text{m}$, 在 $0.4\sim 0.76 \mu\text{m}$ 波段内, 实验样品在分光光度计上测得的透射率不低于 70% 。样品池用石英材料制成, 厚度 1 cm 。由于不同波长激光器输出能量不同, 根据实验需要, 选用不同焦距透镜, $f = 7\sim 15 \text{ cm}$, 在入射激光通量 悬浮液非线性输入阈值前提下, 保证能量计 E_2 接收到的能量接近入射能量的 60% , 选取 L 值, $L = 15\sim 25 \text{ cm}$, 激光能量计 E_1 和 E_2 的接收面直径 $d \approx 1 \text{ cm}$, 灵敏度为 $1 \mu\text{J}$, 光谱范围 $0.25\sim 25 \mu\text{m}$ 。

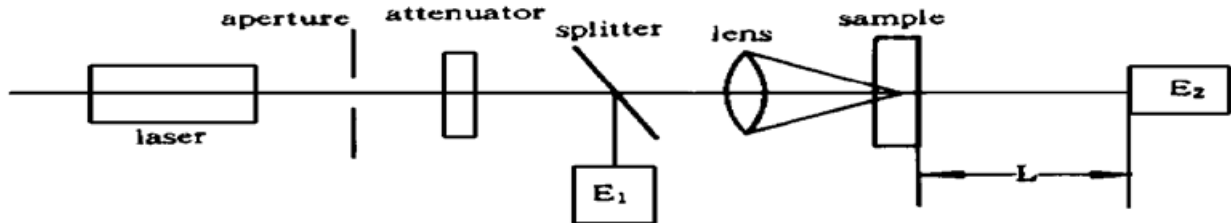


Fig. 1 Experiment setup for measuring output versus input of suspensions

2.3 实验结果

1) 当输入能量很弱时, 观察不到明显光散射现象: 当入射能量增加到一定值时, 明显地观察到入射激光向四周散射的现象, 入射能量越大, 散射光越强。

2) 定量实验结果如图 2 所示。

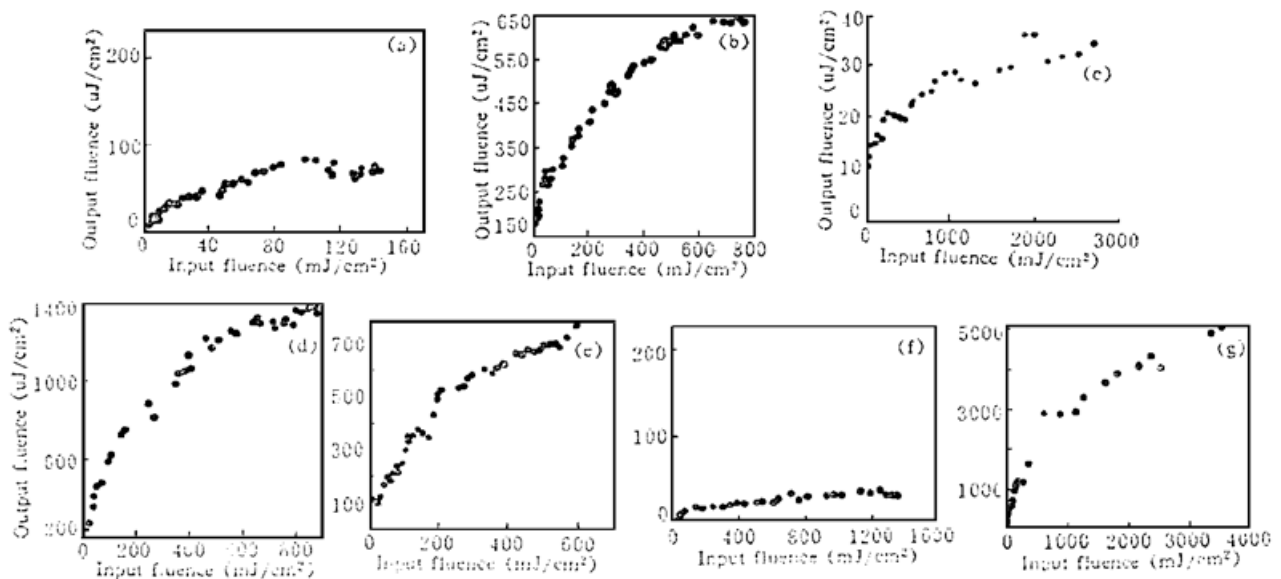


Fig. 2 (a) output versus input at $\lambda = 0.425 \mu\text{m}$, pulse width= 12 ns for dye laser,
 (b) output versus input at $\lambda = 0.467 \mu\text{m}$, pulse width= 12 ns, for dye laser,
 (c) output versus input at $\lambda = 0.53 \mu\text{m}$, pulse width= 8 ns for frequency-doubled Nd:YAG laser,
 (d) output versus input at $\lambda = 0.580 \mu\text{m}$, pulse width= 12 ns. for dye laser,
 (e) output versus input at $\lambda = 0.590 \mu\text{m}$, pulse width 12 ns for dye laser,
 (f) output versus input at $\lambda = 0.660 \mu\text{m}$, pulse width= 12 ns. for dye laser,
 (g) output versus input at $\lambda = 0.6943 \mu\text{m}$, pulse width= 30 ns for ruby laser

实验结果表明:

1) 从观察到的实验现象看, 所制备的悬浮液具有强的非线性散射效应。

