

基于环形腔激光器四波混频型可调谐波长转换 的理论研究*

李培丽† 张新亮 陈 俊 黄黎蓉 黄德修

(华中科技大学光电子工程系, 武汉 430074)

(2004 年 4 月 27 日收到 2004 年 6 月 8 日收到修改稿)

建立了完整的基于半导体环形腔激光器四波混频型可调谐波长转换器的宽带理论模型. 模型中考虑了半导体光放大器的材料增益谱、载流子的空间分布、光场的纵向空间分布和宽带放大自发发射等关键因素, 并通过数值模拟, 从理论上研究了这种波长转换器的各种性能与输入信号光功率、注入电流、输出耦合器的耦合比和环形腔激光器激射光波长的关系. 理论上所得结论与文献中实验结果符合得很好.

关键词: 半导体环形腔激光器, 四波混频, 波长转换, 放大自发发射

PACC: 4265K, 4265M, 4255P

1. 引 言

可调谐波长转换器可以解决多节点复杂的高速 WDM 网络中波长阻塞和波长竞争问题, 是全光通信系统及未来宽带网络中必不可少的关键器件^[1,2]. 波长转换器有很多种实现方案, 其中四波混频(FWM)型波长转换^[3]保留了原始信号的相位和幅度信息, 是唯一具备严格透明性的波长转换方案, 因此引起了人们很大关注, 但由于其转换效率及转换光信噪比(SBR)低等局限性, 影响了它的应用. 通过增加半导体光放大器(SOA)长度^[4]或者增强抽运光功率, 都可以提高 FWM 转换效率, 但这对 SOA 和抽运光源提出了很高的要求.

半导体环形腔激光器(SFRL)具有在宽带平滑可调谐、工作性能稳定、高功率、窄线宽和单模工作^[5]等优点, 因此利用 SFRL 做 FWM 波长转换器成了一种新方案^[6,7]. 这种方案中 SFRL 既是抽运光源, 又是产生 FWM 效应的工作物质, 无需外加大功率抽运光源, 输入信号功率低, 可以方便地实现可调谐功能.

目前, 人们对基于 SFRL 的 FWM 型波长转换器做了许多实验研究, 而在理论方面, 只是利用 lump

模型对这种波长转换器进行了简单的理论分析^[8,9]. 由于 SFRL 激射光波长的可调谐范围宽, 激射光和输入信号光几乎可以遍及整个增益谱内, 在整个增益谱内, 放大自发发射(ASE)噪声可以耦合到激射光和信号光中, 因此必须考虑宽带的 ASE. 本文考虑了 SOA 的材料增益谱、载流子的空间分布、光场的纵向空间分布和宽带 ASE, 建立了完整的基于 SFRL 的 FWM 型波长转换器的宽带理论模型. 利用宽带理论模型, 通过数值模拟研究了基于 SFRL 的 FWM 型波长转换器的性能与输入信号光功率、注入电流强度、输出耦合器耦合比和激射波长的关系. 模拟结果与文献[8—10]中实验结果一致.

2. 基于 SFRL 的 FWM 型波长转换器的 宽带模型

SFRL 由 SOA、隔离器、耦合器 1、耦合器 2 和可调谐滤波器构成, 如图 1 所示. 环形腔中的隔离器可以稳定激光发射功率, 防止环中发生后向反射, 使 SFRL 工作在行波状态. SFRL 作为波长转换器的抽运源, 其激射光波长在 SOA 的增益带宽内, 通过可调谐滤波器来选择. 带有调制信息的信号光 λ_s 通过耦合器 1 耦合进环形腔中, 与 SFRL 中的激射光 λ_p

* 国家重点基础研究发展规划项目(批准号: G2000036605), 国家高技术研究发展计划(批准号: 2002AA312160)及武汉市晨光计划项目(批准号: 2003500201602)资助的课题.

† E-mail: jplthl@sohu.com

(即抽运光)一起,在 SOA 中产生 FWM 效应,并产生一新的波长 λ_c ,实现波长转换,转换输出信号通过耦合器 2 输出.带有调制信息的信号光和转换光信号由于不能通过可调谐滤波器,将不会在环形腔中环绕.

