

光子晶体光纤中交叉相位调制光谱展宽特性研究

惠战强^{1,2}, 张建国¹

1. 中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学与光子技术国家重点实验室, 陕西 西安 710119
2. 西安邮电学院电信系, 陕西 西安 710061

摘要 实验研究了超高速时分复用信号与探测光同向传输, 在色散平坦高非线性光子晶体光纤中的交叉相位调制光谱展宽特性, 从光谱学的角度分析了信号光波长漂移, 泵浦光与信号光总功率及功率比, 二者偏振态失配对交叉相位调制光谱展宽效应的影响, 探讨了实现偏振不敏感交叉相位调制效应的可行性。研究发现, 在36 nm 波长范围, 总功率大于23 dBm, 泵浦光与信号光功率比合理, 二者偏振态匹配时交叉相位调制效果最好, 交叉相位调制的偏振相关性为11 dB, 指出利用色散平坦高非线性光子晶体光纤中的残余双折射, 调节泵浦光与光纤双折射主轴成45°, 可以实现偏振不敏感交叉相位调制效应, 随后的理论模拟和实验结果相一致。研究结果为实现基于交叉相位调制原理工作的超快全光信号处理器件作了充分准备。

关键词 光子晶体光纤; 交叉相位调制; 光谱

中图分类号: O431 文献标识码: A DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2010)12-3295-07

引言

交叉相位调制是一种重要的三阶非线性光学效应, 广泛存在于普通单模光纤, 光子晶体光纤及氧化物玻璃波导等介质中^[1-3], 是指当两列或多列波长(或偏振态)不相同的光波在非线性质中同时传播时, 每列光波的存在都会导致与其光强有关材料折射率的变化。这种由光强引起的材料折射率的变化会使得其他与之共同传输的光波产生非线性相移, 从而导致各波相互之间的相位调制^[4]。由于交叉相位调制是基于介质极化的非线性光学理论, 因此具有传统电学器件无法比拟的超快特性, 在未来超高速大容量全光网络中, 交叉相位调制具有重要应用, 它可以实现如超短脉冲压缩^[5, 6], 全光采样^[7], 全光开关^[8, 9], 波长变换^[10, 11], 时分复用^[12], 全光信号再生^[13, 14]等多种功能。近年来, 人们对交叉相位调制基全光功能器件进行了大量研究, 但传统光纤由于较大的色散或较低的非线性系数, 限制了其应用领域。而新出现的光子晶体光纤(photonic crystal fiber, PCF)以其特殊的结构及灵活可控的色散和非线性特性, 成为关注的热点^[15, 16]。从结构上来讲, PCF的包层由在二维方向上紧密排列的微孔组成, 通过改变空气孔的形状, 可以灵活地控制模式传输特性^[17], 进而可以设计制作出具有色散平坦和高非线性系数的PCF。目前, 利用基于光子晶体光纤构建的非线

性光环形镜, 人们已经实现了160 Gbit·s⁻¹的超高速时分解压缩^[18]。然而, 这些研究只是侧重于器件性能的评估, 却忽视了影响器件性能优劣的根本因素是在于介质中交叉相位调制效应的强弱波动, 忽视了对PCF中的交叉相位调制效应的物理机制, 以及影响交叉相位调制效应强弱的关键因素, 这在一定程度上制约了全光功能器件性能的提升。

本文实验研究了色散平坦高非线性光子晶体光纤中的交叉相位调制效应, 详细分析了探测光波长漂移, 探测与信号光功率及其比值, 探测与信号光偏振失配对交叉相位调制效果的影响, 提出如何控制和优化探测与信号光功率比值及偏振态, 使交叉相位调制效果最佳, 这对于实现基于光子晶体光纤中的交叉相位调制原理而工作的全光信号处理器件具有重要指导意义。

1 实验部分

1.1 原理

当两束光波进入非线性介质中时, 功率较强的泵浦光波改变了介质的折射率, 使得另一束同向传输的探测光波产生非线性相位变化, 进而产生与之相关的频率啁啾, 最终导致第二束光波光谱展宽^[19], 这就是交叉相位调制效应。在光谱展宽的同时, 该探测光波也携带了泵浦光的信息, 若将展宽的光谱基座用光带通滤波器滤出, 则可实现全光信号处理功

收稿日期: 2010-02-06, 修订日期: 2010-05-08

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KGCX2YW-108)和“百人计划”项目资助

作者简介: 惠战强, 1978年生, 中国科学院西安光学精密机械研究所博士生 e-mail: zqhui@opt.ac.cn

能。如泵浦光为高速时分复用(OTDM, optical time division multiplexing)信号,第二束探测光为连续光,则对应可实现波长变换。

1.2 实验装置

实验装置示意如图 1(a)。信号光由主动锁模半导体激光器产生,此激光器为 Lightwave 公司 LDC3700B 型,重复频率为 10 GHz, 3 dB 谱宽为 1.61 nm, 产生超短脉冲的半值全宽(full width half maximum, FWHM)为 1.5 ps。探测光由波长可调谐连续光源产生,此光源为 Santec 公司 MLS 2100 型,波长调谐范围为 1530~1680 nm,光谱 3 dB 谱宽为 0.1 nm,光子晶体光纤为法国 Crystal fiber 公司提供,型号为 NL-1550-NEG,其非线性系数为 $11 \text{ W}^{-1} \text{ km}^{-1}$,横截面及色

