

論文 99-36D-3-11

# Parylene 버퍼층 구조 H:LiNbO<sub>3</sub> 광변조기 제작

## (Fabrication of Parylene Buffered H:LiNbO<sub>3</sub> Optical Modulator)

許 賢\*, 金熙周\*, 姜東星\*, 潘在景\*

(Hyun Huh, Hee-Ju Kim, Dong-Sung Kang, and Jae-Kyung Pan)

### 요 약

재현성 있는 H:LiNbO<sub>3</sub> 광변조기의 제작을 위해 기존 광변조기에서 사용되는 Au/Cr/SiO<sub>2</sub> 전극구조 대신 상온에서 버퍼층 및 전극공정이 가능하고, 광대역 설계에도 유리하도록 새로운 Cu/parylene 전극구조를 사용한 광변조기의 설계 및 제작을 수행하였다. 이를 위해 유한요소법을 이용한 광변조기의 해석 및 설계, 소자제작을 위한 저손실 1550nm H:LiNbO<sub>3</sub> 광도파로 공정, parylene 박막증착 및 CPW 전극형성 등의 단위 공정들을 확립하였다. 이러한 소자설계 기술 및 단위공정들의 결합을 통해 parylene 버퍼층구조 H:LiNbO<sub>3</sub> 광변조기 내부칩을 제작하였고, 저주파 구동특성 측정시스템을 통해 변조특성을 확인하였다. 특히 Cu/parylene 전극공정 전·후의 광도파로 특성이 일정하게 유지됨으로서 재현성 있는 소자제작이 가능함을 알 수 있었다.

### Abstract

H:LiNbO<sub>3</sub> optical modulator with Cu/parylene electrode layer, which has a merits in the bandwidth, power consumption and fabrication conditions as compared with conventional Au/Cr/SiO<sub>2</sub>, is proposed and fabricated. Analysis and design of optical modulator is performed by finite element calculation. Various unit processes for fabricating the proposed modulator, 1550nm H:LiNbO<sub>3</sub> optical waveguide, parylene buffer layer, and CPW Cu electrode, were developed. After dicing and end-face polishing of fabricated modulator chip, optical modulation responses as sawtooth electrical driving voltage has been measured at low frequencies. Properties of optical waveguide had not been changed before and after Cu/parylene electrode processes, which make confirm the reproducible fabrication of optical modulator.

### I. 서 론

광통신이 지닌 고속, 광대역성을 유효 적절하게 이용하기 위해 전송능력의 향상이 요구되며, 이에 LiNbO<sub>3</sub> 외부 광변조기는 10Gbps급이상 고속 대용량 광전송 시스템의 핵심 소자이다. 광변조기는 성능 면

에서 저손실 광도파로, 저전력 구동 및 광대역 변조특성이 요구됨으로 다양한 설계사양에 따른 특성예측이 필수적이며, 공정 면에서는 재현성 있는 소자제작과 공정의 단순화가 요구된다<sup>[1]</sup>.

LiNbO<sub>3</sub>에서 저손실 광도파로의 제작은 주로 Ti 확산법이 이용되었으나<sup>[2]</sup>, 최근에는 상대적으로 낮은 온도에서 공정이 가능하고 Li<sub>2</sub>O의 외부확산(out-diffusion) 문제가 없으며, 매우 우수한 소멸비의 광변조특성을 얻을 수 있는 양자교환법이 이용되고 있다<sup>[3]</sup>.

<sup>1</sup>. 진행과 전극구조 광변조기의 구동전력 및 대역폭은

\* 正會員, 全北大學校 電氣·電子·制御工學部

(School of Electrical Engineering, Chonbuk National University)

接受日字:1998年11月19日, 수정완료일:1999年1月14日

진행파 전극과 LiNbO<sub>3</sub> 기판사이의 구조에 따른 특성 임피던스와 M/W(microwave) 유효굴절률에 의해 지배된다. 따라서 버퍼층 삽입, 후막전극, 차폐 접지전극 및 ridge형 도파로 구조와 같이 다양한 방법을 이용하여 저전력 구동 및 광대역 변조를 위한 연구가 이루어져 왔다<sup>[4-5]</sup>. 그러나 이와 같은 소자의 성능개선의 이면에는 공정상의 문제점을 발생시키거나 재현성 있는 소자제작을 어렵게 하였다. 특히 SiO<sub>2</sub>를 버퍼층으로 삽입한 경우 광변조기의 바이어스 드리프트 현상이 증가되어 신뢰성이 감소되며, 공정 면에서는 상위 전극에 고착력을 부여하기 위해 추가적인 Cr 또는 Ni/Cr 등의 중간 박막층착이 요구된다<sup>[11]</sup>. 또한 양자 교환 광도파로형 광변조기의 경우 4.0정도의 유전상수 값을 가지도록 SiO<sub>2</sub>를 PECVD 공정으로 350℃ 정도에서 증착할 경우 양자교환 광도파로의 추가적인 확산이 발생되므로 재현성 있는 소자설계 및 제작이 불가능하게 된다<sup>[6]</sup>.