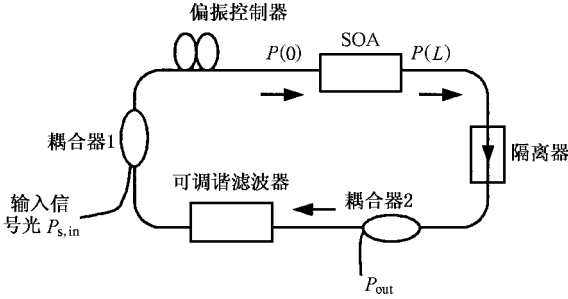


图1 基于 SFRL 的 FWM 型可调谐波长转换器示意图

2.1. 增益模型

SOA 中的材料增益和单位长度受激发射系数可以表示为^[11]

$$g(\nu, N) = \frac{e^2 |M|^2}{4\pi^2 \epsilon_0 m_0^2 c n_a \nu} \left(\frac{8\pi^2 m_c m_{lh}}{h^2 (m_c + m_{lh})} \right)^{3/2} \times (h\nu - E_g)^{1/2} [f_c(\nu) + f_v(\nu) - 1], \quad (1)$$

$$g'(\nu, N) = \frac{e^2 |M|^2}{4\pi^2 \epsilon_0 m_0^2 c n_a \nu} \left(\frac{8\pi^2 m_c m_{lh}}{h^2 (m_c + m_{lh})} \right)^{3/2} \times (h\nu - E_g)^{1/2} f_c(\nu) f_v(\nu), \quad (2)$$

其中 $|M|^2$ 为动量矩阵, e 为电子电荷量, h 为普朗克常量, ϵ_0 为真空中介电常数, m_0 为自由电子质量, m_c 为导带中的有效电子质量, m_{lh} 为价带中的有效重空穴质量, c 为真空中的光速, n_a 为折射率, Δ 为自旋轨道裂距, E_g 为带隙能量, f_c 和 f_v 分别为导带和价带的狄拉克分布.

2.2. SFRL 中光的传输方程

在 SFRL 中, FWM 效应发生在 SOA 中, 所以主要研究光在 SOA 中的传输. 在数值模拟中, 采用了 SOA 的分段模型, 即将整个 SOA 看成由 n 个子段串连而成, 当 n 足够大时, 可近似认为在这些子段中载流子浓度分布均匀. 在子段 i 中, 信号光、激光光、转换光的传输方程可表示为

$$\frac{dA_{p,i}}{dz} = G'_{p,i} A_{p,i}, \quad (3)$$

$$\frac{dA_{s,i}}{dz} = G'_{s,i} A_{s,i} + F_{s,i} A_{p,i}^2 A_{c,i}, \quad (4)$$

$$\frac{dA_{c,i}}{dz} = G'_{c,i} A_{c,i} + F_{c,i} A_{p,i}^2 A_{s,i}, \quad (5)$$

$$G'_{j,i} = \left(\frac{1}{2} \bar{g}_{j,i} - \frac{i}{2} \alpha_{j,i} \Gamma g_{j,i} \right) / \left(1 + \frac{|A_{p,i}|^2 + |A_{s,i}|^2 + |A_{c,i}|^2}{P_{\text{sat}}} \right) \quad (j = p, s, c), \quad (6)$$

$$F_{j,i} = - \left(\frac{1}{2} \bar{g}_{j,i} - \frac{i}{2} \alpha_{j,i} \Gamma g_{j,i} \right) h_{\text{CDH}}(\mp \Delta\omega) P_{\text{sat}} - \frac{1}{2} (1 - i\alpha_{\text{CH}}) (\bar{g}_{j,i} \epsilon_{\text{CH1}} + g_{j,i} \epsilon_{\text{CH2}}) h_{\text{CH}}(\mp \Delta\omega) - \frac{1}{2} (1 - i\alpha_{\text{SHB}}) \bar{g}_{j,i} \epsilon_{\text{SHB}} h_{\text{SHB}}(\mp \Delta\omega) \quad (j = s, c), \quad (7)$$

