

# 色散缓变光纤中初始啾啾对超高斯脉冲传输特性的影响

甘桂蓉

(宜春学院物理科学与工程技术学院, 江西 宜春 336000)

**摘要** 从非线性薛定谔方程出发, 采用变分法, 导出了色散缓变光纤中超高斯脉冲参数随传输距离的演化方程组及其解, 讨论了初始啾啾对色散缓变光纤中超高斯脉冲传输特性的影响。求出了振幅与脉宽、频率与啾啾、脉宽与啾啾之间的三个解析约束关系, 得出了脉宽随传输距离演化的解析解, 用龙格-库塔法进行数值求解描绘了初始啾啾和脉冲前后沿锐度对呈指数变化的色散缓变光纤中超高斯脉冲的脉宽的影响。结果表明: 初始啾啾、色散缓变和脉冲前后沿锐度对超高斯脉冲的振幅、脉宽、啾啾和相位有直接影响, 脉冲前后沿锐度对超高斯脉冲中心位置没有影响, 超高斯脉冲传输过程中会产生啾啾, 但脉冲中心的等效频率保持为常数。

**关键词** 光纤光学; 超高斯脉冲; 变分法; 色散缓变光纤

**中图分类号** TN929.11 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS20092906.1476

## Influence of Initial Chirp on Propagation Properties of Super-Gaussian Pulses in Fibers with Slowly Decreasing Dispersion

Gan Guirong

(College of Physics Science and Engineering Technology, Yichun University, Yichun, Jiangxi 336000, China)

**Abstract** Based on the nonlinear Schrödinger equation, the variational method is used to derive the evolution equations for the parameters of the super-Gaussian pulse in fibers with slowly decreasing dispersion. The effect of initial chirp on the super-Gaussian pulse is discussed. Then three restricted relations between amplitude and width, frequency and chirp, width and chirp are derived. Analytical solution about the evolution of pulse width versus propagation distance is obtained. By using Runge-Kutta algorithm, the influence of the initial chirps and the degree of the pulse's edge sharpness on the pulse width is described. The results show that initial chirps, dispersion decreasing and the degree of the pulse's edge sharpness have direct influence on amplitude, width, chirp and phase. The degree of the pulse's edge sharpness has no effect on pulse central position, and the super-Gaussian pulse in the process of transmission can cause chirps, but the equivalent frequency keeps constant.

**Key words** fiber optics; super-Gaussian pulse; variational method; dispersion decreasing fiber

### 1 引言

色散缓变光纤在光通信方面的许多优良特性受到人们的重视, 它特别适合于高速、长距离通信系统。由直接调制的半导体激光器输出的脉冲具有比高斯脉冲更为陡峭的前、后沿, 更接近于超高斯脉冲<sup>[1,2]</sup>, 且通常带有一定的啾啾<sup>[3]</sup>。文献[4]通过分步傅里叶变换方法, 数值研究了超高斯啾啾脉冲在单模光纤中脉冲形状的演化。文献[5]研究了强非

局域介质中超高斯光束的传播特性。本文从非线性薛定谔(NLS)方程出发, 应用变分法<sup>[6~11]</sup>, 对具有初始啾啾的不同陡峭程度的超高斯脉冲在色散缓变光纤中传输时的演化特性, 进行了深入细致的研究, 导出了脉冲参数微分形式的演化方程组及其解析解, 并对结果作了进一步的分析讨论。

### 2 非线性薛定谔方程及其拉氏函数

光脉冲在色散缓变光纤中传输时满足下列

NLS 方程<sup>[1,12~14]</sup>:

$$i \frac{\partial \psi}{\partial z} + \frac{D(z)}{2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial T^2} + |\psi|^2 \psi = 0, \quad (1)$$

其中  $\Psi(z, T)$  表示归一化的传输脉冲的包络函数,  $z$  和  $T$  分别表示归一化的传输距离和时间,  $D(z)$  为归

一化色散系数。设光纤沿脉冲传输方向的色散呈指数下降, 即  $D(z) = \exp(-\lambda z)$ ,  $\lambda$  为光纤色散沿脉冲传输方向变化的快慢程度。

