

混沌超宽带信号的光学产生及其链路传输*

刘鋈¹⁾ 郑建宇¹⁾ 张明江^{1)†} 孟丽娜¹⁾ 张朝霞¹⁾²⁾ 王云才¹⁾²⁾

1) (太原理工大学光电工程研究所, 太原 030024)

2) (东南大学毫米波国家重点实验室, 南京 210096)

(2011年6月21日收到; 2011年12月19日收到修改稿)

用光反馈半导体激光器产生混沌超宽带 (UWB) 信号, 搭建了混沌 UWB 光载无线通信链路, 实现了 360, 720 Mbit/s 和 1.44 Gbit/s 三种不同传输速率下混沌 UWB 脉冲信号的生成和传输. 在未经任何色散补偿处理的情况下, 1.44 Gbit/s 的混沌 UWB 信号在经过 10 km 单模光纤和 0.6 m 无线链路传输后, 在天线接收端被成功解调. 由于混沌 UWB 信号输出的随机性, 对应的 UWB 信号频谱中未出现任何离散的谱线. 这意味着利用混沌 UWB 信号实现的光载无线通信链路, 可以完全避免离散谱线对系统传输性能的劣化.

关键词: 半导体激光器, 混沌激光, 超宽带信号, 光载超宽带

PACS: 42.55.Px, 42.65.Sf, 42.79.Sz

1 引言

在早期超宽带 (UWB) 技术研究中, 以脉冲无线电为基础的 UWB 技术因其具有能够“穿透”障碍的特性而被广泛应用在军事领域. 2002 年, 美国联邦通信委员会 (FCC) 正式准许 UWB 技术进入民用领域, 并公布将 3.1—10.6 GHz 的无照频段开放用于室内无线通信及传感网络. 为了避免 UWB 信号对其他窄带无线通信系统造成干扰, FCC 将 UWB 功率谱密度限定在 -41.3 dBm/MHz 以下^[1]. 在冲激无线电超宽带 (IR-UWB) 系统中, 传统的正弦无线载波被吉比特每秒的冲激电脉冲序列所取代, 这使得 IR-UWB 信号具有带宽宽 (-10 dB 带宽大于 500 MHz)、功率低、速率高、定位精确和抗干扰能力强等特点^[2]. 为了满足 FCC 对 UWB 频谱的限定, 研究者先后提出多种脉冲成型技术, 例如利用电微分器产生的各阶高斯型脉冲和利用热噪声源或混沌电路产生的随机序列脉冲等^[3]. 虽然 UWB 通信系统有着诸多优异的特性, 但是在实际应用中, 对于单个用户也就是 UWB 系统的一个基站, UWB 信号只能传输数米到数十米. 为了拓展 UWB 无线通信的传输距

离和覆盖范围, 并促成该通信系统与其他网络间的融合互联, 文献 [4] 提出了 UWB 光载无线电通信方案. 在此方案中, UWB 信号首先在中心基站被生成, 然后通过光纤完成远距离传输, 在用户基站一端, 光子学 UWB 信号经由光电探测器 (PD) 转换成 UWB 无线电信号并通过 UWB 天线完成信号的发射和接收.

在过去的几年中, 各种类型的类高斯脉冲的生成与传输等一些利用光子学方法产生规则 UWB 脉冲信号的方案被广泛报道. 文献 [5—7] 利用光相位调制器、高非线性光纤和微波光子鉴频器 (如光纤布拉格光栅以及微腔环等器件) 实现相位调制到强度调制的转换, 从而产生满足不同要求的 UWB 脉冲. 2008 年, 文献 [8,9] 应用马赫-曾德尔调制器 (MZM) 和萨格纳克 (sagnac) 光纤环的非线性特性分别完成了一阶及二阶高斯脉冲生成. 2009 年, 华中科技大学与丹麦科技大学合作利用级联的电吸收调制器及半导体光放大器的交叉吸收调制和交叉增益调制完成了一阶及二阶高斯脉冲成形^[10]. 2011 年, 文献 [11] 提出了一个基于半导体激光器工作在单倍周期振荡从而产生大范围可调 UWB 脉冲的方法. 文献 [12] 利用非相干光场叠加技术产

* 国家自然科学基金 (批准号: 60927007, 61108027)、国家重点基础研究发展计划 (批准号: 2010CB327800) 和山西省高等学校中青年拔尖创新人才支持计划资助的课题.

† E-mail: zhangmingjiang@tyut.edu.cn

生了脉冲无线电 UWB 信号,并实现了 50 km 光纤和 2.9—3.3 m 的无线传输.文献 [13] 基于相位调制到强度调制的转换,实现了不同速率下的 UWB 信号生成,经过 22.5 km 光纤传输后实现信号的解调.文献 [14] 利用电吸收调制器的光压缩效应产生高速率 UWB 信号并在 40 km 的单模光纤 (SMF) 内进行了传输.然而规则 UWB 信号序列的脉冲规则性和周期性导致其能量在频域上离散化分布,即频谱中会有离散的谱线出现,使 UWB 通信系统对其他系统的频带干扰的可能性大大增加,这严重限制了 UWB 信号发生器的发射功率 [15]. 截止到目前,分离谱线在 UWB 光载无线电中所引起的问题并未得到解决.虽然这些问题可以通过引入抖动 [16] 或者优化调制格式 [17] 而得到有效缓解,但这会增加 UWB 光载无线电链路的成本和复杂度.另外,由于丰富的光谱成分以及极窄的脉冲宽度,使得上述光生 UWB 信号对光纤色散效应极其敏感,从而引发 UWB 信号的形变.因此,文献 [12—14] 中必须应用色散补偿装置来完成对光子学 UWB 脉冲的再成型,以保证最终经天线发射的 UWB 信号的频谱形状,但这必然会限制光载无线电链路在实际应用中的灵活性.

