

論文97-34D-11-11

## AOTF용 광도파로 및 IDT 전극제작

## (The Characteristics of Optical Waveguides and IDT Electrodes Fabricated for Acousto-Optic Tunable Filters)

尹炯導\*, 韓相弼\*, 金成求\*, 林永敏\*, 尹大源\*

(Hyung Do Yoon, Sang Pil Han, Sung Ku Kim, Young Min Im, and Dae Won Yoon)

## 요 약

광통신용 AOTF의 광도파로와 IDT 전극을 제작한 후 특성을 분석하였다. 광도파로 제작에는 Ti:LiNbO<sub>3</sub> 내부확산방식을 사용하였으며 광도파로 폭 8 $\mu$ m, 길이 30000 $\mu$ m, 두께 1150Å의 Ti 도파로 패턴을 1050°C 온도에서 8시간동안 확산을 수행하였다. 1550nm 파장 대에서 도파실험을 한 결과 단일모드조건을 만족하였으며 0.5dB/cm 이하의 전파손실을 나타내었다. SAW IDT 설계는 전극개구면의 폭을 5000 $\mu$ m, SAW 주기를 10개로 하였다. 전극제작후 network analyzer를 사용하여 전극의 S11 반사특성 및 임피던스 특성을 분석한 결과 Au 두께 1500Å으로 증착된 표본은 중심주파수 193MHz에서 48.1 $\Omega$ , 1600Å으로 증착된 표본은 중심주파수 192MHz에서 50.7 $\Omega$ 를 만족하였다.

## Abstract

The characteristics of optical waveguides and IDT electrodes fabricated for acousto-optic tunable filters (AOTF) used for optical communications were analyzed. A Ti:LiNbO<sub>3</sub> in-diffusion method was employed for the formation of the optical waveguide with a dimension of width 8 $\mu$ m, length 30000 $\mu$ m and thickness 1150Å. The diffusion was carried at 1050°C for 8hours to pattern the optical waveguide with Ti. The resulted waveguide exhibited a single mode at a 1550nm wavelength range and its propagation loss was less than 0.5dB/cm. The width of IDT, with 10 SAW periods, was 5000 $\mu$ m. S11 reflection characteristics and impedances of the electrodes deposited with Au were analyzed using a network analyzer; 48.1 $\Omega$  at the center frequency of 193MHz for Au deposition thickness of 1500Å and 50.7 $\Omega$  at the center frequency of 192MHz for Au deposition thickness of 1600Å.

## 1. 서 론

WDM(파장분할전송망) 구성기술에 있어서, 광필터는 광변조기, 광커플러 등의 여러 가지 다른 소자들보다 마찬가지로 필수 불가결한 핵심부품중의 하나이다. 광

CATV 서비스를 필두로 한 향후 국내 B-ISDN 구성을 위한 광통신 망의 구성이 궁극적으로 FTTH를 겨냥함에 따라 다양한 채널 선택의 중요성과 그 수요가 점증되고 있다. 광필터는 기술적으로 도파로형 구조를 채택함으로써 주변 광부품과의 집적화를 가능케 하고, 소자의 경량화 및 소형화에 기여할 수 있다<sup>[1]</sup>.

광필터는 형태에 따라 크게 도파로 형태를 갖는 AOTF(acousto-optic tunable filter)<sup>[2]</sup>와 EOTF(electro-optic tunable filter)<sup>[3]</sup>, 광섬유 형태의 FPT(Fabry-Perot filter)<sup>[4]</sup> FBG(Fiber Bragg

\* 正會員, 電子部品綜合技術研究所 部品研究1팀  
(Korea Electronics Technology Institute, KETI)

※ 본 연구는 정보통신부의 산·학·연 공동기술개발 사업의 연구결과임

接受日字:1997年7月8日, 수정완료일:1997年10月15日

Grating) 등으로 분류된다. 이중 AOTF는 광소자의 집적화가 가능하며, tuning 범위가 넓고 응답속도가 빠르기 때문에 많이 응용되고 있다.

본 논문에서는 광통신용 AOTF의 광도파로와 IDT 전극을 제작한 후 특성을 분석하였다. 광도파로 제작에는 Ti:LiNbO<sub>3</sub> 내부확산방식을 사용하였으며 제작후 1550nm 파장 대에서 단일모드조건을 만족하는지를 확인하기 위하여 도파실험을 하였고 전파손실을 측정하였다. SAW IDT 전극에는 Au를 사용하였으며 network analyzer를 사용하여 전극의 S<sub>11</sub> 반사특성 및 임피던스 특성을 분석하였다.

