

Caracterização de amplificadores de fibra dopada com érbio

Ana Sofia Silva

Resumo

Este trabalho teve como objectivo a caracterização de uma fibra dopada com érbio e verificação dos princípios de funcionamento de um laser. Na primeira parte do trabalho estudou-se o comportamento da amplificação, injetando duas potências diferentes, numa fibra dopada com érbio. Na segunda parte fez-se a análise da cavidade formada por duas fibras de Bragg, usando o setup da primeira parte, verificando a variação da corrente limiar, 51,8 mA e 64,8mA, com a variação da distância dos “espelhos” quando a fibra de bragg era esticada.

1 Introdução teórica

Um laser apresenta processos fundamentais dos níveis de energia, tal como a absorção, emissão espontânea e emissão estimulada, que ocorrem nas três componentes fundamentais, que correspondem à fonte de bombeamento, que cria a inversão de população nos níveis de energia, um meio ativo, onde ocorre o ganho, e uma cavidade ótica ressonante, onde ocorre a emissão espontânea, causadora da fluorescência do laser.

O EDFA, erbium-doped fiber amplifier, funciona como um meio activo de um laser, onde o ganho ótico é assegurado pelos iões Er^{+} . Para que ocorra amplificação é necessário que ocorra inversão de população, ou seja, que haja mais iões Er^{+} em níveis superiores, sendo o esquema de três níveis o usado pelo EDFA [2]. Para que ocorra ganho é necessário que haja excitação para pelo menos 3 níveis, dado que os átomos são excitados para um nível E3, decaem rapidamente para E2 e mantêm-se aí durante algum tempo.

Quando um grande número de fótons incidentes despojam o nível 2 mais rápido do que o bom-

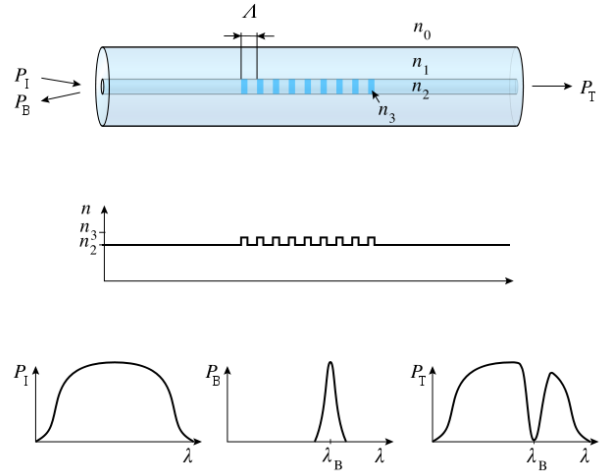


Figura 1.1: Ilustração esquemática da modulação numa fibra de Bragg e sinais de entrada, de reflexão e de saída.

beamento é capaz de compensar com a inversão de população, ocorre saturação do ganho.

A fibra de Bragg, FBG é uma perturbação periódica do índice de refração ao longo de um guia de onda, figura 1.1, resultando um comprimento de onda de Bragg ressonante dado por

$$\lambda_B = 2n_{ef}\Lambda$$

onde Λ é o período da modulação e n_{ef} é o índice efectivo do modo propagante[1].

Através de duas FBGs pode-se construir uma cavidade Fabry-Perot. A emissão laser é atingida quando o desfazamento longitudinal dos λ_B é reduzido.

2 Procedimento e resultados

2.1 Primeira parte

Para fazer a caracterização da EDFA, bombea-se a fibra com uma fonte sintonizável, constituída por um díodo de bombagem de 976nm, e um WDM de 2 canais.

A bombagem pode ser propagante ou contra-propagante, sendo a vantagem da primeira apresentar menos ruído e da segunda ter maior potência de saturação e ser melhor em termos de ganho, sendo por isso a usada na construção do laser deste trabalho.

Como o EDFA possui vários picos de absorção, escolheu-se sintonizar a fonte a 1550nm, que apesar de ser menos eficiente, apresenta menos ruído.

Na figura 2.1 está apresentado o sinal sintonizável ligado ao módulo EDFA comercial, usados nas duas partes deste trabalho.

