

脉冲激光倍频产生的光声信号的研究

曾传相 刘训章 周业为 谢建 周昕 黄援朝

(四川联合大学光电科学技术系 成都 610064)

提要 当调 Q YAG 脉冲激光在 LiIO_3 晶体中产生倍频时, 由于部分基频光转换成倍频光, 激光在倍频晶体中产生的光声信号将会增强, 并随晶体的倍频位相失配角变化。报道了有关的实验结果, 并进行了分析。

关键词 脉冲激光, 激光倍频, 光声信号

1 引 言

光声效应是一种重要的物理现象, 它是由于物质吸收光而热膨胀产生声波或应力波。作为测量小吸收系数或非发光物质性质的一种重要手段, 近些年来光声技术的研究受到很大重视, 成为物理、化学、生物学和医学等领域的一种重要分析方法^[1~3]。

在非线性光学现象中, 由于强光在非线性介质中产生的非线性极化作用, 为光波间和光波与声波间的耦合及能量交换创造了条件, 光波、声波的性质将会发生变化。因此, 在非线性光学过程中, 激光产生的光声效应必将会有所变化。激光倍频是一种最基本、最广泛研究和使用的

非线性光学现象, 从此现象着手研究了调 Q YAG 脉冲激光在 LiIO_3 晶体中倍频时的光声信号。2

实验装置和结果

实验装置如图 1 所示。一台 BDN 调 Q 的 YAG 脉冲激光器用作实验光源, 它提供脉宽为 10 ns, 峰值功率大于 10 MW 的脉冲激光。倍频晶体为一块厚 9.5 mm, 通光面为 21 mm × 20 mm 的 LiIO_3 晶体, 其通光方向垂直于通光面, 并与光轴成 $29^\circ 30'$, 是倍频的位相匹配方向。晶体通光面上镀有增透膜。晶体置于一个精密调节台上, 并用测角仪器监视晶体位置的转角变化。用石蜡作粘结过渡剂, 将一块 PZT 压电换能器固定在倍频晶体的 9.5 mm

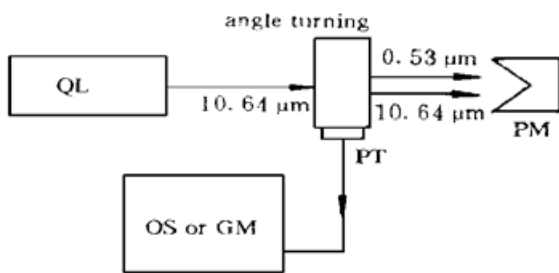


图 1 实验装置示意图

QL: Q 开关 YAG 脉冲激光器; SC: 倍频晶体 LiIO_3 ; PT: 压电换能器; OS: 示波器; GM: 检流计; PM: 功率计

Fig. 1 Schematic diagram of the experimental arrangement

QL: Q-switched YAG pulse laser; SC: SHG crystal LiIO_3 ; PT: piezoelectric transducer; OS: oscilloscope; GM: galvanometer; PM: power meter

×21 mm 侧面, 以便检测倍频晶体中激光产生的光声信号。为了避免倍频晶体旋转对基频光的影响, 实验中采用非聚焦光束的腔外倍频方案。压电换能器的信号输出连结到示波器上以观察光声信号的波形, 或连结到光点检流计上以显示光声信号峰值强度的相对变化。为观察 LiIO₃ 晶体中激光脉冲产生的光声信号波形, 将压电换能器的信号输出连结到示波器的输入端上。图 2 示出了 YAG 脉冲激光(基频光)为 10 MW 时倍频晶体中产生的光声信号波形。图 2 (a) 为晶体处于远离倍频位相匹配角即不产生倍频光的情况; 图 2(b) 为晶体处于倍频位相匹配角即倍频光最强时的情况。从中可看出, 二者的信号波形相似, 但后者较强。

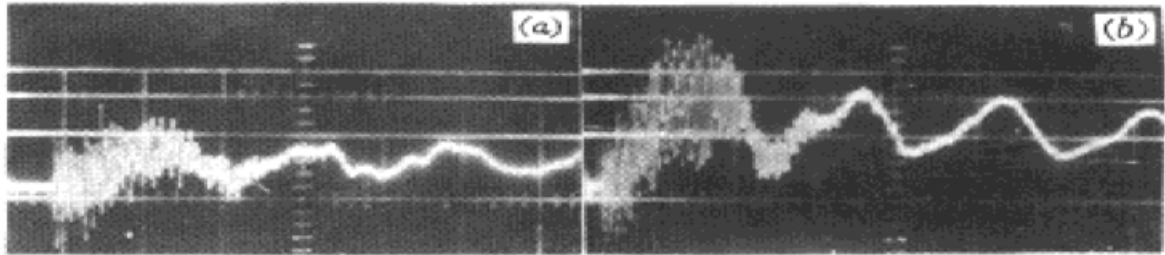


图 2 在倍频晶体 LiIO₃ 中激光产生的光声信号示波图
(时标: 0.1 ms/div, 幅标: 0.5 V/div, 激光功率: 10 MW)
(a) 倍频晶体处于位相失配角处; (b) 倍频晶体处于位相匹配角处