设具有初始啁啾的光学超高斯脉冲为

$$\psi(0, T) = A_0 \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{T - \xi_0}{a_0}\right)^{2m} + i\omega_0 T + ib_0 T^2 + i\phi_0\right], \quad (2)$$

其中  $A_0, a_0, b_0, \omega_0, \xi_0, \phi_0$  分别表示初始(即  $z=0$ )时的振幅、脉宽、啁啾、频率、中心位置、相位。参数  $m$  表征了脉冲沿的锐度。当  $m=1$  时, 即为高斯脉冲情形; 对较大的  $m$  值, 就变成有较锐的前后沿的方形脉冲。为了研究超高斯脉冲在传输过程中的位置漂移和频率漂移, 设(1)式的尝试解为<sup>[15]</sup>

$$\psi(z, T) = A(z) \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{T - \xi}{a(z)}\right)^{2m} + i\omega(z)T + ib(z)T^2 + i\phi(z)\right]. \quad (3)$$

为简便起见, 将  $A(z), a(z), b(z), \omega(z), \xi(z), \phi(z)$  分别简记作  $A, a, b, \omega, \xi, \phi$ 。

满足(1)式的拉氏密度函数为<sup>[15~17]</sup>

$$L = \frac{i}{2} \left( \psi \frac{\partial \psi^*}{\partial z} - \psi^* \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) + \frac{D(z)}{2} \left| \frac{\partial \psi}{\partial T} \right|^2 - \frac{1}{2} |\psi|^4, \quad (4)$$

其正确性可由(4)式代入 Euler-Lagrange 方程

$$\frac{\partial}{\partial T} \frac{\partial L}{\partial \left(\frac{\partial \psi}{\partial T}\right)} = \frac{\partial L}{\partial \psi} - \nabla \frac{\partial L}{\partial (\nabla \psi)}, \quad (5)$$

(或其复共轭形式)导出(1)式而得到验证。定义平均拉氏密度为

$$\langle L \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} L dT. \quad (6)$$

由(3)、(4)、(6)式得

$$\begin{aligned} \langle L \rangle = & aA^2 \left[ \frac{1}{m} \left( \xi \frac{d\omega}{dz} + \xi^2 \frac{db}{dz} + \frac{d\phi}{dz} \right) \Gamma\left(\frac{1}{2m}\right) + \frac{a^2}{m} \Gamma\left(\frac{3}{2m}\right) \frac{db}{dz} \right] - 2^{-\frac{2m+1}{2m}} \frac{aA^4}{m} \Gamma\left(\frac{1}{2m}\right) + \\ & \frac{D}{2} aA^2 \left[ -\frac{2m-1}{4ma^2} \Gamma\left(-\frac{1}{2m}\right) + \frac{(\omega + 2b\xi)^2}{m} \Gamma\left(\frac{1}{2m}\right) + \frac{4a^2 b^2}{m} \Gamma\left(\frac{3}{2m}\right) \right], \end{aligned} \quad (7)$$

其中  $\Gamma(x)$  为  $\Gamma$  函数。

### 3 脉冲参数的演化方程组及其解

约化变分原理

$$\delta \int \langle L \rangle dz = 0, \quad (8)$$

可导出脉冲参数的演化方程组为

$$\delta \langle L \rangle / \delta x_i = 0, \quad (9)$$

其中  $x_i$  分别表示  $A, a, b, \omega, \xi, \phi$  六个参数。将(7)式代入(9)式并整理可得

$$aA^2 = E_0, \quad (10)$$

其中  $E_0 = a_0 A_0^2$ , 是一常数,

$$\frac{db}{dz} = -\frac{D(2m-1)\Gamma\left(-\frac{1}{2m}\right)}{8a^4\Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)} - \frac{2^{-\frac{1}{2m}}E_0\Gamma\left(\frac{1}{2m}\right)}{4a^3\Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)} - 2Db^2, \quad (11)$$

$$\frac{d\xi}{dz} = D(\omega + 2b\xi), \quad (12)$$

$$\frac{d}{dz}(\omega + 2b\xi) = 0, \quad (13)$$

$$\frac{da}{dz} = 2Dab, \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\phi}{dz} = & -\xi \frac{d\omega}{dz} - \xi^2 \frac{db}{dz} - \frac{a^2 \Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2m}\right)} \frac{db}{dz} + \frac{D}{2\Gamma\left(\frac{1}{2m}\right)} \left[ \frac{2m-1}{4a^2} \Gamma\left(-\frac{1}{2m}\right) - \right. \\ & \left. 4a^2 b^2 \Gamma\left(\frac{3}{2m}\right) \right] - \frac{D(\omega + 2b\xi)^2}{2} + 2^{-\frac{1}{2m}} A^2, \end{aligned} \quad (15)$$