其中 A 为光场的慢幅变化, $P = |A|^2$, 下标 $j = p, s, c$ 分别代表抽运光、信号光和转换光, 下标 i 代表 SOA 中第 i 个子段, $\Delta\omega = \omega_p - \omega_s$ 为抽运光和信号光的失谐量, g 为 SOA 的材料增益, \bar{g} 为净增益, v_g 为群速度, P_{sat} 为饱和功率, ϵ_{SHB} 为 SHB 参数, ϵ_{CH1} 和 ϵ_{CH2} 为 CH 参数, Γ 为限制因子, $\alpha_j (j = p, s, c)$ 为线宽增强因子, $h_{\text{CDP}}(\Delta\omega)$, $h_{\text{CH}}(\Delta\omega)$ 和 $h_{\text{SHB}}(\Delta\omega)$ 分别为 CDP, CH 和 SHB 的频率响应, 即

$$h_{\text{CDP}}^{-1}(\Delta\omega) = (1 - i\Delta\omega\tau_2) (1 - \Delta\omega\tau_s), \quad (8)$$

$$h_{\text{CH}}^{-1}(\Delta\omega) = (1 - i\Delta\omega\tau_2) (1 - \Delta\omega\tau_1), \quad (9)$$

$$h_{\text{SHB}}^{-1}(\Delta\omega) = (1 - i\Delta\omega\tau_2), \quad (10)$$

其中 τ_s , τ_1 和 τ_2 分别为载流子寿命、载流子加热弛豫时间和谱烧孔弛豫时间. 净增益和线宽增强因子分别表示为

$$\bar{g}_{j,i} = \Gamma (g_{j,i} - \alpha_a) - (1 - \Gamma) \alpha_c - \alpha_{\text{scat}} \quad (j = p, s, c), \quad (11)$$

$$\alpha = \left(-\frac{4\pi}{\lambda} \right) \left(\frac{dn_a}{dN} \right) / \left(\frac{dg}{dN} \right). \quad (12)$$

由于 SFRL 中隔离器的单向传输性, 只有激光光可以在 SFRL 中环绕, 因此边界条件为

$$A_p(0) = A_p(L) \epsilon_1 k_1 k, \quad (13)$$

其中 ϵ_1 , k_1 和 k 分别为在 SFRL 中不包括两个耦合器的耦合比的所有损耗、耦合器 1 的耦合比和耦合器 2 的耦合比.

2.3. 放大自发发射噪声

在 SFRL 中, ASE 与激光光、信号光一样, 参与消耗载流子, 使增益达到饱和, 不同的是 ASE 在很宽的波长范围内连续分布, 并且相位随机. 计算 ASE 噪声, 把整个 ASE 谱从 λ_1 到 λ_m 分为 m 段, 假设

ASE 只在分立的波长上存在,分立的波长为

$$\lambda_j = \lambda_1 + j(\lambda_m - \lambda_1)/m,$$

波长间隔

$$\Delta\lambda = (\lambda_m - \lambda_1)/m.$$

在 SOA 的第 i 子段,波长为 λ_j 的 ASE 的传输方程可表示为

$$\frac{dW_{j,i}^{\pm}}{dz} = -g_{j,i}W_{j,i}^{\pm} + 2\Gamma g'_{j,i} \frac{hc^2}{\lambda_j^3}, \quad (14)$$

其中 $W_{j,i}(z,t)$ 为功率谱密度,单位为 W/nm , $g'_{j,i}$ 为受激发射系数.

2.4. 载流子速率方程

$$\begin{aligned} \frac{dN_i}{dt} = & \frac{I}{ewdL} - (c_1N_i + c_2N_i^2 + c_3N_i^3) \\ & - g_{s,i} \frac{G_{s,i} - 1}{\ln G_{s,i}} \frac{|A_{s,i}|^2 \lambda_s}{hcwd} \\ & - g_{c,i} \frac{G_{c,i} - 1}{\ln G_{c,i}} \frac{|A_{c,i}|^2 \lambda_c}{hcwd} \\ & - g_{p,i} \left[\frac{2g_{p,i}}{g} \left(\frac{G_{p,i} - 1}{\ln G_{p,i}} - 1 \right) \right. \\ & \left. + \frac{G_{p,i} - 1}{\ln G_{p,i}} \frac{|A_{p,i}|^2 \lambda_p}{hcwd} \right] \\ & - \sum_{j=1}^{20} g_{j,i} \left[\frac{2g_{j,i}}{g} \left(\frac{G_{j,i} - 1}{\ln G_{j,i}} - 1 \right) \right. \\ & \left. + \frac{G_{j,i} - 1}{\ln G_{j,i}} \frac{\Delta\lambda (W_{j,i}^+ + W_{j,i}^-) \lambda_j}{hcwd} \right], \quad (15) \end{aligned}$$

其中 I 为注入电流, L , w 和 d 分别为 SOA 有源区的长、宽和厚度, c_1 , c_2 , c_3 分别为缺陷和俘获中心引起的非辐射复合系数、双分子复合系数和 Auger 复合系数, $G_{j,i}$ 为经过 SOA 第 i 子段获得的增益,表示为

$$G_{j,i} = \exp(\bar{g}_{j,i} \Delta l). \quad (16)$$

2.5. FWM 转换效率和 SBR

在 FWM 型波长转换器中转换效率和 SBR 是决定波长转换器性能的两个重要指标.波长转换器要求有高的转换效率和 SBR.

