

# 激光耦合同步及其在光纤混沌保密通信中的应用

颜森林<sup>1</sup>, 迟泽英<sup>1</sup>, 陈文建<sup>1</sup>, 孙小菡<sup>2</sup>, 张明德<sup>2</sup>

(1. 南京理工大学电子工程与光电技术学院, 江苏南京 210094; 2. 东南大学电子工程系, 江苏南京 210096)

**摘 要:** 本文建立了光纤混沌保密通信耦合同步系统模型, 实现了外部光注入分布反馈半导体激光器激光混沌在长距离光纤传输中的耦合同步, 证明了光纤的交叉相位调制是限制激光混沌在光纤传输中同步的主要原因, 导出了这种传输的极限. 该同步系统在长距离光纤混沌模拟和数字保密通信中的数值模拟表明, 该系统确有一定的保密性能和反破译能力. 光纤混沌保密通信是可以实现的.

**关键词:** 混沌; 同步; 光纤保密通信

**中图分类号:** TP273, TN918

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0372-2112 (2002) 11-1663-05

## Synchronization of Lasers Coupling System and Its Application in Optical Fiber Chaotic Secure Communication

YAN Sen-lin<sup>1</sup>, CHI Ze-ying<sup>1</sup>, CHEN Wen-jian<sup>1</sup>, SUN Xiao-han<sup>2</sup>, ZHANG Ming-de<sup>2</sup>

(1. School of Electronic Engineering & Photoelectric Technology, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210094, China;

2. Department of Electronic Engineering, Southeast University, Jiangsu 210096, China)

**Abstract:** A model of synchronous chaotic coupling system for optical fiber chaotic secure communication is presented. A system with distributed feedback semiconductor lasers with external light injection of 1.31  $\mu\text{m}$  has been successfully stimulated in long distance fiber. The synchronization is limited by the intercross-phase modulation in the fiber. The propagation limit is presented. Both analog and digital optical fiber chaotic secure communications with the system are studied by numerical simulations in the long propagating distances. The system shows a good ability of robust security and anti-code-breaking. Optical fiber chaotic secure communications can be realized.

**Key words:** chaos; synchronization; optical fiber chaotic secure communications

## 1 引言

混沌由于对初值的敏感且能形成无限个致密不同的相空间轨迹, 混沌波变化复杂无序随机, 在保密通信中的应用得到了广泛重视<sup>[1~4]</sup>. 首先是电路系统混沌在无线保密通信中的应用, 然后是半导体激光器混沌系统在光学保密通信中的应用发展<sup>[5~8]</sup>. 由于, 全光激光混沌系统有较大的带宽和有较低的衰减, 且动力学系统比较复杂以及系统对参数具有极高的敏感性, 因而, 非常适合高速远程保密通信<sup>[9~11]</sup>. 目前有许多文献都提出了半导体激光器激光混沌通信系统, 但在光纤通信中的研究还少见. 因此, 激光混沌在长距离光纤保密通信中的研究还有待进一步深入.

本文建立了光纤混沌保密通信耦合同步系统分析模型, 数值模拟了波长 1.31  $\mu\text{m}$  有外部光注入分布反馈 (DFB) 激光二极管 (LD)<sup>[9~13]</sup> 激光混沌在长距离光纤保密通信的应用. 由于使用在波长 1.31  $\mu\text{m}$  上的零色散普通单模光纤连接各器件, 保证了该系统激光混沌相位同步的品质. 光纤的交叉相位调制 (XPM) 作用是限制激光混沌信号在光纤传输中同步的主要

原因, 分析了混沌信号在光纤中传输的极限, 并数值模拟了该系统在远距离光纤混沌保密通信中的应用. 本文第二部分建立了外部注入相干光场 DFB LD 激光在光纤混沌通信中的耦合同步系统物理模型, 证明了光纤的 XPM 是限制激光在光纤传输中混沌同步的主要原因, 第三部分是该同步系统在远距离光纤混沌通信中应用的数值模拟, 第四部分是结论.