(10)~(15)式即为色散缓变光纤中超高斯脉冲参数演化的方程组。

由(13)式可得

$$\omega + 2b\xi = \omega_0 + 2b_0\xi_0, \quad (16)$$

代入(12)式得

$$\xi = \xi_0 + D(\omega_0 + 2b_0\xi_0)z, \quad (17)$$

(17)式代入(16)式,得

$$\omega = \omega_0 + 2(b_0 - b)\xi_0 - 2Db(\omega_0 + 2b_0\xi_0)z. \quad (18)$$

由(11)式和(14)式得

$$\frac{db}{da} = -\frac{1}{16b\Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)} \left[ \frac{(2m-1)}{a^5} \Gamma\left(-\frac{1}{2m}\right) + \frac{2 \times 2^{-\frac{1}{2m}} E_0}{Da^4} \Gamma\left(\frac{1}{2m}\right) \right] - \frac{b}{a}, \quad (19)$$

满足初始条件的解为

$$a^2 b^2 = \frac{1}{8\Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)} \left[ \frac{(2m-1)}{2} \left( \frac{1}{a^2} - \frac{1}{a_0^2} \right) \Gamma\left(-\frac{1}{2m}\right) + \frac{2 \times 2^{-\frac{1}{2m}} E_0}{D} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{a_0} \right) \Gamma\left(\frac{1}{2m}\right) \right] + a_0^2 b_0^2. \quad (20)$$

由(20)式和(14)式得

$$\frac{da}{dz} = \pm \frac{D}{a_0 a} \sqrt{Pa^2 + Qa + R}, \quad (21)$$

式中的“±”分别对应于正负啁啾,且

$$\begin{cases} P = 4a_0^4 b_0^2 - \frac{2^{-\frac{1}{2m}} a_0 E_0 \Gamma\left(\frac{1}{2m}\right)}{D \Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)} - \frac{(2m-1) \Gamma\left(-\frac{1}{2m}\right)}{4 \Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)}, \\ Q = \frac{2^{-\frac{1}{2m}} E_0 a_0^2 \Gamma\left(\frac{1}{2m}\right)}{D \Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)}, \\ R = \frac{(2m-1) a_0^2 \Gamma\left(-\frac{1}{2m}\right)}{4 \Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)}. \end{cases} \quad (22)$$

微分方程(21)式根据不同的条件可得下列三种解:

① 当  $P < 0$  时,其解为

$$\begin{aligned} \pm z = & \frac{Qa_0}{2D(-P)^{3/2}} \left( \arcsin \frac{2Pa + Q}{\sqrt{Q^2 - 4PR}} - \arcsin \frac{2Pa_0 + Q}{\sqrt{Q^2 - 4PR}} \right) + \\ & \frac{a_0}{DP} (\sqrt{Pa^2 + Qa + R} - \sqrt{Pa_0^2 + Qa_0 + R}), \end{aligned} \quad (23)$$

② 当  $P = 0$  时,其解为

$$\pm z = \frac{2a_0}{3DQ^2} \left[ (Qa - 2R) \sqrt{Qa + R} - (Qa_0 - 2R) \sqrt{Qa_0 + R} \right], \quad (24)$$

③ 当  $P > 0$  时,其解为

$$\pm z = \frac{a_0}{DP} (\sqrt{Pa^2 + Qa + R} - \sqrt{Pa_0^2 + Qa_0 + R}) - \frac{Qa_0}{2DP^{3/2}} \ln \frac{2Pa + Q + 2\sqrt{P}\sqrt{Pa^2 + Qa + R}}{2Pa_0 + Q + 2\sqrt{P}\sqrt{Pa_0^2 + Qa_0 + R}}. \quad (25)$$

