

10Gbps 급 LiNbO₃ 광변조기의 FEM 해석 및 제작

FEM Analysis and Fabrication of 10 Gbps LiNbO₃ Optical Modulator

김성구 전자부품종합기술연구소
윤희도 전자부품종합기술연구소
윤대원 전자부품종합기술연구소
허 현 전북대학교 공대 전기공학과
유용택 전남대학교 공대 전자공학과

Seong-Ku Kim Korea Electronics Technology Institute
Hyung-Do Yoon Korea Electronics Technology Institute
Dae-Won Yoon Korea Electronics Technology Institute
Hyun Huh Dept. of Electrical Eng. Chunbook University
Yong-Taek Yoo Dept. of Electronics Eng. Chunnam University

ABSTRACT

The FEM analysis and properties of a 10 Gbps LiNbO₃ optical modulator fabricated are disclosed. The driving voltage and -3dB bandwidth of this device were 5.5 V and 7GHz, respectively.

I. Introduction

미래의 정보화사회에서 고속, 대용량 전송요구에 효과적으로 대처하기 위한 방법으로 광통신 시스템에 대한 연구가 광선진국인 미국과 일본등을 중심으로 활발하게 진행되어오고있다. 1996년을 기점으로 국내 전자통신연구소에서 10Gbps급 광전송시스템 개발을 완료하는등 21세기 정보화 사회를 위한 장족의 발전을 계속하고 있으나, 여기에 소요되는 광부품은 일부제품을 제외하고 핵심부품을 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 그 중에서도 10Gbps 급 광전송시스템 및 수십기가 WDM 송신모듈 등에 필수적으로 사용되는 광변조기는 국내 연구기관에서 다소 연구되고 있으나, 완전 패키징된 제품으로는 출시하고 있지 못하고 있다.

광변조방식에는 반도체레이저의 직접변조방식과 외부광변조기를 이용한 외부변조방식이 있는데 반도체레이저에서 유발되는 처핑이나 지터링

등의 문제점으로 인하여 장거리전송시 시스템 성능을 저하시켜, 현재 광대역 장거리 전송시스템에서는 거의 대부분 외부변조기를 사용하고 있으며 향후에도 직접변조방식의 단점이 보완되지 않는 한 외부변조방식이 우선될 것으로 예상된다. 또한 최근 미국을 중심으로 양자교환 광도파로를 이용한 광변조기의 상용화가 이루어져 그 밖의 영역에 폭넓은 광부품으로의 응용이 기대되고 있는 실정이다.

광전송시스템에 사용되는 광변조기의 가장 중요한 특성은 변조대역폭과 구동전압이다. 이 성능을 향상시키기 위해서는 마이크로파와 광파간의 속도부정합과 변조대역과 구동전압간에 trade-off 관계 등을 고려하여 광변조기를 설계하고, 두 성능지수 비율인 대역폭/구동전압의 비가 크게 되도록 설계하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 진행파형 CPW 전극을 설계하고 FEM 분석하였으며, 제작된 변조기의 변조특성에 관하여 논의하였다.

II. Design and Discussion

변조기의 내부칩 설계는 전극의 RF 고주파 인가부분과 DC 바이어스 인가부분을 분리하여 설계하였고 입력단자와 종단되는 단자간의 간격은 $25,240\mu\text{m}$ 로하고 RF 단자와 DC 바이어스 단자간 거리는 $35,120\mu\text{m}$ 로 하였다. 내부칩 넓이는 상하 $8,750\mu\text{m}$ 이고 정중앙에 도파로를 일치시켜 CPW 구조를 이루도록 설계하였다. 광파와 RF 신호가 상호작용하는 영역에서 SMA 커넥터가 연결되는 부분까지는 그림 1에 나타낸바와 같이 테이퍼를 주어 설계하였다. 그리고 상호작용부분으로부터 $200\mu\text{m}$ 를 균일하게 밴딩을 주어 약 $325\mu\text{m}$ 를 테이퍼지게 하였다. 패드의 접촉단면을 $300\mu\text{m}$, 접지와 거리를 $200\mu\text{m}$ 씩 두었다. 이러한 전극구조는 구동전압을 효과적으로 낮출 수 있을 뿐만아니라 기존의 변조기 크기를 1/4로 줄여 수율향상에 기여할 수 있다. 3 인치 기판에 공정 하는 경우 최소 16개 이상을 일괄제작할 수 있다. 특히 RF 부분의 인가길이를 최소로 줄임으로서 전도손실을 최소화할 수 있으며 밴딩영역은 RF 신호복사를 최소화 할 수 있다. 또한 내부칩 크기를 대폭줄임으로서 외부변조기의 특성저하요인인 바이어스드립트를 획기적으로 줄일 수 있다.