## 2 同步

### 2.1 模型

半导体激光器激光混沌耦合同步系统模块组合如图 1 所示. 其中发射和接收的子系统有相同的主 (M)、副 (S) DFB LD 所组成, 且由普通单模光纤连接各器件. 这里,  $k$  是光注入指数,  $f$  是系统耦合系数. M-LD 的激光场  $E_m \exp[-j(\omega_m t + \phi_m)]$  注入驱动 S-LD 激光趋向混沌态. 对于发射系统, S-LD 的混沌态激光场  $E_r(t) \exp[-j(\omega_m t + \phi_r(t))]$  发射注入到接收系统 S-LD 中, 而接收系统 S-LD 激光场  $E_r(t) \exp[-j(\omega_m t + \phi_r(t))]$  被耦合注入到发射系统 S-LD 中, 这样, 俩系统接收耦合就实

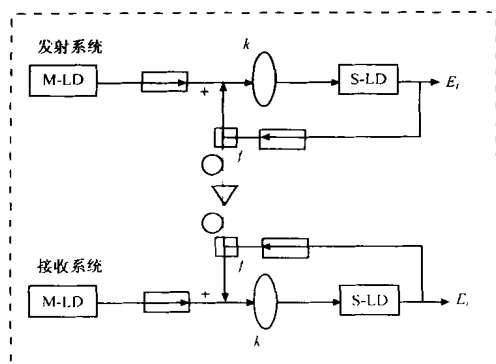


图1 同步模块组合图 M-LD 是主激光器, S-LD 是副激光器,

□ 是光隔离器, 是光纤, 是光放大器, □ 是光耦合器,  $k$  是光注入指数,  $f$  是系统耦合系数, 图上部是发射系统, 下部是接收系统, 且俩系统可以相互替换使用

现了. 耦合平衡是必要的, 为了简便, 俩系统接收耦合系数均取为  $f$ . 其中  $E_m$ 、 $E_t(t)$  和  $E_r(t)$  都是慢变场振幅. 这样, 注入相干光场 DFB LD 发射系统和接收系统的 S-LD 耦合速率方程是<sup>[11-14]</sup>:

$$\begin{aligned} \frac{dE_{t,r}}{dt} &= \frac{1}{2} (G_{t,r} - \gamma) E_{t,r} + \frac{k}{L} E_m \cos(\phi_m - \phi_{t,r}) \\ &\quad + \frac{k \times f}{L} E_{r,t} \cos(\phi_{r,t} - \phi_{t,r}) \\ \frac{d\phi_{t,r}}{dt} &= \frac{1}{2} c (G_{t,r} - \gamma) + \frac{k}{L} \frac{E_m}{E_{t,r}} \sin(\phi_m - \phi_{t,r}) \\ &\quad + \frac{k \times f}{L} \frac{E_{r,t}}{E_{t,r}} \sin(\phi_{r,t} - \phi_{t,r}) - \gamma_m \\ \frac{dN_{t,r}}{dt} &= \frac{1}{q} - \gamma_{et,r} N_{t,r} - G_{t,r} V_p E_{t,r}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