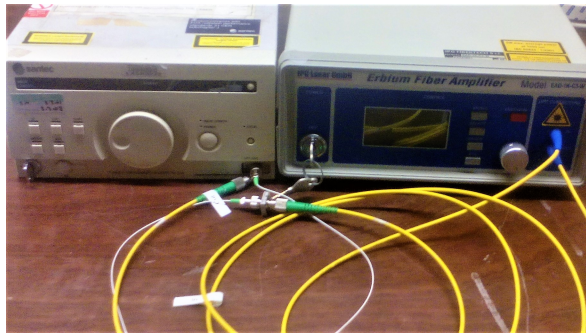


Figura 2.1: Fonte sintonizável e módulo EDFA comercial utilizados

Antes de ligar a fonte fez-se a leitura do ruído no OSA para ver o espectro do amplificador. De seguida manteve-se a potência do amplificador constante, fazendo variar a potência de entrada da fonte, para encontrar o ponto máximo de ganho.

Escolheu-se duas potências de zonas de comportamentos diferentes, para que para cada uma das potências fixas se visse o comportamento do sinal quando fazendo variar a potência do amplificador.

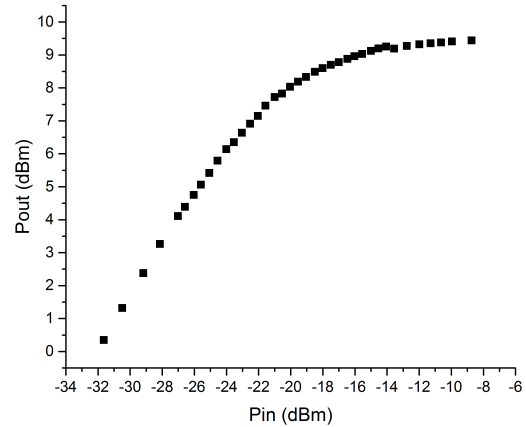


Figura 2.2: Potência ótica de saída do laser de bombeamento como função de potência de entrada da fonte, mantendo a potência do amplificador constante.

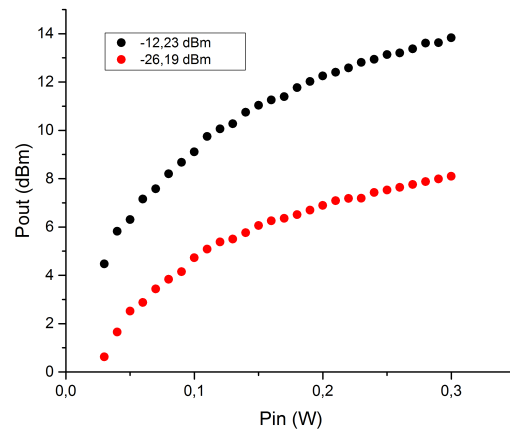


Figura 2.3: Ganho do sinal em função da potência de bombeamento no amplificador para duas potências de entrada fixas.

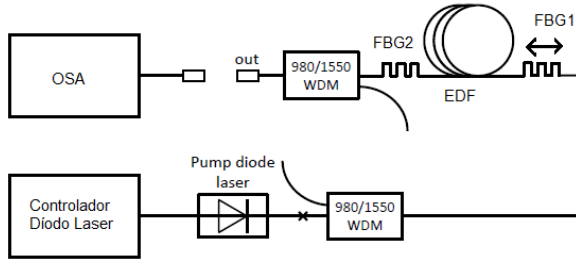


Figura 2.4: Setup experimental utilizado para determinação da corrente limiar.

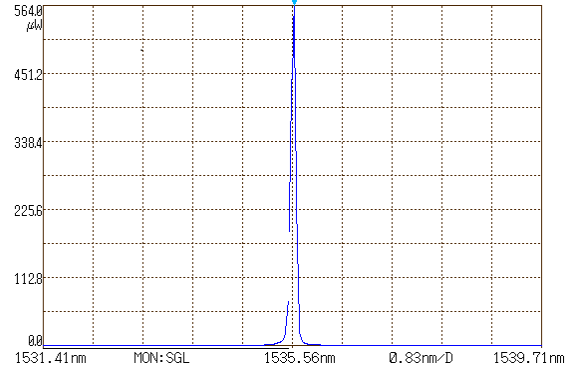


Figura 2.5: Pico de fluorescência quando as FBGs estão sintonizadas.

O coeficiente de ganho diminui com o aumento da potência do sinal, ocorrendo saturação de ganho, como se pode verificar na figura 2.3.

À medida que o sinal e o ruído se propagam ao longo do meio de ganho ocorre amplificação, sendo que quanto maior o ganho, maior o ruído ASE, proveniente da emissão espontânea.