文献 [18—20] 提出并论证了基于半导体激光器非线性动态特性的光生混沌 UWB 信号方案.在本文中,我们组建了一种新型的 UWB 光载

无线电通信系统,实现了三种不同传输速率下混沌 UWB 信号的调制,并在未经过任何色散补偿处理的情况下,在天线接收端成功实现信号解调.由于混沌 UWB 信号输出的随机性,对应的信号频谱中未出现任何离散的谱线,最高传输速率可达 1.44 Gbit/s.

2 频谱可控的混沌 UWB 信号生成原理及模拟结果

光反馈混沌激光器产生 UWB 脉冲信号的系统模型如图 1 所示.混沌振荡源由半导体激光器 (LD) 和一个反射系数可调的光纤反射镜 (FM) 组成.在适当的反馈强度下,激光器将由稳态进入混沌态,从而出射混沌激光,通过调谐偏置电流和反馈强度可控制该混沌激光的频谱特性 [21]. 该混沌光入射到一个外调制器,将一系列归零码序列加载到外调制器上,直接对此混沌光进行开关键控 (OOK) 调制,从而生成纳秒量级的 UWB 混沌光脉冲信号.当脉冲宽度 t_p 满足 $t_p > 1/2\Delta F$ (ΔF 为原始混沌信号的 -10 dB 带宽) 时,混沌脉冲信号的带宽将与原始连续混沌信号的带宽 ΔF 一致.因此,我们可以在调制信号前对混沌激光做频谱上的优化,以实现混沌 UWB 脉冲信号频谱的控制 [18].

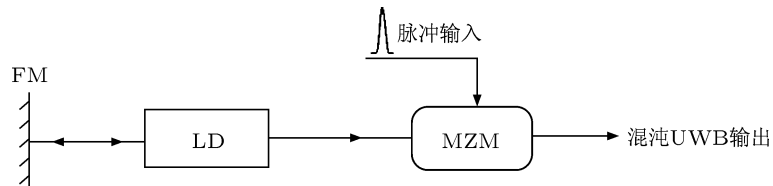


图 1 光反馈混沌激光器产生 UWB 脉冲信号的系统模型

为了预判混沌激光输出对光子学混沌 UWB 信号频谱特性的影响,我们对图 1 所示的光反馈 LD 的混沌输出状态进行数值模拟.光反馈 LD 系统的理论模型可由下列光场复振幅 E 和载流子密度 N 的速率方程组 [21] 来描述:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1 + i\alpha}{2} \left[\frac{g(N - N_0)}{1 + \varepsilon|E|^2} - \tau_p^{-1} \right] E + \frac{k_f}{\tau_{in}} E(t - \tau) \exp(-i2\pi\nu_s\tau), \quad (1)$$

$$\frac{dN}{dt} = \frac{I_b}{qV} - \frac{N}{\tau_n} - \frac{g(N - N_0)}{1 + \varepsilon|E|^2} |E|^2. \quad (2)$$

这里 k_f 为反馈系数,反馈强度为 $10 \lg(k_f^2)$ dB,

反馈延时设为 $\tau = 20$ ns,与实验系统相对应.模拟中用到的其他参数如下:透明载流子浓度 $N_0 = 0.445 \times 10^6 \mu\text{m}^{-3}$,阈值电流 $I_{th} = 22$ mA,小信号增益系数 $g = 1.414 \times 10^{-3} \mu\text{m}^3 \cdot \text{ns}^{-1}$,载流子寿命 $\tau_n = 2.5$ ns,光子寿命 $\tau_p = 1.17$ ps,激光在腔内往返周期 $\tau_{in} = 7.38$ ps,线宽增强因子 $\alpha = 5.0$,增益饱和系数 $\varepsilon = 5 \times 10^{-5} \mu\text{m}^3$,有源层体积 $V = 324 \mu\text{m}^3$.

首先,我们数值分析了 LD 在不同偏置电流和反馈强度下的输出特性.图 2 所示为偏置电流 I_b 和反馈强度 f 分别为 $1.8I_{th}, 2.2I_{th}, 2.2I_{th}$ 和 $-23, -23, -15$ dB 时混沌激光输出对应的频谱、自相

美图以及光谱. 比较图 2(a), (d) 可以看出, 当 I_b 从 $1.8I_{th}$ 调节到 $2.2I_{th}$ 时, 混沌激光频谱的中心频率从 3.2 GHz 增加到 4.1 GHz. 而在 $I_b = 2.2I_{th}$, f 从 -23 dB 调节到 -15 dB 时, 混沌激光频谱的带宽增加至 6 GHz 左右, 如图 2(g) 所示. 从图 2(c), (f), (i) 显示的光谱变化趋势可以看出, 在一定范围内, 随着偏置电流及反馈强度的增加, 激光器输出的光谱成分也有增加, 这是导致混沌激光频谱特性发生变化的直接原因. 而混沌源频谱变化趋势的内在机理可以作如下解释: 当激光器进入混沌状态, 它的

弛豫振荡将变为非阻尼的状态, 此时由于激光模式间的相互作用导致光谱增宽^[21]. 因此, 混沌激光的主要能量在频域上将分布在弛豫振荡频率附近, 这使得频谱的中心频率大致与激光器的弛豫振荡频率一致, 且随着偏置电流的增加而增大. 而反馈强度的加强, 增加了混沌态的复杂度, 从而使混沌激光的频谱带宽进一步增加. 图 2(b), (e), (h) 表明, 混沌激光拥有良好的自相关性, 这意味着基于混沌激光的光生 UWB 信号可通过相关解调方法实现信号的提取.