其中, 脚注“ $t$ ”和“ $r$ ”分别表示发射系统和接收系统的 S-LD, 这里,  $N$  是载流子数; 模式增益  $G = (\gamma_g a / V) (N - N_{th}) / \sqrt{1 + E^2 / E_s^2}$ ,  $\gamma_g$  是激光腔内光子的群速,  $a$  是增益常数,  $\gamma = V / V_p$  是压缩和限制因子,  $V$  是激光腔体积,  $V_p$  是激光模式体积,  $E_s$  是饱和光子场强;  $N_{th} = n_{th} V$  是激光取得透明时载流子值,  $n_{th}$  是所对应的载流子密度;  $\gamma = \gamma_g (\gamma_m + \gamma_{int})$  是光子损耗速率,  $\gamma_m$  是腔内光子损耗,  $\gamma_{int}$  是腔外光子损耗;  $\gamma_m = W_m - W_{th}$  可认为是外部注入光频率和无扰动时激光光场频率的频率差;  $L = 2 n_g L / c$  是光在激光腔长  $L$  内来回一周的时间,  $c$  是真空中光速,  $n_g = c / v_g$  群速折射率;  $I$  是驱动电流,  $q$  是单位电荷;  $\gamma_c$  是光增强因子;  $\gamma_e = A_{nr} + B (N / V) + C (N / V)^2$  是载流子非线性损耗速率,  $A_{nr}$  是非辐射复合速率,  $B$  是辐射复合因子,  $C$  是俄歇复合因子. 由于 M-LD 的激光注入, S-LD 的激光系统的动力学行为表现出相位锁模、分岔和混沌等多种物理现象. 研究表明在比较大的参数范围内, 适中的外场注入, 都存在混沌现象<sup>[12]</sup>. 由方程 (1) 得到同步方程:

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} (E_t - E_r) \\ (\phi_t - \phi_r) \\ (N_t - N_r) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_1(E, \phi, N, E_r, \phi_r, N_r) \\ F_2(E, \phi, N, E_r, \phi_r, N_r) \\ F_3(E, \phi, N, E_r, \phi_r, N_r) \end{pmatrix} \quad (2)$$

这里, 函数  $F_1$ ,  $F_2$  和  $F_3$  的形式可由方程 (1) 简单给出. 如当

时间  $t$ , 绝对值  $|E_t - E_r| \rightarrow 0$ ,  $|\phi_t - \phi_r| \rightarrow 0$ ,  $|N_t - N_r| \rightarrow 0$  时, 接收系统和发射系统同步就实现了. 当然, 由于外界及其信道等因素的影响, 同步绝对不可能达到完美.

## 2.2 光纤混沌传输系统

设两激光混沌波具有相同的偏振态, 但在光纤中以相反方向传输, 它们由非线性薛定谔耦合方程来描述<sup>[14]</sup>:

$$\frac{\partial E_t}{\partial z} + \frac{i}{2} \frac{\partial^2 E_t}{\partial T^2} + \frac{\gamma}{2} E_t = i (|E_t|^2 + 2|E_r|^2) E_t \quad (3)$$

$$\frac{\partial E_r}{\partial z} + \frac{i}{2} \frac{\partial^2 E_r}{\partial T^2} + \frac{\gamma}{2} E_r = i (|E_r|^2 + 2|E_t|^2) E_r \quad (4)$$

其中  $E(z, t)$  和  $E(z, t)$  是激光场脉冲包络的慢变振幅,  $z$  (或  $\hat{z}$ ) 是传输距离 (作为坐标轴, 前向波是正号, 后向波是负号, 即有  $|z| = |\hat{z}|$  和  $\partial / \partial z = - \partial / \partial \hat{z}$ ),  $T$  是随脉冲以群速度  $v_g$  移动的参考系中的时间量度 ( $T = t - z / v_g$ ),  $\gamma$  是光纤损耗常数,  $\gamma_2$  是光纤二阶色散常数,  $\gamma_3$  是光纤非线性 Kerr 效应常数. 这样由方程 (1) 和式 (3) 及 (4) 组成光纤混沌通信的耦合同步系统. 由于群速色散会限制光纤通信系统的比特率和传输距离, 影响脉冲的形态, 并能影响激光混沌同步. 所以, 这里选用波长  $1.31 \mu\text{m}$  时色散为零的普通单模光纤 (典型值是  $0.44 \text{ dB/km}$ ,  $\gamma_2 = 0$ ,  $\gamma_3 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ W}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ). 这样, 色散效应显得次要, 可仅考虑非线性效应, 令:

$$E_t(z, T) = \sqrt{P_0} \exp(-|z|/2) \exp(i\phi_N) \quad (5)$$

$$E_r(z, T) = \sqrt{P_0} \exp(-|z|/2) \exp(i\phi_N) \quad (6)$$

这里  $P_0$  和  $P_0$  为入射脉冲的峰值功率, 如腔内外和其它光子损耗为  $\gamma$ , 则可表示为:

$$P_{0,r} = \frac{\hbar \gamma_{th} V_p E_{0,r}^2}{2 L} \quad (7)$$

XPM 产生的非线性相移是:

$$\phi_{tN}(z, T) = z_{\text{eff}} [P_0 + 2 P_0] \quad (8)$$

$$\phi_{rN}(z, T) = z_{\text{eff}} [P_0 + 2 P_0] \quad (9)$$

其中  $z_{\text{eff}} = [1 - \exp(-|z|)] / \gamma$  是有效距离. 式 (8) 和 (9) 表明, XPM 使得非线性相移随光强的增大而增大. 由式 (5)、(6)、(8) 和 (9) 可知, 影响激光混沌同步的主要原因是光纤的损耗和 XPM 产生的非线性相移. XPM 产生的非线性相移的净相位差是:

$$\phi = \phi_{tN} - \phi_{rN} = z_{\text{eff}} (P_0 - P_0) \quad (10)$$

为了减少非线性相移对同步的影响, 最好取  $P_0 = P_0$ , 这样净相位差  $\phi = 0$ . 当式 (8) 和 (9) 代入式 (2) 后, 接收系统和发射系统仍能混沌同步, 则式 (8) 和 (9) 就是激光混沌在光纤保密通信中的非线性相移极限. 而当  $z \rightarrow \infty$  且  $P_0 = P_0 = P_0$  时, 式 (8) 和 (9) 可写为:

$$\phi_{\text{max}} = 3 P_0 / \gamma \quad (11)$$

事实上, 由于自发辐射和白噪声等因素的影响, 相移极限数值应当比式 (9) 要小. 目前, 掺镨光纤等放大器对光脉冲能很好地进行线性放大, 以补偿光场损耗. 在光纤通信中, 每相距一定距离设有一掺镨光纤放大器. 这样, 总的最大非线性相移是  $3 n P_0 / \gamma$ , 这里  $n$  是光放大器的个数. 当然为了保证实现同步, 总的最大非线性相移必须小于等于同步系统所允许的相

位失配.

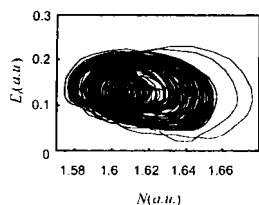


图 2 激光混沌吸引子 由方程(1)和式(5)(6)及模拟得到,传输距离  $z=600\text{km}$

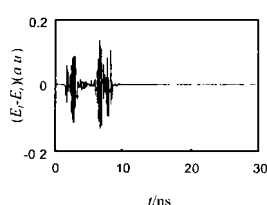


图 3 同步 由方程(2)和式(5)及(6)模拟得到,传输距离  $z=400\text{km}$

### 2.3 数值分析

值数模拟分析时取表 1 的数值,并让  $E$  对  $E_s$ ,  $t$  对  $ns$ ,  $N$  对  $N_{th}$  归一化. 计算时取  $\phi_m = 0$ ,  $f = 0.6$ ,  $k = 0.06$ ,  $E_m = 0.25/3 E_s$ . 取表 1 的数值. 图 2 是激光混沌吸引子盆域图. 图 3 和图 4 是混沌信号在光纤中传输 400km 和 1000km 的同步图,分

别显示随着在传输距离的增加,到达同步的时间变长了. 同时,由图 4 中的上插入图可见,由于光纤的影响,同步不可能达到完美. 定义在时间  $t$  时的相对同步误差为:

$$= \frac{2 < |E_r(t) - E_e(t)| >}{< |E_r(t) + E_e(t)| >} \quad (12)$$

以下所有同步误差数值计算中均取时间在 70ns~90ns 中的 2000 个点统计平均,每相距 200km 有一光放大器. 在光纤传输中的相对同步误差如图 5 所示,0 - 600km 和 1000km 以后,相对同步误差随着在传输距离而增加.