散如图 1(b),高功率掺铒光纤放大器(HP-EDFA)为美国 KEOPSYS 公司提供。光谱仪为日本横河公司 AQ6370 型。半导体激光器产生的超短皮秒脉冲作为 OTDM 信号光,经过铌酸锂调制器调制后被普通 EDFA 放大,然后经过一个可调谐衰减器后进入 PC1,连续光源发出的探测光先经过一个普通 EDFA 放大,后经过一个可调谐衰减器进入 PC2,分别从 PC1 和 PC2 输出的光信号经过 3 dB 耦合器后输入到 HP-EDFA 进行放大,然后再输入到高非线性色散平坦 PCF 中,在 PCF 中两束光发生交叉相位调制作用,较强的泵浦光(信号光)改变了介质的折射率,使得探测光光谱展宽。

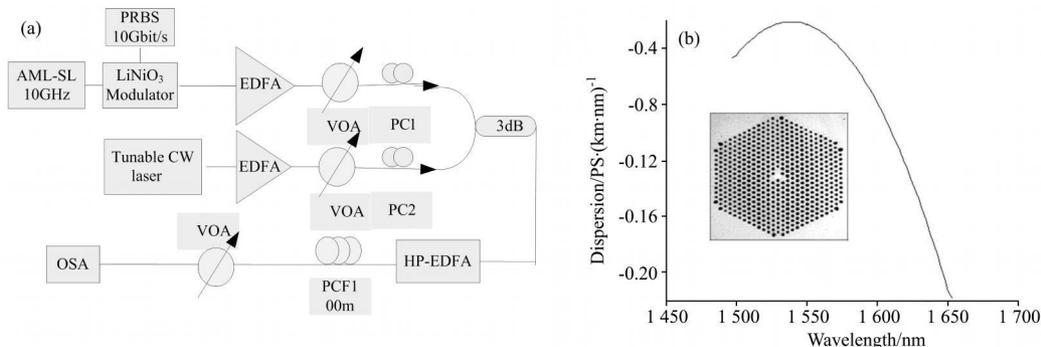


Fig 1 (a) Schematic of the experimental setup, (b) Dispersion plot and electromicrograph of the PCF

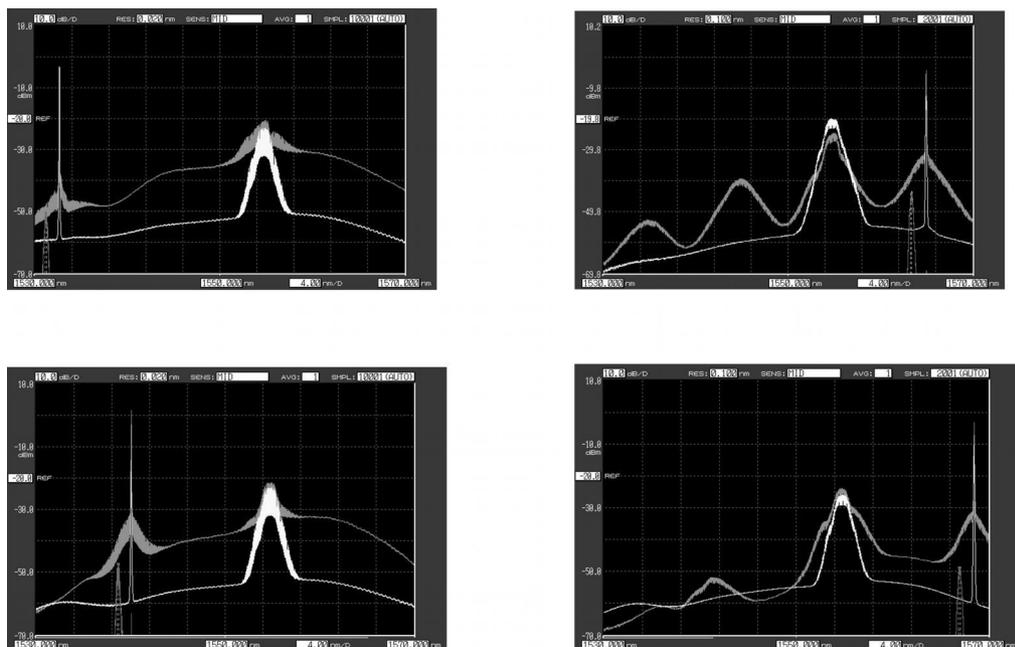


Fig 2 XPM spectra at probe wavelength of (a) 1532.67 nm, (b) 1540.09 nm, (c) 1564.99 nm, (d) 1568.52 nm

