

FDTD를 이용한 Travelling-Wave Photodetector의 주파수 특성 해석

Analysis of Frequency Characteristic of Travelling-Wave Photodetector Using the FDTD Method

공순철, 이정훈, 이승진, 최영완
중앙대학교 병렬광집속 연구실
ksch@ms.cau.ac.kr

ABSTRACT

We study the microwave characteristics of traveling-wave photodetector using the finite-difference time-domain method. We present two parameters for design, the width of PIN region and the thickness of i-layer, and analyze TWPD's property in frequency domain.

1. 서론

광-마이크로웨이브 시스템은 다양한 유무선 통신에 응용될 수 있어 최근에 많은 연구의 대상이 되고 있다. 그 중에서도, 높은 전력과 높은 주파수 대역에서 사용할 수 있는 photodetector는⁽¹⁾⁽²⁾ 핵심적인 소자이다. 본 논문에서 고려하는 진행파형 photodetector(TWPD)의 길이는 동작 파장에 가까우므로 집중소자 형의 VPD(vertically illuminated photodetector)와는 다르게 마이크로웨이브 특성이 매우 중요하다. 주파수 영역에서의 특성을 분석하기 위하여 FDTD (Finite-Difference Time-Domain)를⁽³⁾ 이용하여 시간 영역에서의 마이크로웨이브의 전자계 필드 분포를 구하고, 이를 이용하여 푸리에 변환을 하여 주파수 특성을 나타낼 수 있는 파라미터를 분석한다.

2. TWPD의 수치해석

그림 1은 TWPD의 단면도이다. 대칭조건을 이용하여 소자의 우측 부분만을 해석하여 시뮬레이션 수행 시간을 단축시킨다. 대칭조건으로 소자의 중심에서 magnetic wall을 적용하여 주면되고, 다음의 맥스웰 방정식을 3차원 해석영역에서 이산화시켜 시간영역에서 6개 성분의 전계강도와 자계강도를 구한다.

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (1) \quad \nabla \times \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J} \quad (2)$$

시간 영역에서 구한 필드 성분의 데이터를 이용하여 푸리에 변환을 하여 s-parameter를 구하여 전파가 진행되는 동안의 감쇠 특성을 본다. TWPD는 1.06 μm 의 InGaAs/AlGaAs이고, top-electrode의 폭이 5 μm , n+ 영역의 전도도는 83000 S/m이다.

3. 수치해석 결과

그림 2는 입력단의 신호(Ez)와 TWPD의 길이에 따른 종단에서의 전계(Ez)이다. 입력단에서 가우시안 펄스를 인가했는데, 파가 진행할수록 peak치가 감소하고 펄스폭이 늘어나는 것을 볼 수 있다. 이것은 감쇠와 dispersion의

물리적 현상을 말해주고 있는 것이고, 이러한 데이터를 푸리에 변환시킨 것이 그림 3, 4, 5이며 파의 투과 특성을 보인다. 고주파 성분일수록 전파의 감쇠가 커져, S_{21} 이 작아진다. 그림 4(TWPD의 길이=0.85mm, i-region의 높이=1.2 μm)를 보면 PIN 영역의 폭(그림 1에서 W)이 넓을수록 감쇠가 크고, 그림 5(TWPD의 길이=0.85mm, PIN 영역의 폭=3.0 μm)을 보면 i-region의 높이가 높을수록 감쇠가 작다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 FDTD를 이용하여 TWPD를 해석하여 마이크로웨이브 특성을 구하였다. 주파수 영역에서 s-parameter를 구하여 단면의 구조에 따른 감쇠 특성을 분석하여 마이크로웨이브 손실을 고려하여 설계할 수 있는 데이터를 얻었다.

참고문헌

1. K. Giboney, R. Nagarajan, T. Reynolds, S. Allen, R. Mirin, M. Rodwell, and J. Bowers, "172 GHz, 42% quantum efficiency p-i-n travelling wave photodetector," *52nd Annual Device Research Conf.*, 9, 1994.
2. V. M. Hietala, and G. A. Vawter, T. M. Brennan, and B. E. Hammons, "Traveling-wave photodetectors for high-power, large-bandwidth applications," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, 43, pp. 2291-2298, 1995.
3. K. S. Yee, "Numerical solution of initial value problems involving Maxwell's equations in isotropic media," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, 14, pp 302-307, 1966.

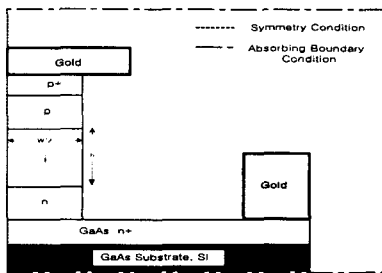


그림 1. TWPD의 단면도

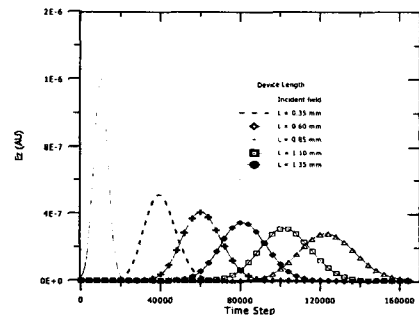


그림 2. 입력단과 종단에서의 Ez

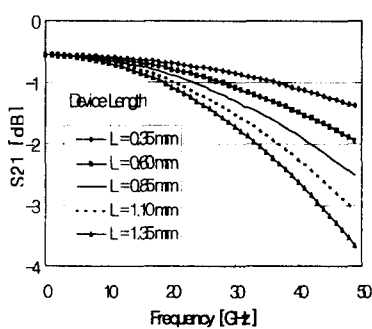


그림 3. 길이에 따른 S₂₁

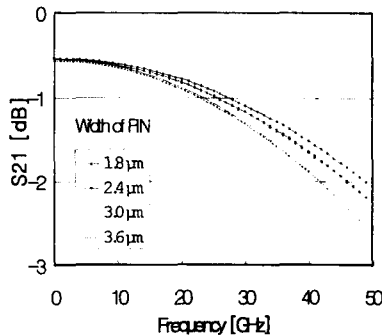


그림 4. PIN영역의 폭에 따른 S₂₁

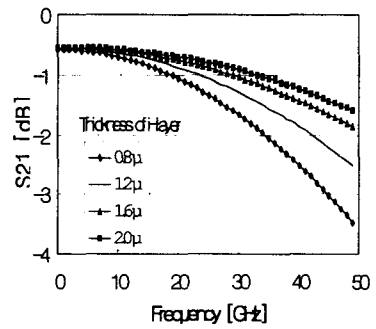


그림 5. i 영역의 높이에 따른 S₂₁