

三个零色散波长光子晶体光纤及相位匹配特性

赵兴涛¹ 刘晓旭^{1,2*} 王书涛¹ 刘兆伦¹ 王 伟¹ 李曙光¹ 侯蓝田¹

¹燕山大学河北省测试计量技术及仪器重点实验室,亚稳材料科学与技术国家重点实验室,河北 秦皇岛 066004

²河北科技师范学院物理系,河北 秦皇岛 066004

摘要 利用多极法对光子晶体光纤的色散特性进行了模拟,通过结构参数的精确设计,得到了具有三个零色散波长的单模光纤,获得了色散值极低的超平坦色散曲线。对三个零色散波长光子晶体光纤特殊的相位匹配特性进行了研究,在不同光纤结构参数下,得到了相位匹配波长随抽运波长及抽运功率的变化规律,分析了不同色散曲线对应的相位匹配波长特点。三个零色散波长光纤能够实现两个反常色散区之间光孤子的高效波长变换,可以获得6个新的四波混频相位匹配波长,产生更多光子对,为高效、多波长四波混频的产生及超连续谱的研究提供了新的物理环境。

关键词 光纤光学;光子晶体光纤;色散;相位匹配;四波混频

中图分类号 TN253

文献标识码 A

doi: 10.3788/AOS201535.0906007

Phase-Matching Characteristic of Photonic Crystal Fiber with Three Zero-Dispersion Wavelengths

Zhao Xingtao¹ Liu Xiaoxu^{1,2} Wang Shutao¹ Liu Zhaolun¹

Wang Wei¹ Li Shuguang¹ Hou Lantian¹

¹Measurement Technology and Instrumentation Key Laboratory of Hebei Province, State Key Laboratory of Metastable Materials Science and Technology, Yanshan University, Qinhuangdao, Hebei 066004, China

²Department of Physics, Hebei Normal College of Science & Technology, Qinhuangdao, Hebei 066004, China

Abstract The dispersion characteristics of photonic crystal fibers are calculated by multipole method. Single mode fibers with three zero-dispersion wavelengths are obtained by the accuracy design of the fiber structure parameters. Closing to zero and flattened dispersion can be obtained in the fibers with three zero-dispersion wavelengths. The special phase-matching characteristics of the fibers with three zero-dispersion wavelengths are analyzed. The variation of phase-matching wavelength with the pump wavelength and the pump power is obtained for the different fiber structure parameters. The characteristics of phase-matching wavelength for different dispersion curves are analyzed. The presence of three zero-dispersion wavelengths can realize the high efficiency wavelength conversion of optical soliton between two anomalous dispersion regions, get six new four-wave mixing phase-matching wavelengths and produce more photon pairs. These provide a new physical condition for efficient multiple wavelength four-wave mixing and supercontinuum spectrum research.

Key words fiber optics; photonics crystal fiber; dispersion; phase-matching; four-wave mixing

OCIS codes 060.5295; 060.2270; 060.2280; 060.4370

1 引言

光子晶体光纤(PCF)是近年来出现的一种新型光纤,具有特殊的导光机制和结构可调性,可以产生奇异的色散特性和高非线性。与传统光纤的一个零色散波长不同,PCF可以获得两个零色散波长的色散曲线,对光纤非线性效应产生了很大的影响。在具有一个零色散波长光纤的反常色散区,传输光孤子能够辐射出相位匹配的蓝移色散波^[1-2];而在具有两个零色散波长的PCF中,可以产生两边带的相位匹配共振散射,光孤子可以向两个正常色散区分别辐射出相位匹配的蓝移色散波和红移色散波^[3-6]。另一方面,在四波混频非线性

收稿日期: 2015-04-20; 收到修改稿日期: 2015-05-29

基金项目: 国家自然科学基金(61405172)、国家973计划(2010CB327604)、河北省自然科学基金(F2014203224)

