

초고속 광통신용 5Gbps 급 Ti:LiNbO₃ Mach-Zehnder interferometric 광변조기 개발

Development of 5Gbps Ti:LiNbO₃ Mach-Zehnder Interferometric Optical Modulator for High-speed Optical Communications

김성구, 전자부품종합기술연구소
윤형도, 전자부품종합기술연구소
윤대원, 전자부품종합기술연구소
유용택, 전남대학교 전자공학과

Seong-Ku Kim, Korea Electronics Technology Institute(KETI)
Hyung-Do Yoon, Korea Electronics Technology Institute(KETI)
Dae-Won Yoon, Korea Electronics Technology Institute(KETI)
Yong-Tek Yoo, Dept. of Electronics Eng. Chunnam University

ABSTRACT

The preparation of mach-zehnder interferometric optical modulator and the properties of electrode and modulation bandwidth for high speed optical communications were described. The results of fabricated optical modulator was that optical 3-dB bandwidth 4.7GHz, driving voltage 6V and fiber-waveguide-fiber insertion loss 4.5dB for TM mode respectively.

1. 서론

광변조기, 가변광필터, 광감쇠기 및 광섬유커플러 등은 광통신을 위한 대표적인 수동광부품으로 국내 정보통신산업발전을 도모하기 위해 추진된 HAN/B-ISDN 프로젝트에서도 광통신용 수동광부품을 개발하여 광통신서비스를 차질 없게 추진하고자 관련기술을 구축하여 왔다^{1,2,3)}.

전기광학특성이 우수한 LiNbO₃는 티타늄확산으로 광도파로를 제작할 수 있어 다양한 종류의 광변조소자가 개발되어 발표되고 있으며 특히 CPW(coplanar waveguide), ACPS(asymmetric coplanar strip), CPS(coplanar strip)과 같은 진행파형 전극구조를 마크젠다 간섭계 및 방향성결합기 등에 이용할 경우 고능률, 광대역 특성을 갖는 변조기를 제작할 수 있다⁴⁾. 지금까지 리튬나오베이트에 CPW 진행파형 전극을 채용한 전극구조에 대해 다양한 방법으로 분석방법이 제시되고 있으며 그 중 일부는 실측변조대역폭과 이론값이 잘일치하는 것으로 보아 신뢰성을 갖는 것으로 보인다^{5,7,8)}.

본 연구에서는 티타늄확산 광도파로 제작법을 확립하고, PM/SM 파이버와 퍼그테일링하여 소자 특성을 평가하였다. 제작된 시편의 optical 3-dB bandwidth는 4.7GHz, 구동전압은 6V, fiber-to-fiber 삽입손실은 4.5dB를 나타내었다.

2. 실험 및 결과

그림 1과 2에 본 연구에서 제작한 도파로 및 전극 웨이퍼사진을 나타내었다. 웨이퍼에 16개 소자가 집적되며 변조

기 전극 중 상호작용길이는 각각 25mm와 32mm로 설계하였다. 웨이퍼에 설계된 도파로는 7 μ m 와 8 μ m를 선택 할 수 있도록 배려하였으며 마크젠다간섭계의 도파로 간격에 대한 특성을 조사하기 위해서 도파로 간격대 폭을 ①7/16 μ m ② 8/15 μ m ③ 7/13 μ m ④ 8/12 μ m 등으로 변화를 주었고 전극은 전극 간격대 폭을 ①8/15 μ m ②10/10 μ m ③ 10/13 μ m 으로 변화를 주어 전체적으로 설계하였다.

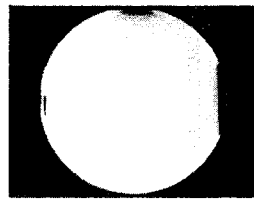


그림 1. 도파로 사진

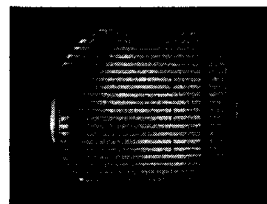


그림 2. 전극사진

확산방법은 수증기와 산소가 혼재된 분위기로 확산을 수행하였으며 확산온도는 1050°C였고, 본 연구의 확산진 Ti 초기 두께는 약 950 Å 였다. 표 1에 변조기 설계사양을 표기하였다. 그림 3과 같이 변조기 내부집을 폴리싱하고 양단에 파이버를 부착하기 위해서 입력쪽에는 PM fiber를 출력쪽에는 SM fiber를 준비한다. 한쪽은 접속용 FC 커넥터를 연결하고 도파로에 접속될 파이버는 자켓을 제거한 후 지르코니아 ferrule속에 집어넣고 광경화제로 고정시킨다. 그리고 적당한 길이로 연마하여 고무완충과 연결시킨다. PM 파이버는 광파이버 코아 양쪽에 편파보존용 크래드층이 있으므로 이 축을 간섭계로 확인한 후 편광이 정확하게 유지할 수 있도록 마킹을 해 두어야한다. 이렇게 작업이 끝나면 정열시키고 피그테일링하면 된다. 그림 4는 피그테일링이 완료된 외부패키지 사진이다.