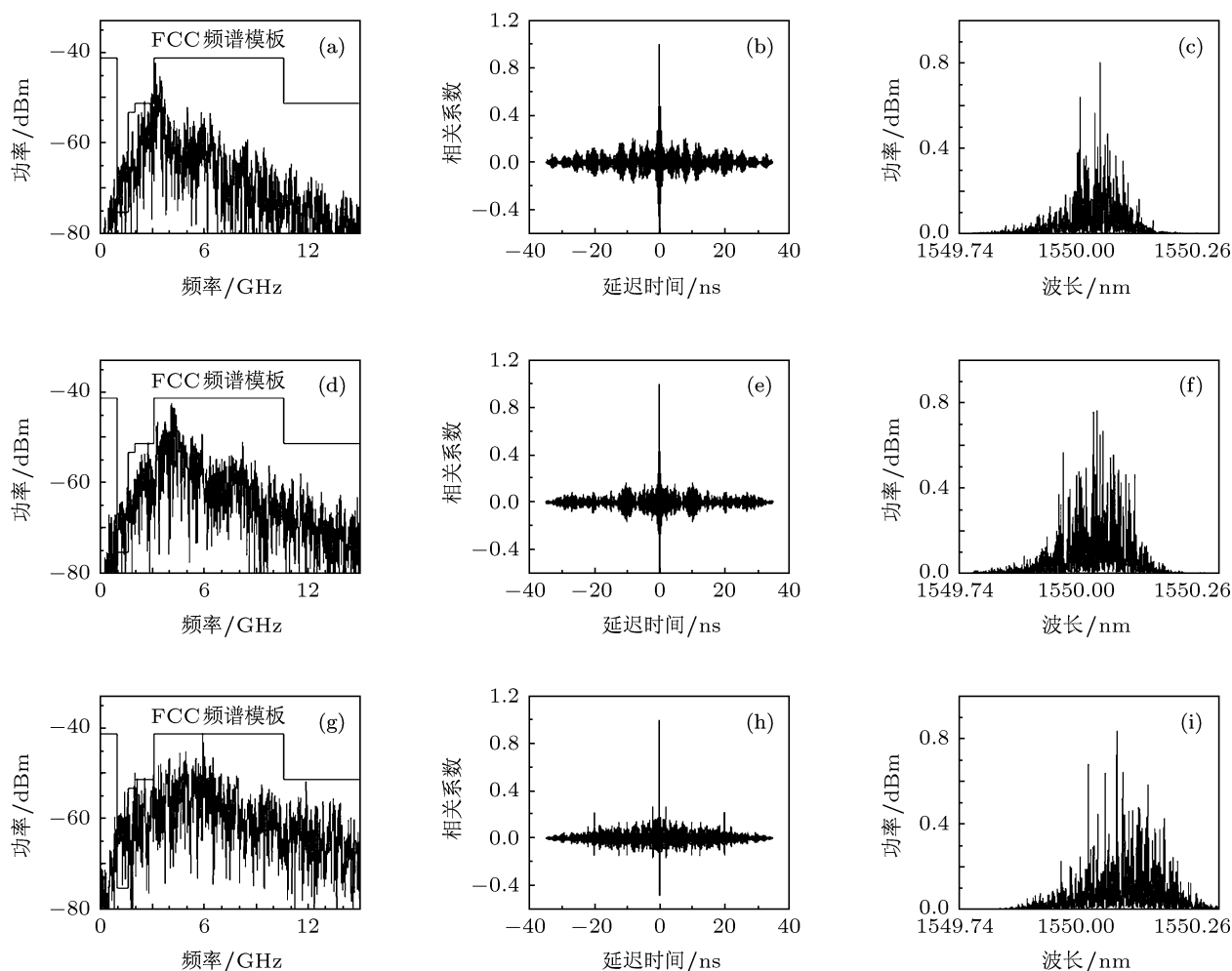


图 2 LD 在不同偏置电流和反馈强度下输出的频谱、自相关图和光谱 (a) $I_b = 1.8I_{th}$, $f = -23$ dB 时的频谱; (b) $I_b = 1.8I_{th}$, $f = -23$ dB 时的自相关图; (c) $I_b = 1.8I_{th}$, $f = -23$ dB 时的光谱; (d) $I_b = 2.2I_{th}$, $f = -23$ dB 时的频谱; (e) $I_b = 2.2I_{th}$, $f = -23$ dB 时的自相关图; (f) $I_b = 2.2I_{th}$, $f = -23$ dB 时的光谱; (g) $I_b = 2.2I_{th}$, $f = -15$ dB 时的频谱; (h) $I_b = 2.2I_{th}$, $f = -15$ dB 时的自相关图; (i) $I_b = 2.2I_{th}$, $f = -15$ dB 时的光谱

3 混沌 UWB 光载无线通信链路实验装置及结果

图 3 所示为混沌 UWB 信号的产生和传输的实验装置. 一个外光反馈的分布式反馈半导体激光

器 (DFB-LD) 用来产生混沌激光, 光衰减器 OVA1 和两个偏振控制器 PC1 和 PC2 分别用来控制反馈光的强度和偏振状态. 在混沌源的输出端, 利用本课题组自行研制的码速可调的非归零码随机数发生器 (NRZ-RDG)^[22] 产生的非归零码序列驱

动 10 GHz 带宽的 MZM, 从而对混沌光进行 OOK 调制. 调制后的信号经由 10 km 的 SMF 传输后, 被掺铒光纤放大器 (EDFA) 放大, 并通过一个带宽为 50 GHz 的 PD 转化为混沌 UWB 电脉冲信号. 电