作者简介: 赵兴涛(1981—),男,博士,副研究员,主要从事光子晶体光纤的设计与制备等方面的研究。E-mail: zxt-81@sohu.com

*通信联系人。liuxiaoxu_abc@126.com

效应中,一个零色散波长 PCF 可以产生两个相位匹配波长,两个零色散波长 PCF 可以获得四个相位匹配波长,为高效、多波长四波混频的产生及超连续谱的实现提供了条件^[7-9]。

然而,通过 PCF 结构参数的特殊设计,还可以获得具有三个零色散波长的 PCF,可以产生一个和两个零色散波长 PCF 不能实现的新型物理现象,为 PCF 非线性效应的研究提供了新的途径^[10-13]。相比一个或两个零色散波长 PCF 的一个反常色散区,三个零色散波长 PCF 具有两个反常色散区,能获得从一个反常色散区光孤子到另一个反常色散区光孤子的高效波长变换。相比一个或两个零色散波长 PCF,三个零色散波长 PCF 会具有更丰富的相位匹配曲线,可以在四波混频效应中产生更多新的相位匹配波长,出现更多斯托克斯光子对,它的非线性效应和光谱展宽作用更加突出,在波长转换、超连续谱产生、双光子源和量子光学等非线性光学领域具有重要研究意义。

本文对四波混频的产生过程进行理论研究,给出高增益的相位匹配条件。通过 PCF 结构参数的精确设计,获得具有三个零色散波长的色散曲线,分析其对应的相位匹配特性,得到相位匹配波长随抽运功率、抽运波长、光纤结构参数及色散值的变化情况,为 PCF 中新型非线性效应的研究奠定基础。

2 四波混频理论

四波混频是 PCF 中非常重要的一种非线性光学效应,由于三阶非线性效应,两个抽运光子可以转换为一个斯托克斯光子和一个反斯托克斯光子。利用四波混频效应可以制作 PCF 光学参量放大器,能够获得普通光纤激光器达不到的波长,还可用于制作波长转换器、光开关等新型非线性光学器件^[14-16]。四波混频的波长转换效率主要依赖相位匹配条件,当相位匹配时,能实现比拉曼散射更高的增益,可用于上转换和下转换的波长变换。

本文主要研究 PCF 中的简并四波混频,一束抽运光转换为一束信号光和一束闲频光,这个非线性过程由以下方程进行描述^[17-18]:

$$\frac{\partial A_p}{\partial z} = i\gamma \left\{ \left[|A_p|^2 + 2(|A_s|^2 + |A_{s(0)}|^2) \right] A_p + 2A_s A_{s(0)}^* \exp(i\Delta\beta z) \right\} - \frac{\alpha_p}{2} A_p, \quad (1)$$

$$\frac{\partial A_{i(s)}}{\partial z} = i\gamma \left\{ \left[|A_{i(s)}|^2 + 2(|A_p|^2 + |A_{s(0)}|^2) \right] A_{i(s)} + A_p^2 A_{s(0)}^* \exp(i\Delta\beta z) \right\} - \frac{\alpha_{i(s)}}{2} A_{i(s)}, \quad (2)$$

式中, A_s 、 A_i 和 A_p 分别表示信号光、闲频光和抽运光的振幅, γ 表示非线性系数, $\gamma = n_2 \omega / S_{\text{eff}} c$, n_2 为非线性折射率,对于纯石英材料 $n_2 = 3.2 \times 10^{-20} \text{ m}^2/\text{W}$, ω 为角频率, S_{eff} 为 PCF 有效模面积, $\Delta\beta$ 为传播常数之差, $\Delta\beta = \beta(\omega_s) + \beta(\omega_i) - 2\beta(\omega_p)$, α 为 PCF 的损耗。对(1)和(2)式进行求解,得到信号光功率表达式:

$$P_s(L) = P_i(0) \left(1 + \frac{\gamma P_0}{g} \right)^2 \sinh^2(gL), \quad (3)$$