따라서 본 논문에서는 재현성 있는 H:LiNbO<sub>3</sub> 광변조기의 제작을 위해 기존 광변조기에서 사용되는 SiO<sub>2</sub> 버퍼층대신 상온에서 버퍼층 및 전극공정이 가능하고, 광대역 설계에도 유리하도록 폴리머제인 parylene<sup>[7]</sup>을 새로운 버퍼층으로 사용한 광변조기의 설계 및 제작을 수행하였다. 이를 위해 유한요소법을 이용한 광변조기의 해석 및 설계, 소자제작을 위한 단위공정 확립과 제작된 광변조기의 저주파 구동특성 측정이 이루어졌다. 특히 본 논문에서는 상위전극으로 기존의 Au 대신 도전특성이 더 우수한 Cu의 적용 가능성을 확인하였다.

## II. 마하젠더 간섭계형 LiNbO<sub>3</sub> 광변조기

마하젠더 간섭계형 z-cut LiNbO<sub>3</sub> 광변조기는 그림 1과 같은 구조를 가지며, 고속의 외부전계를 가하기 위하여 CPW(coplanar waveguides)형 진행파 전극을 도파로 주위에 나란히 위치시킨 구조이다.

광변조기의 평가요소에는 변조대역폭, 구동전력 및 구동전압 등이 있으며, 이 요소들은 진행파 전극의 M/W파 특성과 도파로의 전기광학계수 및 전극과 광도파로 사이의 상호작용 정도에 의존된다. 따라서 전극과 광도파로를 설계할 때 M/W 유효굴절률  $n_m$ , 특성임피던스  $Z_c$  및 구동 반파전압  $V_\pi$  등을 고려하는 것은 매우 중요하다<sup>[8]</sup>.

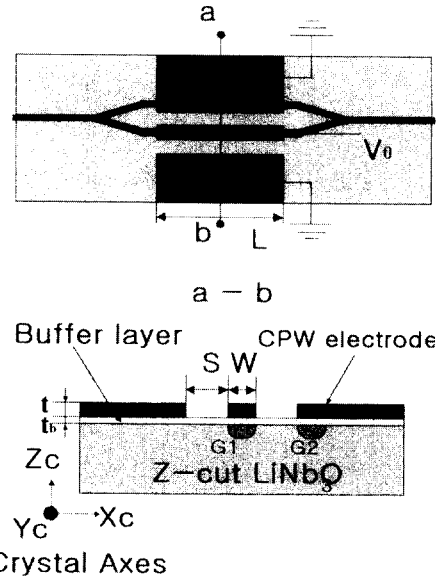


그림 1. z-cut LiNbO<sub>3</sub> 광변조기의 구조  
Fig. 1. Structure of z-cut LiNbO<sub>3</sub> optical modulator.

진행파형 광변조기의 변조대역폭은 전극손실, 위상 속도 부정합, CPW 전극길이 L 등에 크게 의존된다. 이 중에서도 광도파로를 진행하는 광파와 전극을 따라 진행되는 M/W 변조파 사이의 위상속도차가 매우 큰 영향을 끼치며, 전극손실을 무시할 경우 변조대역폭은 식(1)과 같이 표현된다.

