

Caracterização de um Amplificador a Guia de onda Dopada com Érbio

S. L. Stevan Jr., F. Couto, P. André, P. Monteiro, A. L. J. Teixeira

Resumo - Neste trabalho reportamos a caracterização e teste de um amplificador de guia de onda dopado com Érbio (EDWA). As curvas de ganho e figura de ruído em função da potência de entrada e em função do comprimento de onda foram obtidas por um método por nós desenvolvido. As características de largura de banda de ganho saturado e figura de ruído foram analisadas e caracterizadas.

I INTRODUÇÃO

Os últimos avanços na óptica integrada, sobretudo na área de dispositivos activos onde tem sido aprimoradas as questões do tamanho físico e custo, fazem do Amplificador de Guia de Onda Dopada com Érbio (*Erbium Doped Waveguide Amplifier* – EDWA) um dos focos de grande investimento actual na indústria de Telecomunicações [1-3].

Como principais vantagens, o EDWA apresenta uma baixa figura de ruído (*Noise Figure* - NF), independência do ganho em relação à polarização, reduzida interferência entre canais em transmissões WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) e possibilidades de integração com outros dispositivos passivos e/ou activos no mesmo circuito integrado, além do reduzido tamanho e do baixo custo. No entanto, o principal problema de desenvolvimento e produção dos EDWA, relaciona-se com a necessidade de altas concentrações de iões de Érbio.

Os maiores desafios em transformar um guia de onda dopado com Érbio num amplificador óptico são diminuir as perdas na propagação e controlar os efeitos devido a alta concentração de iões de Érbio [4].

II. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

O quadro da figura 1 apresenta um comparativo entre as características dos EDWAs, dos amplificadores de fibra dopada com Érbio (EDFA) e dos amplificadores ópticos de semiconductor (SOA) [1].

Através dos dados da figura 1, verifica-se que o EDWA apresenta um ganho tipicamente menor que os outros dois tipos de amplificador, no entanto, sobressaem-se os efeitos desvantajosos, como a dependência com a polarização do sinal e a interferência entre canais. Com as vantagens de terem um baixo custo de fabricação e um tamanho reduzido.

Actualmente, é esperado que um EDWA apresente um ganho de 2 a 3 dB/cm [1].

	EDFA	EDWA	SOA
Ganho de pequeno sinal	30dB	15dB	20dB
Figura de ruído	4 dB	4.5 dB	6-7 dB
Dependência com a polarização	0.5dB	<0.1dB	1.0dB
Diafonia entre canais	Não	Não	Alto
Controlo intrínseco da polarização	Não	Sim	Sim
Tamanho físico médio	dezenas de metros	milímetros	centímetros
Custo	Alto	Baixo	Baixo

Fig. 1 – Tabela comparativa de amplificadores ópticos

III. SETUP E VERIFICAÇÃO EXPERIMENTAL

Foi analisado experimentalmente um EDWA comercial disponível no laboratório, com aproximadamente 7cm de comprimento, potência de bombagem de 200mW a 980nm

Para essa caracterização utilizou-se a configuração básica apresentada na figura 2, baseada numa fonte de sinal (laser), variável em comprimento de onda e amplitude e num analisador de espectros ópticos (OSA).

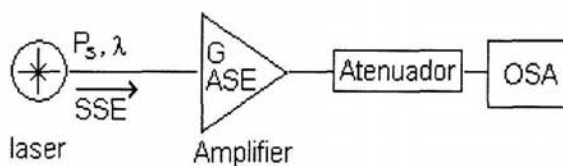


Fig. 2. Configuração básica para a caracterização de um amplificador.

A caracterização do ganho do amplificador óptico é feita com base na relação directa entre as potências do sinal de saída, P_{S_out} , e do sinal de entrada, P_{S_in} , conforme indicado na equação 1.

$$G = \frac{P_{S_out}}{P_{S_in}} \quad (1)$$

A figura de ruído (NF) é calculada através da relação entre a relação sinal-ruído (SNR) à entrada e à saída do amplificador. Pode-se quantificar a NF através da expressão indicada na equação (2), onde se consideraram os seguintes parâmetros [5]:

ν : frequência óptica do sinal;
 P_{SSE} : densidade espectral de potência da emissão espontânea do laser;
 P_{ASE} : densidade espectral de potência do ruído à saída do amplificador de fibra dopada, incluindo o ruído do laser e contabilizando ambas as polarizações

$$NF = \frac{P_{ASE}}{G \cdot h \cdot \nu \cdot B_o} + \frac{1}{G} - \frac{P_{SSE}}{h \cdot \nu \cdot B_o} \quad (2)$$

O último termo da equação anterior refere-se à contribuição da potência de ruído do laser amplificado.