式中增益 g 可表达为

$$g = \sqrt{(\gamma P_0)^2 - \left(\frac{\kappa}{2}\right)^2}, \quad (4)$$

式中相位失配 κ 可表示为

$$\kappa = \Delta\beta + 2\gamma P_0, \quad (5)$$

式中 P_0 为抽运光峰值功率。当 $\kappa = 0$ 时,获得最大增益 $g = \gamma P_0$,因此基于四波混频的相位匹配条件如下:

$$\kappa = \Delta\beta + 2\gamma P_0 = \beta(\omega_s) + \beta(\omega_i) - 2\beta(\omega_p) + 2\gamma P_0 = 0. \quad (6)$$

对于简并四波混频, ω_p 、 ω_s 、 ω_i 满足

$$2\omega_p = \omega_s + \omega_i. \quad (7)$$

计算光纤的模场面积 S_{eff} ,代入 $\gamma = n_2 \omega / S_{\text{eff}} c$,得到非线性系数 γ ;模拟 PCF 色散特性,可以得到传播常数 $\beta(\omega_s)$ 、 $\beta(\omega_i)$ 和 $\beta(\omega_p)$ 。求解(6)和(7)式,可以获得 PCF 的相位匹配特性。

3 三个零色散波长 PCF

图 1 为常用的折射率引导型实芯 PCF 端面图。白色圆斑代表空气孔,灰色区域代表纯石英材料, d 表示空气孔直径, Λ 表示包层空气孔间距。PCF 包层具有四层 60 个空气孔的六角形结构,利用多极法可以对其

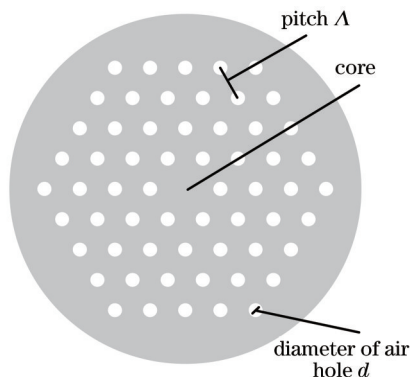


图1 PCF端面图

Fig.1 Cross section of PCF

传输特性进行准确模拟,得到的有效折射率最大误差小于 10^{-7} 数量级,所以其结果准确可靠^[19-21]。

通过PCF结构参数的精确设计,可以获得具有三个零色散波长的色散曲线。当孔间距 $\Lambda = 2.35 \mu\text{m}$,空气孔填充比 d/Λ 分别为0.261、0.262、0.263时,得到PCF的色散特性如图2所示,每条色散曲线均包括三个零色散波长。当 $\Lambda = 2.35 \mu\text{m}$ 、 $d/\Lambda = 0.262$ 时,波长 λ 在1.4~1.9 μm 的宽带光谱范围内,色散值 D 都在 $-0.45 \sim 0.4 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ 之间,是达到低色散极限的超平坦色散曲线。由于色散值很小,可以在较低的抽运功率下控制相位匹配特性,从而获得丰富的非线性光学效应。根据研究及应用需要,通过设计合适的PCF结构参数,还能够获得所需的零色散波长位置和间距的色散曲线。

根据不同的抽运波长,对PCF的非线性进行模拟,得到非线性系数曲线如图3所示,非线性系数 γ 在 $5 \sim 27 \text{ m}^{-1} \cdot \text{kW}^{-1}$ 之间。