基于 SFRL 的 FWM 型波长转换器的转换效率定义为输出转换光的平均光功率与输入信号光的平均功率之比,可以表示为

$$\eta = \frac{P_{c,out}}{P_{s,in}}. \quad (17)$$

转换光的 SBR 指输出转换光的平均功率和与转换光与频率的 ASE 功率之比,即

$$SBR \cong \frac{P_{c,out}}{P_{ASE,out}}. \quad (18)$$

3. 计算结果与分析

计算所用参数值如表 1 所示.

表 1 计算所用参数值

| 参量符号 | 取值 |
|--|------------------------|
| 有源区长度 L/m | 5×10^{-4} |
| 有源区宽度 w/m | 3.3×10^{-6} |
| 有源区厚度 d/m | 0.15×10^{-6} |
| 非辐射复合系数 c_1/s^{-1} | 1.5×10^8 |
| 双分子复合系数 $c_2/m^3 s^{-1}$ | 2.5×10^{-17} |
| Auger 复合系数 $c_3/m^6 s^{-1}$ | 9.4×10^{-41} |
| 有源层损耗 α_a/m^{-1} | 1.4×10^4 |
| 涂覆层损耗 α_c/m^{-1} | 2.0×10^3 |
| 散射损耗 α_{scat}/m^{-1} | 1.0×10^3 |
| 光限制因子 Γ | 0.3 |
| 折射率 n_a | 3.22 |
| 饱和功率 P_{sat}/W | 1.0×10^{-2} |
| CH 线宽增强因子 α_{CH} | -2.3 |
| SHB 线宽增强因子 α_{SHB} | 0 |
| CH 参数 ϵ_{CH}/W^{-1} | 5.5 |
| 载流子密度未饱和时的 CH 参数 ϵ_{CH2}/W^{-1} | 3.8 |
| SHB 参数 ϵ_{SHB}/W^{-1} | 2.1 |
| 载流子寿命 τ_s/s | 1.6×10^{-10} |
| 谱烧孔弛豫时间 τ_2/s | 1.0×10^{-13} |
| 载流子加热弛豫时间 τ_1/s | 6.5×10^{-13} |
| 导带中的有效电子质量 m_e/kg | 4.10×10^{-32} |
| 价带中的有效重空穴质量 m_{hh}/kg | 4.19×10^{-31} |
| 不包括两个耦合器的耦合比的所有损耗 ϵ_1 | 0.4 |
| 耦合器 1 的耦合比 k_1 | 0.5 |
| ASE 谱的起始波长 λ_1/m | 1.500×10^{-6} |
| ASE 谱的结束波长 λ_m/m | 1.600×10^{-6} |
| ASE 谱的分段数 m | 20 |
| SOA 的分段数 n | 10 |

3.1. 输入信号光对基于 SFRL 的 FWM 型波长转换器的影响

首先研究输入信号光对 SFRL 激射光和信号光增益的影响.模拟结果表明,随输入信号光的增大,环内激射光功率随之下降.并且存在一个阈值点,当输入信号光达到或超过这个阈值点时,激射光就会“熄灭”,同时输出光信号达到饱和,增益随之急剧下降,如图 2(a)所示.

图 2(b) 给出 FWM 转换效率和转换光 SBR 随输入信号光变化趋势。当输入信号光功率较弱时, 还不足以引起环内激射光的大幅度下降, 转换效率随输入信号光功率的增大有很小下降, 基本保持不变。随输入信号光功率进一步增大, 在 SOA 中放大信号光而消耗的载流子数增多, 激射光减弱, 转换效率降低。若输入信号光功率达到或超过阈值点时, 激射光被“熄灭”, 在 SOA 中就不产生 FWM 效应。与文献 [9] 中实验结果一致。

在输入信号光还未使输出信号光达到饱和时, 转换光功率随输入信号光增加较快, SBR 呈增大趋势。随输入信号光的增大, 输出信号光达到饱和, 激射光减弱, 转换光减弱, 转换光的 SBR 呈下降趋势。