도금전극의 임피던스 매칭을 위해서는 버퍼층 두께를 조절하여 그 목적을 달성할 수 있으며, 버퍼층을 증착하는 방법도 경우에 따라 전극을 형성하기 전후로 공정변수를 조절하여 임피던스를 가변할 수 있다.

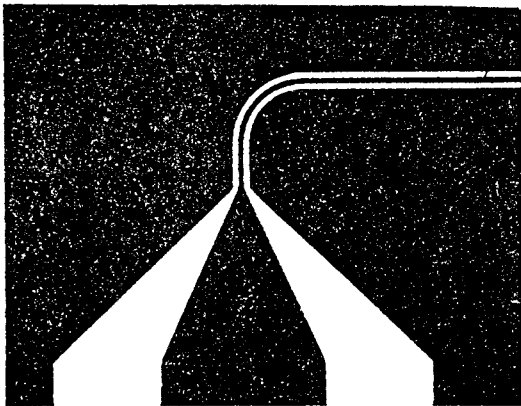


그림 1. 전극도금 사진

그림 2, 3에서는 진행파형 CPW 전극폭을 $10\mu\text{m}$ 로 하고, 전극간격을 $10\mu\text{m}$ 로 했을때 버퍼층두께와 전극두께에 따른 굴절율 변화와 임피던스 변화를 FEM 해석하여 나타내었다.

그림 2는 전극두께를 $6\mu\text{m}$ 로 했을 때, 버퍼층 두께가 변화함에 따른 특성임피던스(Z_c) 및 굴절율(n_m)이 변동하는데, 버퍼층두께 $1\mu\text{m}$ 근방에서 임피던스는 약 45Ω 에 근접하고 그때 굴절율은 2.3에 근접하고 있다. 그림 3은 버퍼층두께를 $1\mu\text{m}$ 로 하고 전극두께를 변화시켜 보았을 때 전극두께에 따라 임피던스 및 굴절율은 크게 변동되는데, 따라서 전극두께, 버퍼층 두께간의 적절한 타협이 필요하다. 버퍼층의 두께는 구동전압에 직접적으로 영향을 미칠 수 있으나, 구동전압에 영향을 최소화하면서 외부단자 50Ω 과의 임피던스 정합을 이룰 수 있는 방법으로 내부칩 제작후 버퍼층을 두껍게 만들어 요구조건을 충족시킬 수 있다.