$$\Delta f = \frac{1.3916c}{L\pi(n_m - n_0)} \quad (1)$$

여기서  $c$ 는 광속도,  $n_0$ 는 도파광의 유효굴절률, 그리고  $n_m$ 는 M/W변조파의 유효굴절률을 나타내며,  $(n_m - n_0)$ 는 M/W 변조파와 도파 광신호의 위상속도차를 나타내는 항이다. 따라서 광대역 변조를 위해서는 LiNbO<sub>3</sub> 광도파로를 도파하는 광파의 유효굴절률이 약 2.2 정도이므로  $n_m$ 도 이 값에 가깝게 되도록 전극이 설계되어야 한다. 또한 광변조기의 저전력 구동과 모든 주파수에서 완전한 스위칭을 위해서는 전원과 전극의 특성임피던스 정합이 요구된다. 따라서 일반적인 전원의 특성임피던스가 50Ω인 것을 고려하여 전극의 설계가 이루어져야 한다. 그리고 광변조기 구동전압은 전극과 광도파로의 상호작용 크기인 중첩상수  $\Gamma$ 에 의존되며, 그림 1의 z-cut LiNbO<sub>3</sub> 마하젠더 간섭계형 광변조기의 경우 각 도파로에서 중첩상수를  $\Gamma_1, \Gamma_2$ 라 할 때 구동전압은 다음과 같이 표현된다<sup>[6]</sup>.

$$V_z^{(z-cut)} = \frac{\lambda \cdot S}{n_e^3 \cdot \gamma_{33} \cdot L \cdot (F_1 + F_2)} \quad (2)$$

이상과 같은 광변조기의 성능은 그림 1에서 CPW 전극 광변조기의 중심전극 폭 W, 중심전극과 접지전극의 사이간격 S, 절연층의 두께  $t_b$  및 전극의 두께 t 등에 의해 결정된다. 이와 같은 설계인자들은 상호 복합적인 작용을 통해서 소자의 전기적 특성을 변화시킨다. 본 논문에서는 비등방성 매질이거나, 전극구조가 복잡한 경우에도 광변조기의 정확한 해석이 가능하도록 유한요소법을 이용하여 모의실험을 수행하였다.

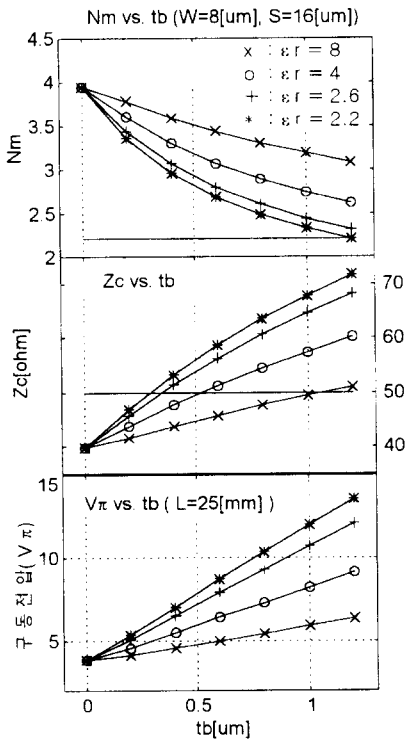


그림 2. 해석결과(  $n_m$ ,  $Z_c$ ,  $V\pi$  )  
 Fig. 2. Analysis results(  $n_m$ ,  $Z_c$ ,  $V\pi$  ).

기존의 SiO<sub>2</sub> 버퍼층 구조와 제안한 parylene 버퍼층 구조의 특성비교를 위해 CPW 중심전극 폭 W = 8μm, 전극간격 S = 16μm, 그리고 전극두께를 1μm 로 고정시킨 뒤, 각 절연층의 두께를 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2μm 로 각각 변화시키면서 광변조기의 특성을 계산하였다. 특히 SiO<sub>2</sub>의 경우에는 PECVD 공정 온도에 따라 결정되는 유전상수값을 각각 8 과 4로 가정하였으며, parylene의 경우 유전상수 2.2의 PA-F 와 2.6의 PA-N 으로 구분하여 계산하였다.

그리고 구동전압을 예측하기 위해 양자교환에 의한 도파로를 가정하였고 단일모드 도파관의 수평방향 Gaussian 모드패턴의 반치폭을  $w_x=5.5\mu m$ , 수직방향 Hermite-Gaussian 모드패턴의 반치폭을  $w_y=4.5\mu m$ , 그리고 사용광파의 파장을  $\lambda_0=1550nm$ 로 가정하였다. 이 경우 버퍼층의 낮은 유전상수는 z-cut LiNbO<sub>3</sub>의 높은 유전상수(  $\epsilon_x=43$ ,  $\epsilon_y=28$  )를 보상하여 정전용량을 감소시키는 효과를 나타낸다.

각각의 모의실험은 충분히 수렴된 해가 도출될 때까지 수행하였다. 결국 각 버퍼층의 유전상수 및 그 두께에 따라 그림 2와 같은 계산결과를 얻게되었고, 똑같은 전극구조에 대하여 parylene이 SiO<sub>2</sub>에 비하여 더욱 얇은 두께에서 50Ω 특성임피던스와 2.2 M/W 유효굴절율에 접근하는 것을 확인하였다.