如果输入信号光太弱或太强, SBR 小于零, 此时在 SOA 中虽然仍有 FWM 效应, 但由于转换光太弱, 已经被 ASE“湮没”。因此, SFRL 作为 FWM 型波长转换器时, 存在一个输入信号光功率范围, 只有在这个范围内, 才能有明显的 FWM 效应。

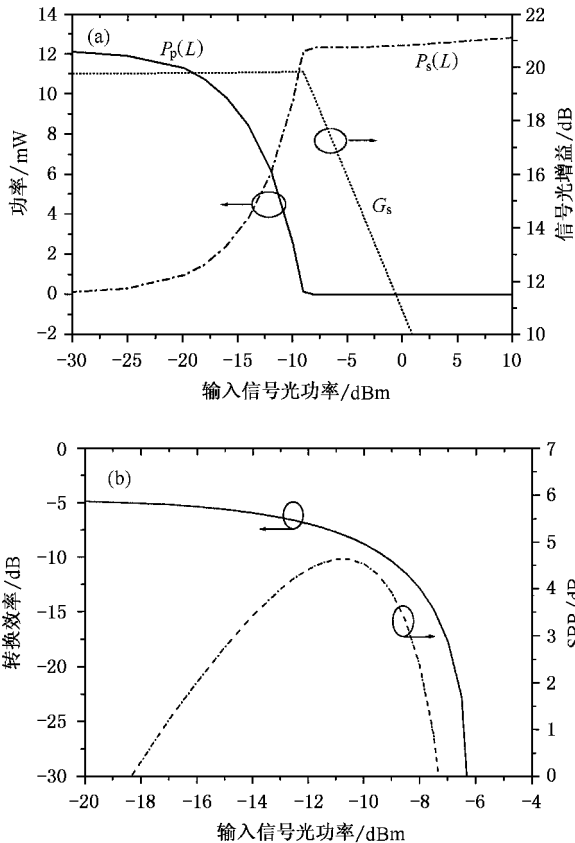


图2 (a)从 SOA 右端面输出的激射光(1550nm 处)信号光(1545nm 处)功率和信号光在 SOA 中获得的增益 (b)转换效率和 SBR 在 $I = 0.15A$, $k = 0.50$ 情况下随输入信号光功率的变化

3.2. 注入电流对基于 SFRL 的 FWM 型波长转换器的影响

由图 3(a) 可以看到, 随注入电流的增大, 环形腔内激射光不断增大, 而输出信号光基本保持不变, 这是由于在 SFRL 中, 增益被钳制在阈值增益处, 增加的载流子浓度, 只用来使输出激射光功率增大。激射光功率的增大, 使激射光熄灭的输入信号光阈值点也随之增大, 扩大了波长转换器的输入信号光功率范围, 这是 SFRL 用于波长转换所希望的。

因此, 注入电流的增大, 使环形腔内激射光增强, 增强了 FWM 效应, 转换光增强, FWM 转换效率和转换光的 SBR, 也随之而提高, 如图 3(b) 所示。

虽然注入电流的增大可以提高 FWM 转换效率和转换光的 SBR, 并不意味着可以随意增大, 实际上, 太大的注入电流会使 SOA 中产生大量热而降低其工作性能。文献 [9] 中实验结果也证实了这一理论结果。