### 3 光纤混沌保密通信

激光混沌吸引子是由无限个致密不同的相空间轨迹所构成的,是激光混沌波变化复杂无序随机特点的反应,它的长时间行为是不可以预测的,其信号具有类噪声宽频谱. 混沌保密通信的正是利用了混沌这一特性. 下面是以同步图 1 为基本体系,构造出两组光纤混沌保密通信系统.

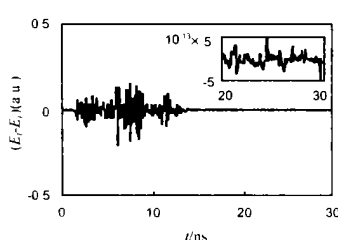


图 4 同步 传输距离  $z=1000\text{km}$  上插入图是同步的局部放大,由于光纤的影响,同步不可能达到完美

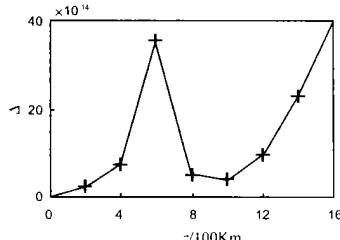


图 5 相对同步误差 由方程(2)和式(5)、(6)及(12)模拟得到

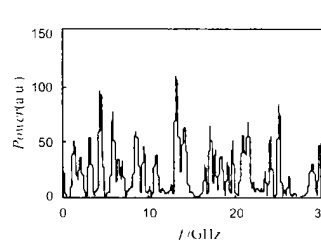


图 6 功率频谱 传输距离  $z=1000\text{km}$

表 1 波长 1.31μmDFB LD 参数

参数	符号	值	单位
腔长	$L$	350	μm
腔宽	$w$	2	μm
腔厚	$d$	0.15	μm
压缩和限制因子		0.29	
群速折射率	$n_g$	3.8	
腔内光子损耗	$a_m$	29	$\text{cm}^{-1}$
腔外光子损耗	$a_{int}$	20	$\text{cm}^{-1}$
载流子密度门限值	$n_{th}$	$1.2 \times 10^{18}$	$\text{cm}^{-3}$
非辐射复合速率	$A_{nr}$	$1.0 \times 10^8$	$\text{s}^{-1}$
辐射复合因子	$B$	$1.2 \times 10^{10}$	$\text{cm}^3/\text{s}$
俄歇复合因子	$C$	$3.5 \times 10^{-29}$	$\text{cm}^6/\text{s}$
饱和光子场强	$E_s$	$1.6619 \times 10^{11}$	$\text{m}^{-3/2}$
增益常数	$a$	$2.3 \times 10^{-16}$	$\text{cm}^2$
光增强因子	$c$	6	
频差		$2 \times 10^9$	$\text{rad/s}$
驱动电流	$I$	25	mA

### 3.1 混沌隐藏

这里,发射信息  $S(t)$  直接加到混沌信号波中调制信息,和混沌信号一起被发射,即信息隐藏在混沌波中,这样从混沌波形上分离信息就很难. 现用正弦信号  $S(t)$  调制信息,并直接加到混沌波中. 数值模拟时,取  $S(t) = A \sin(\omega_0 t)$ , 这里  $A =$

