

# ps 参量放大效应

崔益本 祁红星 李公普 潘忠汉  
(中国科学院安徽光学精密机械研究所)

## 提 要

本文报道用  $0.53\mu\text{m}$  波长超短脉冲序列泵浦角度调谐的  $\text{LiNbO}_3$  参量晶体, 获得 1% 单程参量放大能量转换效率, 并在  $0.8\sim 1.6\mu\text{m}$  范围测得参量信号光和空载光波长调谐曲线。

关键词: 超短脉冲序列泵浦光源; 参量放大效应;  $\text{LiNbO}_3$  参量晶体。

## 一、实验装置

实验使用 Nd:YAG 被动锁模器件作为  $1.06\mu\text{m}$  基波振荡光源<sup>[1,2]</sup>。在锁模谐振腔内插入偏振片, 使脉冲序列以 O 光偏振状态输出。用双光子荧光法测得  $1.06\mu\text{m}$  超短脉冲的宽度约 40 ps。经过放大和信频, 产生  $0.53\mu\text{m}$  光偏振脉冲序列。在倍频输出端用  $1.06\mu\text{m}$  全反射及  $0.53\mu\text{m}$  高透射的膜片滤光, 获得单纯  $0.53\mu\text{m}$  波长的参量泵浦光源。经用  $f=30\text{cm}$  透镜聚焦, 使作用于参量晶体的泵浦光峰值功率密度达几  $\text{GW}/\text{cm}^2$ 。 $\text{LiNbO}_3$  参量晶体按角度调谐和工类相位匹配进行切割, 尺寸为  $20\times 10\times 10\text{mm}^3$ 。 $\text{LiNbO}_3$  晶体切割角  $\theta_{cr}\approx 80^\circ$ ,  $\theta_{cr}$  表示晶体光轴与晶体入射面法线的夹角。根据  $d_{eff}=2(d_{13}\sin\theta-d_{22}\cos\theta\cdot\sin\varphi)$ , 取方位角  $\varphi=90^\circ$ , 可使有效非线性系数  $d_{eff}$  最大。按此角度切割的  $\text{LiNbO}_3$  参量晶体, 可在近红外波段调谐。参量晶体安装在经纬仪转动台上, 转动精度为分量级。

参量光脉冲序列用 TD44 型光电强流管接收和 485 型示波器显示, 强流管光谱响应范围  $0.4\sim 1.2\mu\text{m}$ 。调谐波长用光栅单色仪测定, 并用高灵敏度 InSb 探测器和 SBM-14 型示波器监测。实验装置如图 1 所示。

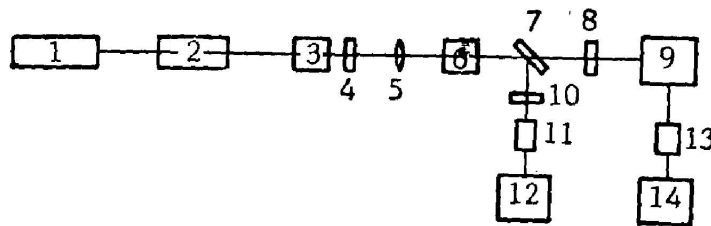


Fig. 1 Schematic of experimental system.

1—Nd:YAG mode-locked laser; 2—Nd:YAG amplifier; 3— $\text{LiNbO}_3$  frequency doubled crystal; 4—Filter,  $0.53\mu\text{m}$  high transmission,  $1.06\mu\text{m}$  high reflection; 5—Lens  $f=30\text{cm}$ ; 6— $\text{LiNbO}_3$  parametric crystal; 7—Beam splitter; 8, 10— $0.53\mu\text{m}$  rejection filter, parametric light high transmission; 9—Grating monochromator; 11—TD44 photomultiplier; 12—Tektronix 485 oscilloscope; 13—InSb detector; 14—SBM-14 oscilloscope