표 1. 변조기 설계사양

parameters		specifications
electrode	width/gap	8 μ m/15 μ m
	length/type	32mm/CPW
	thickness	6.2 μ m
wave-guide (PW4)	width/gap	7 μ m/16 μ m
	thickness	949 Å / 650 Å
	前/後 확산방법	wet oxygen
	conditions	temp.: 1050°C time : 7 hours

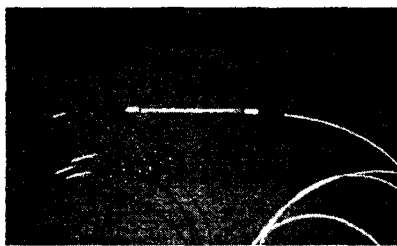


그림 3. 패키징용 페룰과 변조기 내부집

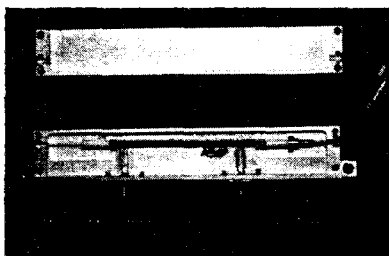
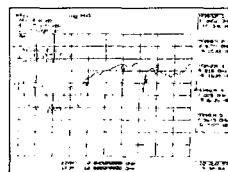
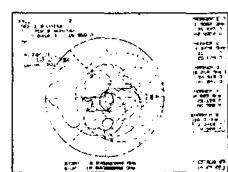


그림 4. 외부 패키지 사진

패키징한 변조기 전극의 전기적 특성을 조사하기 위해서 CPW 전극 중단부근에 45 Ω 침저항기를 병렬로 Au 본딩하여 고정시키고 SMA 커넥터를 사용하여 회로분석기에 연결하였다. 제작된 광변조기가 electro-optical -3dB point 이내로 동작하기 위해서는 전극의 반사손실(S_{11})이 -10dB 이하로 유지되어야만 한다. 따라서 이 범위를 변조특성으로 유추할 수 있는데 약 4GHz 까지는 유지 가능한 것으로 판단되었다(그림 5). 그림 6은 전극 주파수 100Hz, 10V 로 구동시킨 경우 구동전압특성을 나타내고 있다. 그림에서 구동전압은 약 6V 이다. 그리고 변조기 변조대역 특성인 -3dB point 는 약 4.7GHz 를 보였다. 표 2는 제작된 광변조기의 특성을 나타내었다.

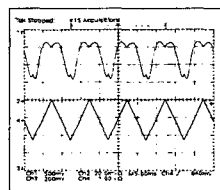


(a)

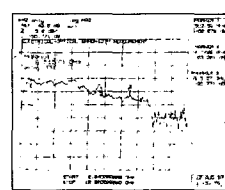


(b)

그림 5. 전기적 특성



(a)



(b)

그림 6. 구동전압 및 변조대역폭

표 2. 변조기 특성

Table 2. modulation properties

parameters	properties
fiber-to-fiber insertion loss	4.5 dB
driving voltage	6 V
optical 3-dB bandwidth	4.7 GHz
termination resistance	45 Ω , parallel

3. 결론

본 연구에서는 광전송 광통신시스템에 필수적인 전기광학변조기를 설계하고 제작하여 그 특성을 분석하였다. 제작된 광변조기의 optical 3-dB bandwidth 는 4.7GHz, 구동전압은 6V, fiber-waveguide-fiber 삽입손실은 4.5dB를 나타내었다.

참고문헌

- [1] 전자부품종합기술연구소, B-ISDN 공동연구개발사업, KETI-RD-96091
- [2] K.R.Preston, B.M.Macdonald, R.A.Harmon, C.W.Ford, R.N.Shaw, I.Reid, J.H. Davidson, A.R.Beaumont and

- R.C.Booth, "High performance hermetic package for LiNbO₃ electro-optic waveguide devices", SPIE vol.994, Optoelectronic materials, 1988, pp.25-31.
- [3] V.Ramaswamy, R.C.Alferness, M.Divino, "High efficiency single-mode fibre to Ti:LiNbO₃ waveguide coupling", Electronics Letters, vol.18, no.1, pp.30-31, 1982.
- [4] 김성구, 윤형도, 윤대원, 유용택, "광변조기용 CPW 진행 파형 전극마이크로파특성", 대한전기전자재료학회, Vol.9, No.1, pp.51-58, 1996.
- [5] 김성구, 윤형도, 윤대원, 유용택, "Coplanar waveguide형 LiNbO₃ 광변조기 전극설계 및 분석", 대한전자공학회, 제32권 A편 제12호, pp.80-90, 1995.