

LiNbO₃ 광변조기에서 기판기생모드의 억제방안

Suppression of parasitic mode in LiNbO₃ optical modulator

김우경, 양우석, 이형만, 이한영
전자부품연구원 나노광전소자 연구센터
wkkim@keti.re.kr

LiNbO₃ 기판의 높은 유전율 특성으로 인해 일반적인 전극 구조에서는 도파광과 M/W간의 위상속도 및 임피던스 정합을 동시에 만족시키기는 어렵다. 이러한 이유로 LiNbO₃ 광변조기는 일반적으로 두꺼운 전극과 SiO₂층을 갖는 CPW구조로 이루어져 있다^[1]. 또한 기판의 고유전율 특성은 비교적 낮은 주파수에서 CPW모드 외에 기생적인 기판의 고차 모드를 파생시키게 되며, 형성된 기생모드는 최초 CPW에 입사된 신호와 커플링을 일으켜 출력신호를 왜곡시키게 된다. 이러한 왜곡현상은 변조기의 대역폭을 제한하는 데 결정적인 역할을 수행하므로, 광대역 특성을 위해서는 반드시 억제되어야 한다.

기판의 기생모드를 억제하는 방안은, 신호왜곡이 나타나는 주파수를 높이는 방법과 CPW 모드와의 커플링을 제한하는 방법으로 크게 나눌 수 있다.

1. 저유전체 삽입에 의한 기판 모드 억제^[2]

그림 1과 같은 구조를 갖고 있는 광변조기의 아랫면에 저유전체인 glass를 삽입하게 되면, 기판모드의 유효유전율이 상당히 감소한다. CPW 모드와의 커플링으로 신호왜곡을 일으키기 위해서는 기판모드와 CPW 모드간의 위상정합이 이루어져야 하므로, 이러한 저유전체의 삽입은 신호왜곡이 발생하는 주파수, 즉 위상정합이 발생하는 주파수를 증가시키는 효과를 유발하게 된다.

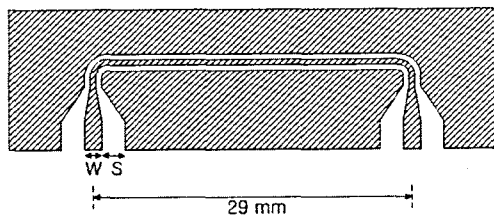


그림 1. 광변조기 평면도

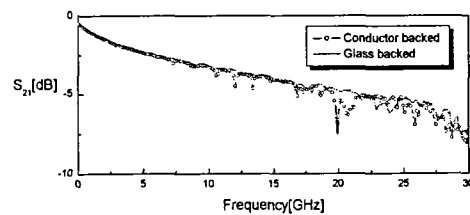


그림 2. Glass 삽입에 의한 투과특성 변화
(W=0.15mm, S=0.3mm, b=0.5mm)

그림 2는 0.5mm LiNbO₃ 기판하부에 0.5mm Glass를 삽입했을 때의 M/W 투과특성의 변화를 500 μ m pitch G-S-G Probe를 사용하여 측정한 결과로, 저유전체의 삽입으로 17GHz이하에서 발생하는 dip을 최소화 할 수 있음을 알 수 있다.

2. 입·출력단 구조변화에 의한 커플링 억제

커플링에 의한 에너지 교환정도는 모드간의 중첩도와 길이에 크게 의존한다. 광변조기의 입·출력단에 형성되는 전계는 변조영역에 비해 훨씬 넓게 분포하므로, 변조영역에 비해 상대적으로 짧은 간섭길이에 불구하고 CPW

신호왜곡에 지배적인 영향을 미친다. 이러한 이유로 입·출력단의 구조변화는 CPW신호의 출력특성에 상이한 결과를 초래할 수 있으며, 그림 3은 각기 다른 입·출력 구조를 갖는 광변조기의 M/W 투과특성을 측정한 결과이다

