

광위상변조기 개발

Development of Optical Phase Modulator

김성구, 전자부품종합기술연구소
윤형도, 전자부품종합기술연구소
윤대원, 전자부품종합기술연구소

Seong-Ku Kim, Korea Electronics Technology Institute
Hyung-Do Yoon, Korea Electronics Technology Institute
Dae-Won Yoon, Korea Electronics Technology Institute

Abstract

A optical phase modulator of 5Gbps was fabricated on LiNbO₃ by Ti diffusion for optical communications. In this paper the pigtailling, mode patterns and insertion loss were discussed. And the device properties of driving voltage and bandwidth were measured.

1. 서론

위상변조기용 광도파로는 3인치 LiNbO₃ 웨이퍼에 16개 블럭으로 각 블럭당 8개(7 μ m가 4개, 8 μ m가 4개) 도파로가 모여 16 \times 8개가 되도록 설계하였다. 여기 각 블럭에 전극이 1개 형성됨으로서 광위상변조기 내부침을 이루게 된다. 전극크기는 약 2mm \times 6cm 정도이고 폴리싱 위치에 따라서 길이는 차이가 있으나 전극과 도파로가 작용하는 상호작용길이는 50mm 로서 일정하게 유지하였다. 16개 블럭중 상위 1번-4번에 광도파로는 단일채널형 광도파로(각각 7, 8 μ m)를 설계하고, 5번-8번은 광위상변조기 측정용으로 사용하기 위한 마크젠다 간섭기형(Mach-Zehnder interferometric type) 광도파로로서 채널간격을 30 μ m, Y-분기 각도를 1 $^\circ$ 로 설계하여 배열하였으며, 번호 9번-12번은 채널간격을 13 μ m로 Y-분기 각도는 1 $^\circ$ 인 마크젠다간섭기형 광도파로로하여 채널간격이 미치는 동작특성을 조사하려하였고, 번호 13번-6번은 채널간격 15 μ m 와 16 μ m인 마크젠다간섭기를 설계하여 광변조기로서 동작시 특성을 조사하려는 목적으로 광도파로 전체패턴을 완성하였다. 그림 1에 광위상변조기 단면도 및 기판에 제작한 웨이퍼 사진을 그림 2에 나타내었다.

2. 결과 및 고찰

그림 3, 4는 단일채널 7, 8 μ m인 도파로의 도파모드 특성을 나타낸 것이다. 이 근거리 패턴으로부터 도파로 선폭 7 또는 8 μ m의 채널형 도파로 모두 잘 도파됨을 알 수 있다. 특이한 점은 마크젠다 간섭기 형에서 도파광 세기는 TE 모드가 매우 강하게 도파되었으나, 채널형 8 μ m 도파로에서는 TM 모드가 TE 모드 보다도 광감도가 강해 모드 중앙부근의 최대치를 비교해보면 광세기가 크게 측정되었다. 그러나 선폭 7 μ m에서는 그와는 반대현상을 보였다.

그림 5에 제작한 시편의 PMF-SMF 삽입손실을 TM 및 TE 모드에 관하여 조사하였다. 먼저 측정된 데이터를 바탕으로 유추한 곡선(exponentially fitted)에 의하면 확산두께 1000 \AA -1100 \AA 을 전후하여 두 모드에 대한 삽입손실에 반전을 보이게 된다.

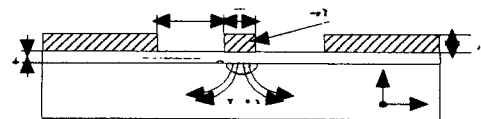
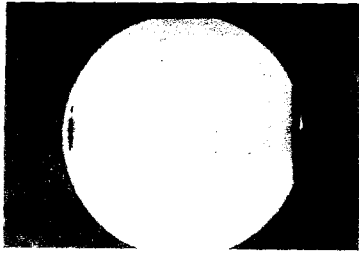
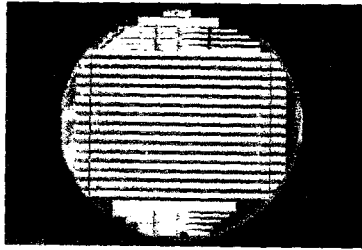


그림 1. CPW 전극구조의 위상변조기 단면.