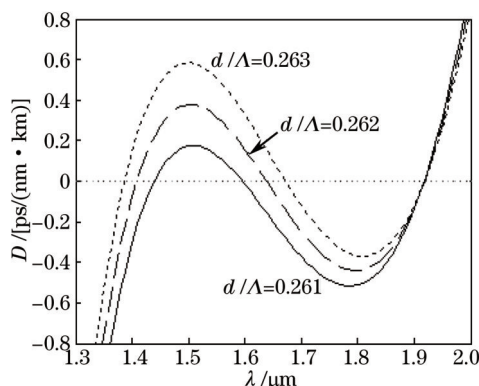


图2 具有三个零色散波长的色散曲线

Fig.2 Dispersion curves of PCF with three zero-dispersion wavelengths

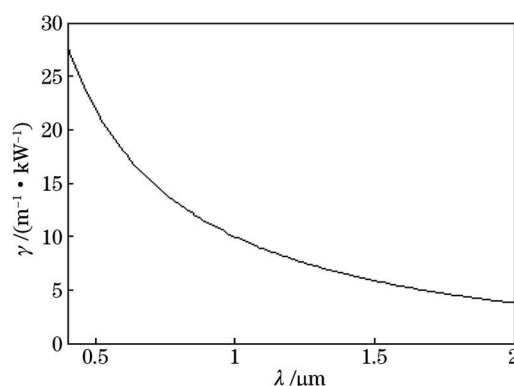


图3 PCF的非线性系数

Fig.3 Nonlinear coefficient of PCF

由于设计的PCF空气填充比较低($d/\Lambda < 0.43$),在本文所研究的波段均为单模传输;具有三个零色散波长,色散值极小;纤芯面积很小,相应的非线性系数较高。所以三个零色散波长PCF在高效四波混频波长变换、多光子对产生及超连续谱等非线性光学领域具有重要的研究意义。

设计的PCF是常用的圆形空气孔、三角形排列、四层空气孔结构, $\Lambda = 2.35 \mu\text{m}$ 、 $d/\Lambda = 0.262$ 也是常规参数,所以比较容易制备。只要精确控制光纤拉制参数,避免拉制参数的剧烈波动,就可以拉制出所设计的PCF,文献[1]已制备出了类似结构参数的PCF。

4 三个零色散PCF的相位匹配特性

根据三个零色散波长PCF的非线性系数和色散特性,求解方程(6)、(7)式,可获得PCF的相位匹配特性。

当孔间距 $\Lambda = 2.35 \mu\text{m}$ 、空气孔填充比 $d/\Lambda = 0.261$,PCF的色散曲线如图4所示,三个零色散波长分别是1.440、1.595、1.918 μm 。对其相位匹配特性进行分析,当抽运光峰值功率 P 分别为0、10、20 W时,PCF的相位匹配曲线如图5所示。同一抽运波长可以对应多个相位匹配波长,当抽运波长在第一个和第二个零色散波长之间的反常色散区,可以有6个相位匹配波长。这样在基于四波混频的非线性光学效应研究中,可以产

生更多的激发波长,获得新的光子对,可用于高效波长变换及超连续谱产生。

在非线性光纤光学实验中,通常使用皮秒或飞秒激光器,其峰值功率为几千瓦或几万瓦,才能获得非线性光学效应。图5中抽运峰值功率只有几十瓦,就能产生相位匹配曲线的剧烈变化。抽运光峰值功率、抽运波长、零色散波长位置及间距的微小变化都会引起相位匹配曲线的剧烈变化。这主要是由于三个零色散波长 PCF 具有极低的色散值,输出光谱间的相位差很小,所以在很低的抽运功率下就能达到相位匹配。可以获得基于四波混频的高效波长变换,在光开关和量子光学领域具有潜在应用价值。