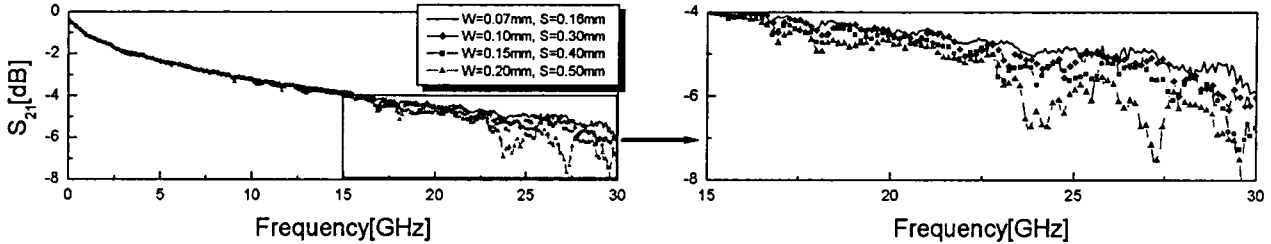


그림 3. 상이한 입·출력구조를 갖는 CPW전극의 투과특성

그림 3에서 보는 바와 같이 모두 비슷한 주파수에서 dip이 발생되는 것을 확인할 수 있다. 그러나 입·출력영역의 폭이 줄어들수록 이러한 현상의 정도가 급감하는 것을 확인할 수 있으며, 이는 좁은 입·출력 구조가 CPW와의 작은 커플링으로 신호왜곡의 최소화에 기여할 수 있음을 보여주는 것이다.

3. 기판두께가 신호왜곡에 미치는 영향⁽³⁾

기판 기생모드의 발생을 근원적으로 방지하는 방법은 기판의 두께를 줄이는 것이다. 기생모드를 PPM(Parallel Plate Mode)로 근사한다면 차단주파수는 기판의 두께와 반비례하므로, 기판 두께의 감소는 결국 차단주파수의 증가로 이어져 광대역 광변조기를 구현하게 한다.

T
F

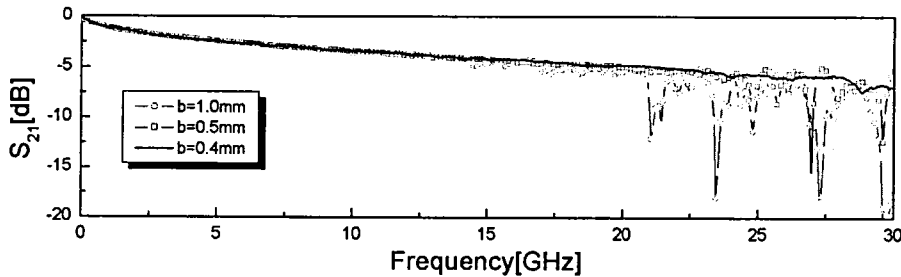


그림 4. 기판 두께 변화에 따른 투과특성 변화

그림 4은 기판 두께의 변화에 따라 제작된 광변조기의 투과특성을 도시한 것이다. 기판의 두께가 1mm에서는 10GHz, 0.5mm에서는 20GHz, 0.4mm에서는 24GHz정도에서 dip이 두드러지게 발생하기 시작함을 알 수 있다. 따라서 기판 두께의 감소는 대역폭을 증가시키는 데 결정적 역할을 수행함을 알 수 있다.

[1] Xiang Zhang, and Tanroku Miyoshi, "Optimum design of coplanar waveguide for LiNbO₃ optical modulator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 43, no. 3, pp. 523-528 (1995)

[2] Jeng-Wen Huang, and Ching-Kuang C. Tzuang, "Mode-coupling-avoidance of shielded conductor-backed coplanar waveguide using dielectric lines compensation," *IEEE MTT-S Digest*, pp. 149-152 (1994)

[3] T. Krems, S. Tessmann, W. H. Haydl, C. Schmelz, and P. heide, "Avoiding cross talk and feed back effectis in packaging coplanar millimeter-wave circuits," *IEEE MTT-S Digest*, pp. 1091-1094 (1998)