2.2 Segunda Parte

Na segunda parte utilizou-se o setup representado na figura 2.4, para se fazer o estudo da cavidade de Fabry-Perot, formada a partir de 2 FBGs. Esticando a FBG1, altera-se a sua posição relativa a FBG2, podendo sintonizar ou não o sinal injetado na fibra.

Quando a cavidade não está sintonizada aparecem diferentes picos de Bragg para cada FBG. Esticando a FBG1 a posição do pico altera-se e desta forma pode-se sintonizar a cavidade. A figura 2.5 mostra o pico de fluorescência quando as FBGs estão sintonizadas.

Os picos positivos correspondem à emissão espontânea, refletida na FBG1, enquanto que os negativos correspondem à refletividade na FBG2, figura 2.6.

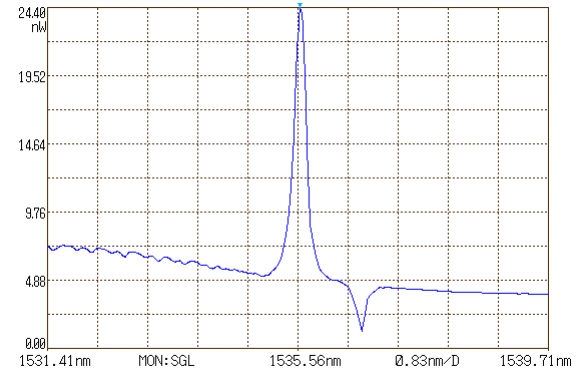


Figura 2.6: Florescência da fibra devido à emissão espontânea da luz refletida pela FBG1 e pico negativo devido à reflexão da FBG2.

A emissão laser é atingida quando o desfazamento de comprimento de onda de Bragg é reduzido por aplicação de stress num dos FBGs, para conseguir

mínimos de perdas nas refletividade dos “espelhos”. Esta variação altera o valor da corrente limiar e a eficiência do declive, como pode ser visto na figura 2.7. Os valores obtidos para a corrente limiar foram, aproximadamente 51,8 mA e 64,8mA, para diferentes desfazamentos dos λ_B causados pela aplicação de tensão na fibra.

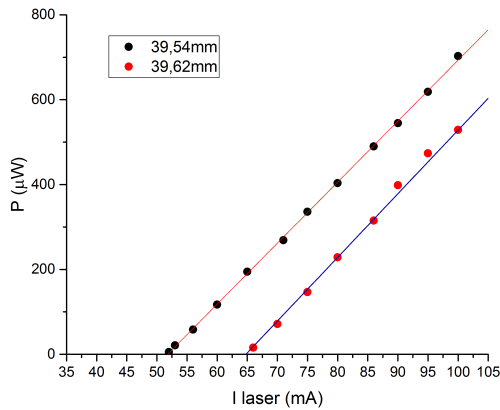


Figura 2.7: Potência de saída como função da corrente de entrada para diferentes desfazamentos das FBGs.

O comportamento observado pode ser comparado com o de um díodo sendo que a diferença é que, normalmente, a curva de um díodo é exponencial, após um valor limiar da corrente, ao que ao observado, a curva do laser é linear.

A visualização do sinal no OSA permite observar claramente que o Signal to Noise Ratio (SNR) é bastante alto, estando o sinal vários dBm acima do ruído.

3 Conclusão

Este estudo permitiu entender a utilidade de fibra ótica como um laser, fazendo uso de EDF como um amplificador e duas fibras de bragg como cavidade ótica.

A realização desta experiência foi importante no sentido da interação que se teve com os vários instrumentos usados na experiência. Quanto à execução do trabalho considero que conseguimos caracterizar o nosso sistema e obtivemos dados para caracterizar o nosso sistema laser.

Foi observada a capacidade de amplificação do módulo comercial de EDFA para diferentes comprimentos de onda e diferentes potências de bombeamento. Ocorre saturação de ganho com o aumento da potência de entrada, verificando-se que há mais ganho para menores intensidades injetadas na fibra.

Verificou-se que até determinada corrente de alimentação à fibra dopada não existe emissão estimulada e que fazendo alterar o comprimento da cavidade, esticando ligeiramente a fibra, altera-se o valor da corrente limiar.

Referências

- [1] Advanced experiments with an Erbium doped fiber laser, Paulo V. S. Marques, Manuel B. Marques, Carla C. Rosa
- [2] Experiment on Erbium-Doped Fiber Amplifiers Li Qian, Advanced Labs for Special Topics in Photonics (ECE 1640H) University of Toronto