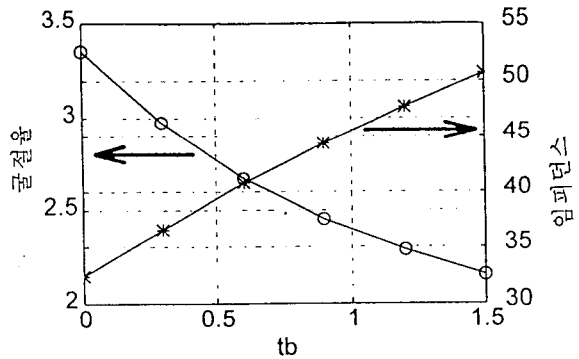


그림 2. 버퍼층두께에 따른 굴절율과 임피던스

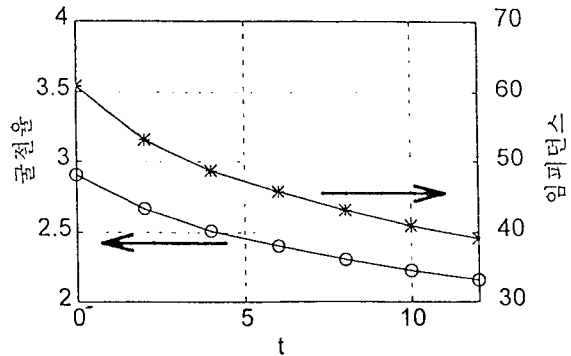


그림 3. 전극두께에 따른 굴절율과 임피던스

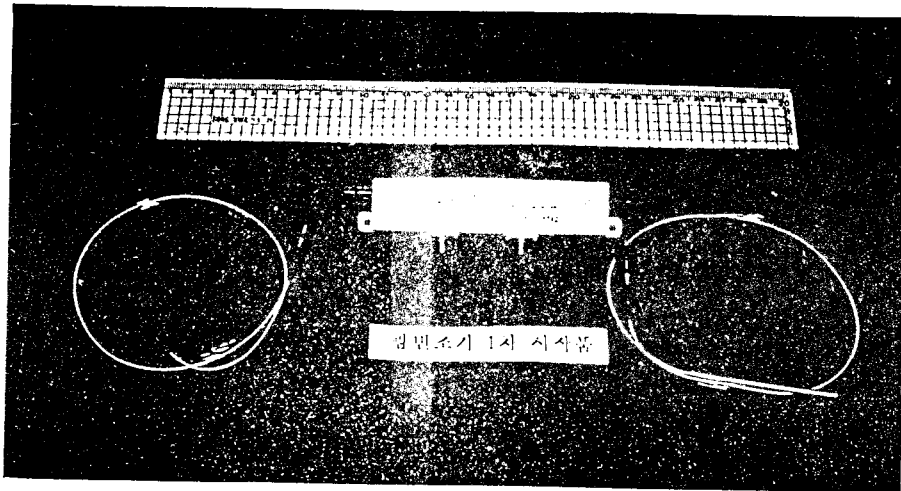


그림 4. LiNbO₃ 광변조기 시제품 외관

광도파로제작은 x-cut 기판에 양자교환방식으로 제작하였다. 도금전극의 상호작용길이는 25mm 이고 금속패키지와 Au-bonding으로 실장하였다. 변조기 내부칩 크기는 2mm×5.5cm로서 제작하도록 설계되었다.

전극상호작용길이 25mm인 변조기를 종단저항 50Ω으로 종단시키고, 입력측에 PMF, 출력측에 SMF를 접속시켜서 패키지에 실장하였다. 실장된 변조기는 파장 1553nm, 구동반파장전압은 75Hz에서 5.5V, fiber-to-fiber insertion loss는 5.8dB, extinction ratio는 27dB를 나타내었으며 그림 5에 구동전압특성을 나타내었다.

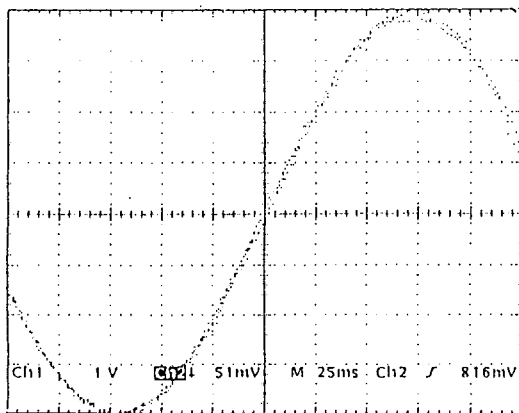


그림 5. 구동전압

그림 6에는 전기광학변조대역폭 측정도를 나타내었다. -3dB 변조대역폭은 약7GHz 정도로 측정되었다.

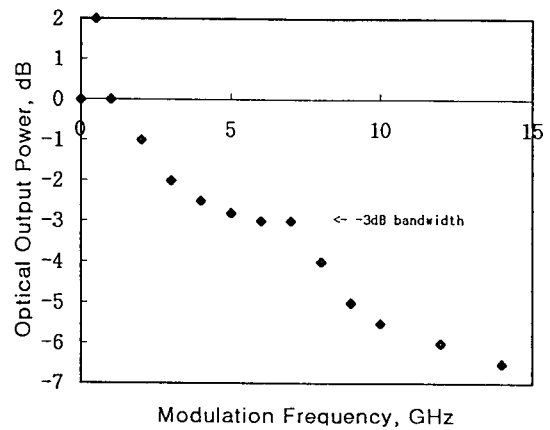


그림 6. Electro-optical -3dB bandwidth

III. Conclusion

본 연구에서는 10Gbps 급 광전송시스템에 이용할 수 있는 광강도변조기의 CPW 전극설계와 제작에 관하여 논의하였다. 특히 바이어스 드리프트, RF 반사 등을 최소화 할 수 있는 소자설계방법을 제시하였다. 그리고 제작된 변조기의 변조특성으로, 구동전압은 5.5V, -3dB optical bandwidth는 약 7GHz를 나타내었다.

< Reference >

- 1) 전자부품종합기술연구소, "B-ISDN 공동연구 개발사업, 수동광부품개발 최종연도 보고서", 1996.12
- 2) 김성구, 윤대원, "광통신용 수동광부품 기술 및 시장동향", 한국통신학회지, 제13권 11호, pp.39-52, 1996.
- 2) K.Kawano, T.Kitoh, H.Jumonji, T.Nozawa, M.Yanagibashi, "New travelingwave electro de mach-zehnder ortical modulator with 20 GHz abndwidth and 4.7V driving voltage at 1.52 μ m wavelength", Electronics Letters 28th, Vol.25, No.20, pp.1382-1384, 1989
- 3) R.C. Alferness, L.L.Buhl, M.D.Divino, S.K. Korotky, and L.W.Stulz, "Low-loss broad band Ti:LiNbO₃ waveguide phase modulators for coherent systems", Electronics Letters 13th, Vol.22, No.6, pp.309-310, 1986