$0.001 E_0$ ,  $\omega_0 = 2\pi/T$ ,  $T = 5\text{ns}$ . 当接收和发射系统达到混沌同步后,即:  $E_r(t) = E_e(t)$ . 通过下式即可解调出信息  $S(t)$

$$s(t) = E_r(t) + S(t) - E_e(t) = S(t) \quad (13)$$

图 6 是载有信号的混沌波功率频谱,如果不了解系统的参数,是很难从中分离出信息的. 图 7 是混沌隐藏调制解调波形图. 图 7(a) 是混沌波形图,图 7(b) 是信号  $S(t)$  成功地隐藏在混沌波中,图 7(c) 是解调出信息的波形图. 解调出来的信息  $S(t)$  波形明显叠加着同步误差所产生的杂波,其原因是信号  $S(t)$  干扰了激光的混沌同步,使同步误差增加了. 图 7(d) 是应用低通数字滤波器对解调信息  $S(t)$  进行滤波重构后的完美信号. 这样,混沌隐藏解调就实现了.

### 3.2 混沌键控

这里发射系统 S-LD 的驱动电流分别是  $I_0$  和  $I_1$ ,以键控形式调制以驱动 S-LD 激光到不同的混沌周期轨道上,  $E_0$  和  $E_1$  是发射的混沌信息,由于  $E_0$  和  $E_1$  的混沌周期轨道是不同的混沌吸引子,即定义了二进制码“0”和“1”.

接收解调系统是发射系统的复制且并列组成,“0”接收机的主激光器驱动电流是  $I_0$  且接收  $E_0$  的混沌信息,“1”接收机的主激光器驱动电流是  $I_1$  且接收的混沌信息是  $E_1$ . 在数值模拟中,  $I_0$  和  $I_1$  数值是相近的,这里取  $I_0 = 25.01\text{mA}$ ,  $I_1 = 25\text{mA}$ ,其它取表 1 的参数,初始条件任意.  $I_0$  和  $I_1$  数值微小的

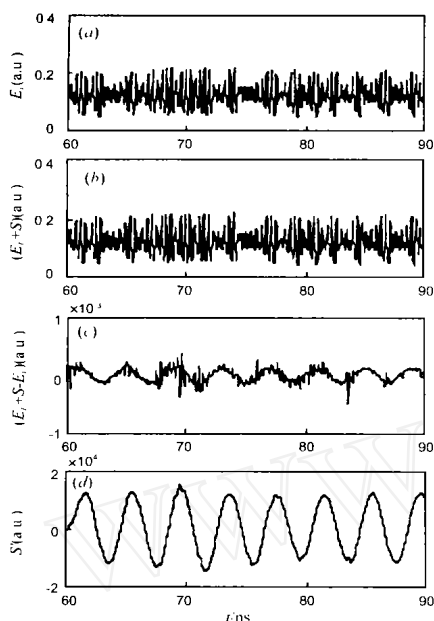


图 7 混沌隐藏 由方程(1)和式(5)、(6)及(13)模拟得到,传输距离  $z = 1000\text{km}$ ,这里参数取  $I = 25\text{mA}$ ,  $a = 0.44\text{dB/km}$ ,  $\gamma_2 = 0$ ,  $\gamma_1 = 1.5 \times 10^{-3}\text{W}^{-1}\text{m}^{-1}$ ,  $\gamma = 10\%$ .

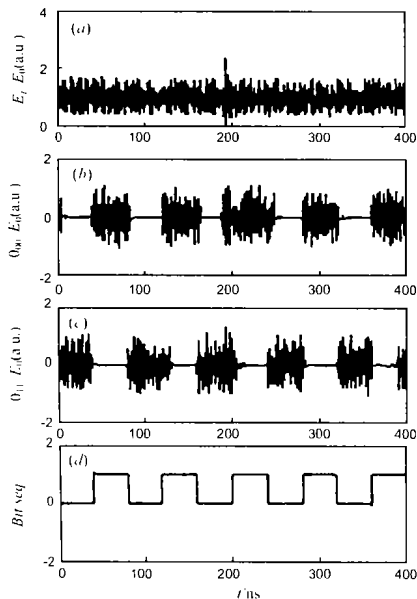


图 8 混沌键控 由方程(1)和式(5)、(6)及(14)模拟得到,传输距离  $z = 1200\text{km}$ . 图中  $E_0 = (E_i + E_r)/2$  这里参数取  $I_0 = 25.01\text{mA}$ ,  $I_1 = 25\text{mA}$ ,  $a = 0.44\text{dB/km}$ ,  $\gamma_2 = 0$ ,  $\gamma_1 = 1.5 \times 10^{-3}\text{W}^{-1}\text{m}^{-1}$ ,  $\gamma = 10\%$

