

1.55 $\mu\text{m}$  편파 무의존성 광흡수변조기 InGaAlAs/InGaAlAs

## 다중 양자우물 구조 설계

## Design of Polarization Insensitive InGaAlAs/InGaAlAs

MQW structure in a 1.55 $\mu\text{m}$  Electro-absorption Modulator

민영선, 송관용, 심종인

한양대학교 전자공학과

jishim@laser.hanyang.ac.kr

광통신 시스템의 중요한 소자로 인식되어지는 전계흡수형 광변조기에 요구되어지는 주요 성능으로서는 높은 소광특성 및 편파 무의존성등이 있다. 높은 소광특성을 얻기 위해서는 큰 흡수계수가 요구되는데 전도대의 band-offset이 큰 물질이 유리하며, 편파 무의존성은 양자우물에 tensile strain( $\epsilon < 0$ )을 가해줌으로써 향상이 가능하다. 1.55  $\mu\text{m}$  광흡수 변조기의 다중양자우물(MQW)에는 현재 주로 InP 기판 위에 성장된 InGaAsP(well)/InGaAsP(barrier)가 사용된다. 그러나, InGaAsP/InGaAsP QW구조에서는 전도대의 band-offset  $\Delta E_c$ 가 약  $0.4\Delta E_g$  (여기서,  $\Delta E_g$ 는 well과 barrier의 bandgap차) 정도로 작기 때문에, Excitation 효과가 적고 hole pile-up 현상등이 크게 나타나 소광특성이 나빠지는 단점이 있다. InGaAlAs/InGaAlAs QW 구조에서는  $\Delta E_c$ 가 약  $0.6\Delta E_g$ 로 크기 때문에 상기의 문제점을 개선할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 QW 구조에서 전계흡수효과인 QCSE(Quantum Confined Stark Effect) 효과를 해석하였으며, 소광특성과 편파무의존성이 우수한 InGaAlAs/InGaAlAs MQW 구조를 설계하였다. 또한 InGaAlAs계 MQW와 InGaAsP계 MQW구조를 이용한 광흡수변조기의 소광특성의 편파의존성을 비교 분석함으로써, 본 연구의 타당성과 InGaAlAs/InGaAlAs MQW 광흡수변조기의 성능 향상 정도를 명확히 하였다. 다음은 해석에 사용한 광변조기의 구조로 변조기의 길이는 200 $\mu\text{m}$ , well수는 7개, detuning양은 50nm로 설계하였다. 또, SCH영역은 광 구속계수가 두 구조 모두 10%가 되게 설계하였다. 광구속계수는 소광비에 직접적인 영향을 미치는 값으로 본 논문에서 같은 값의 광구속계수를 가지는 구조를 설계한 이유는 두 구조의 비교를 보다 더 정확히 하기 위함이다. 그림 1과 표 1에 설계한 두 MQW 구조와 설계 결과를 각각 나타내었다. 그림 2에서는 TE파와 TM파 각각에 대한 흡수 spectrum을 나타내었다. 전계인가시 입력광 파장인 1.55  $\mu\text{m}$ 에 대해 흡수량을 살펴보면 InGaAsP물질의 구조보다 InGaAlAs의 경우가 TE와 TM의 두 경우 모두 더 큰 값을 가짐을 알 수 있었다. 소광특성의 비교를 위한 소광비를 계산하여 그림 3에 나타내었다. 해석 결과를 살펴보면 InGaAsP 물질을 사용한 구조의 경우 구동전압 약 2.4V에서 TE, TM파 모두 10.5dB의 소광비를 얻을 수 있었고, InGaAlAs 물질을 사용한 경우에는 구동전압 약 2.25V에서 TE파는 24dB, TM파는 22.5dB의 높은 소광비를 얻을 수 있었다. 또, 광흡수변조기의 중요한 조건 중 하나인 기초흡수는 보통 3dB이내가 되어야하는데, InGaAsP의 경우에는 1dB, 그리고 InGaAlAs의 경우에는 2.2dB로 두 구조 모두 적절한 값을 얻을 수 있었다. 이상의 해석된 결과를 살펴보면 비록 기초흡수나, 편파 무의존성에서 InGaAsP 물질을 사용한 구조가 InGaAlAs물질을 사용한 구조보다 더 좋은 결과를 나타내었으나, 소광비를 살펴보면 10dB 내외의 InGaAsP 구조보다는 20dB이상의 InGaAlAs구조가 훨씬 더 좋은 결과를 나타내었고, TE파와 TM파에 대해 소광비가 2dB이내의 값을 가지므로 편파 무의존성에서도 InGaAlAs를 사용한 구조가 더 효과적이라 할 수 있다.

