

# CARACTERIZAÇÃO DA INTERMODULAÇÃO CRUZADA DE GANHO EM AMPLIFICADORES ÓPTICOS A SEMICONDUTOR: OTIMIZAÇÃO PARA CONVERSÃO DE COMPRIMENTO DE ONDA

Autores: C. A. N. Oliveira – negri.oliveira@gmail.com  
 C. M. Gallep – gallep@ceset.unicamp.br  
 CESET/UNICAMP  
 Pibic/CNPq  
 SOA – XGM – Fotônica

## INTRODUÇÃO

As redes ópticas atuais são compostas de conexões no domínio óptico, mas a maioria das funções de processamento ainda é realizada no domínio elétrico. Para a implementação de redes totalmente ópticas, pesquisas na área de dispositivos totalmente ópticos, responsáveis pelo processamento nestas redes, têm sido vistas com especial interesse.

A evolução das redes (Ex: redes WDM), dependerá de componentes de alto desempenho para a realização de funções no domínio totalmente óptico. Componentes baseados em SOAs (Semiconductor Optical Amplifiers) são interessantes meios de obtenção de subsistemas capazes de realizar estas funções.

Ao se operar o SOA com um sinal de entrada alto o suficiente de modo a atingirem-se níveis de saturação, a densidade de portadores varia significativamente, provocando a variação do ganho e do índice de refração da cavidade. Tal comportamento é não linear, causando efeitos indesejáveis, principalmente no que se refere à amplificação simultânea e à mistura de canais em sistemas FDM (Frequency Division Multiplexing) e WDM (Wavelength Division Multiplexing).

Apesar de apresentarem efeitos indesejáveis na amplificação multicanal, essas não-linearidades têm sido identificadas como fontes potenciais para a obtenção de funções, que serão aplicadas principalmente no processamento de sinais no domínio óptico.

Neste contexto, o princípio da modulação cruzada de ganho XGM é demonstrado na Fig. 1. Um sinal modulado em amplitude, de comprimento de onda  $\lambda_1$ , é injetado em um amplificador e modula o ganho do SOA devido à sua saturação. Um segundo sinal, de onda contínua (CW), em um comprimento de onda  $\lambda_2$  previamente escolhido, é também injetado no amplificador. Este sinal é então modulado pela variação do ganho do SOA. Desta maneira, o sinal de saída em  $\lambda_2$  terá a mesma informação que o sinal em  $\lambda_1$  (com inversão de fase). Um filtro na saída do SOA pode eliminar o sinal em  $\lambda_1$  (esquerda co-propagante). O esquema contra-propagante permite que o sinal de entrada seja convertido em um sinal de mesmo comprimento de onda (possibilitando a não conversão). Neste caso, o filtro não é utilizado. Nos dois casos, o sinal de saída aparece invertido (defasado de 180°) com relação ao sinal de entrada.

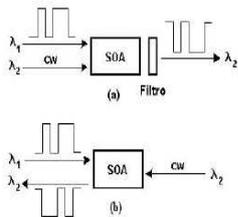


Fig. 1 - (a) Esquema XGM co-propagante. (b) Esquema XGM contra-propagante.

Levando em consideração as equações de taxa que governam a densidade dos portadores no SOA e estabelecendo um sinal de dados incidente com uma variação no tempo de potência  $P_{Sinal}(t)$ , o ganho instantâneo  $G(t)$  deste SOA é expresso pela seguinte forma:

$$G_t(t) = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{G_0}\right) \cdot \exp\left(-\frac{P_{Sinal}(t)}{P_{Sat}}\right)}$$

onde  $G_0$  é o ganho para pequenos sinais e  $P_{Sat}$  é a potência de saturação.

## METODOLOGIA

O software Optisim é um ambiente de modelo e simulação para dar suporte ao desenvolvimento e otimização do desempenho do nível de transmissão em sistemas de comunicações ópticas. Ele possui uma interface gráfica fácil e clara para a visualização dos resultados das simulações. Com uma rica biblioteca de modelos de componentes e algoritmos de simulação é possível implementar projetos com eficiência e velocidade. A Figura 2 ilustra a interface do software:

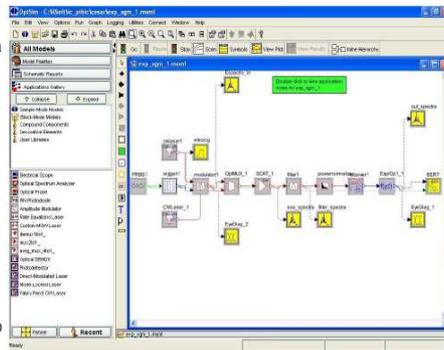


Fig. 2 - Interface do software Optisim com a configuração XGM demonstrada

A lista abaixo demonstra os dispositivos e instrumentos utilizados na configuração montada no laboratório LAPCOM (DMO/FEEC - UNICAMP) para a realização dos experimentos referentes ao projeto:

1. Laser 1: Santec MLS 2100 com sintonia de comprimento de onda e potência, digitalmente controlado;
2. Laser 2: Santec TLS-210 com sintonia de comprimento de onda e potência, digitalmente controlado;
3. Analisador de Espectro Óptico (OSA): MS96A da Aritsu com varredura de 0.6-1.6  $\mu\text{m}$ ;
4. Amplificador Óptico: SOA InPhenix IPSAD 1503 com faixa espectral (-3dB) de 50 nm e 0,5mm de comprimento;
5. Acopladores e isoladores ópticos;
6. Isolador óptico;
7. Cordões com conectores ópticos FC-APC.

## RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

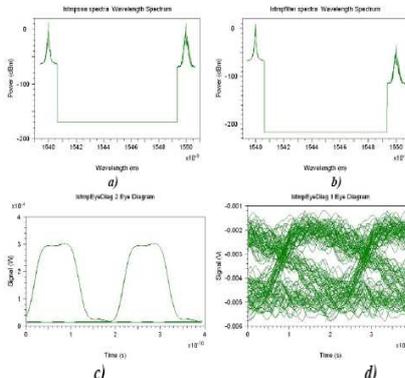


Fig. 3 - Espectros de sinal: (a) Saída da SOA (b) Saída filtrada em 1540nm Diagramas de Olho: (c) Olho de Entrada (d) Olho de Saída

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS

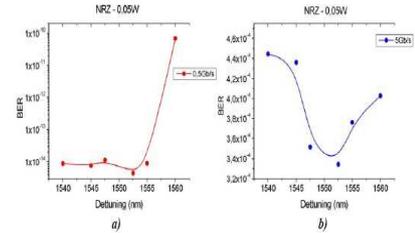


Fig. 4 - Modulação NRZ, Potência do Laser CW = 0.05W, Taxa = 0.5 Gb/s (b) Modulação NRZ, Potência do Laser CW = 0.05W, Taxa = 5 Gb/s

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização e análise das simulações no software e os experimentos em laboratório das várias configurações e variações possíveis de dados, os principais objetivos do projeto foram alcançados: caracterização do comportamento não-linear (XGM modulação cruzada de ganho) em SOA e análise dos impactos do nível de potência óptica e o espaçamento de canais WDM sobre a eficiência do processo de intemodulação visando configurações ótimas para conversão de comprimento de onda.

Uma proposta para um próximo projeto seria a utilização de diferentes tipos de configuração de SOA (como SOAs de tamanhos diferentes) para análises do comportamento dessas configurações em relação ao efeito não-linear de XGM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- G. P. Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", Third Edition, Wiley Series in Microwave and Optical Engineering Kai Chang, Series Editor, 2002
- B. E. A. Saleh, M. C. Teich, "Fundamentals of Photonics", Wiley Series in Pure and Applied Optics, 2002
- P. S. Brito, "Conversão Óptica de Comprimento de Onda", Capítulo 6, Componentes optoeletrônicos para redes fotônicas de alto débito, Universidade de Aveiro.
- L. R. Cavalcante, "Conversão em comprimento de onda via modulação cruzada de ganho utilizando amplificador óptico a semiconductor", dissertação de Mestrado FEEC UNICAMP, Mar.2004.
- Optisim Models Reference, Volume 2 Block Mode, RSoft Design Group, 2006.
- Optisim Application Notes and Examples, RSoft Design Group, 2006.
- H. Ghafouri-Shiraz, "Fundamentals of Laser Diode Amplifiers", John Wiley & Sons, 1995.
- S.O. Kasap, OPTOELECTRONICS AND PHOTONICS - Principles and Practices
- Rajiv Ramaswami e Kumar N. Sivarajan, Optical Networks - A Practical Perspective, Second Edition