

利用预置光栅的脉冲信号光自泵浦 相位共轭特性研究*

李晓莉¹ 石顺祥¹ 赵 卫²

(1 西安电子科技大学技术物理学院, 西安 710071)

(2 中国科学院西安光学精密机械研究所, 瞬态光学国家重点实验室, 西安 710068)

摘 要 针对光折变晶体响应慢的问题, 提出了一种预置光栅技术, 该预置光栅可由另外的独立预置光源产生. 通过对采用预置光栅的光折变晶体自泵浦相位共轭特性及其物理机制进行的实验研究证实, 采用预置光栅技术可以大大缩短低重复频率、窄脉冲信号光的光折变自泵浦相位共轭的响应时间, 因此对于低重复频率、窄脉冲光的自泵浦相位共轭应用有重要的实用价值.

关键词 光折变; 预置光栅; 自泵浦相位共轭

中图分类号 TN248.1 **文献标识码** A

0 引言

众所周知, 光折变晶体中的自泵浦相位共轭技术在光信息存储、相位共轭激光器^[1,2]、光通信、神经网络等领域内有着广泛的应用前景, 并且一直是人们研究的热点. 由于响应时间与入射光强有很大关系, 人们先后研究了 ns, ps, 以及 fs 脉冲光折变自泵浦相位共轭技术.

由于光折变效应是一个慢响应过程, 尤其是对于低重复频率、窄脉冲的脉冲光来说, 其响应时间更长, 因此严重地影响了它的应用. 为了解决自泵浦相位共轭应用中响应时间慢的问题, 本文提出了一种预置光栅技术, 该预置光栅可由另外的独立预置光产生. 利用预置光栅技术, 可以大大缩短低重复频率、窄脉冲信号光的自泵浦相位共轭响应时间, 完全不影响其自泵浦相位共轭特性, 因此对于低重复频率、窄脉冲光的自泵浦相位共轭应用, 有重要的实用价值.

1 预置光栅自泵浦相位共轭的概念

自泵浦相位共轭是指入射到光折变晶体上的一束光, 通过晶体中的光扇效应和四波混频效应, 自洽地产生入射光的相位共轭光的过程. 由于光折变效应响应时间长, 所以低重复频率、窄脉冲光到达稳定的自泵浦相位共轭状态时间很长.

预置光栅自泵浦相位共轭如图 1, 首先利用与信号光完全独立的另外的激光器产生的预置光, 在光折变晶体内建立起预置的自泵浦相位共轭光栅, 并产生其相位共轭光. 如果预置光与信号光同波长,

则应调整预置光的入射参数与信号光基本相同. 当需要信号光自泵浦相位共轭工作时, 在除去预置光的同时, 引入信号光, 则信号光在预置光栅的基础上, 可在极短的时间内, 通过光折变效应, 稍稍修正预置光栅, 即可建立起自己的自泵浦相位共轭稳定光栅, 并产生自泵浦相位共轭光.

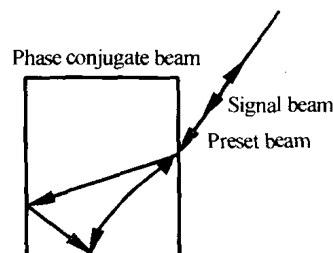


图 1 预置光栅自泵浦相位共轭原理图
Fig. 1 Schematic diagram of SPPC based on preset grating

2 预置光栅自泵浦相位共轭实验研究

2.1 实验装置和结果

本文采用的实验装置如图 2, 图中的激光器 1、2 分别是两台独立的 Ar⁺ 激光器, P1、P2 是两个半波片, 保证入射到晶体上的光是 e 光入射; AO 为声光调制器, 使得透射光为脉冲调制光, 重复频率为 80 Hz, 脉冲宽度为 30 ns; PC 为畸变介质, 用以检测

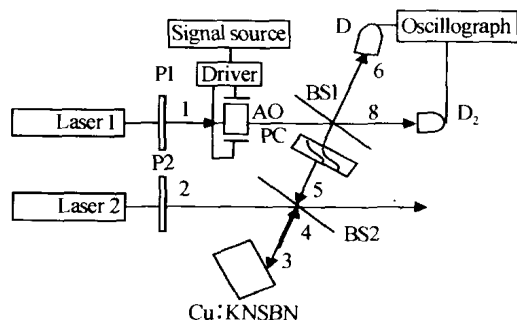


图 2 预置光栅自泵浦相位共轭实验原理图
Fig. 2 Schematic of experiment setup for SPPC for pulse signal beam based on preset grating

* 国家部委基金资助项目 (51402030101DZ01)
Tel: 029-88202561 Email: lx18201@sohu.com
收稿日期: 2003-12-24

晶体反射光的相位共轭特性;光折变晶体为 $5 \times 5 \times 6$ mm 的 Cu:KNSBN.