显然, 只有当  $P < 0$  时, 传输过程中脉宽才能振荡恢复。

利用(11)式、(12)式和(15)式可得

$$\begin{aligned} \frac{d\phi}{dz} = & 2Db\omega\xi - \frac{D(2m-1)\xi^2}{8a^4\Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)}\Gamma\left(-\frac{1}{2m}\right) - \frac{2^{-\frac{1}{2m}}\xi^2 E_0}{4a^3\Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)}\Gamma\left(\frac{1}{2m}\right) + 2Db^2\xi^2 + \frac{D(2m-1)\Gamma\left(-\frac{1}{2m}\right)}{2a^2\Gamma\left(\frac{1}{2m}\right)} + \\ & \frac{3 \times 2^{-\frac{1}{2m}} E_0}{4a} + \frac{12Da^2 b^2 \Gamma\left(\frac{3}{2m}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2m}\right)} + D(\omega + 2b\xi)^2 + 2^{-\frac{1}{2m}} A^2. \end{aligned} \quad (26)$$

综上所述, 超高斯脉冲的参数演化方程可由(10)、(17)、(18)、(21)、(20)和(26)式描述。

## 4 讨 论

(10)~(15)式即为导出的超高斯脉冲参数演化的基本微分方程式, 令  $m=1$  即为高斯脉冲的参数演化方程组, 高斯脉冲是超高斯脉冲的一个特例。更主要的是, 导出了(17)、(18)、(20)、(23)~(25)等式的解析结果, 这为分析光纤中脉冲的传输特性提供了依据和便利。

由(10)式知, 不论脉冲前后沿锐度参数  $m$  取何值, 超高斯脉冲都具有  $aA^2 = E_0$  (常数) 的绝热特性, 这表明振幅  $A$  和脉宽  $a$  之间存在此消彼长的关系。

(10)~(15)式表明: 初始啁啾、色散缓变和脉冲前后沿锐度对超高斯脉冲的振幅  $A(z)$ 、脉宽  $a(z)$ 、啁啾  $b(z)$  和相位  $\phi(z)$  有直接影响。由(17)式知, 脉冲前后沿锐度对超高斯脉冲中心位置  $\xi(z)$  没有影响, 色散缓变将导致高斯脉冲的位置  $\xi$  和频率  $\omega$  随传输距离  $z$  演化。(16)式是频率、啁啾、中心位置间应满足的解析约束关系, 该式表明: 尽管  $\omega$ 、 $b$ 、 $\xi$  随  $z$

变化, 但脉冲中心的等效频率保持为常数。

(20)式是得到的啁啾  $b$  和脉宽  $a$  应满足的一个解析约束条件。容易看出, 由于  $a$  随  $z$  变化, 因此, 即使  $b_0=0$ , 一般地,  $b \neq 0$ 。这说明, 脉冲在传输过程中会产生啁啾。

由(21)和(22)式知, 当  $D$  确定后, 影响脉宽  $a$  的因素有脉冲前后沿锐度  $m$ 、初始脉宽  $a_0$ 、初始振幅  $A_0$  (或  $E_0$ ) 以及初始啁啾  $b_0$ 。当色散呈指数变化, 即  $D(z) = \exp(-\lambda z)$  时, 令  $A_0 = 1.0$ ,  $a_0 = 2.0$ , 即  $E_0 = 2.0$ , 下面就脉冲沿锐度参数  $m$  分别取 2、3、4 时,  $\lambda = 0, 0.01, 0.1, b_0 = -0.1, -0.05, 0, 0.05, 0.1$  情形下用 Matlab 软件对(11)~(14)式采用龙格-库塔法进行数值计算, 绘出脉冲宽度  $a(z)$  随传输距离  $z$  的演化关系如图 1~3 所示。图中箭头所指曲线自下而上依次对应于  $b_0 = -0.1, -0.05, 0, 0.05, 0.1$  的情形。观察  $a(z)$  随传输距离  $z$  的演化曲线图可以发现: 初始啁啾  $b_0$  为负值时, 初期脉冲有一压缩过程, 而  $b_0$  为正值时, 初期脉冲没有经历压缩过程; 脉冲宽度  $a(z)$  随传输距离  $z$  的演化曲线是一振荡曲线; 色散缓变和初始啁啾一定时, 脉冲前后沿越陡, 即  $m$  的值越大, 脉冲