信号经过一对带宽响应范围为 1—18 GHz 的天线完成无线收发, 两个天线之间的距离约为 0.6 m. 接收到的信号通过自定义的离线码相关算法实现解调. 为了分析 UWB 信号的传输特性, 我们利用了

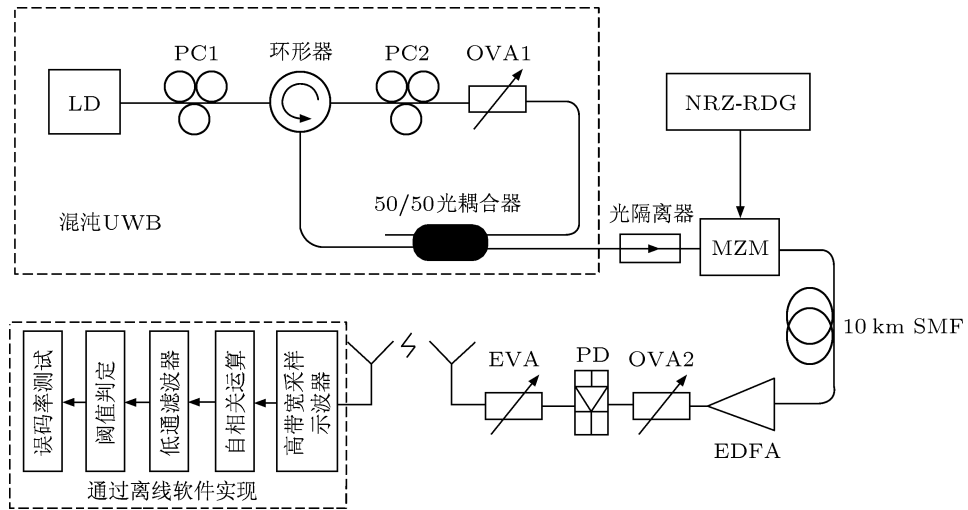


图 3 混沌 UWB 信号的产生和传输实验装置示意图

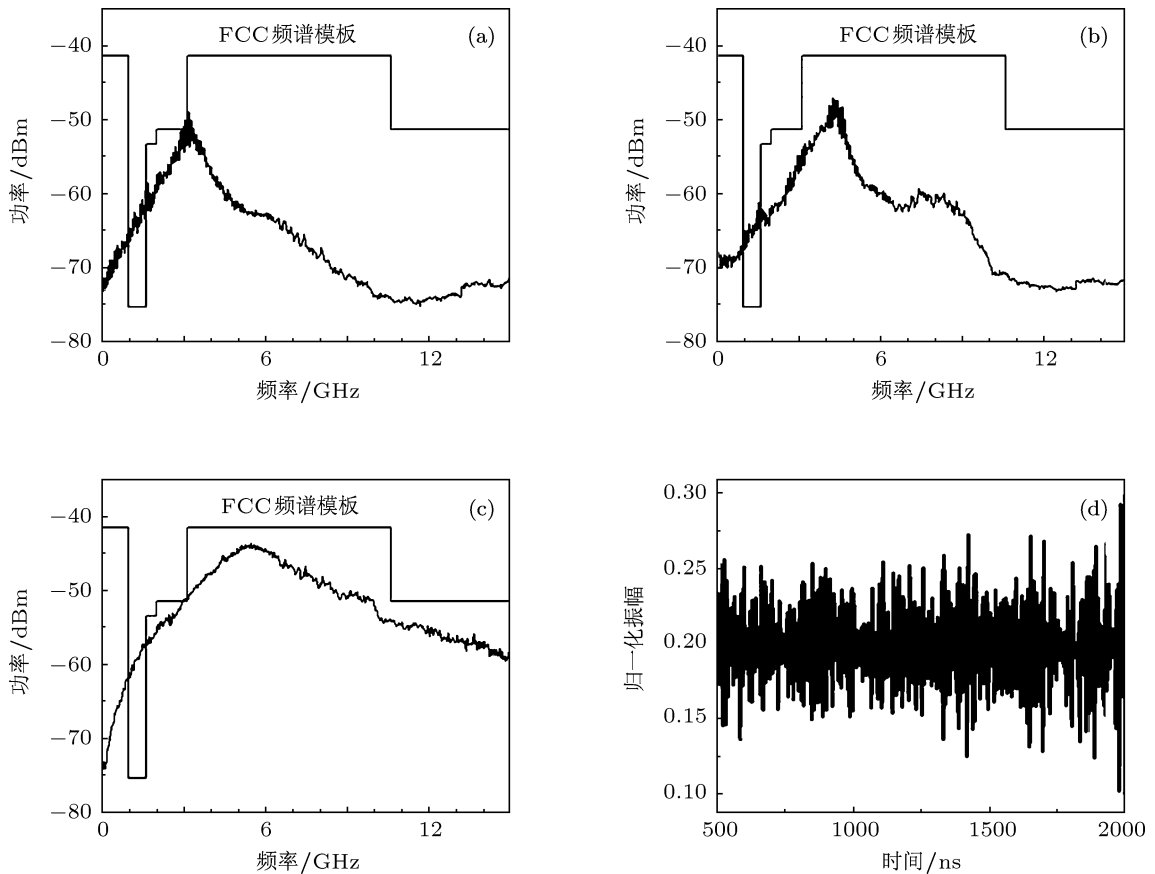


图 4 混沌源在不同的偏置电流和不同的反馈强度情况下的频谱以及混沌源工作在最佳状态下的波形 (a) $I_b = 26 \text{ mA}$, $f = -7.8 \text{ dB}$ 时的频谱; (b) $I_b = 35 \text{ mA}$, $f = -7.8 \text{ dB}$ 时的频谱; (c) $I_b = 35 \text{ mA}$, $f = -5.2 \text{ dB}$ 时的频谱; (d) 混沌源工作在 $I_b = 35 \text{ mA}$, $f = -5.2 \text{ dB}$ 时的混沌波形

LeCory wavepro725Zi 型 2.5 GHz 实时示波器、Agilent E4407B 型频谱分析仪和 Agilent N9020A 型光谱仪对生成的 UWB 信号的时序、功率谱以及对应的光谱分别在传输链路上的不同位置进行观察和记录. PD 前端的光衰减器 OVA2 和接收天线后端的电衰减器 (EVA) 用来保护 PD 和实验测试设备.