实验时,先打开激光器 2 使预置光 3 在晶体内形成稳定的最佳自泵浦相位共轭状态,然后,关掉激光器 2,同时打开激光器 1,使经过 AO 的调制信号光 5 沿着与光 3 相同的人射参数(位置、方向)入射到晶体中,观察晶体对光 5 的反射特性.

实验证明,当单独利用平均功率为 0.96 mW 的调制光 5 进行实验时,大约需经 30 min 才能建立起稳定的自泵浦相位共轭状态,而当采用了功率为 2.38 mW 的连续预置光 3 建立预置光栅后,再用调

制光 5 进行实验,约经过 7 min 即已达到稳定的自泵浦相位共轭状态,其反射光 6 沿着入射光 5 的光路返回.

2.2 波前畸变修正特性

为验证预置光栅自泵浦相位共轭光的相位共轭特性,实验中分别拍摄了 7 分钟时的入射光 1、畸变信号光 5 和经过畸变介质 PC 的反射光 6 的光斑如图 3 (a)(b)(c). 可以看出,反射光 6 与入射光 1 的光斑基本相同,说明此时光折变晶体的反射光是入射光的自泵浦相位共轭光,具有修正波前畸变的能力.

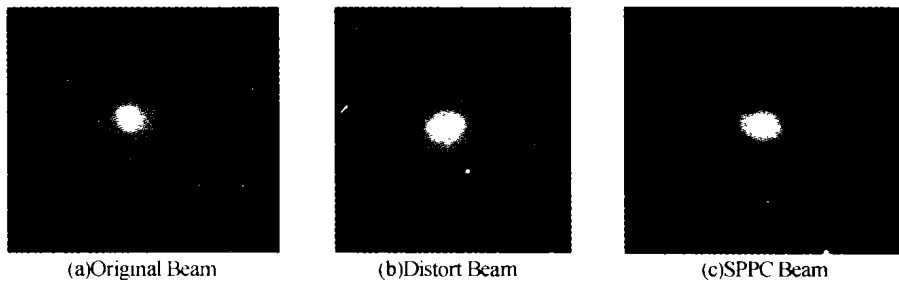


图 3 信号光与自泵浦相位共轭光的光斑
Fig. 3 Beam of the signal and SPPC

2.3 时域特性

为确定预置光栅自泵浦相位共轭产生的相位共轭反射光的时域传输特性,实验中拍摄了如图 4 所示的入射光脉冲信号(a)和相位共轭光脉冲信号(b)的时域波形照片. 由该图照片可见,采用预置光栅技术的入射光和自泵浦相位共轭光具有相同的时域特性(重复频率、脉宽),只是输出光脉冲的幅值比入射光脉冲小. 这种时域传输特性

与未采用预置光栅技术的自泵浦相位共轭特性相同.

2.4 反射特性

图 5 给出了采用预置光栅的自泵浦相位共轭实测的反射特性曲线. 图 5(a)为预置光栅自泵浦相位共轭的光脉冲相位共轭反射率随入射位置(x)的变化关系;图 5(b)为预置光栅自泵浦相位共轭的光脉冲相位共轭反射率随入射角度(θ)的变化关系. 可以看出,采用预置光栅的自泵浦相位共轭反射特性与以前研究的自泵浦相位共轭反射特性^[3,4]基本相同. 因

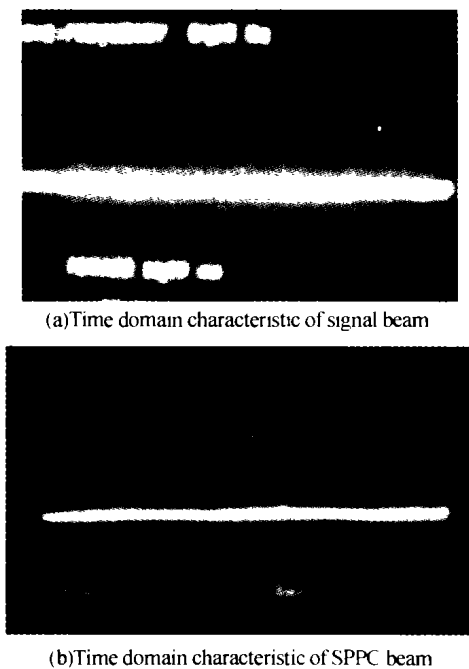


图 4 信号光与自泵浦相位共轭光的时域特性
Fig. 4 Time domain characteristic of signal and SPPC based on preset grating