### III. 단위 공정 및 내부칩 제작

제안된 parylene계 폴리머를 적용한 H:LiNbO<sub>3</sub> 광변조기의 구현을 위해서는 새로운 단위공정의 추가와 기존 공정조건의 변화가 요구된다. 따라서 제안된 광변조기의 구현을 위한 단위공정법과, 특히 새로운 parylene계 폴리머 사용에 따른 박막특성 및 분석작업 수행하였다. 내부칩 제작을 위한 단위공정으로는 크게 양자교환 광도파로 공정과 parylene 버퍼층 공정 및 전극제작 공정으로 구성된다.

#### 1. 양자교환 광도파로 제작

양자교환 광도파로 제작을 위해 z-cut LiNbO<sub>3</sub>을 기판으로 사용하였으며, 양자원은 벤젠산을 사용하였다. 본 논문에서는 다양한 실험 및 문헌분석을 통해 1550nm 사용파장에서 저손실 단일모드 광도파로 제작을 위한 공정 조건으로, 양자교환은 건조 오븐에서 200℃, 30분 수행하였으며 열처리 는 전기로를 이용하여 350℃와 400℃ 두가지 열처리 온도에서 열처리 시간을 20분 간격으로 변화 시키면서 광도파로를 제작하였다. 먼저 충분한 기판세척과 양자교환 마스크로 사용될 Cr 박막을 증착한다. 표준 사진식각공정에 의해 광도파로 Cr 패턴을 형성시킨 뒤, 벤젠산에 의한 양자교환과 양자확산과정을 통해 광도파로가 제작된다. 이상과 같이 양자교환 및 확산에 의해 제작된 광도파로는 절단 및 연마과정을 통해 입사면을 충분히 연마하였으며, IR CCD를 이용한 광도파로 측정 시스템을

구성하여 도파모드를 관찰하였다. 그림 3은 400°C, 100분의 열처리 공정에 의해 제작된 채널 양자교환 광도파로의 632.8nm와 1550nm광원에 의한 모드 측정 결과를 나타내었다.

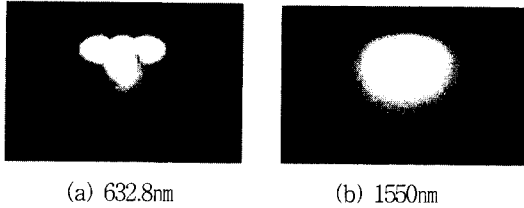


그림 3. 측정된 채널 광도파로 모드패턴  
(PE : 200°C/30분, 열처리 : 400°C/100분)

Fig. 3. Mode patterns of channel waveguide.

그리고 측정된 광도파로 모드 크기 및 분포를 다양한 영상처리 과정을 통해 계산하였으며, 그림 3(b)의 1550nm광원에 의한 채널 광도파로 모드패턴의 경우 그림 4와 같은 모드 분포를 나타내었다. 앞에서 언급한 바와 같이 모드는 횡방향으로 Gaussian 분포를 하고 있으며, 종방향으로는 Hermite-Gaussian 분포를 나타내고 있음을 확인하였다.

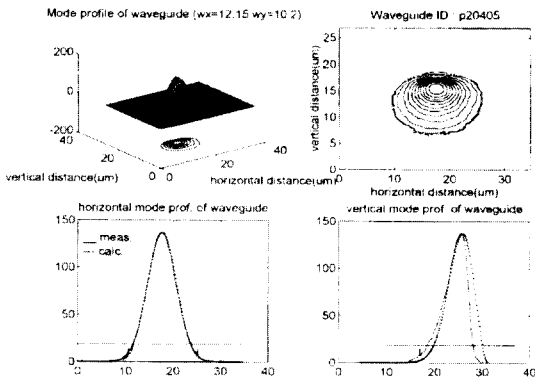


그림 4. 채널 광도파로 모드분포  
Fig. 4. Mode profile of channel waveguide.