依照理论分析,在未加载信息前根据 FCC 室内 UWB 通信频谱模板首先对光反馈 LD 输出的混沌激光进行优化.如图 4(a) 和 (b) 所示,在相同

的反馈强度下,当我们将偏置电流从 26 mA 增加到 35 mA,中心频率从 3.1 GHz 增加至 4.2 GHz,而 -10 dB 带宽基本没有变化.当我们保持偏置电流恒定增加反馈强度时,频谱的峰值频率没有发生大的偏移,但是 -10 dB 带宽有了显著的增强,并对 FCC 规定的频谱模板有着较高的频谱利用率,如图 4(c) 所示.图 4(d) 是混沌源工作在 $I_b = 35$ mA, $f = -5.2$ dB 情况下的混沌波形.当混沌源工作于此状态时,我们用 MZM 对混沌 UWB 信号进行调制,实现混沌 UWB 信号的 OOK 调制.

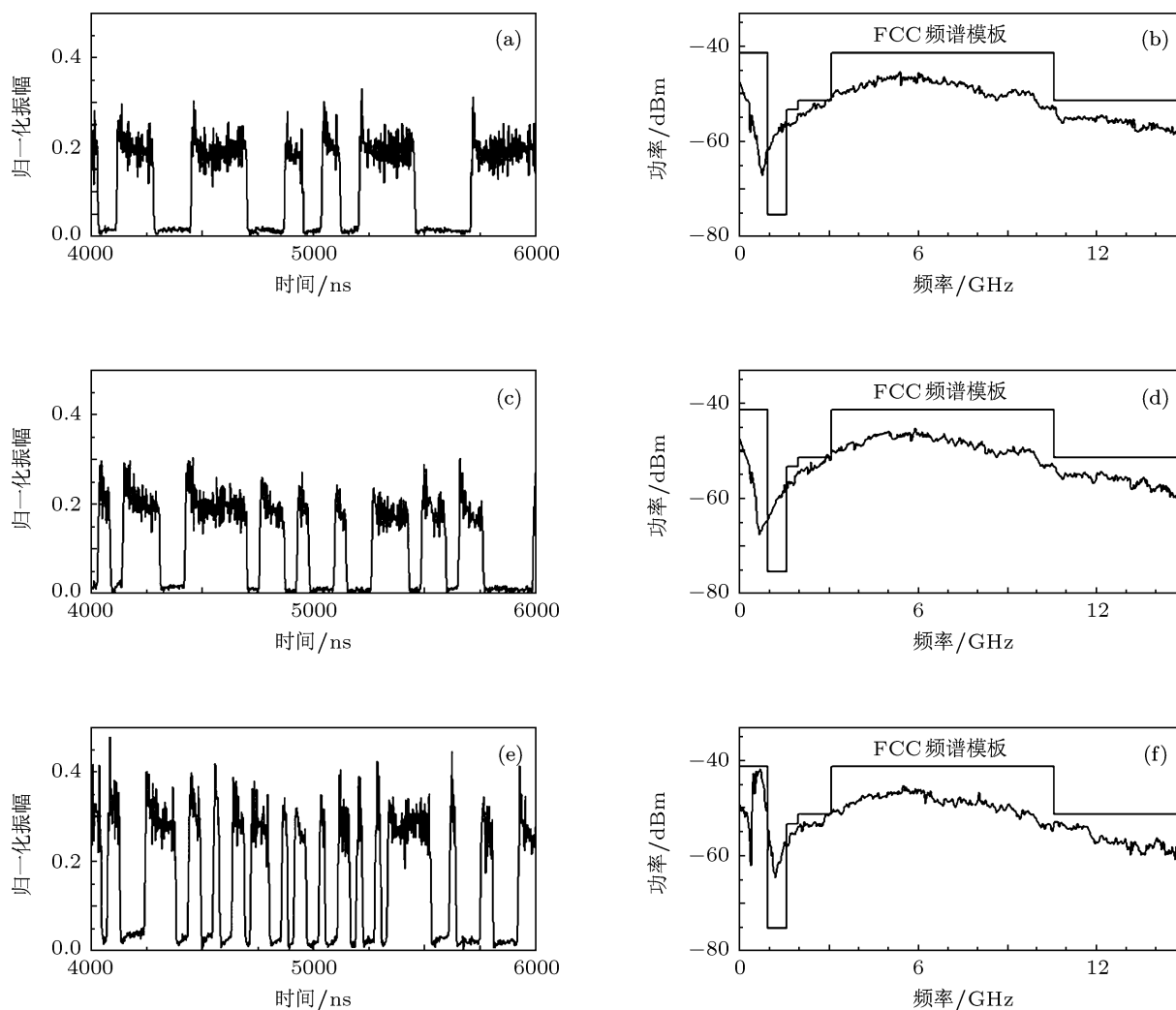


图 5 混沌信号在分别经过码速率为 360, 720 Mbit/s 和 1.44 Gbit/s 驱动下的 MZM 调制后的时序图和频谱 (a) 码速率为 360 Mbit/s 时的时序图; (b) 码速率为 360 Mbit/s 时的频谱; (c) 码速率为 720 Mbit/s 时的时序图; (d) 码速率为 720 Mbit/s 时的频谱; (e) 码速率为 1.44 Gbit/s 时的时序图; (f) 码速率为 1.44 Gbit/s 时的频谱