2) 从图 2 看到, 当入射通量低于非线性输入阈值时, 输出-输入关系是线性的, 当入射通量大于输入阈值时, 输出-输入关系是非线性的, 对所测激光的衰减倍数大约为 10^3 左右。由于所测激光谱线是任选的, 故可认为悬浮液的非线性带宽复盖的范围至少为 $0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$, 在该波段内, 对任意波长激光均具有光限制特性。

3) 从实验曲线看到, 悬浮液的最小输入阈值大约为 20 mJ/cm^2 , 最大输入阈值大约为 300 mJ/cm^2 , 这是因为悬浮液的非线性阈值与悬浮液浓度, 碳颗粒尺寸和激光波长有关。每次实验所用悬浮液浓度, 碳颗粒尺寸和激光波长不同, 故输入阈值也不同。

4) 由于实验所用激光脉宽为 $8 \sim 30 \text{ ns}$, 故可以认为它对激光的响应时间 $< 8 \text{ ns}$ 。

结 论 本文用从墨汁中提取的碳颗粒构成的非线性悬浮液作为非线性光学材料, 测试了悬浮液在可见光波段的光限制特性, 实验证明, 悬浮液呈现出明显的非线性散射效应。悬浮液的非线性带宽在可见光区复盖范围至少为 $0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$, 对该波段内任意波长激光衰减倍数大约为 10^3 、响应时间 $< 8 \text{ ns}$ 。本文报道的可见光波段宽带可调谐激光光限制器的实验研究结果, 虽未达到实用要求。但它证明, 基于非线性光学原理的激光防护, 只要选取适当的方案和材料是可以实现宽带可调谐激光防护的。

参 考 文 献

- [1] 查子忠, 胡 易, 用非线性光学原理实现激光防护. 激光技术, 1994, 18(2): 69~ 73
[2] Kamjou Mansour, Nonlinear optical properties of carbon-black suspensions (ink). *J. Opt. Soc. Am.*, 1992, 9(7): 1100~ 1109

Optical Limitor for Broadband Tunable Laser in Visible Region

Zha Zizhong Wang Jun Zhao Xiaoyan Jiao Hua Wang Qi

(*Research Institute of Opto-Electronics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001*)

(Received 7 April 1996; revised 10 December 1996)

Abstract The experimental results of optical limitor for broadband tunable laser in visible region are reported.

Key words nonlinear suspension, optical limitor, tunable laser.