

# GaAs/AlGaAs을 이용한 전기광학 변조기의 위상변조 효율

## Phase Modulation Efficiency of the Electrooptic Modulator using GaAs/AlGaAs

최왕엽, 박화선, 이종창\*, 변영태, 김선호\*\*

\*홍익대학교 전자공학과, \*\*KIST 광기술 연구센터

wave@wow.hongik.ac.kr

### Abstract

In this paper we investigate the phase modulation efficiency in the electrooptic phase modulator using PPpinNN GaAs/AlGaAs W-type waveguide. The phase change is affected by the refractive index change taking place inside the depletion region. The behavior of the modulator can be understood in terms of two electric field-related and two carrier-related effects linear electrooptic, quadratic electrooptic, plasma, and bandgap shift. As a result, the phase modulation efficiency was measured about  $34.6[^\circ / V \cdot mm]$  for the TE polarized light. The quadratic electrooptic coefficient  $R \approx 5.82 \times 10^{-15} [cm^2 / V^2]$  is obtained and the phase efficiency caused by the quadratic electrooptic effect is about 10 times larger than that from the conventional linear electrooptic effect.

21세기 고도 정보화 사회에서 요구되는 각종 정보통신 서비스의 실현을 위해서는 수십 Tbps의 대용량의 정보전달이 가능해야 한다. 현재의 광통신 시스템을 고도화 할 수 있고 복합적인 광 정보 전송기술을 구현할 수 있는 광소자는 현재 세계적으로 개발되고 있고, 이러한 광소자에서 전기광학 물질을 이용하는 광학 도파로는 가장 기본적인 소자로서 응용되어 사용되고 있다.

본 논문에서 이용된 P-P-i-N-N W 형태의 모양을 갖는 도파로형 위상변조기의 2차원적 단면구조는 그림 1에 보였다. 우선 LEO와 QEO 효과를 이용하기 위해 공핍층의 두께를 줄였고, 자유 전송자 효과를 이용하기 위해 pin-GaAs로 만들어 졌다. 제작되어진 도파로의 길이는  $2[mm]$ 이고, TE 편광에 의한 스위칭 전압  $V_\pi = 2.6[V]$ 로 측정되었고, 위상변조 효율은  $\Delta\phi = 34.6[^\circ / V \cdot mm]$ 으로 계산되었다.

측정된 광 강도<sup>(1)</sup>를 이용해 전압에 의한 TE와 TM에 대해 전체 위상변화를 평가할 수 있다(그림 2). 이때 광모드의 위상변화는 다음 식과 같이 유효굴절률 변화와 밀접한 관계로 나타낼 수 있다<sup>(2)</sup>.

$$\Delta\phi = \frac{2\pi L}{\lambda} \Delta n_{eff} = \frac{2\pi L}{\lambda} (\Delta n_{LEO} + \Delta n_{QEO} + \Delta n_{PL} + \Delta n_{BS})$$

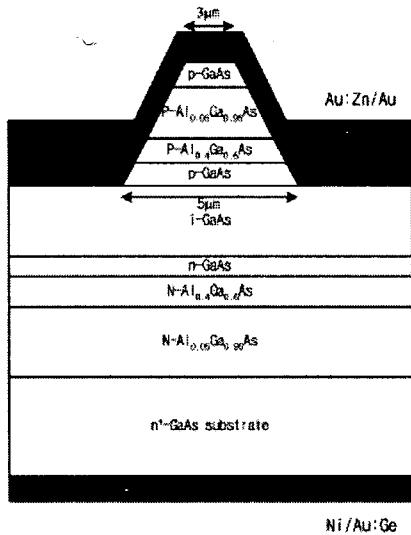
결국 위상변조 효율이 큰 변조기를 얻기 위해 도파로에서 굴절률 변화를 일으키는 여러 종류의 물리적 인 효과들(LEO, QEO, PL, BS)을 모두 이용해야 한다.