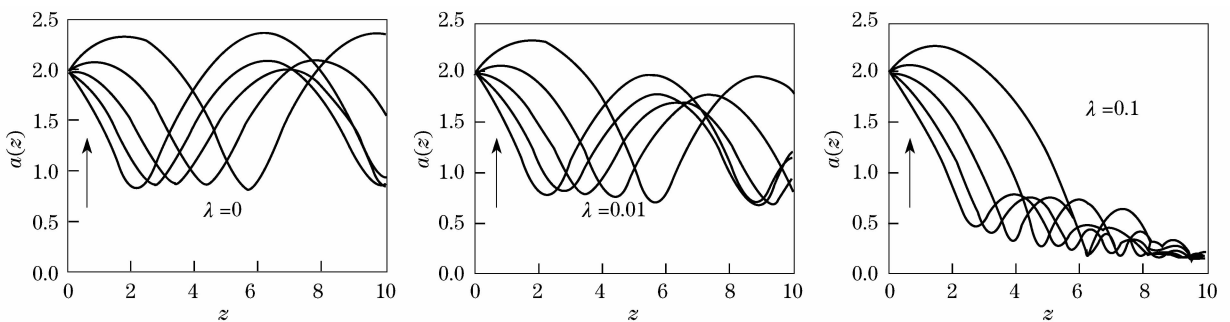
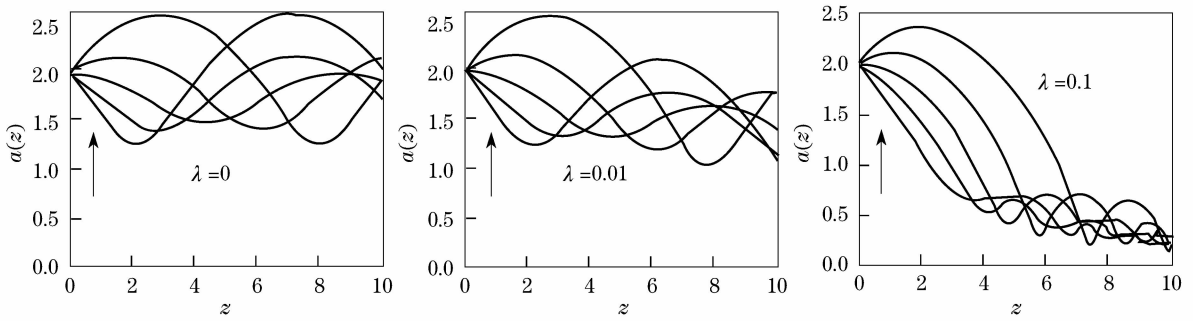
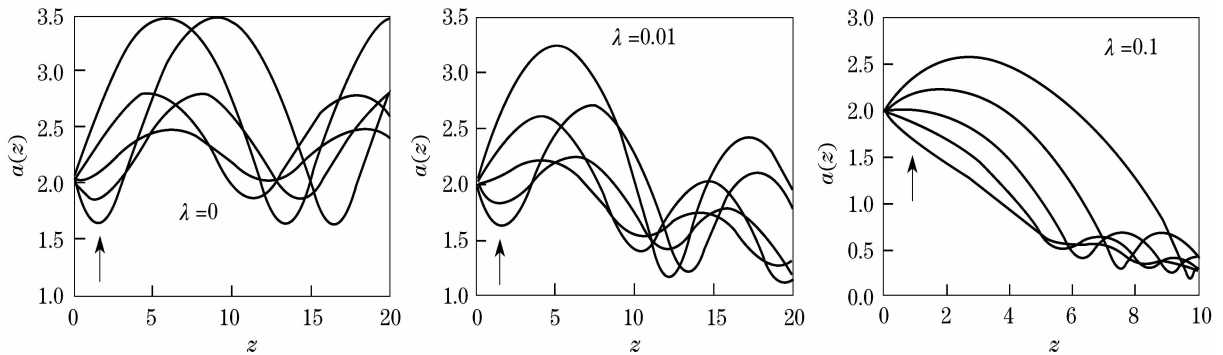