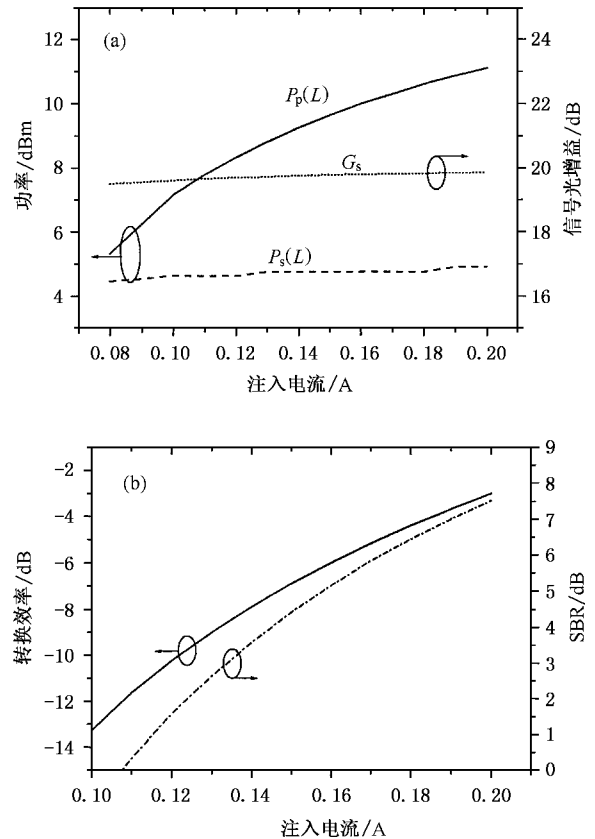


图3 (a)从 SOA 右端面输出的激射光(1550nm 处)信号光(1545nm 处)功率和信号光在 SOA 中获得的增益 (b)转换效率和 SBR 在 $P_{s, in} = -12dBm$, $k = 0.50$ 情况下随注入电流的变化

3.3. 输出耦合器的耦合比对基于 SFRL 的 FWM 型波长转换器的影响

图 4 (a) 给出输出耦合器耦合比分别为 0.90, 0.75 和 0.10 时, 输出激光光、信号光随输入信号光的变化趋势. 耦合器的耦合比越大, SFRL 内使激光光熄灭的输入信号光功率也就越大. 这是由于大的耦合器耦合比增强了环形腔内的激光光, 使激光光

消耗的载流子增多, 因此用以放大信号光的载流子减少而使其增益降低, 如图 4 (b) 所示. 信号光增益降低, 若使激光光熄灭, 则需输入的信号光也越大. 从图 4 (c) 看到, 输出耦合器耦合比越大, 输出部分越小, 如文献 [10] 中实验结果, 导致转换效率降低, 但是使转换效率急剧下降的输入信号光增大, 即扩大了波长转换器的输入信号光功率范围.