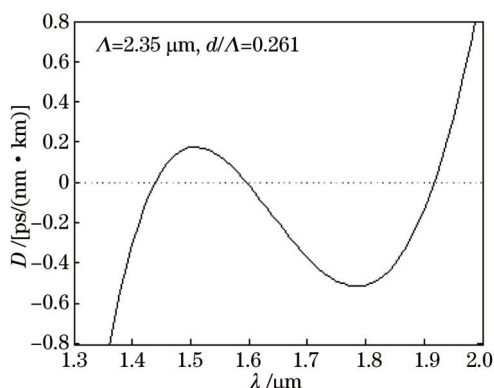


图4 PCF的色散曲线

Fig.4 Dispersion curve of PCF

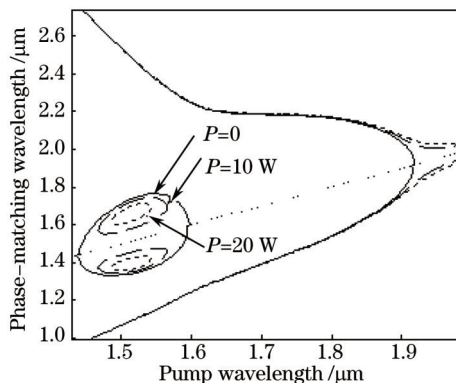


图5 相位匹配曲线

Fig.5 Phase-matching curves

当 $\Lambda = 2.35 \mu\text{m}$ 、 $d/\Lambda = 0.262$, PCF 的色散曲线如图6所示,三个零色散波长分别是 1.408 、 1.638 、 $1.918 \mu\text{m}$ 。对其相位匹配特性进行分析,抽运光峰值功率 P 分别为 0 、 50 、 100 W 时,PCF 的相位匹配特性如图7所示。可以看出相位匹配特性随色散特性的变化,由于第一个反常色散区(第一个零色散波长间距)扩大,具有6个相位匹配波长的区域也随之扩大,并且相位匹配的波长范围也扩大。

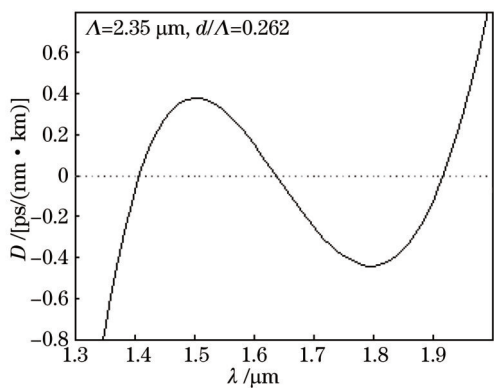


图6 PCF的色散曲线

Fig.6 Dispersion curve of PCF

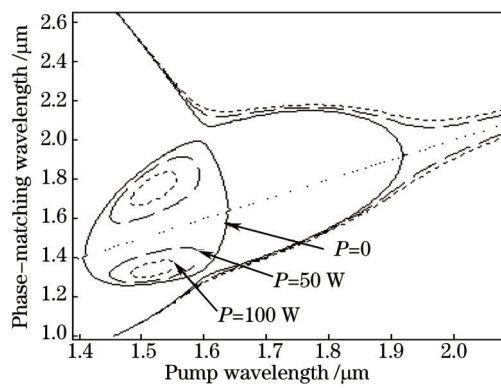


图7 相位匹配曲线

Fig.7 Phase-matching curves

当抽运波长 λ 为 $1.55 \mu\text{m}$ 、抽运光峰值功率为 50 W 时,得到 PCF 发射光谱中不同波长的相位差变化如图8所示。

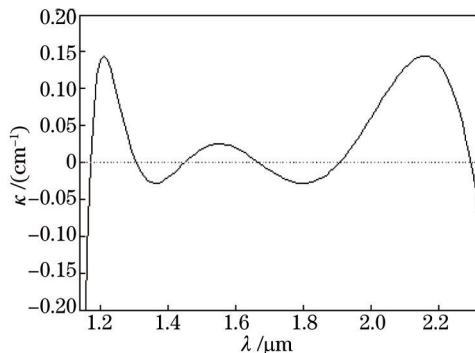


图8 $\lambda=1.55 \mu\text{m}$ 、 $P=50 \text{ W}$, 相位失配曲线

Fig.8 Phase-mismatched curves for $\lambda=1.55 \mu\text{m}$ 、 $P=50 \text{ W}$

在整个发射光谱中,相位失配 κ 值都很小,可以看到 $\kappa=0$ 的6个相位匹配波长,所以较容易实现多波长四波混频,有利于产生宽带波长变换和宽带超连续光谱。

当 $\Lambda = 2.35 \mu\text{m}$ 、 $d/\Lambda = 0.263$, PCF 的色散曲线如图 9 所示,三个零色散波长分别是 1.386、1.672、1.918 μm 。对其相位匹配特性进行分析,抽运光峰值功率 P 分别为 0、100、200 W 时,PCF 的相位匹配曲线如图 10 所示。当抽运波长在第一个反常色散区的短波段,可以获得 6 个相位匹配波长。在第二个和第三个零色散波长之间的正常色散区也具有清晰的相位匹配曲线。

