

광제어된 HEMT의 모델링 및 발진기 회로 설계  
Modeling of Optically Controlled HEMT and Oscillator Design

정형근\*, 최우영, 김희종<sup>1</sup>  
연세대학교 전기·컴퓨터공학과, KIST 광전자연구센터<sup>1</sup>

**Abstract :** An N-Channel AlGaAs/GaAs/InGaAs pseudomorphic High Electron Mobility Transistor (HEMT) with and without optical illumination has been modeled and analysis of optically controlled oscillator using this model has been performed.

고주파 동작특성을 갖는 반도체 소자들의 통신 시스템분야에서의 응용과 더불어 이를 이용한 광 마이크로 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다[1,2]. 본 논문에서는 N-Channel AlGaAs/GaAs/InGaAs Pseudomorphic HEMT의 DC 및 AC 특성을 Hewlett Packard Microwave Design System(HP MDS)을 이용하여 모델링 하고, 이를 소자의 특성을 사용자가 임의로 정의하여 Symbol로 나타내고 이를 회로 상에서 사용 가능하게 하는 Symbolically Defined Device(SDD)로 나타내어 GHz 영역의 발진기를 구현해 봄으로써 발진기에 빛을 입사시켰을 때 어떤 특성의 변화를 일으키는지 그리고, 이를 어떻게 사용할 수 있는지에 대해 연구했다.

HEMT에 빛을 입사시키면 광 전도 효과와 광 전압 효과에 의해 소자 특성이 변한다. 이 두가지 효과는 모두 빛에 의해 생성된 과잉 전자 정공 쌍에 의한 것으로 서로 밀접한 관련이 있다. 빛에 의해 생성된 과잉캐리어의 일부는 채널의 전도도에 영향을 미치고, 나머지는 게이트 아래부분의 결핍영역의 변화를 일으킨다[2,3]. 광 전도 효과에 의한 영향은 포화 드레인 전류( $I_{dss}$ )와 pinch-off 전압( $V_p$ )의 변화로 나타나고, 결핍영역의 변화는 그림 1에 나와있는 HEMT의 등가회로에서 게이트와 소오스 사이의 결핍 용량( $C_{gs}$ )과 병렬로 연결된 확산 용량( $C_{opt}$ )의 변화로 나타낼 수 있다. 이런 파라미터들의 변화를 바탕으로 전류-전압 특성곡선과 S-파라미터 곡선을 fitting 하였다. 그림 2는 전류-전압 특성곡선을 fitting 결과를 보인다.

발진기는 공진회로, 능동 소자, matching 네트워크를 기본으로 한다(그림 3)[4]. 공진회로는 lumped 소자나 distributed transmission line등으로 구현되는데, 본 논문에서는 공진회로로 lumped 수동 소자들을 사용하였다. 2단 발진기는 능동소자로 트랜지스터를 사용하는데, 이 트랜지스터로는 fitting된 파라미터들로 구성되는 트랜지스터 모델의 SDD를 사용하였다. 이 모델들을 사용하여 고정된 주파수에서 동작하는 발진기를 설계하였다. 광 입사가 발진기에 주는 영향을 알아보기 위해서 광 입사가 된 트랜지스터와 광 입사가 되지 않은 트랜지스터에 대한 모델을 각각 SDD로 구현해서 이들을 발진기 회로에 넣어서 모사 결과를 비교했다. 발진주파수는 공진회로에 의해 결정되고, 각 주파수의 진폭은 능동 소자에 의해 결정된다[4]. 광 입사로 인한 발진기의 동작 특성 변화는 크게 공진주파수  $\omega_0$ 의 변화와 하모닉들의 크기의 변화로 나타난다. 공진주파수는 빛을 입사시키지 않았을 때 1.439GHz, 빛을 입사시켰을 때 1.447GHz로 나타나 약 8MHz 정도 tuning 되는 결과를 보였고, 각 주파수 성분의 진폭은 공진주파수에서는 약 5dB 정도, 그의 하모닉에서는 5-20dB정도 커지는 결과를 얻었다(그림 4).

참고문헌

- [1] H. J. Kim et al., "Photonic Microwave Characteristics and Modeling of an  $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$  / $GaAs/In_{0.13}Ga_{0.87}As$  Double Heterostructure Pseudomorphic HEMT," IEEE Microwave and Guided Wave Letters, vol. 8, no. 1, pp. 35-37, January 1998.
- [2] 김동명 외, "광변조 MODULE용 광전소자의 초고주파 모델링에 관한 연구," 한국과학기술 연구원.
- [3] Shigeo Kawasaki et al., "A Novel FET Model Including an Illumination Intensity Parameter for Simulation of Optically Controlled Millimeter-Wave Oscillators," IEEE trans. on MTT, vol.46, no.6, pp. 820-828, June 1998.
- [4] Guillermo Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design - 2nd Ed.," Chap. 6.

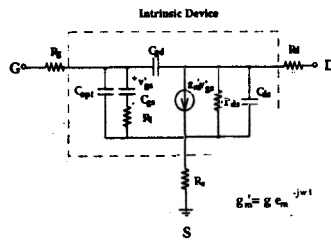


그림 1.  $C_{opt}$ 를 포함한 HEMT의 등가회로

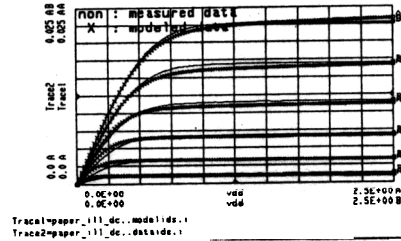


그림 2. Drain Voltage vs. Drain Current 특성 곡선의 fitting. (gate voltage sweep:-0.8 - 0.0 [V], 0.16V step)

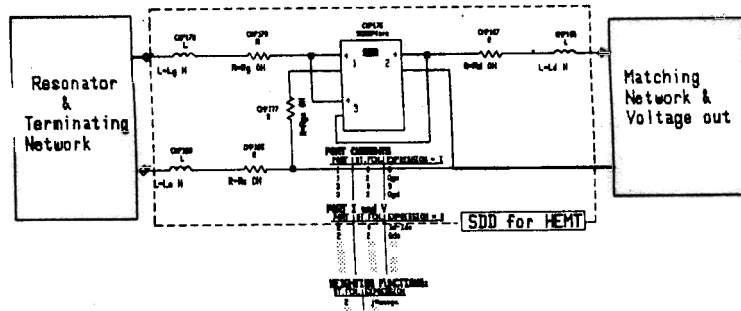


그림 3. Symbolically Defined Device(SDD)를 이용한 HEMT 발진기 회로

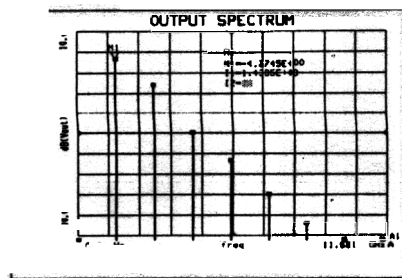


그림 4(a) 광입사가 없을때의 HEMT Model을 사용한 발진기의 Harmonic Balance 특성

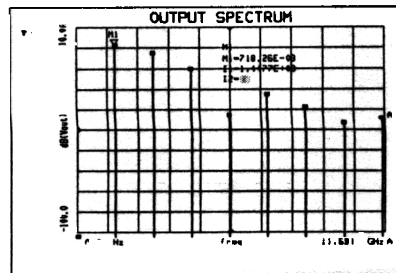


그림 4(b) 30mW 광입사가 있을때의 HEMT Model을 사용한 발진기의 Harmonic Balance 특성