## II. 광도파로 및 SAW IDT 제작

### 1. 광도파로

광도파로 제작을 위한 공정은 그림 1과 같이 LiNbO<sub>3</sub> 기판 위에 티타늄 박막증착, 광도파로 패턴작업, 티타늄내부확산 순서로 이루어진다. 제작을 위한 기본단계로 먼저 LiNbO<sub>3</sub> 기판을 기판전문 세정제인 Deconex 와 증류수를 혼합하여 45℃ 온도에서 초음파 세척을 30 분간하고 곧이어 초순수 증류수를 이용해 다시 실온에서 30분간 초음파 세척하였다. 그후 이 소프로필 알코올 용매 속에서 실온상태로 3분간 더 초음파 세척하고 dry oven 을 이용하여 건조하였다.

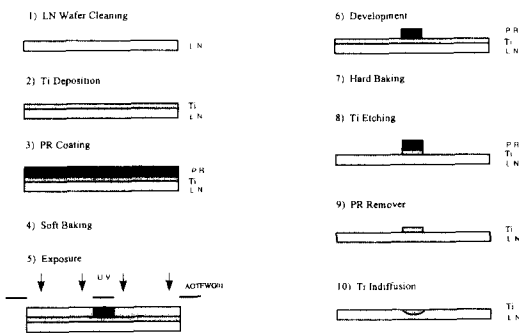


그림 1. 광도파로 제작공정  
Fig. 1. The fabrication process of optical waveguide.

다음 단계로 E-beam 증착장비를 이용하여 3x10<sup>-6</sup> Torr 진공상태에서 1150Å 두께의 Ti 박막을 증착하였다. Ti이 증착된 LiNbO<sub>3</sub> 기판은 spin coater를 사용하여 Shipely 계열 PR을 7000 rpm 에서 35 초간 코팅시켰다. 도포과정이 끝난 후 90℃ dry oven

속에서 20 분간 소프트베이크 하였다. 노광장비의 vacuum-contact 모드를 사용하여 25초간 노광하였고 현상액을 이용하여 25초간 현상하였다. 현상후 110℃ dry oven 속에서 15 분간 하드베이킹을 하고 Ti 에 천트에 기판을 적정시간 담구어 도파로의 부분의 패턴을 습식식각하였다. 최종적으로 Ti 도파로 패턴 위에 남아있는 PR을 제거하기 위해서 PR 스트리퍼에 약 30분 이상 담근 후 흐르는 증류수속에서 충분히 세척하여 기판위에는 도파로 패턴의 Ti 만 남게 하였다. 도파로 패턴이 형성된 시편을 가지고 튜브확산로를 이용해 도파로제작 최종단계인 확산 작업을 수행하였다. 확산온도는 1050℃에서 8 시간 수행하였으며 Li<sub>2</sub>O out-diffusion을 억제하기 위해 분위기는 wet O<sub>2</sub>를 사용하였다. 그림 2는 제작된 광도파로의 사진이다. 확산된 Ti의 폭은 8 μm, 두께는 1150Å이며 wet O<sub>2</sub> 분위기를 사용하였다.



그림 2. 제작된 광도파로 사진 (x400)  
Fig. 2. The photograph of Ti-indiffused optical waveguide (x400)

### 2. SAW IDT 전극

SAW(surface acoustic wave) IDT(inter digital transducer) 제작공정은 Ti가 LiNbO<sub>3</sub> 기판에 내부 확산된 후에 행하여지는 공정으로 확산된 웨이퍼를 충분히 세척한 후 수행하여야 한다. 그림 3은 SAW IDT 전극제작을 위한 공정도를 보여주고 있다.

도파로가 확산된 LiNbO<sub>3</sub> 기판과 전극재료인 Au간에 부착력을 높이기 위하여 베이스 메탈로 NiCr 박막을 E-beam 증착장비를 사용하여 증착시켰다. 증착된 NiCr 박막 위에 DC sputter를 이용하여 Au를 1500~1600Å 증착시켰고, spin coater를 사용하여 Au가 증착된 기판위에 PR을 도포한후 90℃ dry oven 속에서 20분간 소프트 베이크하였다. 다음단계로 노광 장비와 전극 마스크를 이용하여 노광한뒤, 현상하여 전극패턴 이외의 부분 PR을 전부 제거시켰다.