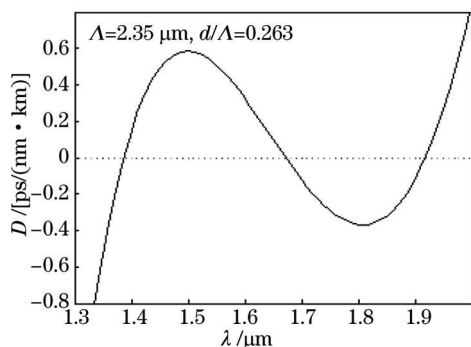


图 9 PCF 的色散曲线

Fig.9 Dispersion curve of PCF

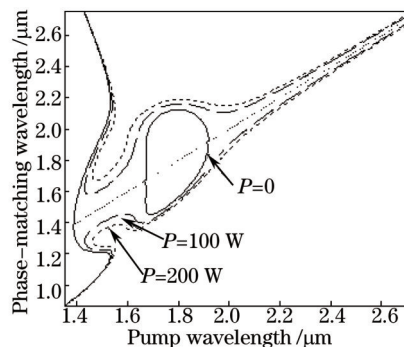


图 10 相位匹配曲线

Fig.10 Phase-matching curves

一个或两个零色散波长 PCF 都只有一个反常色散区,它们辐射的色散波只能在光纤的正常色散区。而三个零色散波长 PCF 的色散曲线包括两个反常色散区,且距离可以很近,在反常色散区传输的光孤子能够向另一个反常色散区发射色散波,可以转移抽运光的大部分能量,且继续以孤子形式传输,为光孤子与色散波的研究提供了新的物理环境。

将图 4、图 6 与图 9 的色散曲线进行比较,可以看到第一个零色散波长间距(第一个零色散波长与第二个零色散波长的间距)逐渐增大,并在图 9 中开始大于第二个零色散波长间距。色散特性的微小变化导致了图 5、图 7 与图 10 中相位匹配曲线发生了剧烈变化,而 PCF 结构参数 $\Lambda = 2.35 \mu\text{m}$ 、 d/Λ 分别为 0.261、0.262、0.263,只发生了微小变化。

当抽运光峰值功率 $P=20 \text{ W}$, PCF 结构参数 $\Lambda = 2.35 \mu\text{m}$ 、 d/Λ 分别为 0.261、0.262、0.263,获得相位匹配曲线如图 11 所示。当抽运光峰值功率 $P=50 \text{ W}$, PCF 结构参数 $d/\Lambda = 0.26 \mu\text{m}$ 、 Λ 分别为 2.355、2.356、2.357 μm 时,获得相位匹配曲线如图 12 所示。可以看出,PCF 结构参数 d/Λ 、 Λ 的微小改变,导致了相位匹配曲线的剧烈变化。在相位匹配波长可以获得基于四波混频的高效波长变换,这样可以通过改变 PCF 结构参数,控制四波混频非线性光谱,在光纤传感、光开关和量子光学等领域具有潜在应用价值。

