

마이크로파 feed line을 고려한 진행파형 광 변조기의 특성 분석

구민주*, 옥성해, 최영완
중앙대학교 광전자 및 광통신연구실

Microwave characteristics of traveling-wave modulator considering the microwave feed-line

Abstract - In this paper, we analyze the traveling-wave electro-absorption modulator (TW-EAM) in consideration of the microwave feed-line. The TW-EAM is analyzed by using the equivalent circuit model. The microwave feed-line is analyzed by momentum method. In a view point of microwave characteristics, we present the effect of the structure and the length of microwave feed-line.

근래의 초고속, 대용량 통신망에 새롭게 등장한 Microwave-Photonics 시스템에서 마이크로파를 광 신호로 변환 시켜주는 광변조기는 핵심이 되는 소자이다.[1] 그 중에서도 진행파형 전계 흡수 광 변조기(traveling wave electro-absorption modulator, TW-EAM)는 기존의 집중 전극소자의 RC 시정수에 의한 대역폭 제한을 극복하여 넓은 대역폭을 확보 할 수 있다.

진행파형 광 변조기는 등가회로나 수치해석방법에 의해 분석되어왔다. 그러나 위의 방법에서는 마이크로웨이브 feed-line의 영향은 고려되지 않고 계산되었다. 본 논문에서는 TW-EAM의 마이크로파 특성을 feed-line의 영향을 고려하여 분석하였다.

TW-EAM의 리지 부분의 마이크로파 특성은 기존의 등가회로 모델을 이용하여 계산하였고, 등가회로에서의 인덕턴스 값과 커패시턴스 값은 3D-finite difference time domain (FDTD) 방법을 사용하여 계산하였다. Feed-line은 일반적인 마이크로파 해석을 통해 계산하였다.

계산에 사용된 TW-EAM의 구조는 그림1과 같다.

리지 형태의 광 도파관은 P-I-N구조로 되어 있다. P-I-N 영역은 마이크로 스트립 구조이며, 신호 전극과 접지 전극은 CPW형태로 분포한다.

TW-EAM의 리지 부분을 해석하기 위한 등가회로는 그림2와 같다[2]. 소자의 진행방향으로 전류가 분포하고 마이크로파가 진행하게 되므로 L성분과 저항 성분 R이 존재하게 된다. 수직방향으로는 진성영역에서 전계의 집중이 일어나므로 C성분이 존재하게 되며 수직 방향으로 저항 성분 Z가 존재하게 된다. L값과C값은 주파수가 높을수록 더 민감한 특성을 가지고 있기 때문에 높은 주파수로 갈수록 오차가 커지는 결과를 가지고 온다. 본 논문에서는 FDTD 수치 해석으로 주파수에 따라 변화하는 L, C값으로 등가 회로를 구현하였다

그림 3에서는 리지, feed line 각 영역의 S-parameter와 feed line을 고려했을 때의 S-parameter를 도시하였다. 리지 부분만을 고려할 때보다 feed line까지 고려했을 때 30GHz 대역에서는 S11의 값이 약 5dB 떨어짐을 알 수 있다. 계산된 S-parameter에 의해 마이크로파 특성을 구하였다. 구한 S-parameter를 ABCD matrix로 변환하여 이 행렬 값에 의해 특성 임피던스와 마이크로파 손실, 굴절 계수를 구할 수 있다. Feed line까지 고려했을 때의 값이 더 실험 값에 가까워 짐을 알 수 있다.

그림 5에서는 pad, taper, 리지에서의 임피던스 값을 도시하였다. Feed line의 taper 영역까지는

임피던스가 50Ω으로 유지하다가 리지로 가면서 33 Ω으로 급격히 떨어진다.

그림 6에서는 Feed line을 고려할 때 발생하는 임피던스 부정합으로 인한 마이크로파 손실을 구하기 위해 광 도파관과 feed line 각 영역의 손실을 계산하고, 광 도파관과 feed line을 모두 고려하였을 때의 손실을 계산하였다. 먼저 각 영역별로 손실을 구해보면 60 GHz에서 광 도파관 부분의 손실은 20.548 dB/mm이며 마이크로파 feed line의 손실은 0.16 dB/mm이다. 마이크로파가 진행 할 때 feed line에서는 거의 손실이 발생하지 않고, 리지형 광 도파관에서 큰 손실이 발생하였다. 다음으로 광 도파관과 feed line을 모두 고려하였을 때의 손실을 구해보면 60 GHz에서 25.422 dB/mm이며 앞에서 구한 각 영역의 손실의 합보다 4.5 dB/mm 큰 값이다. 이는 광 도파관 영역과 feed line의 임피던스 불일치로 인해 발생한 손실이다. 리지에서의 손실이 가장 컸으나, 리지와 feed line간의 임피던스 부정합으로 인한 손실도 전체 손실의 25%를 차지하였다. 이러한 손실을 줄이기 위해서 임피던스 정합이 필요하다