差别和初始条件的不同,目的是调节混沌吸引子周期轨道,当发射系统和接收解调系统同步后,同步混沌信号分别为  $E_{i0}$  和  $E_{i1}$ ,这样通过下式就可以实现信号解调

$$\begin{aligned} O_0(t) &= E_{i0}(t) - E_{i0}(t) \\ O_1(t) &= E_{i1}(t) - E_{i1}(t) \end{aligned} \quad (14)$$

这里,  $O_0$  和  $O_1$  是分别解调出来的二进制码“0”和“1”.当“ $O_0$ ”

或“ $O_1$ ”归零后,数字信号编码解调也就实现了.图 8 是混沌键控转换发射接收解调的数值模拟结果图.其中,图 8(a)是  $E_{i0}$  和  $E_{i1}$  信号的混沌波被转换发射实时构成的图示,  $E_{i0}$  和  $E_{i1}$  是不同的混沌吸引子(但很相近).如果不了解系统参数,很难分离出二进制码“0”和“1”.图 8(b)是在字节“0”上同步,图 8(c)是在字节“1”上同步,图 8(d)是混沌信号由公式(14)分离解调并标准化后按二进制码“0”和“1”实时构成的信息流图.

#### 4 结论

本文提出光纤混沌通信耦合同步系统模型,成功模拟实现了有外部光注入波长  $1.31\mu\text{m}$  DFB LD 激光混沌在长距离光纤传输中的同步,证明了光纤的交叉相位调制是限制激光混沌在光纤传输中同步的主要原因,得到了这种传输的极限.通过混沌隐藏和混沌键控技术在光纤混沌保密通信中的应用的数值模拟,发现该系统具有较高的保密性能和反破译能力.其中混沌隐藏系统可以做模拟通信系统,混沌键控系统可以做多路数字通信系统.另外,该同步系统优点是发射系统和接收系统可以相互替换使用.研究表明远程光纤混沌保密通信是可以实现的.

#### 参考文献:

- [1] L M Pecora, T L Carroll. Synchronization in chaotic systems [J]. Phys. Rev. Lett., 1990, 64(10): 821 - 824.
- [2] K M Short. Unmasking a modulated chaotic communication scheme [J]. Int. J. Bif. & Chaos, 1996, 6(11): 2153 - 2161.
- [3] L M Pecora, T L Carroll. Synchronization in chaotic systems [J]. Phys. Rev. Lett., 1993, 71(19): 3103 - 3106.
- [4] O Morgul, M Feki. A chaotic masking scheme by using synchronization chaotic systems [J]. Phys. Lett. A, 1999, 251(3): 169 - 175.
- [5] T Fukushima, T Sakamoto. Chaos in coupled semiconductor lasers with an electronic delayed feedback caused by injection locking [J]. Quantum Electron., 1998, 34(5): 750 - 757.
- [6] V A Lodi, S Donati, A Scire. Synchronization of chaotic injected laser systems and its application to optical cryptography [J]. Quantum Electron., 1996, 32(6): 953 - 959.
- [7] A S D Claudio, R M P Colet, G Fernandez. Encoded Gbit/s digital communications with synchronized chaotic semiconductor lasers [J]. Quantum Electron., 1999, 35(3): 292 - 297.
- [8] C Juang, T M Hwang. A synchronization scheme using self-pulsating laser diodes in optical chaotic communication [J]. Quantum Electron., 2000, 36(3): 300 - 304.
- [9] P Colet, R Roy. Digital communication with synchronization chaotic laser [J]. Opt. Lett., 1994, 19(24): 2056 - 2058.
- [10] Y Matsui, S Kutsuzawa. Bifurcation in 20-GHz gain-switched  $1.55\mu\text{m}$  MQW laser and its control by CW injection seeding [J]. Quantum Electron., 1998, 34(7): 1213 - 1223.
- [11] Y Hong, K A Shore. Locking characteristic of a side-mode injected semiconductor laser [J]. Quantum Electron., 1999, 35(11): 32 - 38.
- [12] J Troger, P A Nicati. Novel measurement scheme for injection locking experiments [J]. Quantum Electron., 1999, 35(1): 1713 - 1717.
- [13] V A Lodi, A Scire, M Sorel, S Donati. Dynamic behavior and locking of a semiconductor laser subjected to external injection [J]. Quantum Electron., 1998, 34(12): 2350 - 2357.