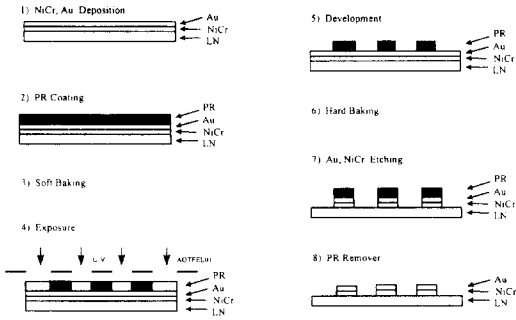


그림 3. SAW IDT 전극 제작 공정도  
Fig.3. The fabrication process of SAW IDT electrode

하드베이킹후 차례로 Au 에천트와 NiCr에천트를 사용하여 전극의 부분의 Au와 NiCr을 습식식각하였다. 그후 Au위에 남은 PR을 제거시키므로써 완전한 SAW IDT 전극을 제작하였다. 그림 4는 W(전극개구면의 폭)=5mm, N(SAW주기의 총갯수)=10으로 제작된 SAW IDT 전극의 사진이고, 그림 5는 W=0.1mm, N=20으로 제작된 SAW IDT 전극 사진이다.

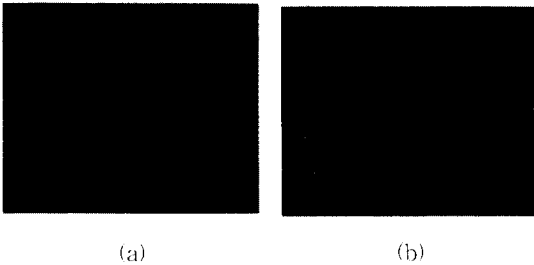


그림 4. 제작된 SAW IDT 전극(W=5mm, N=10) (a) 0도 (b) 4도 경사  
Fig.4. The photographs of SAW IDT electrode(W=5mm, N=10) with (a) 0° and (b) 4° tilt.

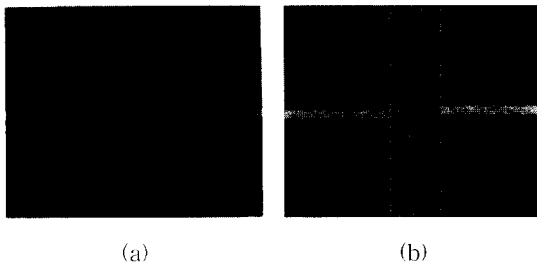


그림 5. 제작된 SAW IDT 전극(W=0.1mm, N=20) (a) 0° (b) 4도 경사  
Fig.5. The photographs of SAW IDT electrode(W=0.1mm, N=20) with (a) 0° and (b) 4° tilt.

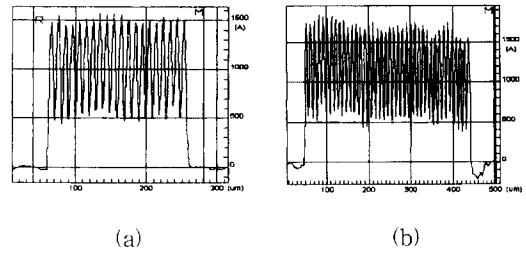


그림 6. 제작된 전극의 두께 및 길이  
(a) W=5mm, N=10,  $\Lambda=20\mu\text{m}$  (b) W=0.1mm, N=20,  $\Lambda=20\mu\text{m}$   
Fig.6. The SAW IDT profile showing thickness and length  
(a) W=5mm, N=10,  $\Lambda=20\mu\text{m}$  (b) W=0.1mm, N=20,  $\Lambda=20\mu\text{m}$

그림 6은 SAW IDT 전극의 두께 및 길이를  $\alpha$ -step을 사용하여 측정된 결과이다. 그림 6에서의  $\Lambda$ 는 SAW의 주기를 가리키며, 측정된 두께와 길이를 살펴볼 때 대체로 설계치와 잘 부합됨을 확인할 수 있다.

### III 결과 및 고찰

#### 1. 광도파로

그림 7은 X-cut LiNbO<sub>3</sub> 위에 확산전의 Ti strip과 확산후의 광도파로가 형성된 모습을 동시에 보여주 고 있다. 그림에서의 w는 확산전의 Ti strip의 폭을,  $\tau$ 는 두께를 가리킨다.

