

Interferômetro de Sagnac simétrico e assimétrico usando o espaçamento Raman

F. T. C. B. Magalhães, H. A. Pinho, J. I. F. Nascimento, É. B. D. Bezerra, D. N. S. Cavalcante, A. C. Ferreira, G. F. Guimarães, J. W. M. Menezes, W. B. Fraga

Resumo— Neste artigo, estudamos o comportamento do interferômetro de Sagnac sob os efeitos não lineares SPM, XPM e Raman, em duas configurações (simétrico e assimétrico) e cinco cenários (variando-se o valor da fração Raman), alimentado por um sinal CW (Continuous Wave). Na configuração simétrica, observamos que as curvas de transmissividade e refletividade são alteradas pela presença do efeito Raman no laço. Na configuração assimétrica, obtivemos comportamento oscilante nas curvas de transmissividade e refletividade, desfazendo a característica de espelho de fibra não-linear, possibilitando a transmissão da onda de bombeamento para determinadas combinações de valores de potência de entrada e de fração Raman.

Palavras-chaves— Interferômetro de Sagnac, Laço simétrico e assimétrico, Raman.

I. INTRODUÇÃO

Os interferômetros ópticos são dispositivos que fazem com que dois campos eletromagnéticos sofram interferência e, assim, tenham suas amplitudes alteradas. O resultado dessa interferência vai depender das amplitudes dos campos e da diferença de fase entre eles [1]. Um interferômetro óptico do tipo Sagnac (Figura 1) pode ser construído ligando-se uma fibra entre as duas portas de saída a um acoplador para formar um laço. Por uma das portas de entrada do acoplador, envia-se um sinal luminoso, e pela outra porta de entrada do acoplador, tem-se o sinal transmitido.

O objetivo deste trabalho é mostrar que é possível desbalancear o laço Sagnac utilizando o espalhamento Raman que é um efeito não-linear [2], geralmente utilizado para amplificação de sinais em fibras ópticas, gerando novas aplicações para esse dispositivo.

II. METODOLOGIA

Um interferômetro óptico Sagnac (Figura 1) é um dispositivo que tem uma porta de entrada (sinal) e duas portas de saída: a transmitida e a refletida.

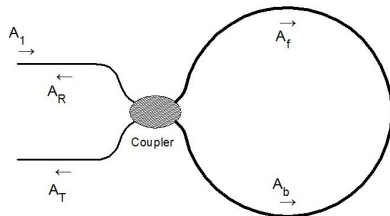


Figura 1: Esquema de um interferômetro óptico de Sagnac.

Define-se como transmissividade (TR) do interferômetro

F. T. C. B. Magalhães Pesquisador do Laboratório de Fotônica (IFCE- Fortaleza). Atua como pesquisador, principalmente nos seguintes temas: Interferômetros Ópticos, Óptica Não Linear, Fibras Ópticas, Espalhamento Raman em fibras ópticas e Simulação Numérica.

Sagnac a razão entre a potência de saída na porta transmitida e a potência de entrada [1]:

$$T_r = \frac{P_T}{P_0} \quad (1)$$

Se o sinal de entrada for CW e na fibra que forma o laço levarmos em consideração apenas os efeitos não lineares de SPM e XPM é possível chegar a expressão analítica da transmissividade TR[2]:

$$T_R = \{1 - 2p \cdot (1 - p)[1 + \cos((1 - 2p) \cdot \gamma P_0 \cdot L)]\} \quad (2)$$

Através da equação (2), onde P é o coeficiente de acoplamento, γ , o coeficiente não-linear, P_0 , a potência de entrada e L , o comprimento do laço, pode-se verificar que se o acoplador for de 3dB (=0.5) tem-se TR=0, ou seja, nenhum sinal é transmitido pelo interferômetro Sagnac, nessa condição ele é chamado de espelho em fibra não linear [3], pois todos o sinal é refletido pela porta de entrada. Fazendo uso do software Optisystem® da empresa Optiwave foi implementado um interferômetro Sagnac onde, nesse modelo computacional, é possível habilitar e configurar diferentes efeitos lineares (GVD e TOD) e não lineares (SPM, XPM, espalhamento Raman, dentre outros) na fibra que constitui o laço e também escolher diversos parâmetros para outros dispositivos que formam o interferômetro Sagnac. Assim, foi possível analisar a potência do sinal transmitido e refletido levando-se em conta o espalhamento Raman.

III. RESULTADOS

A. Configuração Simétrica

Nos cenários 1 e 2 (Figuras 2-a e 2-b, respectivamente), observamos transmissividade a partir de um certo valor de potência de entrada. Percebemos que, na presença do efeito Raman na fibra, o aumento da intensidade do sinal de entrada provoca a transmissão efetiva quando a potência incidente ultrapassa a potência de quebra do espelho.