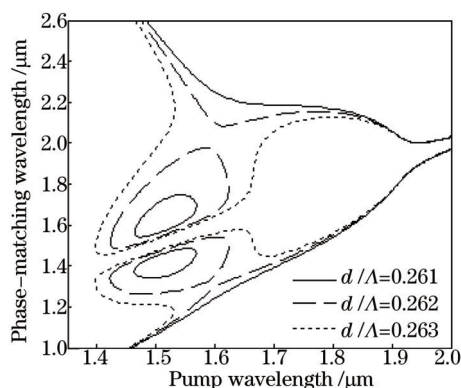


图 11 当 $\Lambda = 2.35 \mu\text{m}$ 时,对于不同的 d/Λ , 相位匹配曲线

Fig.11 Phase-matching curves of the PCFs for different values of d/Λ

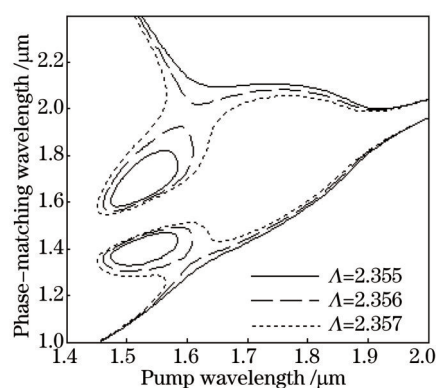


图 12 当 $d/\Lambda = 0.26$ 时,对于不同的 Λ , 相位匹配曲线

Fig.12 Phase-matching curves of the PCFs for different values of Λ

5 结 论

对 PCF 中的四波混频理论进行了研究,给出了高增益的相位匹配条件。通过对 PCF 结构参数的特殊设

计,得到了具有三个零色散波长的 PCF。在波长 1.4~1.9 μm 的范围内,色散值可以在 $-0.45\sim 0.45$ $\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ 之间,为近零超平坦色散曲线。给出了三个零色散波长 PCF 的相位匹配曲线,得到了相位匹配波长随抽运功率和抽运波长的变化情况,分析了不同色散曲线对应的相位匹配波长特点。三个零色散波长 PCF 具有全新的相位匹配曲线,可以产生一个和两个零色散波长 PCF 不能得到的新型物理现象。

三个零色散波长 PCF 存在两个反常色散区,能获得从一个反常色散区光孤子到另一个反常色散区光孤子的高效波长变换。

三个零色散波长 PCF 在四波混频过程中可以获得 6 个新的相位匹配波长,对比一个零色散光纤的两个新波长和两个零色散波长 PCF 的 4 个新波长,会有更丰富的非线性效应,可以获得基于四波混频的高效、多光子对波长变换。

三个零色散波长 PCF 具有极低的色散值,输出光谱间的相位差很小,抽运光峰值功率、抽运波长、PCF 结构参数、零色散波长的微小变化都会引起相位匹配曲线的剧烈变化,能有效控制光孤子和超短脉冲的四波混频及共振散射产生的光谱特性,在光开关和量子光学方面具有潜在应用价值。