참고문헌

1. Chung-En Zah, et al., "High-Performance Uncooled 1.3- $\mu\text{m}$   $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{As}/\text{InP}$  Strained-Layer Quantum-Well Lasers for Subscriber Loop Applications", *IEEE J. Quantum Electron.*, vol.30, no. 2, February 1994.
2. Peter J. Steven, et al., "Computer Modeling of the Electric Field Dependent Absorption Spectrum of Multiple Quantum Well Material", *IEEE J. Quantum Electron.*, vol.24, no.10, October 1988.
3. D.A.B. Miller, et al., "Electric field dependence of optical absorption near the band gap of quantum-well structures", *Phys. Rev. B* 32, 1043 (1985)

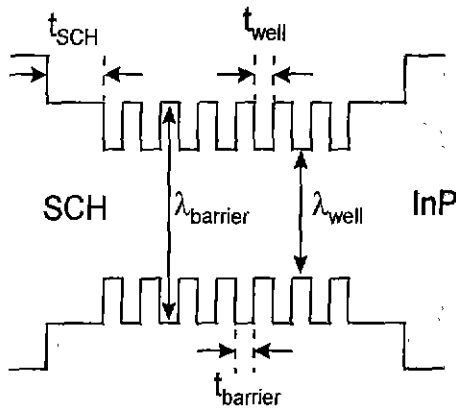


그림 1 전계흡수형 광변조기의 MQW구조

	InGaAsP	InGaAlAs
$\lambda_{\text{well}}$	1.518 $\mu\text{m}$	1.548 $\mu\text{m}$
$\lambda_{\text{barrier}}$	1.16 $\mu\text{m}$	1.278 $\mu\text{m}$
$\epsilon_{\text{well}}$	-0.43%	-0.32%
$\epsilon_{\text{barrier}}$	0.39%	0.1%
$t_{\text{well}}$	120 Å	120 Å
$t_{\text{barrier}}$	70 Å	50 Å
$t_{\text{SCH}}$	700 Å	800 Å

표 1 전계흡수형 광변조기의 MQW설계 결과

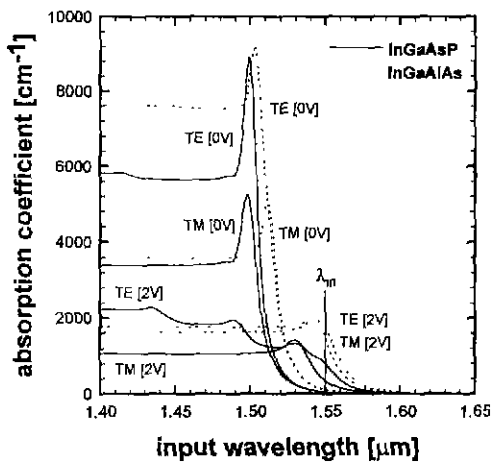


그림 2 전계 인가에 대한 흡수계수의 변화

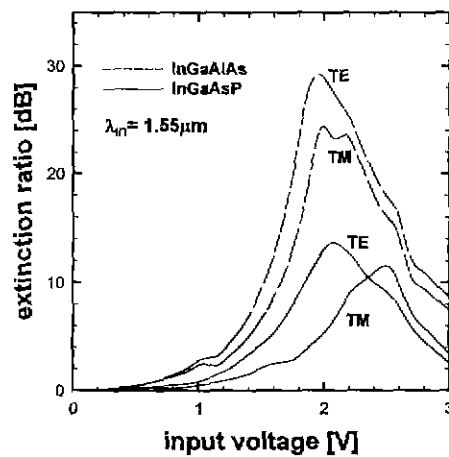


그림 3 전계 인가에 대한 소광특성의 변화