图 5(a), (c) 和 (e) 是混沌信号在分别经过码速率为 360, 720 Mbit/s 和 1.44 Gbit/s 驱动下的 MZM 调制后的时序.由于示波器带宽限制,信号的高频(高于 2.5 GHz)成分被滤除,因此时序图中所显示的每一个混沌 UWB 脉冲的包络为失真的结果,

但时序图依然能够反映诸如码率、脉冲宽度等参数信息.经过调制的 UWB 信号的频谱与混沌源的频谱比较,在轮廓上基本一致,只是产生了新的低频成分,而这些低频成分与基带信号的频谱特性相对应,这与文献 [3] 中的理论预期相符.由于混沌

激光被分离的混沌脉冲所代替,因而可在图 5(b), (d), (f) 的频谱中观察到一些随机的毛刺. 但与文献 [5—7,11—14] 所产生的信号不同,混沌 UWB 信号的频谱没有出现任何离散谱线成分. 这是由于混沌 UWB 信号输出的随机性——脉冲序列中的每一个脉冲的包络都不相同,对频谱的离散化产生了抑制作用. 这意味着本文所产生的光子 UWB 信号在发射时不会受到离散谱线对信号发射功率的限制.

为了分析 UWB 混沌信号的传输特性,当调制速率固定在 1.44 Gbit/s 时,我们在传输链路的不同位置上观察和比较信号频谱的变化. 图 6(a) 为混沌 UWB 信号经过 10 km 光纤传输后的频谱. 与未经传输的信号频谱比较可见,传输后的信号频谱包络没有明显的变化,只是在能量上有较大的降低,这是由于光纤传输的衰减所致. 这说明,由于单个 DFB-LD 发出激光的线宽相对较窄,光纤色散效应并没有导致 UWB 信号的脉冲形状发生不可接受的畸变. 从图 6(a) 可以看出,除了能量整体下移

以外,在主要能量聚集的频段,频谱外沿出现了周期性的小包络. 这是由于光纤损耗使得脉冲幅度降低的同时也弱化了每个脉冲内部包络的差异,这在一定程度上使信号输出的随机性对频谱离散化的抑制减弱. 但信号经长距离传输后,仍然没有离散化的谱线出现. 图 6(b) 为未经 EDFA 放大直接由天线发射及接收后的频谱. 由于进入发射天线的信号功率过低,在接收天线一端,信号几乎淹没在本底噪声之中,这对信号的解调带来了极大的困难. 图 6(c) 为经过 EDFA 放大但未经天线传输的信号,与图 6(a) 相比,信号能量在频域上有了近 15 dB 的增强. 图 6(d) 为经 EDFA 放大后天线接收到的信号频谱. 由于天线不平坦的响应函数以及自由空间中其他信号与噪声的干扰,使得信号频谱产生了强烈的起伏,这一现象可通过改进天线设计实现优化. 而低频成分的消失,是由于天线收发的频率响应范围在 1—18 GHz 所致,也就是低频信号在天线前端被滤除没有能够在自由空间传输.

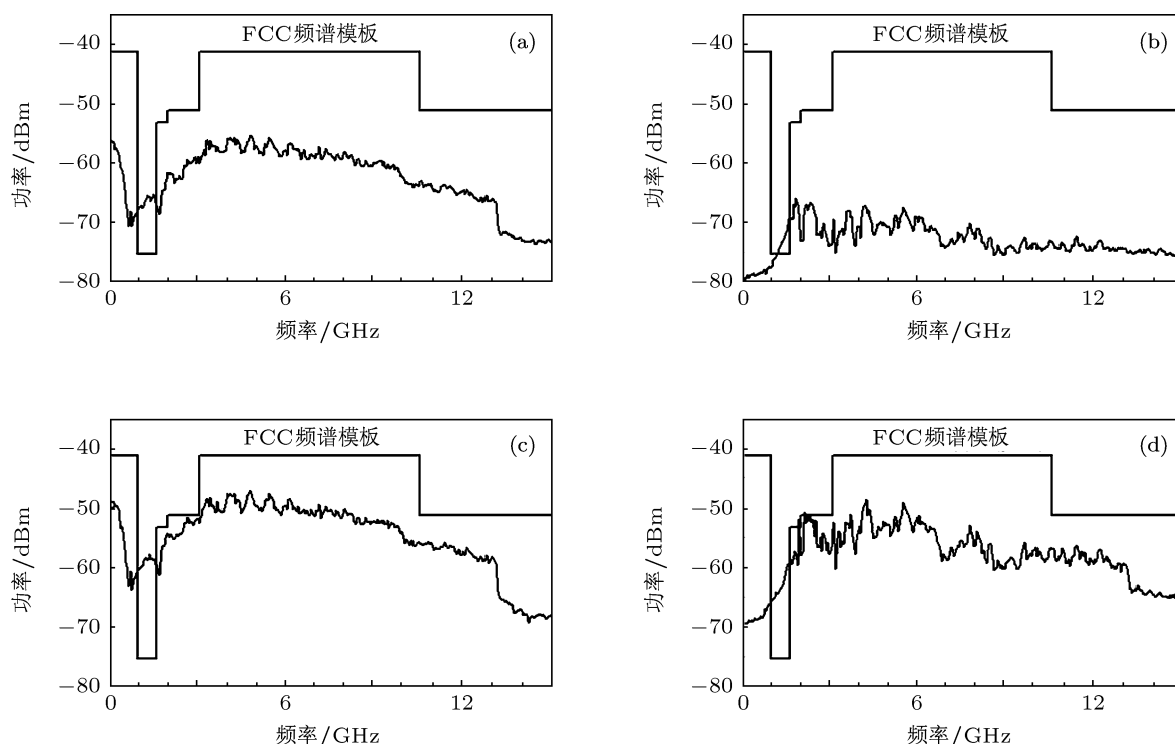


图 6 经 10 km 光纤传输的混沌 UWB 信号再经不同方式传输后的频谱 (a) 直接输出; (b) 未经 EDFA 放大直接天线收发; (c) 经过 EDFA 放大; (d) 经 EDFA 放大再实现天线收发