2 结果与讨论

2.1 波长的影响

当基于色散平坦高非线性 PCF 中的交叉相位调制效应实现全光信号处理功能时,为使基于 PCF 的全光信号处理

器件功能强大(如对于面向未来以波长路由为特征的全光网络的全光波长变换器,总是希望其有较宽的波长变换范围,因为较宽的波长变换范围可以极大增强光子网络的灵活性和吞吐量),需要信号光和探测光能够在较宽波长范围内保持良好的交叉相位调制非线性效果。实验中,在相同的泵浦功率下,我们不断改变可调谐连续光源发出的探测光波长,可

以得到在不同探测波长下的交叉相位调制光谱。图 2 是当进入耦合器的信号与探测光功率分别为 1.87 和 12.66 dBm，进入 PCF 总功率为 23 dBm，泵浦波长在 1554 nm，探测波长分别在 1532.67, 1540.09, 1564.99, 1568.52 nm 时，在光谱仪上观察到的交叉相位调制展宽光谱，其中探测光为连续光，线宽很窄，而信号光是由超短脉冲组成的高速率 OTDM 信号，其光谱较宽，图 2 分别给出了进入 PCF 之前、从 PCF 出来、以及将展宽的探测光谱蓝移边带滤出的光谱。由图 2(a)~(d) 可见，在较宽的波长范围内均发生了明显的交叉相位调制光谱展宽现象，原本谱线较窄的探测光经历交叉相位调制效应发生了光谱展宽，因此，探测光便携带了信号光的信息，再经过蓝移(或红移)边带滤波，便可实现全光波长变换。由于实验中连续光源及光带通滤波器波长调谐范围的限制，我们实现了在 36 nm 波长调谐范围的交叉相位调制效果，若采用调谐范围更宽的连续光源和光带通滤波器，则此波长范围可进一步拓展。另一方面，若实验中探测光选取为高速率的时分复用信号，则可实现高速光时分复压缩。

当探测光相对于信号光波长偏移较大时，影响交叉相位调制效果的一个重要因素是色度色散。色度色散是指由于群速度失配，不同频率分量在光纤中以不同速度传播的现象，一方面色散会导致脉冲展宽，另一方面，色散会引起两束光波之间走离，二者均可减弱交叉相位调制效应，进而导致波长变换光信号的信号脉宽发生变化或信号质量发生劣化，从而影响全光通信网络的系统性能，因此必须加以分析。对于色散平坦高非线性 PCF，其色散曲线如图 1(b) 所示。首先，我们计算色散长度 $L_D^{[20]}$

$$L_D = \frac{T_0^2}{|\beta_2|} = \frac{T_0^2 \cdot 2\pi c}{\lambda^2 |D|} \quad (1)$$

式中， T_0 为光脉冲宽度， β_2 为二阶色散参量， c 为真空中的波

长， D 为光纤色散值。当基于此 PCF 中的交叉相位调制效应做全光波长变换器时，只需计算在信号光波长上的色散长度(实验中为 1554 nm)，但考虑到实际应用中，信号光波长可以在较宽范围内变化，有必要计算在整个交叉相位调制范围发生区域内的色散长度(计算中以前述实验的波长选取范围为参照，从 1532~1568 nm)，计算结果如表 1。色散长度在 8160.3 和 4974.4 m 之间，远大于实验中所使用的 100 m。其次计算发生交叉相位调制效应的两束光之间的走离 $L_w^{[21]}$

$$L_w = \frac{T_0}{d_{12}} = \frac{T_0}{\beta_{11}(\lambda_1) - \beta_{12}(\lambda_2)} = \frac{T_0}{-(\lambda^2 D / 2\pi c) d(2\pi c / \lambda)} = \frac{T_0}{D d \lambda} \quad (2)$$

式中， T_0 为光脉冲宽度， d_{12} 为走离参数， β_{11} 和 β_{12} 分别为在波长 λ_1 和 λ_2 处对应的一阶色散， λ_1 和 λ_2 为信号光和探测光波长，因为实验中固定信号光波长为 1554 nm，因此，当探测光波长变化时，可以求出在不同波长处的走离

$$L_w = \frac{T_0}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} D d \lambda} = \frac{T_0}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (a + b_1 \lambda + b_2 \lambda^2) d \lambda} \quad (3)$$

根据实验中所用 PCF 的色散数值，我们采用最小二乘法原理，利用二次抛物线函数对其拟合，得到上式中拟合参数 $a = -366.97$, $b = 0.47662$, $c = -1.5485e4$ ，计算得到的走离参量如表 1，走离参量随着探测光与信号光波长间距增长而增长，但都大于我们使用的 100 m。将所得色散长度与走离长度和波长的关系分别绘于图 3(a) 和 (b)，同时，为了对比，每个子图分别给出了色散曲线。由两条曲线我们可以得出结论，当脉冲宽度为 1.5 ps 时，对于我们实验所用 PCF，走离和色度色散对交叉相位调制效果影响不大。