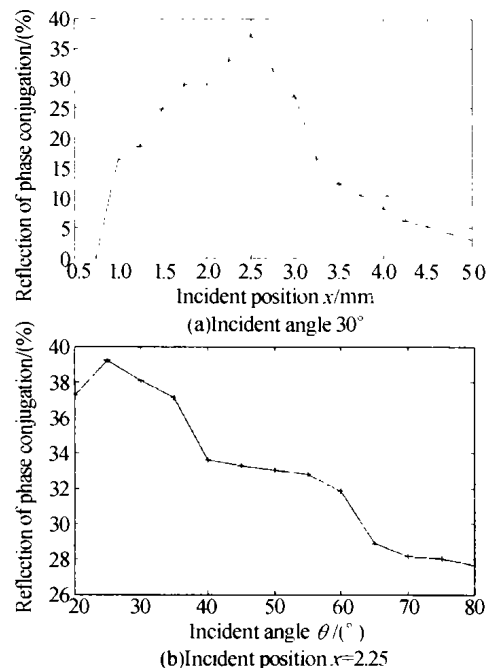


图 5 预置光栅自泵浦相位共轭反射特性
Fig. 5 Reflective characteristic of SPPC based on preset grating

此,为了得到最大的相位共轭反射率,应仔细调整入射参数(入射角、入射位置)以及光斑半径、光波长,使晶体中的自泵浦相位共轭工作状态最佳。

上述,实验证实了预置光栅自泵浦相位共轭光具有畸变波前的修正能力,具有与信号光相同的时域特性(重复频率和脉宽)和空域特性(空间波前),具有与以前研究的自泵浦相位共轭相同的反射特性(入射位置,入射角度)。

3 自泵浦相位共轭的物理机制及时间响应特性

3.1 相位共轭产生的物理过程

为了研究预置光栅自泵浦相位共轭的物理过程,实验中分别拍摄了图 6 所示的晶体中三个不同时刻的光路照片,其中图 6(a)为预置光产生稳定的自泵浦相位共轭光(建立稳定的预置光栅)时的光路,图 6(b)为关掉预置光、同时入射信号光 1 分钟时的光路变化,图 6(c)为入射信号光 7 分钟时拍摄的光路照片。

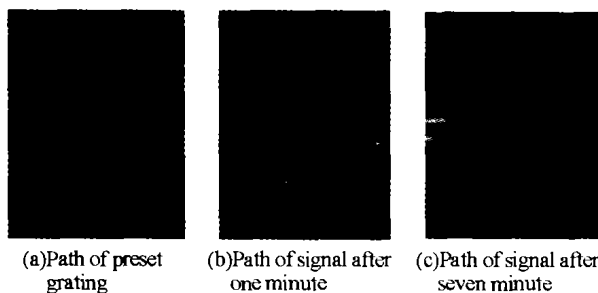


图 6 晶体中的光通道变化

Fig. 6 Change of beam path in crystal

由图 6 不同时刻的光路可见,当关掉预置光,同时用脉冲调制信号光照射晶体时,由于其自泵浦相位共轭的光栅与预置光栅不完全相同,因光折变效应将使预置光栅时的光路稍许散开(图 6b),此时在入射信号光 5 的反向小范围内均有衍射光输出;经过很短的时间后,稍许散开的光路收拢为图 6c 所示的狭窄、稳定的光通道^[5],而散开的衍射光则收拢为沿入射光 5 反向传输的稳定相位共轭光,此时晶体内的光通道和预置光栅时的光通道(图 6a)差别不大。这种光路(及相应的光输出)特性的变化说明,当关掉预置光,同时用脉冲调制信号光作用在晶体上时,预置光栅给脉冲信号光提供了一个光通道,虽然,这个光通道与脉冲信号光单独作用时的光通道可能不同,但是当差别不大时,信号光只是在原有预置光栅光通道的基础上,稍经光扇、擦除寄生光栅的光折变过程,即可形成自身的自泵浦相位共轭状态(光通道),大大缩短了脉冲调制信号光形成稳态自泵浦相位共轭光的时间。