参 考 文 献

- 1 W H Reeves, D V Skryabin, F Biancalana, *et al.*. Transformation and control of ultra-short pulses in dispersion-engineered photonic crystal fibres[J]. *Nature*, 2003, 424(31): 511-515.
- 2 D R Austin, C M Sterke, B J Eggleton, *et al.*. Dispersive wave blue-shift in supercontinuum generation[J]. *Opt Express*, 2006, 14(25): 11997-12007.
- 3 B W Liu, M L Hu, X H Fang, *et al.*. Stabilized soliton self-frequency shift and 0.1-pHz sideband generation in a photonic-crystal fiber with an air-hole-modified core[J]. *Opt Express*, 2008, 16(19): 14987-14996.
- 4 Zhang Juhui, Hu Minglie, Liu Bowen, *et al.*. Amplification of dissipative soliton and supercontinuum generation[J]. *Chinese J Lasers*, 2014, 41(4): 0405003.
张巨慧, 胡明列, 刘博文, 等. 耗散孤子脉冲的放大和超连续光谱的产生[J]. *中国激光*, 2014, 41(4): 0405003.
- 5 B J Chick, W M Chon, M Gu. Polarization effects in a highly birefringent nonlinear photonic crystal fiber with two-zero dispersion wavelengths[J]. *Opt Express*, 2008, 16(24): 20099-20105.
- 6 Zhao Xingtao, Zheng Yi, Han Ying, *et al.*. Visible and infrared broadband dispersive waves generation in photonic crystal fiber cladding[J]. *Acta Physica Sinica*, 2013, 62(6): 064215.
赵兴涛, 郑 义, 韩 颖, 等. 光子晶体光纤包层可见光及红外宽带色散波产生[J]. *物理学报*, 2013, 62(6): 064215.
- 7 Huang Xinning, Xie Xiaoping, Zhao Wei, *et al.*. A high-efficiency tunable polarization-insensitive wavelength convertor based on degenerate four-wave mixing in a highly nonlinear photonic crystal fiber[J]. *Chinese J Lasers*, 2014, 41(5): 0505005.
黄新宁, 谢小平, 赵 卫, 等. 基于光子晶体光纤中简并四波混频效应的高效可调谐偏振不敏感波长变换器[J]. *中国激光*, 2014, 41(5): 0505005.
- 8 Wang Xiaojian, Yang Sigang, Chen Hongwei, *et al.*. Optical parametric amplifier at 1 μm based on photonic crystal fiber[J]. *Acta Optica Sinica*, 2013, 33(9): 0906007.
王小建, 杨四刚, 陈宏伟, 等. 基于光子晶体光纤的 1 μm 波段参量放大器[J]. *光学学报*, 2013, 33(9): 0906007.
- 9 Liu Xiaoxu, Wang Shutao, Zhao Xingtao, *et al.*. Study on phase-matching of four-wave mixing spectrum in photonic crystal fiber[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2014, 34(6): 1460-1464.
刘晓旭, 王书涛, 赵兴涛, 等. 光子晶体光纤四波混频光谱中相位匹配特性的研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2014, 34(6): 1460-1464.
- 10 B Kibler, P A Lacourt, F Courvoisier, *et al.*. Soliton spectral tunnelling in photonic crystal fibre with sub-wavelength core defect[J]. *Electron Lett*, 2007, 43(18): 967-968.
- 11 A M Zheltikov. Nanomanaging dispersion, nonlinearity, and gain of photonic-crystal fibers[J]. *Appl Phys B*, 2006, 84(1-2): 69-74.
- 12 Zhao Xingtao, Zheng Yi, Liu Xiaoxu, *et al.*. Simulation of photonic crystal fiber with three and four zero-dispersion wavelengths[J]. *Acta Physica Sinica*, 2012, 61(19): 194210.
赵兴涛, 郑 义, 刘晓旭, 等. 具有三个及四个零色散波长光子晶体光纤的仿真研究[J]. *物理学报*, 2012, 61(19): 194210.
- 13 S P Stark, F Biancalana, A Podlipensky, *et al.*. Nonlinear wavelength conversion in photonic crystal fibers with three zero-dispersion points[J]. *Phys Rev A*, 2011, 83(2): 0238081.
- 14 R T Murray, E J R Kelleher, S V Popov, *et al.*. Widely tunable polarization maintaining photonic crystal fiber based parametric wavelength

- conversion[J]. Opt Express, 2013, 21(13): 15826–15833.
- 15 Y K Gong, J G Huang, K Li, *et al.*. Spoof four-wave mixing for all-optical wavelength conversion[J]. Opt Express, 2012, 20(21): 24030–24037.
- 16 C S Brès, S Zlatanovic, A O J Wiberg, *et al.*. Continuous-wave four-wave mixing in cm-long chalcogenide microstructured fiber[J]. Opt Express, 2011, 19(26): B621–B627.
- 17 N I Nikolov, T Sørensen, O Bang, *et al.*. Improving efficiency of supercontinuum generation in photonic crystal fibers by direct degenerate four-wave mixing[J]. J Opt Soc Am B, 2003, 20(11): 2329–2337.
- 18 W J Wadsworth, N Joly, J C Knight, *et al.*. Supercontinuum and four-wave mixing with *Q*-switched pulses in endlessly single-mode photonic crystal fibres[J]. Opt Express, 2004, 12(2): 299–309.
- 19 X T Zhao, G Y Zhou, S G Li, *et al.*. Photonic crystal fiber for dispersion compensation[J]. Appl Opt, 2008, 47(28): 5190–5196.
- 20 T P White, R C McPhedran, L C Botten, *et al.*. Calculations of air-guided modes in photonic crystal fibers using the multipole method[J]. Opt Express, 2001, 9(13): 721–732.
- 21 T P White, B T Kuhlmeier, R C McPhedran, *et al.*. Multipole method for microstructured optical fibers I. Formulation [J]. J Opt Soc Am B, 2002, 19(10): 2322–2330.

栏目编辑: 王晓琰