Table 1 Dispersion length of the PCF at different wavelength

λ / nm	1531	1534	1536	1539	1541	1544	1547	1549	1552	1555	1557	1560	1563	1565	1568
L_D / m	8160	8326	8413	8417	8335	8173	7938	7642	7299	6925	6531	6131	5734	5346	4974
L_w / m	288	331	367	437	500	641	899	1240	3027	5891	925	932.6	601	480	363

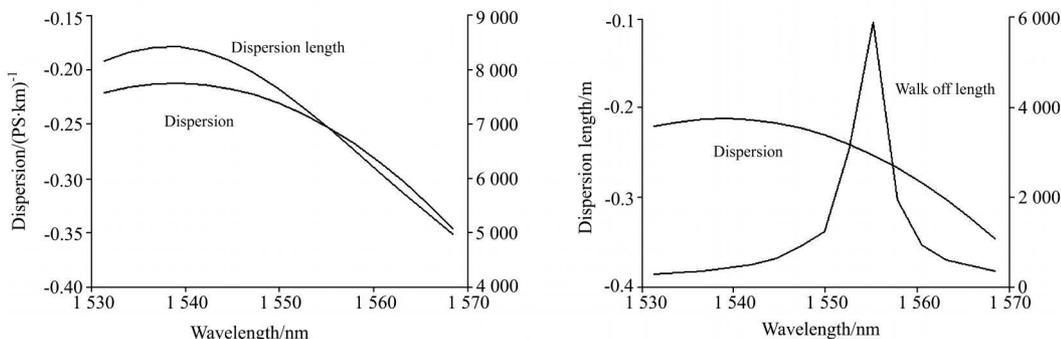


Fig 3 (a) Dispersion length and dispersion, (b) Walk off length and dispersion versus wavelength

2.2 功率的影响

由于在实际的光纤通信网络中，光信号的功率会随外界

环境而发生起伏涨落，因此需要全光处理器件具有一定的功率波动容忍度。一般来讲，光信号功率变化表现为两方面：

其一是信号光与探测光功率比值不变，总功率大小发生变化，其二为总功率大小恒定，但信号光与探测光比值发生变化。当进入色散平坦高非线性光子晶体光纤中的光信号功率发生变化时，往往会导致交叉相位调制效应强弱差异，较弱的交叉相位调制效应会导致基于此原理工作的全光信号处理器件工作性能劣化，进而影响通信系统性能，因此，研究不同功率下光子晶体光纤中的交叉相位调制效应强弱具有重要的现实意义。实验中，我们首先将信号光与探测光以功率分别为 1.65 和 -0.46 dBm 输入 HP EDFA，保持其功率比值恒定，仔细调节 HP EDFA 泵浦电流，使得从 HP EDFA 输出的总功率分别为 7, 10, 14, 17, 20, 23 dBm，两束光在 PCF 中发生交叉相位调制，输出光谱如图 4(a)，结果表明，当总功率较低时，几乎无非线性效应发生，随着总功率增

大，有明显的交叉相位调制效应产生，导致探测光谱展宽，功率越大，展宽程度越明显。接着，我们保持进入耦合器的探测光功率恒定，通过缓慢调节探测光支路中的光衰减器，改变进入耦合器的探测光功率依次为 14.10, 13.93, 12.66, 11.28, 10.36, 9.37 dBm，同时保持其他参数不变，得到了泵浦与探测光功率比值分别为 1.19, 1.24, 1.68, 2.32, 2.86, 3.60 时的交叉相位调制光谱如图 4(b)，光谱表明，当泵浦光所占比例较小时，交叉相位调制效应较弱，随着泵浦光功率的增大，交叉相位调制效应光谱展宽效果增强，若进一步增大泵浦光功率，则由于进入 PCF 的泵浦光功率太强，发生了自相位调制效应，因此，若要有效利用交叉相位调制光谱展宽效应，必须合理控制泵浦光与探测光功率比值。

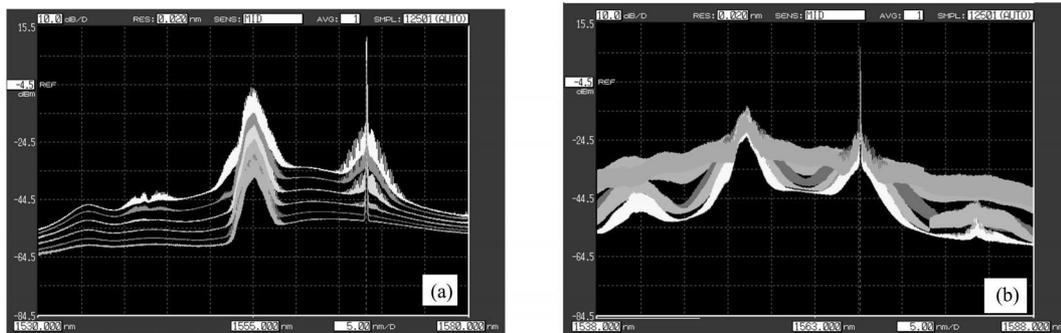


Fig 4 (a) Spectra of the output from PCF when the total power is 7, 10, 14, 17, 20, 23 dBm, (b) Spectra of the output from PCF when the power ratio of pump and probe is 1.19, 1.24, 1.68, 2.32, 2.86, 3.60, respectively

