

온도 변화에 따른 진행파 전극형 광 변조기의 전기적 특성 변위에 관한 연구

류근호, 윤일구

연세대학교 전기전자공학과

Temperature-dependent Electrical Characteristics of Traveling Wave Electro-absorption Modulator

Keun Ho Rhew, Ilgu Yun

Department of Electrical and Electronics Engineering, Yonsei University

Abstract : Recently, researches for high-speed optical devices have been increased to provide mass data transmission and high-speed optical communication. Optical modulator in the transmission link is one of the crucial devices in total optical network system and it can affect a great effect to the whole transmission properties. In this paper, traveling wave electro-absorption modulator (TWEAM) is examined to ensure high efficiency in the RF range and wide bandwidth. In addition, the temperature-dependence electrical characteristics of TWEAM is investigated. Temperature dependent property variations were characterized using I-V and C-V measurement.

Key Words : TWEAM, I-V characteristics, C-V characteristics, Optical devices

1. 서론

최근 광 통신 시스템은 대용량 고속 데이터 전달을 위해 전달, 변조, 수신 부분에서 보다 진보된 광학 소자들을 필요로 하고 이를 위해 고속 동작과 넓은 대역폭을 가지는 광 소자들에 대한 관심이 증가되었다. 광 변조기는 광 신호의 감지와 전달을 즉각적으로 해주는 소자로서 전체 통신 시스템 성능에 있어서 중대한 영향을 미친다. 다양한 광 변조기 중에서 전계 흡수형 변조기(EAM)는 고속 동작 특성과 높은 효율성으로 주목 받아왔다. 그 중에서 대역폭이 시간상수(time constant)에 의해 제한을 받지 않아 고주파 영역에서의 효율적인 변조가 가능한 진행파 전극형 흡수 광 변조기(TWEAM)가 개발되었다 [1-2].

TWEAM은 진성 영역이 InGaAsP 벌크 층과 MQW 층들로 구성되어 있는 P-I-N 구조의 반도체 디바이스이다. 반도체 소자의 경우 온도, 습도, 동작전압 등에 상당히 민감하기 때문에, TWEAM을 이용하여 소자의 구조 및 공정에 대한 상용화 가능척도를 알아보는 신뢰성 실험 중의 한 방법인 고온저장실험(high temperature storage test)을 통해 온도가 TWEAM에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

2. 소자의 구조 및 실험 방법

본 연구에서 살펴보고자 하는 TWEAM의 형태와 내부 구조는 그림 1과 같다. 반질연체인 InP기판 위에 TWEAM의 active core region이 만들어졌다. 이 영역은 0.5um의 n+-InP 금속 접합층, 0.5um InP p-cladding층, i-InGaAsP 진성영역과 혼성타입의 MQW로 구성된다. MQW는 80Å의 9개의 얇은 우물 (NWs)과 120Å의 3개의 넓은 우물 (WWs)로 구성된다. 활성 영역의 길이는 100um이고 금속 두께는 2~3um이고 폴리이미드는 1.5um보다 두껍다. i-InGaAsP and n-cladding/contacting layer를 구성하는 수동 영역 (passive region)은 RIE (reactive ion etching) 후

MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition)에 의해 증착되었다. 마지막으로 p-metal line은 RIE에 의해 접합되었다 [3].

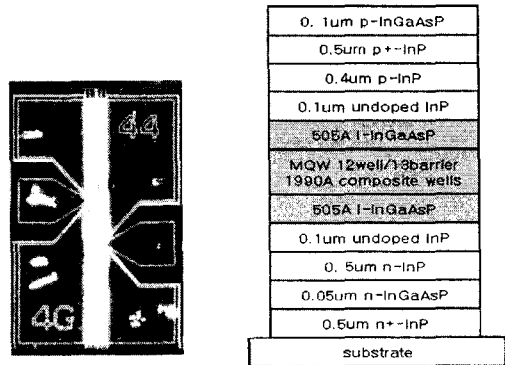


그림 1. Chip 형태의 TWEAM과 내부 구조

실험은 그림 2과 같은 측정 장비를 통해서 400°C 온도에서 TWEAM의 전기적 특성인 전압-전류 특성과, 전압-정전용량 특성의 변화를 가지고 진행되었다. Bar 형태와 TO package 된 TWEAM을 실험에 사용하여 온도와 시간에 따른 전기적인 특성의 변화를 관찰하였다. Bar 형태의 소자의 경우 고온에서의 실험 동안 온도 외의 다른 스트레스 요인 및 잡음 성분을 제거하기 위해 소자는 세라믹 판 위에 안정하게 놓아두었다.

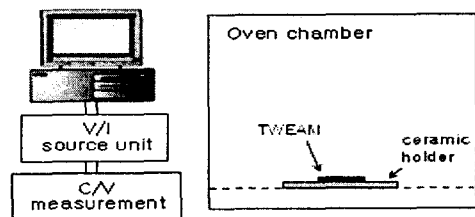


그림 2. 실험 측정 장비

3. 결과 및 고찰

TWEAM의 고온 저장 실험에 앞서 온도변화에 따른 전압-전류 특성의 변화를 알아보았다. 그림 3에서와 같이 온도가 증가함에 따라 순방향과 역방향 전류가 모두 증가하는 경향을 보인다. 이것은 열적으로 여기된 excess carrier 때문에 일어나는 현상으로 판단된다.

