

SOA의 XGM을 이용한 새로운 RF 위상 천이기

A Novel Photonic RF phase shifter using XGM in SOA

이광현, 최우영

연세대학교 전기전자공학과

Abstract

In this paper, we propose and demonstrate a photonic phase shifter using XGM in SOA. Maximum of about 90° phase shift for 10GHz microwave signal is obtained by tuning SOA injection currents.

1. Introduction

Radar 시스템 또는 이동통신 시스템의 성능향상을 위하여 위상 배열 안테나 (phased array antennas: PAA) 시스템이 많은 관심을 끌고 있다. 특히, 수천 개의 elements가 집적 되어 하는 PAA 특성상, 전기적인 PAA 시스템에 비해 저손실, 저가격, 저중량의 장점을 지닌 광학적인 PAA 시스템이 국내외에서 활발히 연구되고 있다. 이 시스템에서 위상 천이기 (phase shifter) 는 PAA의 beam forming을 결정 짓는 핵심 부품이라 할 수 있다.

광학적인 위상 천이기를 구현하기 위한 기존의 방법으로는, CFBG (Chirped Fiber Bragg Grating)을 이용하는 방법, MZM을 이용하는 방법 등이 제시되었다 [1,2]. 하지만 이와 같은 기존의 방법은 continuous 한 위상 천이를 구현하기가 힘들거나 [1], 2π 위상 천이를 위해서는 여러 개의 소자가 필요하다는 단점을 지니고 있다 [2].

본 논문에서는, 광 증폭기 (SOA)내에서

발생하는 XGM (cross gain modulation)을 이용하여 새로운 구조의 광 위상 천이기를 구현하였다.

2. Experiment & Results

그림 1은 실험 구성도를 보여주고 있다. 그림 1에서 보듯이 SOA에는 CW 신호인 probe 신호 (P_2)와 변조된 pump 신호 (P_1)가 들어가고 있다. SOA내에서 XGM 전달 함수는 다음과 같다 [3].

$$H(\omega) = \frac{G_2 P_2 (G_1 - 1) \Delta P}{P_{sat,2} \tau_s} \frac{1}{-i\omega + \frac{1}{\tau_s} + \frac{1}{\tau_{stim,1}} + \frac{1}{\tau_{stim,2}}}$$

이때, ΔP 는 RF modulation 파워, G_i 는 saturated gain, P_{sat} 은 saturation 파워, τ_s 은 spontaneous carrier life time, $\tau_{stim,i}$

는 stimulated carrier life time 이다. 따라

서 XGM에 의해 변환된 신호의 envelope의 위상 변화는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 |\angle H(\omega)| &= \tan^{-1}(\omega / (\frac{1}{\tau_s} + \frac{1}{\tau_{stim,1}} + \frac{1}{\tau_{stim,2}})) \\
 &= \tan^{-1}(\omega \tau_{eff}) \\
 &\approx \omega \tau_{eff}
 \end{aligned}$$

즉 변조된 probe 신호의 envelope 위상은 effective carrier life time (τ_{eff})과 변조 주파수에 의해 결정된다.

그림 2는 SOA 주입 전류에 대한 S_{21} 의 phase 변화를 1GHz, 5GHz, 10GHz에서 측정한 결과이다. 이때, y 축의 phase 변화는 SOA 주입 전류가 230mA 일 때의 phase를 기준으로 산출한 값이다. 이 결과는 probe 신호와 pump 신호의 파장과 파워가 각각 (1535nm, -30dBm), (1550nm, -20dBm)일 경우 측정된 값이다. 그림 2에서 보듯이, 주입 전류가 증가 할수록 phase 변화가 줄어든다. 이는 SOA 내의 carrier density가 증가 할수록 effective carrier life time 이 줄어들기 때문이다. 본 논문에서는 실험에 고려된 모든 주파수 (1GHz, 5GHz, 10GHz)에서 $\pi/2$ 이상의 위상 변화를 얻었다.

3. Conclusion

본 논문에서는 SOA의 XGM과 XPM 특성을 이용하여 RF phase shifter를 구현 하고, 이 RF phase shifter의 SOA 주입 전류의 존성을 실험적으로 조사 하여 10GHz RF 신호에서 90° 이상의 위상 변화를 얻었다.

[1] J. L. Corral *et al.*, "Optical beamforming network based on chirped fiber gratings continuously variable true-time-delay lines," *IEEE MTT-S Intern. Microwave Symp. Digest. Baltimore, MD, TH2C*, 1998.

[2] J. F. Coward, *et al.*, "A photonic intergrated-optic RF phase shifter for phased array antenna beam-forming applications," *IEEE J. Lightwave Technol.*, pp. 2201-2205, 1993.

[3] D. Mercenac, *et al.*, "Switches and frequency converters based on cross-gain modulation in semiconductor optical amplifiers," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, pp. 46-48, 1997.

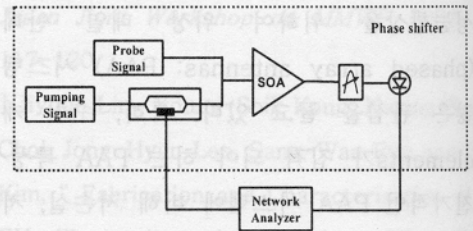


그림 1. 실험 구성도

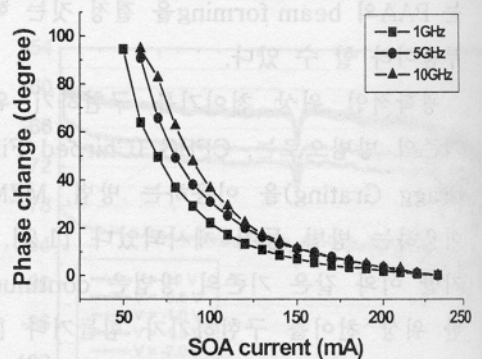


그림 2. SOA 주입 전류에 따른 위상 변화