图 1  $m=2$  时脉宽随传输距离的演化曲线

Fig. 1 Evolution of pulse width versus distance with  $m=2$

图 2  $m=3$  时脉宽随传输距离的演化曲线Fig. 2 Evolution of pulse width versus distance with  $m=3$ 图 3  $m=4$  时脉宽随传输距离的演化曲线Fig. 3 Evolution of pulse width versus distance with  $m=4$ 

宽度的振荡越慢而且振荡幅度越大;脉冲前后沿锐度和初始啁啾一定时,色散缓变越快,脉冲宽度的振荡越快而且振荡幅度越小,色散缓变和脉冲前后沿锐度一定时,初始啁啾的绝对值越大,脉冲宽度的振荡越慢而振荡幅度越大。这对脉冲的稳定传输都是不利的。因此,在光纤通信中,应当在脉冲入纤前消除或减小初始啁啾,从而减少初始啁啾的影响,以保证信号大容量、长距离的稳定传输。

## 5 结 论

运用变分法导出了色散缓变光纤中传输的超高斯脉冲的各参量演化方程。求得振幅  $A$  和脉宽  $a$  满足绝热条件,频率  $\omega$ 、啁啾  $b$  和中心位置  $\xi$  满足约束关系式(16),脉宽  $a$  和啁啾  $b$  满足约束关系式(20),还求得了超高斯脉冲脉宽随传输距离演化的解析解和数值解。结果表明:初始啁啾  $b_0$  为负值时,初期脉冲有一压缩过程,而  $b_0$  为正值时,初期脉冲没有经历一压缩过程;脉冲宽度  $a(z)$  随传输距离  $z$  的演化曲线是一振荡曲线;脉冲前后沿越陡,即  $m$  的值越大,脉冲宽度的振荡越慢而且振荡幅度越大,前后沿锐度  $m$  对其他脉冲参数有直接或间接的

影响。

## 参 考 文 献

- 1 G. P. Agrawal, *Nonlinear fiber optics* [M] San' Diego, Academic Press, 2002
- 2 Tai K, Hasegawa A, Tamita A. Observation of modulation instability in optical fibers[J]. *Phys. Rev. Lett.*, 1986, **56**(1): 135~138
- 3 Zheng Hongjun, Liu Shanliang, Li Xin *et al.*. Autocorrelation characteristics of super-Gaussian optical pulse[J]. *Chinese J. Lasers*, 2007, **34**(7): 908~914  
郑宏军,刘山亮,黎 昕 等. 超高斯光脉冲自相关特性[J]. *中国激光*, 2007, **34**(7): 908~914
- 4 Guo Fangjun, Xia Guangqiong, Ling Xiaodong. Transmission characteristics of Chirped super-Gaussian optical pulse in the single-mode optical fiber[J]. *Laser Journal*, 2007, (04): 56~57  
郭仿军,夏光琼,林晓东 等. 超高斯啁啾光脉冲在单模光纤中传输的演化行为[J]. *激光杂志*, 2007(04)56~57
- 5 Liu Jinlong, Chen Jinhua, Li Hai *et al.*. Family of super-Gaussian beams spatial optical solitons in strong non-local nonlinear media[J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(7): 1261~1265  
刘金龙,陈金华,李 海 等. 强非局域非线性介质中的超高斯空间光孤子族[J]. *光学学报*, 2007, **27**(7): 1261~1265
- 6 D. Anderson. Variational approach to nonlinear pulse propagation in optical fibers[J]. *Phys. Rev. A*, 1983, **27**(6): 3135~3145
- 7 Bondeson A, Lisak M, Anderson D. Soliton perturbations; a variational principle for the parameters [J]. *Physica Scripta*, 1979, **20**: 479~485
- 8 Li Qiliang, Li Qingshan, Lin Libin. Soliton-like pulse timing