350°C와 400°C 열처리 온도에서 열처리 시간에 따른 광도파로 수평( $w_x$ )과 수직( $w_y$ )방향 모드 크기변화 및 도파특성을 측정하기 위해 20분 간격으로 180분동안 열처리한 광도파로 샘플들을 제작 측정하였으며, 400°C에서 열처리가 이루어진 경우 그림 5와 같은 결과를 얻게 되었다. 특히 저손실의 1550nm 단일모드 양자교환 광도파로 제작을 위해 400°C 열처리 온도에서 약 100분 정도의 열처리에서 광파이버와 비슷한

크기의 모드를 나타내었으며 출력광의 세기도 가장 크게 관찰되었다.

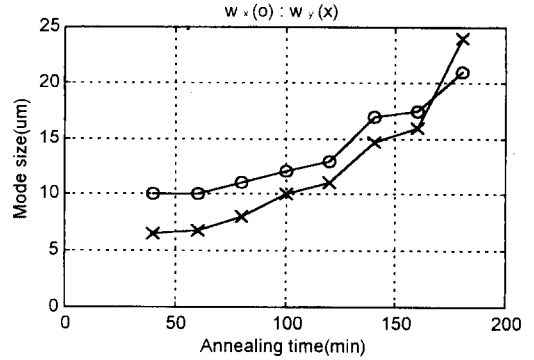


그림 5. 400°C 열처리 시간에 따른 광도파로 모드크기  
(PE ; 200°C/30min)

Fig. 5. Optical mode size as the function of annealing time at 400°C.

### 2. Parylene 증착

본 논문에서는 상온에서 버퍼층 및 전극공정이 가능하고 광대역 설계의 유용성을 고려하여 기존의 SiO<sub>2</sub> 대신 parylene 박막을 이용하였다. 특히 광변조기의 제작공정과 관련된 parylene의 유용성을 확인하기 위해 물리적·화학적 특성실험을 수행하였다. 현재 parylene은 화학적 구조에 따라 parylene-N, parylene-C, parylene-D, parylene-E, 그리고 parylene-F 등 5종류가 발표되어 있으며, 현재 상용화된 것으로 parylene-N은 가장 기본적인 구조를 가지고 있으며, 매우 낮은 유전손실과 높은 절연특성, 그리고 주파수에 독립적인 낮은 유전상수를 가지고 있다<sup>[7]</sup>.

Parylene의 증착을 위해 본 논문에서는 SCS (special coating sys.)의 Lab. Coter를 사용하였으며, parylene-N과 parylene-C를 이용하여 각각 증착하였다. 그림 6은 Lab. Coter의 parylene 증착공정 방법인 Gorham 공정의 개략도를 나타내었다. 먼저 다이머(dimer)상태의 초기 parylene분말을 120°C 정도로 가열하여 증기화 시킨 뒤, 중간 전기로에서 약 650°C 정도의 추가적인 가열을 통해 안정된 모노머(monomer) 상태로 변화시킨다. 가열된 모노머는 상온의 챔버에 증기상태로 공급되어 폴리머화 과정에 의해 박막증착이 이루어진다. 실험을 통해 parylene-N의 경우 약 40Å/min의 비율로 증착됨을 알 수 있었다. 따라서 이미 설계된 버퍼층 조건에 따라서 2000Å ~ 10000Å의 두께로 박막을 증착하였다.

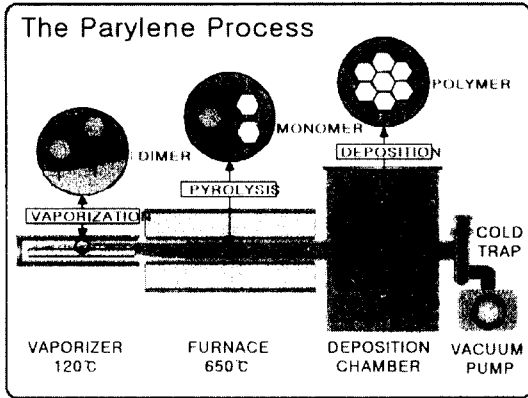


그림 6. Parylene 증착 공정  
Fig. 6. Parylene evaporation process.

광변조기의 제작공정과 관련된 parylene 박막의 유용성을 확인하기 위해 박막의 물리적·화학적 특성실험을 수행하였다. 즉 parylene 박막과 LiNbO<sub>3</sub> 기판, 그리고 parylene상의 금속박막에 대한 고착력 특성, 버퍼층 이후 공정들에 요구되는 열적 안정성 및 각종 부식성 화학약품에 대한 내화학성 등을 실험하였다.