2.3 偏振的影响

基于交叉相位调制效应构建的光子学信息处理器件，因其以非线性光学介质中的三阶非线性极化的物理机制为基础，因此具备 $Tbit \cdot s^{-1}$ 的超快信号处理速度，超越了传统电子学器件的速率瓶颈，但目前制约超快光子器件发展的一个主要障碍就是三阶非线性效应如交叉相位调制是偏振相关的，而在实际的光纤通信系统中，由于受到外界环境温度，振动等诸多因素的干扰，光信号的偏振态是随机波动变化的，无法精确预言和控制，而光信号偏振态的变化必然导致交叉相位调制效应的强弱起伏，进而影响基于交叉相位调制效应工作的光子学器件的性能，因此，详细研究不同偏振态下 PCF 中交叉相位调制效应的强弱，进而发展基于光子晶

体光纤的偏振不敏感全光信号处理器件，具有重要的现实意义。实验中，我们保持探测光的偏振态不变，仔细调节信号光支路中的偏振控制器，以改变信号光的偏振态，同时在光谱仪上记录交叉相位调制效应的光谱分布如图 5(a)，我们分别记录下了当探测光偏振方向改变时，所获得的最强和最弱交叉相位调制光谱，图中同时给出了进入 PCF 之前的光谱，以便于比较。由图可见，交叉相位调制导致信号光谱明显展宽，实验获得的交叉相位调制偏振相关性高达 11 dB，这充分说明了光信号偏振对交叉相位调制效应具有重要影响，要获得最大的交叉相位调制效应，必须合理控制进入高非线性色散平坦 PCF 中的两束光的偏振态。

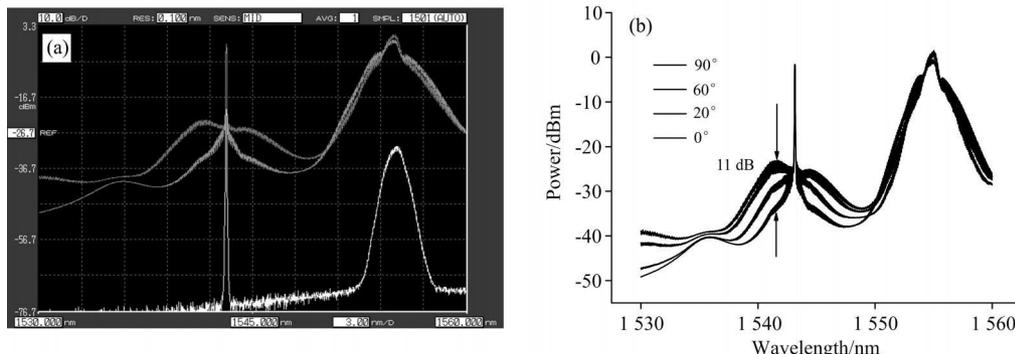


Fig 5 (a) Experiment result of XPM polarization dependence, (b) Simulation result of XPM polarization dependence when θ between the polarization states of probe light and data signal lights is 0° 20° 60° 90°

同时, 为了与实验进行对比, 利用分步傅里叶算法, 通过数值计算, 对高非线性色散平坦 PCF 中信号光偏振态变化与交叉相位调制效应之间的关系进行了理论模拟。严格来讲, 光纤中的交叉相位调制效应可以分为以下几种: (1) 波长相同, 偏振态相同的两束光之间的交叉相位调制效应; (2) 波长相同, 偏振态不同的两束光之间的交叉相位调制效应; (3) 波长不同, 偏振态相同的两束光之间的交叉相位调制效应; (4) 波长不同, 偏振态也不同的两束光之间的交叉相位调制效应。考虑最普遍的一种情形, 即波长和偏振态均不同的情况, 当两束光波沿光子晶体光纤 Z 轴传播时, 其演化可由耦合非线性薛定谔方程描述^[22]

$$\frac{\partial A_{cw-x}}{\partial z} + \beta_{1l-x} \frac{\partial A_{cw-x}}{\partial t} + i \frac{\beta_{2l-x}}{2} \frac{\partial^2 A_{cw-x}}{\partial t^2} + \frac{\alpha_{int}}{2} A_{cw-x} = i\gamma(|A_{cw} \cos\alpha|^2) + 2|A_{signal} \cos\theta|^2 + \frac{2}{3}|A_{cw} \sin\alpha|^2 + \frac{2}{3}|A_{signal} \cdot \sin\theta|^2 A_{cw-x} \quad (4)$$