3.2 自泵浦相位共轭时间响应特性的影响

实验中发现,预置光栅的强弱(与预置光强有关)对信号光建立稳定自泵浦相位共轭的时间影响很大。如图 7,当平均功率为 0.96 mW 的脉冲调制信号光单独作用在光折变晶体上时,大约需经 30 min 才能达到稳定的自泵浦相位共轭状态;当预置光光强很小(因此预置光栅很弱)时,预置光栅基本不起作用,此时,信号光要在晶体内建立稳定的自泵浦相位共轭状态的时间基本不变;随着预置光强的增大(预置光栅增强),可以看出,在预置光栅的基础上,信号光在晶体内建立稳定的自泵浦相位共轭状态的时间减少;当预置光强达到一定值(相应于最佳预置光栅)之后,随着预置光强的增大,信号光在预置光栅的基础上建立起稳定的自泵浦相位共轭状态的时间相应地变长。因此,为了使自泵浦相位共轭的响应时间最短,应尽量保证预置光栅为最佳状态。

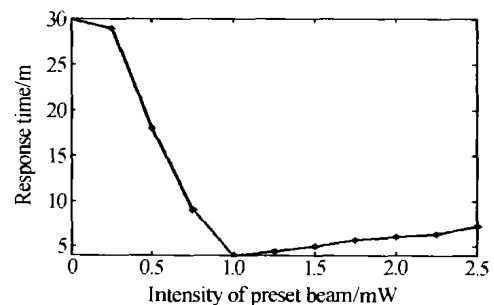


图 7 预置光强对自泵浦相位共轭响应时间的影响

Fig. 7 Effect of response time of intensity of the SPPC based on the preset beam

4 结论

本文提出了一种预置光栅技术,并实验研究了采用预置光栅技术的自泵浦相位共轭特性及物理机制。由于预置光栅技术可以极大地缩短低重复频率、窄脉冲信号光的自泵浦相位共轭响应时间,且完全不影响其相位共轭特性,特别是预置光栅过程可以在信号光工作之前进行,不影响其正常的工作,因此,对于自泵浦相位共轭在相位共轭激光器、自适应光学、光通信等领域中的应用,有重要的实用价值。

参考文献

- Jain R K, Stenersen K. Picosecond pulse operation of a dye laser containing a phase-conjugate mirror. *Optics Letters*, 1984, 9(12): 546 ~ 548
- 石顺祥, 陈国夫, 等. 非线性光学. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003. 358 ~ 367
Shi Shunxiang, Chen Guofu, et al. *Nonlinear Optics*. Xi'an: Xidian University, 2003. 358 ~ 367
- 黄冠夏, 周篱声. Cu:KNSBN 晶体自泵浦相位共轭波的研究. *光电子·激光*, 1995, 6(3): 147 ~ 150
Huang G X, Zhou H S. *Optic Electronic · Laser*, 1995, 6(3):

- 147 ~ 150
- 4 许海平,石顺祥等. Cu:KNSBN 晶体自泵浦与互泵浦相位共轭共存特性的实验研究. 光子学报,2002,31(5):588 ~ 591
Xu H P, Shi S X, *et al.* *Acta Photonica Sinica*,2002,5(31): 588 ~ 591
- 5 余卫龙,余振新,李荣基. Cu:KNSBN 晶体中光折变波导诱导 532 nm 连续光自泵浦相位共轭. 中国激光,1996,23(10):920 ~ 924
She W L, Yu Z X, Li R J. *China Journal of Laser*,1996,23(10):920 ~ 924

Investigation of SPPC for Pulse Signal Beams Based on Preset Grating

Li Xiaoli¹, Shi Shuixiang¹, Zhao Wei²

¹ School of Technique Physics, Xidian Univ., Xi'an 710071

² Xi'an Institute of Optics & Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068

Received date:2003-12-24

Abstract A preset grating technique was put forward for slowly response characteristic of photorefractive crystal. This technique can be achieved by preset laser source independent with signal beam. The characteristic and physical mechanism of SPPC based on preset grating were studied experimentally. It indicated that response time of photorefractive SPPC can be deduced greatly and has great practical value for the low repeat, narrow pulse beam.

Keywords Preset grating; SPPC; Photorefractive



Li Xiaoli was born in 1974 in Shan'xi province. She received the B. S. degree from China Institute of Metrology in 1997. Now she is working on her M. S. degree in Xidian University. Her current research interests include photorefractive effect and optical information processing.