가. 고착력 실험

먼저 parylene 버퍼층위의 전극으로 Au, Cu, Ag, Al, Cr, NiCr, Ti 등 다양한 금속박막을 다양한 공정법으로 증착하여 고착특성을 측정하였다. 전반적으로 스퍼터링법에 의한 금속박막은 고착력이 우수하였고 전자빔이나 열증착법에 의한 박막은 대부분 테이프 테스트에서 박리되었다. 그러나 Au와 Cu는 열증착법에 의한 박막도 충분한 고착력이 확인되었다. 이와 같은 고착력 특성 결과 Au와 Cu가 parylene 버퍼층 구조 고속 광변조기의 전극으로 적합함을 알 수 있었다.

나. 열처리 실험

열처리에 따라 Cu나 Au가 증착된 parylene박막 기판의 변화를 실험하기 위해 200°C에서 2시간 가열하였고, 가열전·후의 박막두께 및 표면상태를 비교하였다. 박막의 상태변화를 광학현미경과 박막두께측정기를 이용하여 측정한 결과 가열전·후 parylene 및 금속박막의 두께 및 표면상태의 변화가 일어나지 않았음을 확인하였다.

다. 내화학 실험

기판 세정과정에서 사용되는 물질로서 DI water, IPA, 알콜, 아세톤과 사진공정에서 사용되는 유기물질인 PR, PR현상액 및 stripper, 그리고 다양한 금속 박막의 식각액으로 사용되는 부식성 화학물질인 HF,

HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>에 대한 반응특성을 실험하였다. 모든 실험은 10분이상 용액에 parylene박막이 증착된 기판을 담겨서 수행하였고 가열은 이루어지지 않았다. 반응여부를 확인하기 위해 표면관찰 및 박막두께변화를 측정하였으며, 결과적으로 사용된 모든 화학물질에 대해 parylene박막이 거의 반응하지 않음을 확인할 수 있었다.

이상과 같이 Cu나 Au와 같은 금속과의 높은 접착 특성과, 공정에 사용되는 화학물질에 대한 내화학성, 그리고 무엇보다도 상온의 증착공정이 가능하여 우수한 박막특성과 정밀한 박막두께 조절이 가능하여 재현성 있는 양자교환 광변조기의 제작 및 공정개선이 가능하였다.

3. 내부칩 제작

Parylene 버퍼층구조 광변조기의 제작을 위해 앞에서 해석된 광변조기 설계조건을 고려하여 3인치 사진공정용 포토마스크를 설계 및 제작하였고 개발된 단위공정들을 결합하여 3인치 웨이퍼상에 H:LiNbO<sub>3</sub> 광변조기 내부칩을 제작하였다.

앞에서 계산된 광변조기 설계 파라미터를 고려하여 광변조기 내부칩 제작을 위한 마스크 설계 및 제작을 수행하였다. 마스크 설계는 마하젠더 간섭계형 광도파로, 그리고 CPW전극 부분을 나누어 수행하였으며, 1장의 마스크로 제작하기 위해 두 영역을 동시에 설계하였다.

다음으로 이미 확인된 저손실 양자교환 도파로 제작 공정 조건을 사용하여 광도파로를 제작하였다. 즉 8μm의 마하젠더 간섭계형 광도파로 부분이 열려있도록 Cr 식각된 LiNbO<sub>3</sub> 기판을 벤젠산에서 200°C/30min의 양자교환을 수행하였고 350°C/160min 또는 400°C/100min로 열처리 공정을 통해서 광도파로를 제작하였다. 그리고 제작된 H:LiNbO<sub>3</sub> 광도파로 기판위에 이미 설계된 버퍼층 조건에 따라서 2000Å ~ 10000Å의 두께로 parylene 박막을 증착하였다. 전극은 앞에서 언급한 바와 같이 Au나 Cu가 다른 금속에 비해 물리·화학적으로 적합함을 확인하였으므로, 두 금속 박막의 증착 및 식각작업을 통해 CPW전극제작을 제작하였다. 이때 금속박막은 약 2000Å 정도 증착하였으며 PR작업 뒤에 매우 우수한 CPW 전극 패턴을 관찰할 수 있었다. 결국 그림 7과 같이 3인치 웨이퍼 상에 구현된 광변조기를 제작하였으며, 각 칩들은 정밀

다이아몬드 절단기를 이용한 절단과 폴리싱 과정을 수행한 뒤 구동특성이 측정되었다.