$$\frac{\partial A_{cw-y}}{\partial z} + \beta_{1l-y} \frac{\partial A_{cw-y}}{\partial t} + i \frac{\beta_{2l-y}}{2} \frac{\partial^2 A_{cw-y}}{\partial t^2} + \frac{\alpha_{int}}{2} A_{cw-y} = i\gamma(|A_{cw} \sin\alpha|^2) + 2|A_{signal} \sin\theta|^2 + \frac{2}{3}|A_{cw} \cos\alpha|^2 + \frac{2}{3}|A_{signal} \cdot \cos\theta|^2 A_{cw-y} \quad (5)$$

$$\frac{\partial A_{signal-x}}{\partial z} + \beta_{12-x} \frac{\partial A_{signal-x}}{\partial t} + i \frac{\beta_{22-x}}{2} \frac{\partial^2 A_{signal-x}}{\partial t^2} + \frac{\alpha_{int}}{2} A_{signal-x} = i\gamma(|A_{signal} \cdot \cos\theta|^2) + 2|A_{cw} \cos\alpha|^2 + \frac{2}{3}|A_{signal} \cdot \sin\theta|^2 + \frac{2}{3}|A_{cw} \cdot \sin\alpha|^2 A_{signal-x} \quad (6)$$

$$\frac{\partial A_{signal-y}}{\partial z} + \beta_{12-y} \frac{\partial A_{signal-y}}{\partial t} + i \frac{\beta_{22-y}}{2} \frac{\partial^2 A_{signal-y}}{\partial t^2} + \frac{\alpha_{int}}{2} A_{signal-y} = i\gamma(|A_{signal} \cdot \sin\theta|^2) + 2|A_{cw} \sin\alpha|^2 + \frac{2}{3}|A_{signal} \cdot \cos\theta|^2 + \frac{2}{3}|A_{cw} \cdot \cos\alpha|^2 A_{signal-y} \quad (7)$$

式中, A_{cw} , A_{signal} 分别为探测光和信号光的慢变振幅, β_{11} 和 β_{12} 分别为探测光和信号光波长处对应的群速度倒数, β_{21} 和 β_{22} 为群速度色散系数, γ 是光子晶体光纤的非线性系数, α_{int} 是光纤损耗系数, 方程右边第一项代表脉冲内自相位调制, 第二项代表脉冲间平行分量之间的交叉相位调制, 第三项代表脉冲内垂直分量之间的交叉相位调制, 第四项代表脉冲间垂直分量之间的交叉相位调制。可见, 垂直分量之间的交叉相位调制强度是平行分量之间交叉相位调制强度的三分之一。计算中, 为了便于和实验对比, 光子晶体光纤的参数选取均以实际测量值为标准, 信号光与探测光波长的选取与开展交叉相位调制实验时的实际波长一致, 同时认为探测光与信号光均为线偏振光, 但夹角不同, 并且探测光的振动方向沿光子晶体光纤的一个主轴(X 轴, 即 $\alpha = 0^\circ$), 不断改变信号光的偏振方向(即夹角 θ), 分析不同偏振方向下的交叉相位调制光谱, 得到相对于探测光为 0° , 20° , 60° , 90° 时的交叉相位调制光谱分布结果如图 5(b), 其交叉相位调制偏振相关性近似为 11 dB, 模拟与实验吻合。这进一步证明, 当两束光同向偏振时, 交叉相位调制效果最强, 反之, 当两束光振动方向垂直时, 交叉相位调制效果最弱。

在实际光纤通信系统中, 总是渴望偏振无关的全光信号处理器件, 基于光子晶体光纤, 是否能够实现偏振无关波长

变换, 进一步做如下探讨。对于方程(4), 作进一步简化, 首先, 认为信号光强远大于连续光, 则信号光脉冲内的交叉相位调制可以忽略, 即 $\frac{2}{3}|A_{cw} \cdot \sin\alpha|^2 \ll 2|A_{signal} \cdot \cos\theta|^2$, $\frac{2}{3}|A_{cw} \cdot \sin\alpha|^2 \ll \frac{2}{3}|A_{signal} \cdot \sin\theta|^2$; 同理, 对于方程(5), 认为 $\frac{2}{3}|A_{cw} \cdot \cos\alpha|^2 \ll 2|A_{signal} \cdot \sin\theta|^2$, $\frac{2}{3}|A_{cw} \cdot \cos\alpha|^2 \ll \frac{2}{3}|A_{signal} \cdot \cos\theta|^2$; 其次, 认为微分群时延远小于脉冲宽度, 则近似有 $\beta_{1l-x} = \beta_{1l-y} = \beta_{11}$; 同时认为 $\beta_{2l-x} = \beta_{2l-y} = \beta_{21}$, 引进移动参考坐标 $\tau = t - \beta_{21}z$, 则方程(4)和(5)简化为