当数据传输的码速率固定在 1.44 Gbit/s, 混沌 UWB 信号经由 10 km 光纤并通过 EDFA 放大以及距离为 0.6 m 的一对天线收发后,在天线的接收端利用一个采样速率为 $40 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$ 的示波器

采集数据,并用一个相关解调算法对采集的数据进行信号解调. 我们所用的算法与文献 [12] 中的算法相类似,数据处理部分包括数字采样(利用宽带宽实时示波器实现)、自相关运算模块(内含码同

步运算)、低通滤波器(用于滤除高频噪声,保存基带信号)、阈值比较模块(设定的一个最佳判决门限,与每一位的相关平均值进行比较,以区别“0”,“1”码)、误码分析模块及眼图合成模块(用于分析信号质量,其中误码分析模块为一个将接收解调信号与原信号比较的运算程序).图 7(a)和(b)

分别为数据传输的原始数据列和解调出的数据列,图 7(c)是利用计算机对传输 4000 个码后合成的眼图.数据传输的误码率通过数字信号处理算法将原始数据列和解调出的数据列的每个码进行比较获得.最终,我们实现了 10^5 个码的零误码传输.

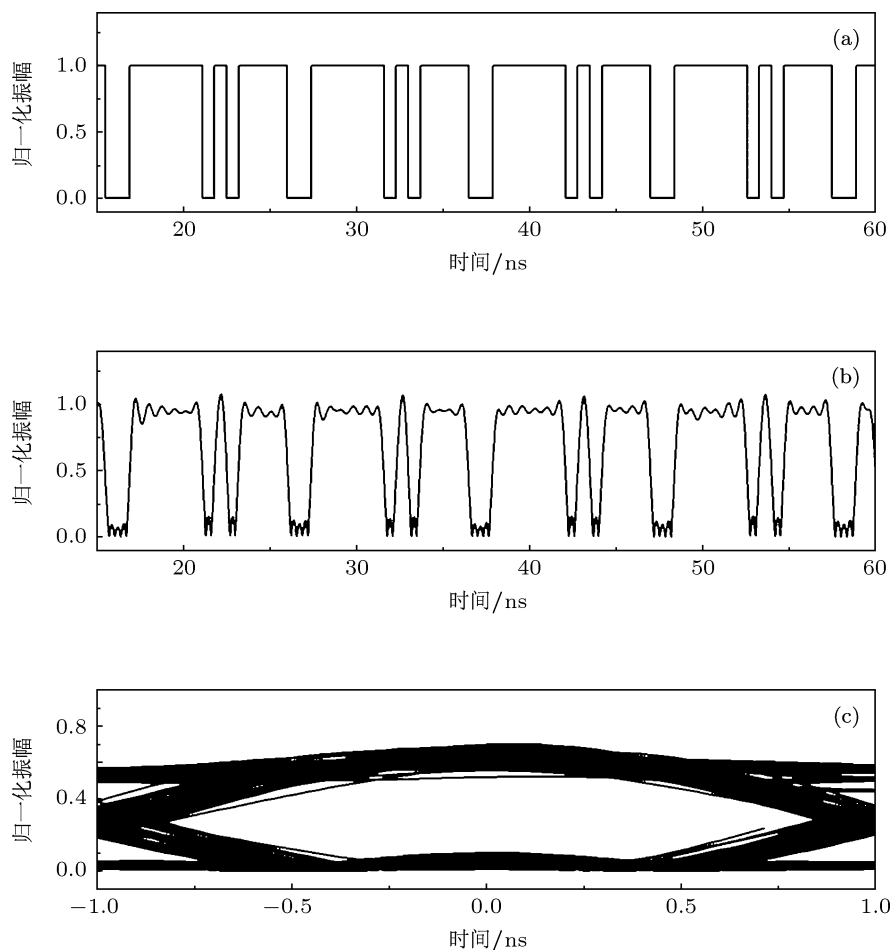


图 7 数据传输的原始数据列和解调出的数据列以及利用计算机对传输 4000 个码后合成的眼图 (a) 数据传输的原始数据列; (b) 传输完成后解调出的数据列; (c) 实现 4000 个码传输后合成的眼图

混沌 UWB 光载无线通信在机理上不同于传统的混沌无线通信系统,对于混沌 UWB 光载无线通信,混沌的类噪声随机输出特性用于保密通信不再是关注的重点,而关键是利用混沌天然的宽频谱特性产生 UWB 脉冲信号.所产生的混沌 UWB 信号是一种脉冲形状极其特殊的 IR-UWB 信号,而其特殊的时域波形使得其对应的频谱拥有特定的形状,如上所述,当脉冲宽度 t_p 满足 $t_p > 1/2\Delta F$ 时,混沌脉冲信号的带宽将与原始连续混沌信号的带宽 ΔF 一致.因此,在混沌 UWB 光载无线通信中,本地码不再需要同步产生,只需将传输信号进行功率分束后自相关(此部分功能与低通滤波等效)并

经过一阈值比较器判定“0”,“1”输出,便可实现信号的解调^[23].在本文的实验中,此部分皆由离线的程序处理.