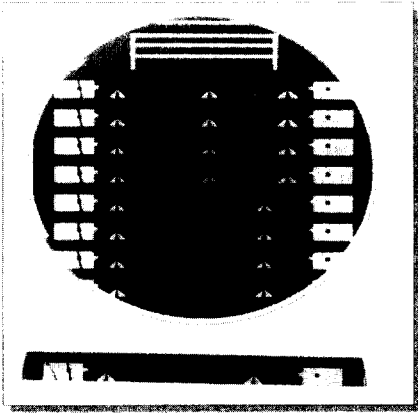


그림 7. 3인치 웨이퍼 상에 구현된 광변조기  
Fig. 7. Optical modulator fabricated on 3-inch wafer

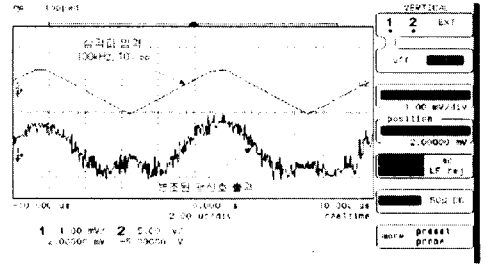
IV. 측정 및 고찰

제작된 광변조기의 구동특성을 측정하기 위해 최종적으로 얻어진 내부칩을 정밀한 절단작업 및 표면 연마공정을 통해 그림 8(a)와 같이 저주파 변조특성 측정시스템을 구성하여 측정하였다. 그림에서와 같이 제작된 광변조기 내부칩의 SMA커넥터에 저주파의 삼각파 전압을 입력하였으며, 이에 따라 변조된 광신호를 광검출기와 오실로스코프로 관찰하였다.

그림 8(b)는 입력광원으로 632.8nm의 He-Ne레이저를 사용하였고, 저주파 신호의 삼각파를 100kHz, 10V 구동신호로 SMA단자에 인가하여 광검출기에서 측정된 변조 광신호를 나타낸 결과이다. 결국 외부의 저주파 입력 신호에 따라 제작된 광변조기 출력광이 변조되고 있음을 확인할 수 있었고, 특히 버퍼층과 전극 공정전·후의 광도파로 특성이 일정하게 유지됨으로써 재현성 있는 소자제작이 가능함을 알 수 있었다.



(a)



(b)

그림 8. 광변조기 저주파 구동특성 (a) 측정 시스템, (b) 결과(100kHz, 10Vpp)  
Fig. 8. Low frequency response of optical modulator, (a) system and (b) result

V. 결론

본 논문에서는 양자교환에 의한 LiNbO<sub>3</sub> 광도파로형 변조기의 재현성 있는 구현을 위해 저온의 버퍼층 공정 및 전극 공정이 가능하도록 parylene계 폴리머 버퍼층을 적용한 광변조기를 제안하였고, 새로운 버퍼층 사용에 따른 설계 및 단위공정개발을 통해 소자를 제작하였으며, 측정을 통해 제작된 광변조기의 동작을 확인하였다.

제안한 parylene 버퍼층구조 H:LiNbO<sub>3</sub> 광변조기 전극 및 변조특성의 해석을 위해서 유한요소법 툴을 이용하였으며, 결과적으로 기존의 SiO<sub>2</sub> 버퍼층에 비해 본 논문에서 제안한 parylene 버퍼층을 적용한 경우 더욱 얇은 버퍼층 두께에서 광대역 변조를 위한 M/W 유효굴절률 2.2와 50Ω 특성임피던스 조건을 만족하였다. 그리고 광변조기 제작을 위해 저손실 양자교환 광도파로 공정, parylene 박막증착 및 CPW 전극형성 등의 단위공정들을 확립하였다. 특히 parylene 박막과 LiNbO<sub>3</sub> 기판, 그리고 parylene 상위 전극으로 사용될 금속박막에 대한 고착력 특성, 버퍼층 이후 공정들에 의해 요구되는 열적 안정성 및 각종 부식성 화학물질에 대한 반응특성 등을 측정하였다. 실험결과 parylene 박막의 물리·화학적 우수성이 확인되었고, 고착력 실험결과 CPW 전극으로는 Au나 Cu가 다른 금속에 비해 적합함을 확인하였다. 이와 같은 결과는 기존 SiO<sub>2</sub> 버퍼층과 상위 전극과의 고착력 향상을 위해 Cr과 같은 완충 금속박막이 요구되는 반면에 parylene 버퍼층 구조에서는 추가적인 완충 금속박막 공정 및 사진공정이 불필요하여 공정의 단순화를 꾀할 수 있었다.