$$\frac{\partial A_{cw-x}}{\partial z} + i \frac{\beta_{21}}{2} \frac{\partial^2 A_{cw-x}}{\partial \tau^2} + \frac{\alpha_{int}}{2} A_{cw-x} = i\gamma(|A_{cw-x}|^2 + 2|A_{signal} \cos\theta|^2) + \frac{2}{3}|A_{signal} \cdot \sin\theta|^2 A_{cw-x} \quad (8)$$

$$\frac{\partial A_{cw-y}}{\partial z} + i \frac{\beta_{21}}{2} \frac{\partial^2 A_{cw-y}}{\partial \tau^2} + \frac{\alpha_{int}}{2} A_{cw-y} = i\gamma(|A_{cw-y}|^2 + 2|A_{signal} \cos\theta|^2) + \frac{2}{3}|A_{signal} \cdot \sin\theta|^2 A_{cw-y} \quad (9)$$

若 $\theta = 45^\circ$ 式(8)和式(9), 两式是等价的^[23], 即交叉相位调制成为偏振无关的, 此时的全光信号处理器件也成为偏振无关器件。我们实验测量了光子晶体光纤中双折射引起的微分群时延大小, 示意装置图 6(a), 宽带光源发出波长可调谐连续光进入偏振控制器, 光子晶体光纤置于起偏器和检偏器之间, 在光谱仪上测量从检偏器输出的光功率随波长的变化, 得到结果如图 6(b), 透射谱表现出均匀的周期性, 周期为 0.49 nm, 表明在整个光纤长度内, 其双折射主轴方向未发生明显改变, 因此, 当调节泵浦光波沿光子晶体光纤双折射主轴成 45° 入射时, 则可以利用此种高非线性光子晶体光纤, 实现偏振无关交叉相位调制, 进而可基于此原理构建偏振无关全光信号处理器件。

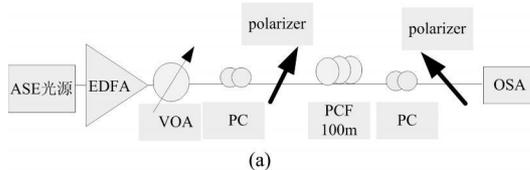


Fig 6 (a) Experimental setup for measurement transmission spectrum, (b) Transmission spectrum of PCF

3 结 论

对色散平坦高非线性光子晶体光纤中的交叉相位调制光谱展宽效应进行了研究,证明了在近 36 nm 宽带波长范围内,当信号光与探测光总功率大于 23 dBm,且功率比值合适时,均有明显的交叉相位调制光谱展宽效应发生,并且对不同偏振失配下的交叉相位调制效应进行分析。结果表明,交

叉相位调制的偏振相关度可达 11 dB,同时针对实验现象进行了理论模拟,得到不同偏振失配角度下的交叉相位调制光谱,与实验结果一致。最后探讨了在色散平坦高非线性光子晶体光纤中实现偏振无关交叉相位调制的条件及可行性。研究结果对研究光子晶体光纤中的交叉相位调制效应,以及利用此效应实现偏振无关全光信号处理器件具有重要的指导意义。

参 考 文 献

- [1] Krcmarik D, Karasek M, Radil J, et al. *Optics Communications*, 2007, 278: 402.
- [2] Kwok C H, Lee S H, Chow K K. *IEEE Photon Technol. Lett.*, 2005, 17(12): 2655.
- [3] Salem R, Lenihan A S, Carter G M. *IEEE Photon Technol. Lett.*, 2006, 18(21): 2245.
- [4] Agrawal G P, Baldeck P L, Alfano R R. *Phys. Rev. A*, 1989, 40(9): 5063.
- [5] Cao Wen hua, Chan Kam. *Optics Communications*, 1999, 163(46): 285.
- [6] Hasegawa A. *Opt. Lett.*, 1984, 9(7): 288.
- [7] Li J, Westlund M, Sunnerud H. *IEEE Photon Technol. Lett.*, 2004, 16(2): 566.
- [8] Doran N J, Wood D. *Opt. Lett.*, 1988, 13(1): 56.
- [9] Islam M N, Sunderman E R, Stolen R H. *Opt. Lett.*, 1989, 14(15): 811.
- [10] Yu J, Jeppesen P. *IEEE Photon Technol. Lett.*, 2001, 13(8): 833.
- [11] Perlin V, Winful H G. *IEEE Photon Technol. Lett.*, 2002, 14(2): 176.
- [12] Reza Salem, Lenihan A S, Carter G M. *IEEE Photon Technol. Lett.*, 2006, 18(21): 2245.
- [13] Bogoni A, Ghelfi P, Scaffardi M. *IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electron.*, 2004, 10(1): 192.
- [14] Suzuki J, Tanemura T, Taira K. *IEEE Photon Technol. Lett.*, 2005, 17(2): 423.
- [15] Knight J C, Birks T A, Russell P St J, et al. *Opt. Lett.*, 1996, 21(19): 1547.
- [16] YANG Hao, FENG Guo ying, ZHU Qi hua, et al(杨浩,冯国英,朱启华,等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2009, 29(4): 874.
- [17] Tong Limin, Lou Jingyi, Eric Mazur. *Opt. Express*, 2004, 12(6): 1025.
- [18] Yamamoto T, Kurokawa K, Tajima K. *IEEE Elec. Lett.*, 2008, 14(8): 1940.
- [19] Mark D Pelusi, Vahid G Ta'eed, *IEEE J. of Selec. Top. in Quan. Elec.*, 2008, 14(3): 529.
- [20] Agrawal G P. *Nonlinear Fiber Optics*, 2005, 63: 64.
- [21] Agrawal G P. *Journal of Physics A*, 2005, 7: 607.
- [22] Kumar S, Selvarajan A, Anand G V. *J. Opt. Soc. Amer. B*, 1994, 11(5): 810.
- [23] Reza Salem, Anthony S Lenihan. *IEEE J. of Selec. Top. in Quan. Elec.*, 2008, 14(3): 540.