收稿日期: 1987年1月3日; 收到修改稿日期: 1987年7月8日

## 二、实验结果和讨论

### 1. 观察参量放大现象

把参量晶体放在正交入射位置, 输出的参量光处在调谐曲线的中间部位, 便于观测。泵浦光束用透镜聚焦, 为避免严重损伤晶体, 将聚光焦点适当避开参量晶体中心部位。先在泵浦光路上参量晶体前插入一块透红外而不透可见光的滤光片, 此时  $0.53 \mu\text{m}$  泵浦光被滤光片挡住而不产生参量效应。用高灵敏度数字显示能量计在参量晶体后面监测。由于测量光路上仍有微弱的  $1.06 \mu\text{m}$  背景光, 故能量计有读数显示。再把该滤光片移至参量晶体后到能量计炭斗之间, 发现读数显示增大了数倍, 显然这是参量晶体产生放大作用的结果, 因为对同一块滤光片, 虽然插入位置不同, 但插入损耗是基本相同的。用示波器观察时,  $1.06 \mu\text{m}$  背景光仍形成干扰, 为此在泵浦光路上加插  $1.06 \mu\text{m}$  全反射片, 直至干扰排除。至此, 把参量晶体从光路上移开, 示波器屏上无显示, 再把晶体放进光路, 屏上就显示出参量脉冲序列。图 2(b) 所示参量脉冲序列波形在本实验中出现几率较大。

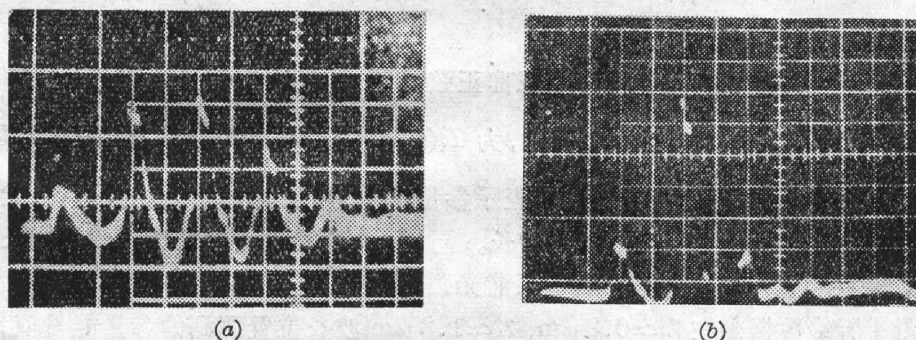


Fig. 2 Oscilloscope traces showing

(a) pump pulse trains

(b) the parametric pulse trains. (Time scale is 10 nsec per major division)

从光脉冲序列波形比较上可以看出, 由于泵浦光边缘脉冲产生的参量效应相对较弱, 在示波屏上显不出来, 故而参量光脉冲序列的脉冲个数有所减少。又因为参量光强与泵浦光强呈指数关系, 这就使得泵浦脉冲序列之间的幅度差在转为参量脉冲序列之后变得更大一些, 结果形成中间脉冲高度较为突出的形状。另外温度条件的影响也很明显, 由于  $\text{LiNbO}_3$  折射率温度系数大, 故角度调谐晶体也须保持恒温, 否则容易引起脉冲序列变化不稳, 对应的调谐波长也会出现飘移。

### 2. 调谐曲线测量

在测量调谐曲线过程中, 由于参量晶体转动角度范围大, 使得被测光束往往偏离单色仪的入射狭缝, 影响光信号的接收测量。为此在测量光路上加一汇聚透镜, 可以减少相对单色仪的移动。图 3 给出实测波长调谐曲线, 信号光为  $0.8 \sim 0.94 \mu\text{m}$ , 空载光  $1.22 \sim 1.56 \mu\text{m}$ 。在这两段调谐曲线之间尚有一段间断区, 原因是在室温条件下, 这种参数规格的  $\text{LiNbO}_3$  晶体达不到简并点调谐区, 可以通过温度调谐方式来连接。使用本晶体, 稍加改变角度位置, 便能处于  $\theta = 90^\circ$  状态工作, 再将晶体温度由室温降至  $-10^\circ\text{C}$  以下, 便可实现整段间断区的连续调谐。

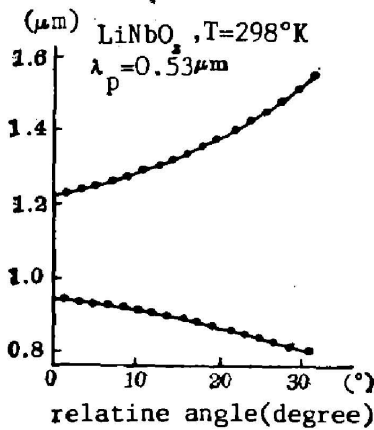


Fig. 3 Measured angular tuning curves of parametric LiNbO<sub>3</sub> crystal ( $\theta_{or}=80^\circ$ , at 25°C)