(a)



(b)

그림 2. 웨이퍼 사진. (a)도파로, (b) 전극

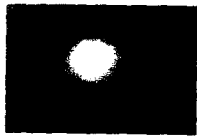


(a) TM

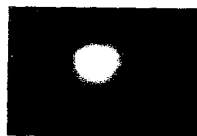


(b) TE

그림 3. 도파로 도파모드, 7 μ m



(a) TM



(b) TE

그림 4. 도파로 도파모드, 8 μ m

두께 800Å 이하에서는 삽입손실이 -10dB 이상까지 보이는 등 소자로서 사용하기가 어려워 논의대상에서 제외하였다. 두께 950Å에서 경우에 따라서 -5dB를 갖는 소자구현이 가능하지만 대부분 시편이 -6~-8dB를 나타내었다. 1100Å 이하에서 특이한 점은 TE 모드 삽입손실이 TM 모드 삽입손실보다도 작았는데, 본 연구에서 분석한바에 의하면 확산분위기가 두께 1100Å까지는 깊이방향 확산보다는 측면방향확산이 유리하게 전개되어 TE 모드편광이 비교적 우세하게 도파되고 두께

1100Å을 정점으로 두 모드를 양호하게 지원하면서 그 이상두께에서는 깊이방향으로 편광되어 도파하는 TM 모드에 적합한 광도파로로 제작되기 때문으로 분석하였으며 좀더 정량적인 데이터 수집을 위해서 모드크기 및 전파손실 측정과 각 두께별 시편의 SIMS(secondary ion mass spectroscopy)등을 보완하고 있다.

이 결과를 광변조소자에 응용하여 TE/TM 모드 변환기나 특정파장 필터로 사용할 경우 적절한 두께는 1100Å 전후가 좋을 것으로 생각된다. 그 이유는 이러한 류의 광소자 광도파로는 두모드를 동일수준으로 지원해야 되기 때문이다. TM 모드를 사용하는 광변조기와 같은 소자는 두께 1200-1400Å 정도의 두께가 적절할 것으로 판단되었다. 그러나 두께가 증대하면 멀티모드로 진행하는 경우가 다반사임으로 높은 두께에 대한 모드 관찰이 필요할 것으로 판단되었다.

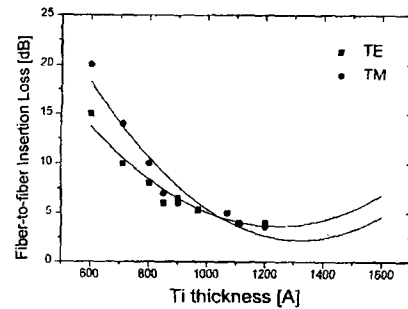


그림 5. Ti 증착두께에 따른 파이버-파이버 삽입손실비교

그림 6에 시편에 관한 전극마이크로파 특성 S_{11} 을 나타내었다. 버퍼층 두께를 조절함으로써 스트립 임피던스를 50Ω에 맞춘 결과 대역 10GHz 까지 <10dB를 유지하는 양호함을 나타내었다. 그림 7에 변조대역폭을 나타내었는데, 시편의 3-dB optical bandwidth는 6GHz 및 7GHz를 보였다. 이때 측정된 구동전압은 모두 약 6V 였다.

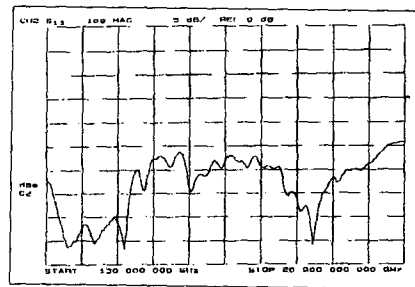


그림 6. 전극 S_{11} -parameter.

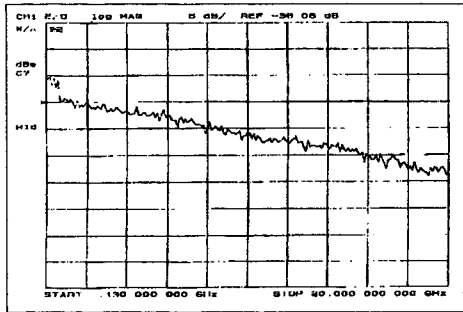


그림 7. 시편의 변조대역폭

제 6 장 결 론

본 연구에서는 5 Gb/s 급 광전송 시스템 및 광계측 장비에서 채용 가능한 LiNbO₃ 광위상변조기를 개발하였다. 개발된 광변조기의 성능지수는 평균적으로, 전송 속도 5Gb/s, 구동전압 6 V, 삽입손실은 4 dB 로 나타났으며 그 특성이 우수함을 증명하였다.

참 고 문 헌

- [1] V. Schmidt and Kaminow, "Metal-diffused optical waveguides in LiNbO₃," Appl. Phys. Lett., Vol.25, pp.458-460, 1974.
- [2] J. L. Jackel, C. E. Rice, and J. J. Veselka, "Proton exchange for high-index waveguides in LiNbO₃," Appl. Phys. Lett., Vol.41, No.7, pp.607-608, 1982.
- [3] Haeyang Chung, William S. C. Chang, and Gary E. Betts, "Microwave properties of travelling-wave electrode in LiNbO₃ electrooptic modulator," J. Light. Technol., Vol.11, No.8, pp.1274-1278, 1993.
- [4] Haeyang Chung, William S. C. Chang, "Modeling and optimization of traveling wave LiNbO₃ interferometric modulator," Journal of Quantum Electronics, Vol. 27, No. 3, pp. 608-617, 1991.