[14] G P Agrawal. Nonlinear Fiber Optics[M]. San Diego, CA: Academic, 1989.

#### 作者简介:



颜森林 男, 1962 年出生, 江苏人, 博士后, 副教授, 现从事混沌、半导体激光器、光纤保密通信、光电子器件、光纤应用技术和无源光纤图形传输研究。



迟泽英 男, 1941 年出生, 北京人, 大学本科, 教授, 现从事光纤通信、光纤传感、光纤制导和无源光纤图形传输研究。

## 中国人工智能学会 2003 全国学术大会(CAAI10) 征 文 通 知

为了总结 CAAI9 以来的新进展, 交流我国科技 - 教育 - 企业工作者在人工智能领域的自主创新成就, 探讨人工智能未来的发展, 共享转化科技成果以及在推进信息化过程中推进智能化的经验, 中国人工智能学会决定 2003 年 11 月在我国改革开放的前沿城市——广州召开第十届全国学术大会(CAAI10), 由广东工业大学承办。欢迎从事人工智能领域研究、教学、应用的科技工作者、大专院校师生、企业家、以及一切爱好和有志于人工智能事业的朋友踊跃投稿。

大会将邀请著名科学家做前沿报告, 同时将举行《中韩智能系统学术研讨会》。凡被程序委员会录用的论文, 将由北京邮电大学出版社正式出版专书《中国人工智能进展: 2003》, 并将从这些论文中评选授奖论文。大会期间还将同时举办中国人工智能学会机器人足球邀请赛(华南理工大学承办)。

### 1 学术大会征文范围包括(但不限于):

理论创新: 逻辑学, 离散数学, 模糊集与粗糙集, 认知学, 信息论, 知识论, 智能论, 控制论, 系统学, 创造学, 可拓理论, 哲学, 技术创新: 机器学习, 智能机器人, 专家系统, 知识工程与分布智能, 智能控制与智能管理, 神经网络与计算智能, 自然语言理解, 机器翻译, 机器感知与虚拟现实, 生物信息学与人工生命, 计算机辅助教育, 智能 CAD, 智能制造, 可拓工程, 智能信息网络, 智能系统工程, 集对分析与联系数

应用发展: 机器人足球, 人工智能产品标准与产业发展, 人工智能教育, 人工智能普及, 智能技术在各个领域的应用

### 2 征文截止日期:

2003 年 6 月 30 日。

### 3 联系方法:

来稿请寄: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

北京邮电大学 167 信箱 CAAI 办公室

联系人: 叶晓雁, 袁曼伶

电 话: 010 - 62282638; 传 真: 010 - 62282983

Email: [yexy@bupt.edu.cn](mailto:yexy@bupt.edu.cn), [yuanml@bupt.edu.cn](mailto:yuanml@bupt.edu.cn)

会务联系: 广州市广东工业大学可拓学研究所(510090)

联系人: 杨春燕

电 话: 020 - 37626179; 传 真: 020 - 37626276

Email: [wyyw@gdut.edu.cn](mailto:wyyw@gdut.edu.cn)