Study on Spectral Broadened Characterization of Cross Phase Modulation in Photonic Crystal Fiber

HUI Zhan qiang^{1, 2}, ZHANG Jiar guo¹

1. State Key Laboratory of Transient Optics & Photonics, Xi'an Institute of Optics & Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710119, China
2. Xi'an Institute of Posts and Telecommunications, Xi'an 710061, China

Abstract Spectrum broadening induced by cross phase modulation (XPM) was investigated by exploiting the optical time division multiplexing (OTDM) data signal and continue wave probe light σ propagation in dispersion flattened high nonlinear photonic crystal fiber (PCF). The effects of wavelength drift of probe lights, polarization mismatch, total power and power ration of pump and probe light on the spectrum broadening were analyzed. The results show that good XPM effects can be obtained in 36 nm wavelength range when the total power is higher than 23 dB, power ration of pump and probe light is appropriate and with identical polarization. Furthermore, polarization independent XPM effect can be achieved by using the remainder birefringence of

the PCF with the pump state of polarization (SOP) aligned at 45° to the PCF principal axes. The obtained results in this paper would be helpful for research on ultrahigh speed all optical signal processing devices exploiting the XPM in PCF for future photonics network.

Keywords Photonic crystal fiber (PCF); Cross phase modulation; Optical spectrum

(Received Feb. 6, 2010; accepted May 8, 2010)

欢迎订阅

欢迎投稿

承接广告

中国科技核心期刊
CODEN: YACEEK

《岩矿测试》

ISSN 0254-5357
CN 11-2131/TD

《岩矿测试》1982年创刊,由中国地质学会岩矿测试专业委员会和国家地质实验测试中心共同主办,宗旨是根据国家地质工作的重点由单一资源向资源环境并重的转变,突出服务于地球科学、矿产资源、生态环境地球化学研究和地质找矿事业,促进岩矿测试技术的发展,是目前国内唯一的地质分析专业期刊。主要报道国内外与分析科学、资源环境、地球科学相关领域的地质矿产、环境保护、石油化工、冶金工业、矿产品检验、煤炭等行业的新理论、新方法、新技术的研究成果、评述及实践经验。适合于地质、冶金、环保、石油、化工、煤炭等部门从事分析测试的科技工作者及大专院校师生阅读。

《岩矿测试》近年来刊物地位不断提高,是中文核心期刊,中国科技核心期刊,中国期刊方阵双效期刊,中国科技论文统计源期刊,美国《化学文摘》、美国《剑桥科学文摘》、英国《分析文摘》、俄罗斯《文摘杂志》等数据库收录期刊。

《岩矿测试》在《中文核心期刊要目总览》2008年版的88种矿业工程类期刊中排名第一,在我国地质分析测试领域有较高的知名度。近年来本刊的投稿数量、论文质量、审稿周期、学术影响力明显提升。《岩矿测试》远程稿件采编系统(<http://www.ykes.ac.cn>),率先实施了作者网上投稿/查稿、专家网上审稿的办刊模式,具备读者和审稿专家信息检索、查询等众多功能,有助于提高论文引用率和显示度。采编系统的月平均访问量约3万次。

《岩矿测试》为双月刊,大16开版本,逢双月出版;国内外公开发行,国内邮发代号2313;国际书店发行代号BM4089;广告经营许可证:京西工商广字第0227号;定价10.00元/本,全年60.00元。漏订的读者可直接与编辑部联系。

《岩矿测试》编辑部地址:北京西城区百万庄大街26号
国家地质实验测试中心(邮政编码100037)

电话:010-68999562; 68999563 传真:010-68999563

e-mail: ykes_zazhi@163.com; ykes_zazhi@sina.com

《岩矿测试》网站(在线投稿): <http://www.ykes.ac.cn>