IV. RESULTADOS AND DISCUSSÕES

A figura 3 mostra a curva do ganho e da figura de ruído do EDWA em função do comprimento de onda, para uma potência do sinal de entrada de -35dBm. Verifica-se que este amplificador apresenta uma curva de ganho coerente com a curva característica dos íons de Érbio, com um pico a 1535 nm e um largo espectro quase plano até 1560 nm.

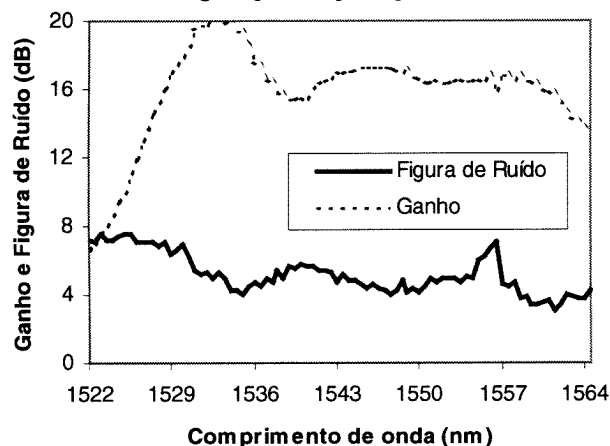


Fig. 3 – Espectros de ganho e de figura de ruído do EDWA, para uma potência de entrada de -30dBm.

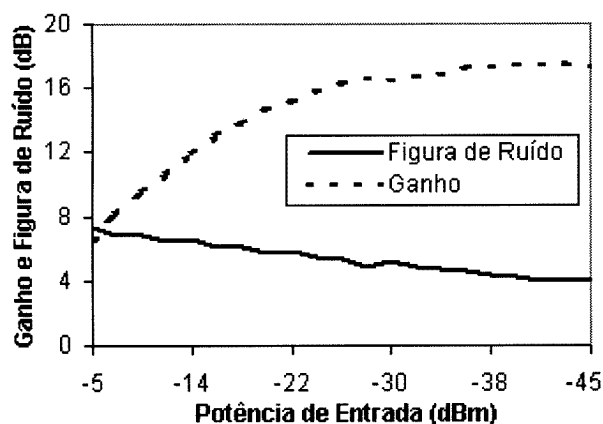


Fig. 4 - Evolução do ganho e da figura de ruído em função da potência de entrada para um comprimento de onda de sinal de 1545 nm.

Outra análise realizada foi a evolução do ganho em função da potência óptica de entrada, para um comprimento de onda de 1545nm. Esta análise tem como objectivo a determinação da potência de saturação e os resultados encontram-se na figura 4. Onde se verifica que o ganho deste amplificador satura quando o sinal de entrada tem uma potência de -19,5 dBm, considerando-se uma potência de bomba de 200 mW. Nesta figura também é apresentado o comportamento da figura de ruído em função da potência de entrada, onde se verifica um NF maior para a região de ganho saturado.

V. CONCLUSÃO

Caracterizou-se um EDWA nas suas características mais relevantes. Verificou-se que apresenta na sua região mais plana da curva de ganho um valor de 15 dB e uma figura de ruído de 4.5 dB

Este tipo de amplificador apresenta dimensões muito reduzidas e, como tal, apresenta-se como um grande candidato a integrar os sistemas futuros de regeneração e processamento óptico mais complexo, como *routers*.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos projectos WidCom, ALBAN, SIRAC e à SIEMENS AG pela sua participação na obtenção dos resultados.

REFERÊNCIAS

- [1] D. Barbier, "Erbium-doped Waveguide Amplifiers promote optical-networking evolution", *Lightwave*, 2001
- [2] P.G. Kik and A. Polman, "Erbium doped optical waveguide amplifiers on silicon", *FOM Institute for Atomic and Molecular Physics*, April, 1998
- [3] G. C. Righini, S. Pelli, M. Ferrari, M. Brenci, "ERBIUM-ACTIVATED SILICATE WAVEGUIDES AND AMPLIFIERS", 8th Microoptics Conference (MOC '01), Osaka, Japan, October 24-26, 2001
- [4] J. L. Philipsen et al., "Erbium-Doped Waveguide Amplifier (EDWA): Technology and Components", 2003
- [5] D. Derickson, "*Fiber Optic Test and Measurement*", Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1998.