- jitter in dispersion-managed systems[J]. *Chin. Phys.*, 2006, **15**: 2306~2314
- 9 Gan Guirong, Luo Kaiji. Variational Study on influence of high-order dispersion and fifth-order nonlinearity on propagation properties of gaussian pulse in optical fibers[J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(6): 1041~1046  
甘桂蓉, 罗开基. 用变分法研究高阶色散和五阶非线性对高斯脉冲在光纤中传输特性的影响[J]. *光学学报*, 2008, **28**(6): 1041~1046
- 10 Chen Shoumang, Shi Shunxiang, Dong Hongzhou. Gaussian soliton in biased photo refractive crystal[J]. *Acta Phys. Sin.*, 2007, **56**(3): 1379~1384  
陈守满, 石顺祥, 董洪舟. 有偏压光折变晶体中的高斯孤子[J]. *物理学报*, 2007, **56**(3): 1379~1384
- 11 Xu Ming, Ji Jianhua. Phase Jitter of multi-perturbations in differential phase-shift keying Dispersion managed soliton system [J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(5): 781~786  
徐 铭, 吉建华. 差分相移键控色散管理孤子多扰动系统的相位抖动[J]. *光学学报*, 2007, **27**(5): 781~786
- 12 Hasegawa A, Kumar S, Kodama Y. Reduction of collision-induced time jitters in dispersion-managed soliton transmission systems [J]. *Opt. Lett.*, 1996, **12**(1): 39~41
- 13 Yang Xiangling, Wen Yangjing. *Fundamental Theories of Optical Fiber Soliton Communications* [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2000  
杨祥林, 温扬敬. *光纤孤子通信理论基础* [M]. 北京: 国防工业出版社, 2000
- 14 A. Hasegawa, Y. Kodama. *Soliton in Optical Communications* [M]. Oxford, Oxford University Press, 1995
- 15 A. Biswas. Super-Gaussian soliton in optical fibers[J]. *Fiber and Integrated Optics*, 2002, **21**: 115~124
- 16 Sang Zhiwen, Luo Kaiji, Sang Minghuang *et al.*. Influence of the third-order dispersion on the propagation properties of gaussian-shaped pulses in optical fibers[J]. *Chinese J. Quant. Electron.*, 2005, 946~950  
桑志文, 罗开基, 桑明煌 等. 三阶色散对光纤中高斯型脉冲传输特性的影响[J]. *量子电子学报*, 2005, 946~948
- 17 Xie Yingmao. A variational study on the propagation properties of optical bright-soliton-like pulses in optical fibers [J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, **24**(4): 452~455  
谢应茂. 类明孤子在光纤中传输特性的变分研究[J]. *光学学报*, 2004, **24**(4): 452~455

## 《中国激光》“激光医学与生物光子学”专题征稿启事

光学技术特别是激光技术的快速发展给生物医学成像、传感以及诊断学领域带来了重大变革,并产生了巨大影响。激光医学与生物光子学作为一门新兴的交叉性学科,为生物医学的应用发展及基础理论研究提供了有利的条件。它结合多个学科,探索光子学技术在生物研究及医学诊断与治疗中的应用,已成为国际上迅速发展的领域并取得了诸多令人兴奋的成就。《中国激光》计划于2009年9月正刊(EI核心收录)上推出“激光医学与生物光子学”专题栏目,现特向国内外广大读者以及作者征集“激光医学与生物光子学”方面原创性的研究论文和综述,旨在集中反映该领域基础理论的研究进展以及最先进的临床试验水平。

### 征稿范围包括:

- 激光医学与生物光子学的基础研究
- 激光治疗
- 生物光学成像技术
- 非侵入性光学诊断
- 生物光学传感技术
- 生物光学器件
- 光动力学疗法
- 其他

### 特邀组稿专家(以姓氏笔划为序):

丁志华 教授 浙江大学信息科学与工程学院 E-mail: zh\_ding@zju.edu.cn

张镇西 教授 西安交通大学生命科学与技术学院 E-mail: zxzhang@mail.xjtu.edu.cn

瞿佳男 教授 香港科技大学电子及计算机工程系 E-mail: eequ@ust.hk

截稿日期: 2009年6月30日

### 投稿方式以及格式:

可直接将稿件电子版发给“激光医学与生物光子学”专题组稿专家(主题标明“光医学与生物光子学专题”投稿),或通过中国光学期刊网网上投稿系统直接上传稿件(主题标明“激光医学与生物光子学专题”投稿),详情请参见 <http://www.opticsjournal.net/zgjg.htm>。本专题投稿文体不限,中英文皆可,其电子版请使用MS-word格式,有任何问题请咨询马沂编辑, E-mail: CJL@siom.ac.cn; 电话: 021-69918427。