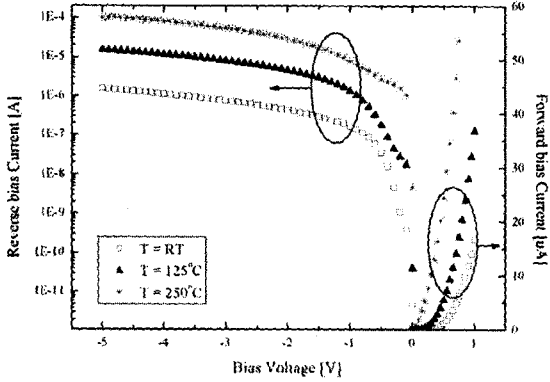


그림 3. 온도 변화에 따른 TWEAM의 전압-전류 특성

고온 상태가 지속됨에 따라 소자의 역방향 전압-전류 특성은 점진적인 열화 현상을 보인다. 그림 4는 고온 상태 지속에 따른 역방향 전류의 변화를 나타낸다. 일반적으로 고온 실험에서의 역방향 전류가 증가하는 것은 누설 전류의 증가 때문인 것으로 알려져 있다 [4].

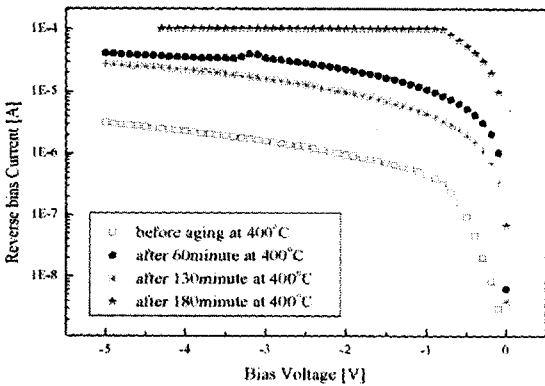


그림 4. 고온 저장실험의 결과 TWEAM의 전압-전류 특성

누설 전류 증가의 원인을 찾아보기 위해 TWEAM의 전압-정전용량의 온도에 따른 변화를 측정하여 이를 통해 고온 지속 시간에 따른 다이오드의 공핍 영역에서의 free carrier 농도의 변화를 추출해 보았다. 그림 5와 같이 고온 상태에서 시간이 지남에 따라 free carrier의 농도는 공핍 영역의 안쪽으로 밀려들어 가다가 어느 순간이 지나면 표면 쪽으로 급격히 이동해 가는 것을 볼 수 있다.

이를 통해 열적으로 전기적으로 여기된 도펀트들이 표면 쪽으로 밀려나면서 충분한 에너지를 가져 passivation 영역으로 이동되었고, 이 도펀트들이 양 전하를 띄는 표면 전하처럼 행동하여 누설 전류가 증가하였음을 짐작할

수가 있다 [5].

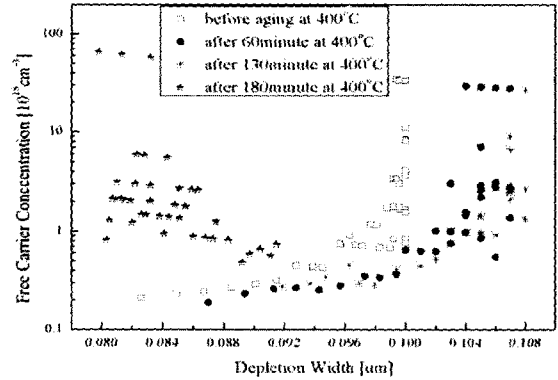


그림 5. Profiling 결과

4. 결론

TWEAM의 온도 변화에 따른 전기적인 특성 변위에 대한 실험이 수행되었다. 실험 결과, 고온 상태에서 유지된 TWEAM은 점진적인 열화 현상을 보인다. 우리는 분석을 통해서 이러한 열화 현상의 원인이 열적으로 전기적으로 여기된 도펀트들의 이동으로 인한 누설 전류의 증가 때문이라는 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] J. E. Bowers, and H.-F. Chou, "Applications of Traveling-Wave Electroabsorption Modulators in 160 Gbit/s Systems," in Proc. ECOC, 2004, pp. 58-61.
- [2] Y. Chiu, V. Kaman, S. Z. Zhang, and J. E. Bowers, "Distributed Effects Model for Cascade Traveling-Wave Electroabsorption Modulator," IEEE Photon. Tech. Lett., vol. 13, no. 8, pp. 791-793, Aug. 2001.
- [3] Y.-S. Kang, J. Lim, S.-B. Kim, Y.-D. Chung, and J. Kim, "Fabrication of polarization insensitive electroabsorption modulator with traveling-wave electrode," in Proc. Korea-Japan Joint Workshop Microwave Millimeter Wave Photon., 2003, pp. 117-120.
- [4] E. Ajith Amerasekera, Farid N Najm, Failure Mechanisms in Semiconductor Devices. JOHN WILEY & SONS, 1997, pp. 170-171.
- [5] I. Yun, H. Menkara, J. Kolnik, I. Oguzman, K. Brennan, G. May, C. Summers, and B. Wagner, "Effect of Doping on the Reliability of GaAs Multiple Quantum Well Avalanche Photodiodes," IEEE Transactions On Electron Devices, vol. 44, no. 4, pp. 535-544, April 1997.