(참 고 문 헌)

[1]V. M. Heitala, et al., "Traveling wave photodetectors for high power, large bandwidth applications," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 43, pp. 2291-2298, 1996.
 [2]G. L. Li, C. K. Sun, S. A. Pappert, W.X. Chen, P.K. L. Yu, *IEEE Trans.*, Vol. MTT-47, No. 7, pp. 1173-83, 19

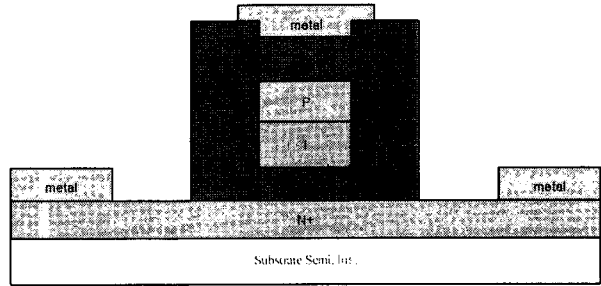


그림 1. TW-EAM의 단면.

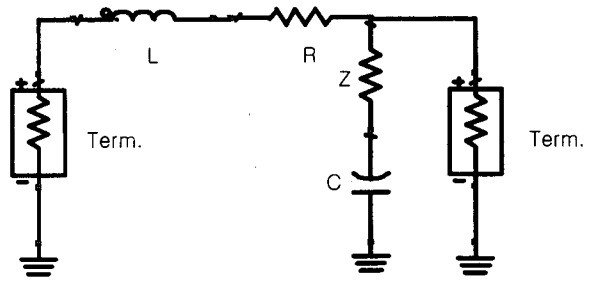


그림 2. TW-EAM의 등가 회로

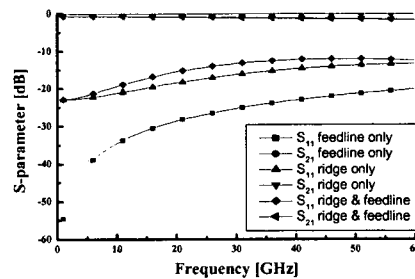


그림 3. 각 영역별 S-parameter.

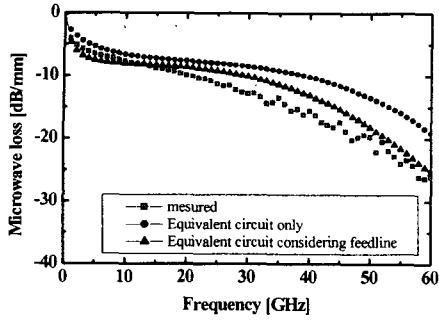


그림 4. 주파수에 따른 마이크로파 손실.

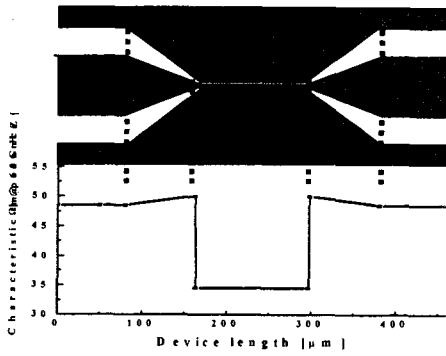


그림 5. 각 영역별 임피던스.

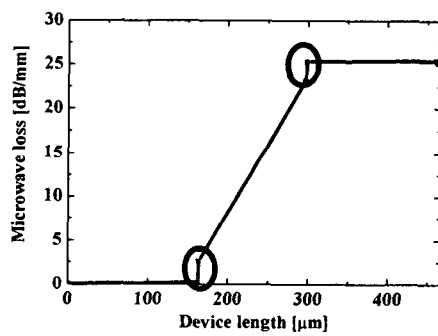


그림 6. 각 영역별 마이크로파 손실