이상과 같이 확립된 소자설계 기술 및 단위공정들의 결합을 통해 parylene 버퍼층구조 양자교환 LiNbO<sub>3</sub> 광변조기 내부칩을 제작하였다. 그리고 제작된 내부칩은 저주파 구동특성 측정시스템을 통해 변조특성을 확인하였고, 특히 parylene 버퍼층 공정 전·후의 광도파로 특성이 일정하게 유지됨으로써 재현성 있는 소자 제작이 가능함을 알 수 있었다.

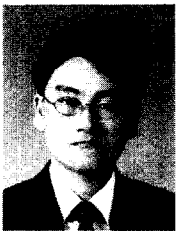
참 고 문 헌

[1] 윤형도, 김성구, 허 현, 윤대원, "초고속 광통신용 10Gbps급 광변조기 제작 및 특성," 대한전자공학회 논문지-D, 제35권 D편, 제2호, pp. 110-117, 1998.  
 [2] Tamir, *Guided-wave Optoelectronics*, Springer-Verlag, 1988.  
 [3] W. Charczenko, I. Januar, and A. R. Mickelson, "Modeling of proton-exchanged and annealed channel waveguides and directional couplers," J. Appl. Phys, vol. 73, no. 7, pp. 3139-3148, April 1993.  
 [4] K. Noguchi, O. Mitomi, K. Kawano, and M. Yanagibashi, "Highly efficient 40-GHz

bandwidth Ti:LiNbO<sub>3</sub> optical modulator employing ridge structure," IEEE. Photon. Technol. Lett., vol. 5, no. 1, pp. 52-54, 1993.

[5] G. K. Gopalakrishnan, C. H. Bulmer, W. K. Burns, R. W. McElhanon, and A. S. Greenblatt, "40GHz, low half-wave voltage Ti:LiNbO<sub>3</sub> intensity modulator," Electron. Lett., vol. 28, no. 9, pp. 826-827, 1992.  
 [6] 허 현, 반재경, "H:LiNbO<sub>3</sub> 광변조기에서 Parylene 버퍼층의 유용성," 대한전자공학회 논문지-D, 제34권-D편, 제8호, pp. 80-86, Aug. 1997.  
 [7] S. Dabral et. al, " $\alpha$   $\alpha'$   $\alpha''$   $\alpha'''$  Poly-tetrafluoro-p-xylylene as an interlayer dielectric for thin film multichip modules and integrated circuits," J. Vac. Sci. Technol., vol. B11(5), pp. 1825-1830, 1993.  
 [8] H. Chung, W. S. C. Chang, and E. L. Adler, "Modeling and optimization of traveling-wave LiNbO<sub>3</sub> interferometric modulators," IEEE, J. Quantum Electron., QE-27, no. 3, pp. 608-617, 1991.

저 자 소 개



許 賢(正會員)

1967년생. 1992년 2월 전북대학교 전기공학과 졸업. 1994년 2월 동 대학원 전기공학과 석사학위 취득. 1998년 8월 동 대학원 전기공학과 박사학위 취득. 현재 청암대학교 정보통신과 전임강사. 주관심분야는

LiNbO<sub>3</sub> 집적광학 소자, 광소자 수치해석, 광신호처리, 광파이버소자 등임



金熙周(正會員)

1971년생. 1993년 2월 전북대학교 전기공학과 졸업. 1995년 2월 동 대학원 전기공학과 석사학위 취득. 1997년 8월 동 대학원 전기공학과 박사학위 수료. 주관심분야는 광소자 수치해석, WDM 집적광학 소자, 광

신호처리 등임



姜 東星(正會員)

1968년생. 1993년 2월 전북대학교 전기공학과 졸업. 1995년 2월 동 대학원 전기공학과 석사학위 취득. 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 주관심분야는 광소자 수치해석, 폴리머 집적광학 소자, 광신호처리 등임



潘 在景(正會員)

1956년생. 1980년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업. 1982년 2월 동 대학원 전자공학과 석사학위 취득. 1987년 8월 동 대학원 전자공학과 박사학위 취득. 1991년 ~ 1992년 미국 오하이오 주립대 객원연구원.

1987년 ~ 현재 전북대학교 전기·전자·제어공학부 교수. 현재 전북대학교 전기전자학회로 합성연구소 연구원. 주관심분야는 집적광학 소자, 광신호처리, 광소자 수치해석, 광통신용 소자 등임