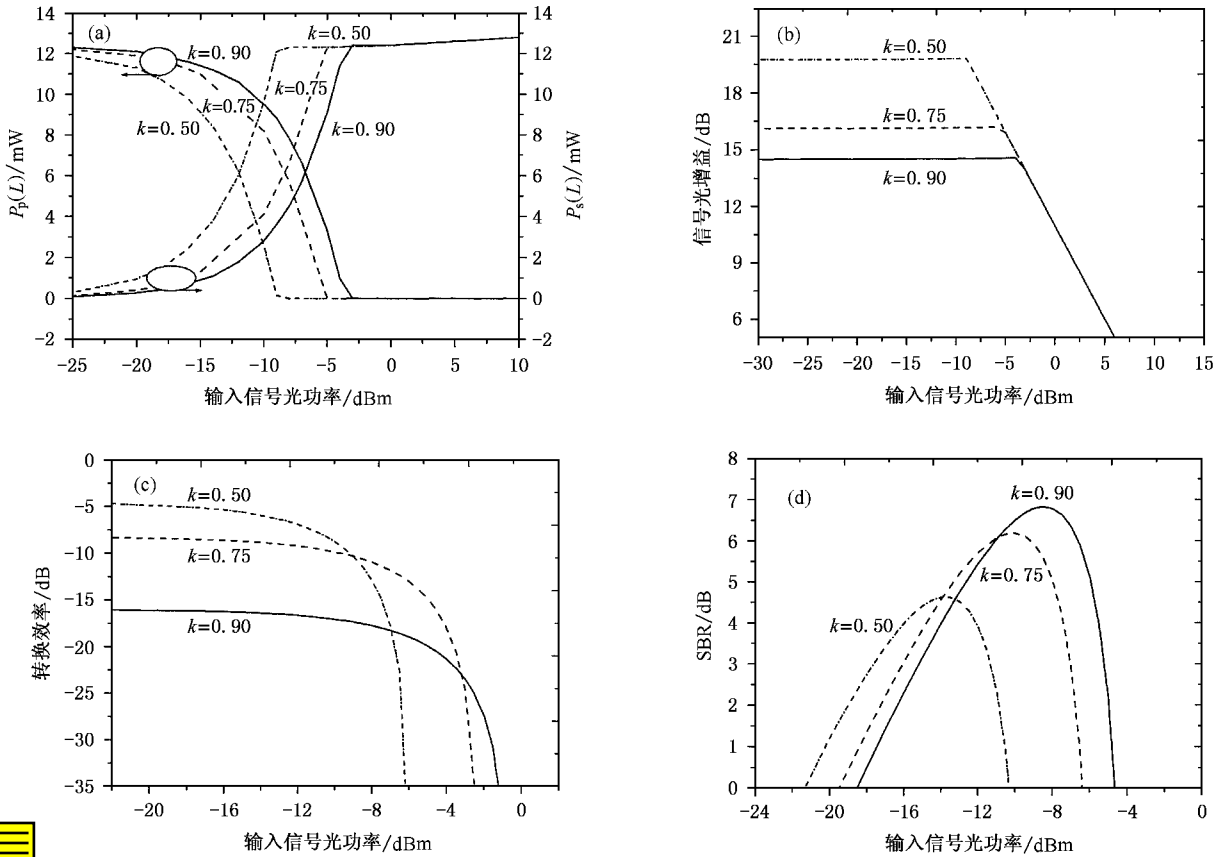


图 4 (a) 从 SOA 右端面输出的激光光(1550nm 处) 信号光(1545nm 处) 功率 (b) 信号光在 SOA 中获得的增益 (c) 转换效率 (d) SBR 在 $I = 0.15A$, $k = 0.90, 0.75, 0.50$ 三种情况下随输入信号光功率的变化

在输入信号较小时, 输出耦合器耦合比越小, 由于此时转换效率大, 输出转换光大, 所以转换光的 SBR 也越大. 随输入信号光的增强, 输出耦合器耦合比小的 SBR, 先使激光光急剧下降, 并熄灭, SBR 先急剧下降, 而输出耦合器耦合比大的 SBR, 仍随输入信号光的增大而增大, 直至输入信号光也增强到使激光光急剧下降, 并熄灭, SBR 也急剧下降, 如图 4 (d) 所示.

3.4. 激光波长对基于 SFRL 的 FWM 型波长转换器的影响

调节可调谐滤波器, 可以改变 SFRL 的激光光

波长(抽运光波长), 实现可调谐功能. 输入信号光波长为 1545nm, 位于 SOA 材料增益峰值的左边. 因此, 当激光光波长从 1530nm 增加到逐渐靠近信号光波长时, 激光光由于逐渐靠近增益峰值而随之增强, 信号光增益降低, 信号光减弱, 使激光光熄灭的输入信号光增大. 这与大的输出耦合器耦合比类似, 当激光光波长增加而远离信号光波长时, 激光光先靠近增益峰值, 随激光光波长进一步增加而远离增益峰值, 因此激光光先增加后减弱, 信号光及其增益同样先减小后增加. 如图 5 (a) 所示, 总的来看, 激光光和信号光功率随激光光波长的变化不大.

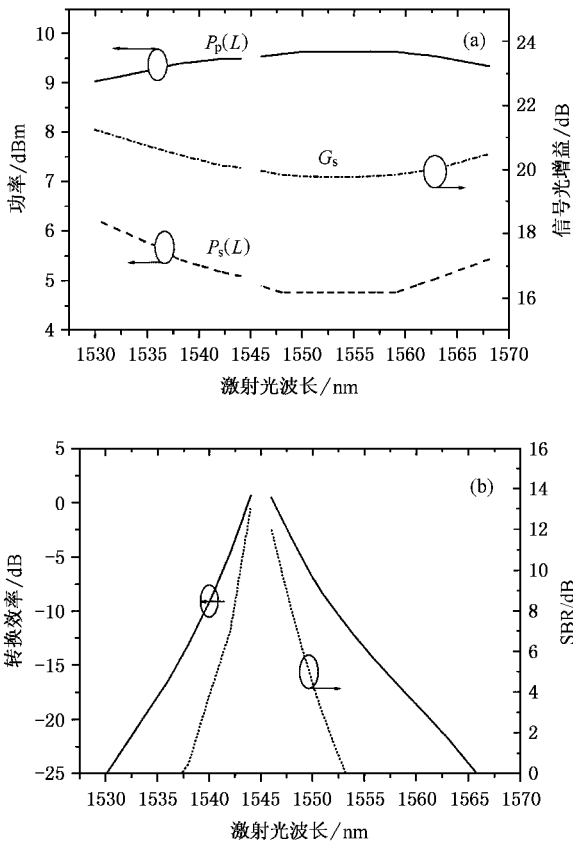


图5 (a)从SOA右端面输出的激光光、信号光(1545nm处)功率和信号光在SOA中获得的增益(b)转换效率和SBR在 $P_{s, \text{in}} = -12\text{dBm}$, $k = 0.50$, $I = 0.15\text{A}$ 情况下随激光光波长的变化

随激光光波长的改变,波长转换器的转换效率和转换光的SBR也随之改变.当激光光波长与信号

光波长间隔逐渐增大时,由于激光光和信号光功率变化不大,只对转换效率有很小的影响,所以转换效率降低主要是由于激光光和信号光的失谐量增大引起的,同样,转换效率的降低,意味着转换光的减弱,SBR也随失谐量的增加而降低,如图5(b)所示.这与文献[8,9]中实验结果符合.