4 结论

在本文中,实现了一个信号频谱可控的混沌 UWB 光载无线电链路.理论和实验分析显示,可通过调节混沌激光源来控制和优化生成的 UWB 信号的频谱特性,这使得它更适合在复杂环境中应用.在 360, 720 Mbit/s 和 1.44 Gbit/s 三种不同调制速率下,产生的 UWB 信号的频谱轮廓与原混沌激光的

频谱轮廓基本一致. 在未经过任何色散补偿模块的情况下, 1.44 Gbit/s 的混沌 UWB 信号经 10 km SMF 和 0.6 m 的无线链路传输后, 最终被接收和解调. 更

重要的是, 由于混沌 UWB 信号本身的随机性, 使得信号频谱上未出现任何离散的频率谱线, 这意味着由离散谱线引起的不良后果可以被完全避免.

- [1] Roy S, Foerster J R, Somayazulu V S, Leeper D G 2004 *Proc. IEEE* **92** 295
- [2] Akyildiz I F, Su W L, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E 2002 *IEEE Comput. Mag.* **40** 102
- [3] Dmitriev A S, Hasler M, Panas A I, Zakharchenko K V 2002 *Nonlin. Phenom. Complex Syst.* **6** 488
- [4] Capmany J, Novak D 2007 *Nat. Photon.* **1** 319
- [5] Zeng F, Yao J P 2006 *IEEE Photon. Technol. Lett.* **18** 2062
- [6] Velanas P, Bogris A, Argyris A, Syvridis D 2008 *IEEE J. Lightwave Technol.* **26** 3269
- [7] Liu F, Wang T, Zhang Z, Qiu M, Su Y 2009 *Electron. Lett.* **45** 1247
- [8] Li J Q, Fu S N, Xu K, Wu J, Lin J T, Tang M, Shum P 2008 *Opt. Lett.* **33** 288
- [9] Huang H, Xu K, Li J Q, Wu J, Hong X B, Lin J T 2008 *IEEE J. Lightwave Technol.* **26** 2635
- [10] Zhou E, Yu X B, Zhang X L, Xue W Q, Yu Y, Mørk J, Monroy I T 2009 *Opt. Lett.* **34** 1336
- [11] Wang Y C, Zheng J Y, Zhang M J, Wang A B 2011 *IEEE Photon. Technol. Lett.* **23** 158
- [12] Gibbon T B, Yu X, Gamatham R, Gonzalez N G, Rodes R, Jensen J B, Caballero A, Monroy I T 2010 *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.* **20** 127
- [13] Zhou E, Xu X, Lui K S, Wong K K Y 2010 *IEEE Trans. Microwave Theory Technol.* **58** 3344
- [14] Yu X, Monroy I T 2011 *Opt. Lett.* **36** 810
- [15] Ghavami M, Michael L B, Kohno R 2004 *Ultra Wideband Signals and Systems in Communication Engineering* (Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.) p133
- [16] Win M Z 2002 *IEEE Commun. Lett.* **6** 526
- [17] Nakache Y P, Molisch A F 2003 *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf.* **4** 2510
- [18] Zheng J Y, Zhang M J, Wang A B, Wang Y C 2010 *Opt. Lett.* **35** 1
- [19] Zhang M J, Liu T G, Wang A B, Zheng J Y, Meng L N, Zhang Z X, Wang Y C 2011 *Opt. Lett.* **36** 1008
- [20] Meng L N, Zhang M J, Zheng J Y, Zhang Z X, Wang Y C 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 124212 (in Chinese) [孟丽娜, 张明江, 郑建宇, 张朝霞, 王云才 2011 物理学报 **60** 124212]
- [21] Wang A B, Wang Y C, Wang J F 2009 *Opt. Lett.* **34** 1144
- [22] Zhang Y Y, Zhang J Z, Zhang M J, Wang Y C 2011 *Chin. Opt. Lett.* **9** 031404
- [23] Han S M, Popov O, Dmitriev A S 2008 *IEEE Trans. Microwave Theory Technol.* **56** 2229

Photonic generation and transmission of chaotic ultra wideband signals*

Liu Liu¹⁾ Zheng Jian-Yu¹⁾ Zhang Ming-Jiang^{1)†} Meng Li-Na¹⁾
Zhang Zhao-Xia¹⁾²⁾ Wang Yun-Cai¹⁾²⁾

1) (*Institute of Optoelectronic Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China*)

2) (*State Key Laboratory of Millimeter Waves, Southeast University, Nanjing 210096, China*)

(Received 21 June 2011; revised manuscript received 19 December 2011)

Abstract

We propose and experimentally demonstrate a chaotic ultra wideband (UWB) over fiber link based on optical feedback laser diode, in which UWB signals are generated and transmitted at three different bit rates of 360, 720 Mbit/s, and 1.44 Gbit/s respectively. Without utilizing any dispersion compensation module, the signal at a bit rate of 1.44 Gbit/s is detected using a digital signal processing receiver after 10 km fiber and 0.6 m wireless channel transmission. The power spectrum does not have any discrete spectral line because of the random output of the chaotic pulses, which means that the harmful effects of discrete spectral lines could be avoided with this method.

Keywords: laser diode, chaotic laser, ultra wideband signal, ultra wideband over fiber

PACS: 42.55.Px, 42.65.Sf, 42.79.Sz

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 60927007, 61108027), the State Key Development Program for Basic Research of China (Grant No. 2010CB327800), and the Top Young and Middle-aged Innovative Talents Program of Institution of Higher Education of Shanxi Province, China.

† E-mail: zhangmingjiang@tyut.edu.cn