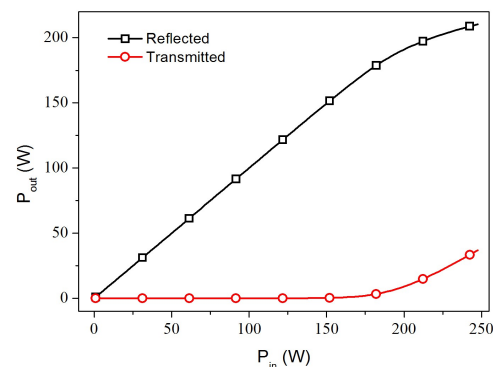


Figura 2(a)

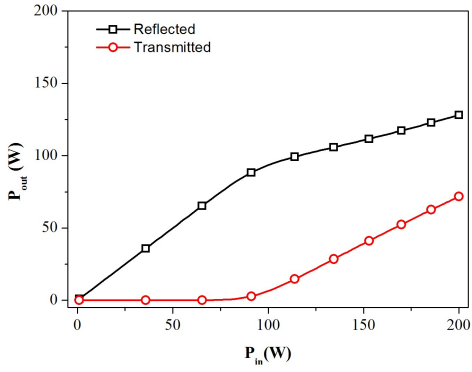
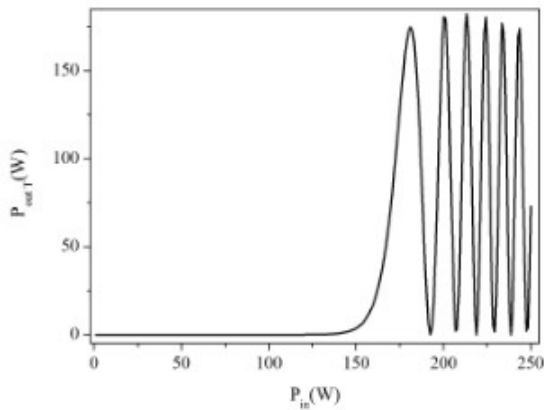


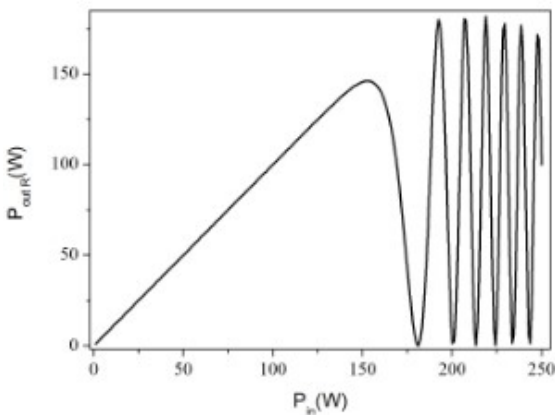
Figura 2(b)

B. Configuração Assimétrica

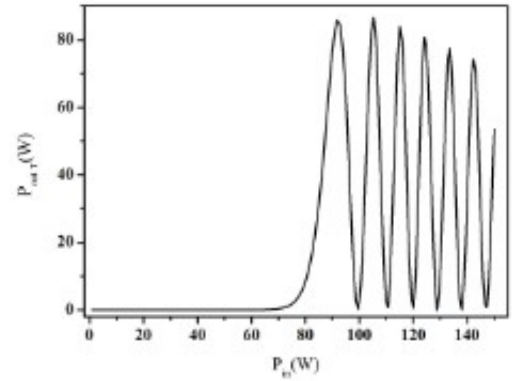
Na configuração assimétrica, não observamos energia na porta transmitida ($P < 1W$) até um determinado valor de potência de entrada (142W no cenário 3 e 73W no cenário 4). As Figuras 3-a, 3-b, 3-c e 3-d mostram que, acima desses valores de potência de entrada, os valores da potência referentes à onda de bombeamento oscilam alternadamente entre valores máximos (de pico) e mínimos nas saídas transmitida e refletida. Ou seja, temos picos de transmissão quando temos mínimos de reflexão e vice-versa.



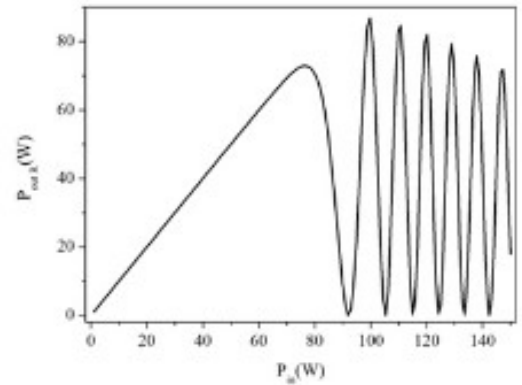
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3: Potência da onda de bombeamento (a) na porta transmitida para o cenário 3. (b) e na porta refletida para o cenário 3; (c) na porta transmitida para o cenário 4 (d) e na porta refletida para o cenário 4.

IV. CONCLUSÃO

Neste trabalho, observamos que o espalhamento Raman foi responsável pela “quebra” do espelho em fibra do interferômetro óptico Sagnac. Esse efeito não linear, quando levado em consideração na fibra que forma o laço do interferômetro Sagnac, faz com que parte da potência do sinal de entrada seja transferida para a porta transmitida, levando a uma transmissividade TR do interferômetro Sagnac diferente de zero. Além disso, constatamos que a “quebra” do espelho de fibra ocorre quando a potência do sinal de entrada atinge uma determinada potência crítica e o valor dessa potência crítica diminui com o aumento de um parâmetro associado ao efeito Raman conhecido como fração Raman (fR).

REFERÊNCIAS

- [1] LIMA, J. L. S.; SOMBRA, A. S. B. Soliton and quasi-soliton switching in nonlinear optical laço mirror constructed from dispersion decreasing fiber. Optics communications, v. 163, n. 4, p. 292-300, 1999.
- [2] AGRAWAL, Govind P. Nonlinear fiber optics. Academic press, 2007.
- [3] AGRAWAL, Govind. Applications of nonlinear fiber optics. Academic press, 2010.
- [4] SALCEDA-DELGADO, Guillermo et al. Raman response function and Raman fraction of phosphosilicate fibers. Optical and Quantum Electronics, v. 44, n. 14, p. 657-671, 2012.