4. 结 论

本文建立了完整的基于SFRL的FWM型可调谐波长转换器的宽带理论模型,并利用宽带理论模型对这种可调谐波长转换器进行了数值模拟,从理论上研究了这种波长转换器的转换效率、SBR和输入信号光功率范围与输入信号功率、注入电流、输出耦合器的耦合比和SFRL激光光波长的关系.结果表明,存在一个输入信号光功率范围,在这个范围内FWM效应才比较明显;大的注入电流不仅可以改善FWM转换效率和SBR,而且使输入信号光功率范围增大,但注入电流也不能太大;虽然大的输出耦合器的耦合比,可以扩大输入信号光功率范围,但代价是转换效率下降.对这种波长转换器,激光波长与输入信号光波长失谐量增大时,转换效率和SBR随之下降.因此,综合考虑选择适当的输入信号功率、注入电流和输出耦合器的耦合比,可以获得比较好的器件性能和应用条件.这些理论所得结论与文献中实验结果符合.

[1] Zhang X L, Sun J Q, Liu D M, Huang D X and Yi H Q 2000 *Acta Phys. Sin.* **49** 741 (in Chinese) [张新亮、孙军强、刘德明、黄德修、易河清 2000 物理学报 **49** 741]

[2] Sun J Q, Huang D X and Yi H Q 1997 *Acta Phys. Sin.* **46** 2369 (in Chinese) [孙军强、黄德修、易河清 1997 物理学报 **46** 2369]

[3] Jiang Y, Cui Y P and Pang S M 1999 *Acta Phys. Sin.* **48** 1884 (in Chinese) [蒋雁、崔一平、庞叔鸣 1999 物理学报 **48** 1884]

[4] Girardin F *et al* 1997 *IEEE Photon. Technol. Lett.* **9** 746

[5] Zhou D, Prucnal P R and Chrostowski J 1998 *IEEE Photon. Technol. Lett.* **10** 781

[6] Lu Z G, Boothroyd S A and Chrostowski J 1999 *IEEE Photon. Technol. Lett.* **11** 222

[7] Chow K K, Shu C and Mak M W K 2002 *IEEE Photon. Technol. Lett.* **14** 1445

[8] Chi N *et al* 2001 *IEEE Photon. Technol. Lett.* **13** 499

[9] Chi N *et al* 2001 *Chin. J. Lasers* **28** 261 (in Chinese) [迟楠等 2001 中国激光 **28** 261]

[10] Pan W *et al* 2001 *J. Optoelectron. Laser* **12** 446 (in Chinese) [潘炜等 2001 光电子·激光 **12** 446]

[11] Mikkelsen B 1994 *PhD Thesis* Denmark University of Technology p163

Theoretical analysis of tunable wavelength conversion based on FWM in semiconductor fiber ring laser^{*}

Li Pei-Li Zhang Xin-Liang Chen Jun Huang Li-Rong Huang De-Xiu

(*Department of Optoelectronics Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China*)

(Received 27 April 2004; revised manuscript received 8 June 2004)

Abstract

In this paper, a comprehensive broad-band dynamic model of tunable wavelength converter based on four-wave mixing in semiconductor fiber ring laser is presented. Critical factors, e. g., the material gain profile, the longitudinal variation of the optical field, and the broad-band spontaneous noise emission are considered in the model. By numerical simulation, the effects of the input signal power, injection current, the coupling of the output coupler and the lasing wavelength on the performance of the wavelength converter are investigated. Numerical results are in agreement with the experimental results in the literature.

Keywords : SFRL, FWM, wavelength conversion, amplified spontaneous emission

PACC : 4265K, 4265M, 4255P

^{*} Project supported by the State Key Development Program for Basic Research of China (Grant No. G2000036605), the National High Technology Development Program of China (Grant No. 2002AA312160) and the "Chen Guang" Foundation of Wuhan, China (Grant No. 2003500201602).