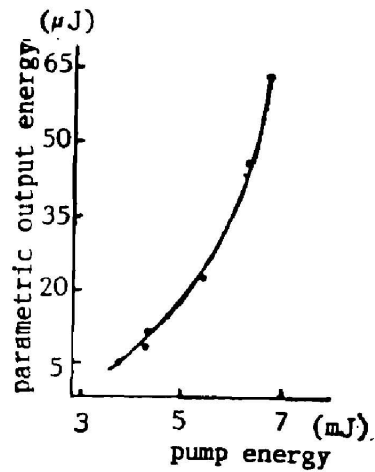


Fig. 4 Measured energy of parametric amplification as a function of pump energy

### 3. 参量放大能量测量

单程参量放大信号和空载光强可用双曲正弦函数式表示<sup>[3]</sup>, 信号光强  $I_s(z)$  可写成如下关系:  $I_s(z) \propto I_s(0) \sinh^2(\nu z)$ , 当  $\nu z \gg 1$  时, 为  $I_s(z) \propto \frac{1}{2} I_s(0) \exp 2\nu z$ , 其中  $I_s(0)$  是初始信号强度,  $z$  是晶体中参量相互作用长度,  $\nu$  表示参量增益, 并且  $\nu \propto I_p^{1/2}$ . 由此可知, 当泵浦光强  $I_p$  足够大时, 参量信号光按指数形式增长. 同样, 参量空载光也表现类似的增长形式.

我们实验使用加衰减的方法来改变泵浦光强, 由此测得不同泵浦能量相对应的参量放大能量. 图 4 所给数据是在  $\lambda_s \approx 0.9 \mu\text{m}$ ,  $\lambda_i \approx 1.3 \mu\text{m}$  波长位置测到的参量能量值.

测量结果表明, 随泵浦光强增加, 参量输出能量有明显增长形式, 在本实验条件下, 可获得近 1% 的参量能量转换效率. 但在较高泵浦强度下, LiNbO<sub>3</sub> 晶体表面出现损伤斑, 影响了输出能量的提高.

## 三、结 束 语

用 ps 脉冲序列泵浦单块 LiNbO<sub>3</sub> 参量放大晶体, 获得近红外波段调谐和较好的参量放大能量转换效率. 实验采用单程参量放大和角度调谐相结合的方式, 较好地体现了简便快速的调谐特点. LiNbO<sub>3</sub> 晶体出现面损伤, 反映了这种晶体自身的性质缺陷. 采用超短单脉冲及非聚焦方式泵浦, 既可提高参量转换效率, 又能适当减轻 LiNbO<sub>3</sub> 晶体光损伤. 过高增大泵浦光强, 会引起 LiNbO<sub>3</sub> 晶体对 0.53  $\mu\text{m}$  光的非线性吸收<sup>[4]</sup>, 造成透过率下降, 这也是需要注意的方面. 参量晶体采取两块串接放大结构, 对于提高参量输出功率, 改善输出光方向性和光谱特性都是很有益的途径.

### 参 考 文 献

- [1] A. Seilmeier and W. Kaiser; *Appl. Phys.*, 1980, **23**, 113.
- [2] Yuichi Tanka *et al*; 1978, **25**, 273.

- [3] R. G. Smith; "In *Laser Handbook*", (ed. by F. T. Arecchi and E. O. Schulz-Dubis; North-Holland, Amsterdam, 1972), 837.
- [4] D. V. D. Linde *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1974, **25**, 155.

## The effect of parametric amplification produced picosecond pulses

CUI YIBEN, QI HONGXING, LI GONGPU AND PAN ZHONGHAN  
(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 3 January 1987; revised 8 July 1987)

### Abstract

In this paper the parametric  $\text{LiNbO}_3$  crystal of angular tuning pumped by  $0.53 \mu\text{m}$  trains of picosecond ultrashort pulses was reported. We have obtained energy converse efficiency 1% of single-pass parametric amplification. The frequency range  $0.8 \sim 1.6 \mu\text{m}$  of tuning curves of the signal and idler pulses was measured.

**Key words:** ultra short pulse trains pumping source; parametric amplifier effect;  $\text{LiNbO}_3$  parametric crystal.