위 네 가지의 물리적 요인에 의한 이론적인 위상변화를 그림 3에 보였다. 이로부터 QEO 효과는 위상

변화를 일으키는 주요 성분이며 이는 LEO에 비해 약 10배 정도 크다. 그림 2과 3를 이용해서 QEO 계수를 구할 수 있으며 이는  $5.82 \times 10^{-15} [cm^2/V^2]$ 으로 평가되었다. 이는 이전에 알려진 GaAs/AlGaAs 구조<sup>(3)</sup>에 비해 거의 45배 정도 큰 값을 갖고, InP/InGaAsP를 이용한 구조<sup>(4)</sup>에 비해 조금 큰 값을 갖는다.

이와 같은 분석을 통해 효율적인 전계광학 변조기는 얇은 공핍층 안에서 강한 전계에 의해 증가되는 QEO 효과를 이용하는 PPpinNN W형 도파로를 사용하여 얻을 수 있음을 알 수 있다. 또한 광 모드와 전계 사이의 충분한 겹침으로 스위칭 전압을 줄일 수 있다.

1. 변영태 외 5명, *J. Applied Optics*, vol. 37, pp. 496-501, 1998.
2. 이상선 외 2명, *IEEE J. Quantum Electronics*, vol. 37, pp. 726-736, 1991.
3. J. G. Mendoza-Alvarez 외 6명, *J. Lightwave Technology*, vol. 6, pp. 793-808, 1988.
4. M.Fetterman 외 2명, *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 8, pp. 69-71, 1996.



물질	굴절률	두께 [ $\mu m$ ]	도핑농도 [ $cm^{-3}$ ]
p-GaAs	3.411	0.2	2E18
P-Al <sub>0.05</sub> Ga <sub>0.95</sub> As	3.384	1.3	3E17
P-Al <sub>0.4</sub> Ga <sub>0.6</sub> As	3.200	0.24	3E17
p-GaAs	3.411	0.2	3E17
i-GaAs	3.411	1.5	7E15
n-GaAs	3.411	0.2	3E17
N-Al <sub>0.4</sub> Ga <sub>0.6</sub> As	3.200	0.24	3E17
N-Al <sub>0.05</sub> Ga <sub>0.95</sub> As	3.384	3.5	3E17
n <sup>+</sup> -GaAs	3.411		2E18

그림 1. 도파로형 광학변조기의 단면구조

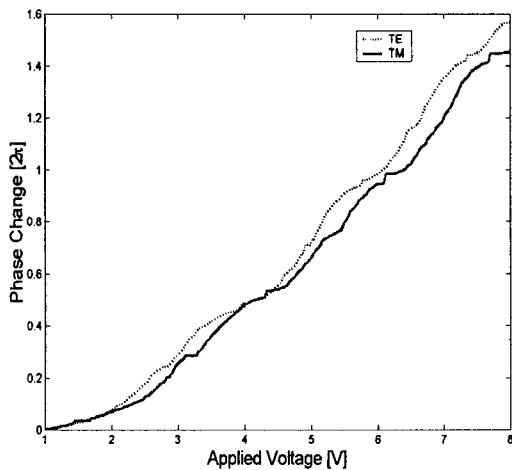


그림 2. 편광에 따라 측정된 위상변화

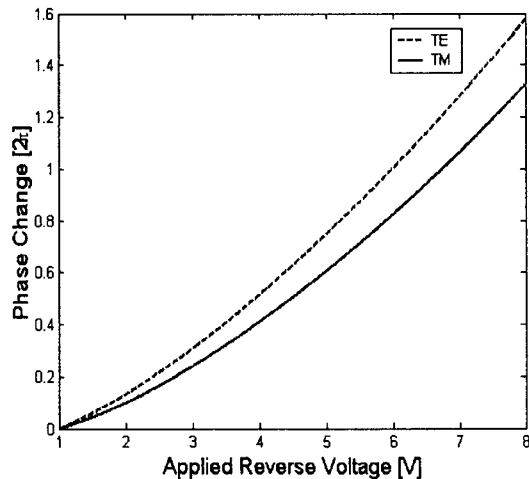


그림 3. 계산으로 구해진 위상변화