Fig. 2 Oscillogram of the laser-induced optoacoustic signals in the SHG crystal LiIO₃
(time scale: 0.1 ms/div, amplitude scale: 0.5 V/div, laser power: 10 MW)

(a) the SHG crystal is in a phase-mismatching angle; (b) the SHG crystal is in a phase-matching angle

为检测脉冲激光所产生的光声信号峰值强度 I 随倍频位相失配角 $\Delta\theta$ 的变化, 将压电换能器的信号输出连结到光点检流计输入端上, 以其读数相对指示光声信号的峰值强度。图 3 为基频光功率为 10 MW 时激光产生的光声信号峰值强度(曲线 1), 以及激光所产生的倍频光强度(曲线 2)与倍频位相失配角 $\Delta\theta$ 的关系曲线, 二者的强度均为归一化值。从上可看出, 倍频光强度变化的位相失配角为 $\pm 1^\circ$, 正是在这一角度范围内光声信号的强度随倍频光相应变化。

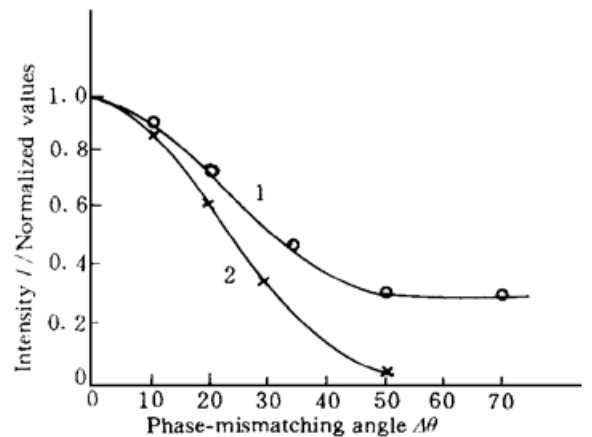


图 3 倍频晶体中激光产生的光声信号峰值强度(曲线 1)和倍频光强度(曲线 2)与二次谐波位相失配角 $\Delta\theta$ 的关系曲线(激光功率为 10 MW)

Fig. 3 Peak intensity of the laser-induced optoacoustic signal (curve 1) and SHG intensity (curve 2) in the SHG crystal as a function of the SHG phase-mismatching angle $\Delta\theta$ (the laser pulse power: 10 MW)

3 讨 论

从上述可看出, 倍频晶体中激光产生的光声信号的变化, 同激光倍频过程密切相关。在我们的非聚焦光束的腔外倍频中, 大约有 30% 的 1.064 μm 的基频光转换成 0.532 μm 的倍频光。这两种光的差别在于频率相差一倍, 偏振方向相差 90°。测量了倍频晶体对倍频光和基频光的透过率, 前者比后者

低 10%。因此,在产生倍频时倍频晶体对基频光和倍频光的总吸收率大于不产生倍频时对基频光的吸收率,这是引起激光倍频时光声信号增强的重要因素。此外,在激光倍频过程中,基频脉冲光引起倍频晶体的非线性极化,以及单轴晶体 LiIO_3 的光学各向异性所形成的寻常光与非常光之间的位相匹配,造成基频光与倍频光间耦合和能量交换,使部分基频光转换成倍频光。这个强作用与转换过程,有可能在倍频晶体中产生应力,从而也会引起光声信号的变化^[4]。

参 考 文 献

- 1 A. Hordvik, H. Schlossberg. Photoacoustic technique for determining optical absorption coefficients in solids. *Appl. Opt.*, 1977, **16**(1): 101~ 107
- 2 C. K. N. Patel, A. C. Tam. Pulsed optoacoustic spectroscopy of condensed matter. *Rev. Mod. Phys.*, 1981, **53**(3): 517~ 550
- 3 Li Zhiyong, Zhu Wenhui, Cheng Jingyi *et al.*. Experimental study of high-power pulsed laser induced shock waves in aluminum targets. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1997, **A24**(3): 259~ 262 (in Chinese)
- 4 F. Zernike, J. E. Midwinter. *Applied Nonlinear Optics*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1973. 71~ 72, 98~ 99

Investigation of the Optoacoustic Signal Induced by SHG of a Laser Pulse Radiation

Zeng Chuanxiang Liu Xunzhang Zhou Yewei

Xie Jian Zhou Xin Huang Yuanchao

(Department of Optoelectric Science and Technology, Sichuan United University, Chengdu 610064)

Abstract When a Q -switched YAG laser pulse radiation produces SHG in a LiIO_3 crystal, due to converting part of the fundamental radiation into the SHG radiation, the optoacoustic signals in the SHG crystal induced by the laser radiation will be enhanced, and vary with the SHG phase-mismatching angle of the crystal. This paper reports experimental results and gives an analysis.

Key words laser pulse radiation, second harmonic generation (SHG) of laser radiation, optoacoustic signal