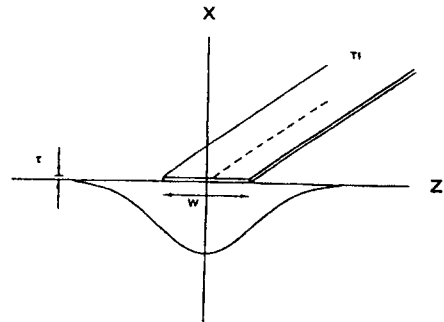


그림 7. Ti:LiNbO<sub>3</sub> 광도파로  
Fig.7. Ti:LiNbO<sub>3</sub> optical waveguide.

Ti가 확산된 후에 형성된 Ti:LiNbO<sub>3</sub> 광도파로의 굴절률 분포는 다음과 모델링할 수 있다<sup>[5]</sup>.

$$n(x, z) = n_s + \Delta n \cdot f(x) \cdot g(z) \quad (1)$$

$n_s$ 는 기판의 굴절률이고,  $\Delta n$ ,  $f(x)$  및  $g(z)$ 는 각각 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta n(\tau, w) = \frac{dn}{dc} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{\tau}{dx} \operatorname{erf}\left(\frac{w}{2dz}\right) \quad (2)$$

$$f(x) = \exp\left\{-\left(\frac{x}{dx}\right)^2\right\} \quad (3)$$

$$g(z) = \left\{ \operatorname{erf}\left(\frac{z+w/2}{dz}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{z-w/2}{dz}\right) \right\} / 2 \operatorname{erf}\left(\frac{w}{2dz}\right) \quad (4)$$

여기서,  $dn/dc$ 는 Ti concentration에 대한 굴절률 변화량,  $dx$ 는 확산깊이,  $dz$ 는 확산길이를 나타내며,  $dx$  및  $dz$ 는 다시

$$dx, z = 2\sqrt{Dx, z \cdot t} \quad (5)$$

이며  $Dx, z$ 는  $x$  및  $z$ 방향으로의 확산계수,  $t$ 는 확산시간을 가리킨다. 식(1)~(5)를 이용하여 b-v 분산곡선을 그려서 단일모드의 최적치를 구할수 있다.

광도파로 폭  $8\mu\text{m}$ , 길이  $30000\mu\text{m}$ , 두께  $1150\text{\AA}$  인 Ti 도파로 패턴을  $1050^\circ\text{C}$  온도에서 8시간동안의 확산공정을 통하여 제작된 광도파로의 특성을 분석하였다.  $1550\text{nm}$ 의 입력광파에 대하여 광도파로의 단일모드 도파특성을 확인하기 위해서 출력광의 near field pattern을 관찰하였다. 도파로의 출력파워 및 near field pattern을 측정하기 위한 도파실험 set 구성은 광원인 tunable laser source 와 He-Ne 레이저가  $2 \times 1$  커플러를 통하여 광도파로에 동시에 입사할 수 있게 구성하였고 출력 단에는 power meter 및 IR screen을 정렬하여 출력 광파를 관찰할 수 있게 하였다. 그림 8은 CCD IR 카메라를 이용하여 검출한 Ti:LiNbO<sub>3</sub> 광도파로의 near field pattern이다. 그림 8에서 보는 것과 같이  $1550\text{nm}$  파장대에서는 단일모드를 나타냈고  $633\text{nm}$  파장대에서는 멀티모드를 나타냈다. 그림 9는  $1550\text{nm}$  파장대에서 편광에 따른 Ti:LiNbO<sub>3</sub> 광도파로의 near-field pattern 광세기의 변화를 도파로 끝단에서 관측한 것이다. 관측결과 TE, TM 모드 둘다 제대로 전파됨을 확인하였다. 그러므로 AOTF 제작에 적합한 광도파로 특성을 지닐수 있다. 이 도파로의 전파손실은  $0.5\text{dB/Cm}$ 로 나타났다. 그림 10은 Ti층착두께  $760\text{\AA}$ , 확산온도  $1050^\circ\text{C}$ , 확산시간 8시간으로 제작한 광도파로의 near field pattern으로서 제작조건이 맞지 않아 TE 모드만 전파되고 TM 모드는 제대로 전파되지 않아 AOTF 제작용 도파로로서는 적합하지 않은 한예를

보여준다.

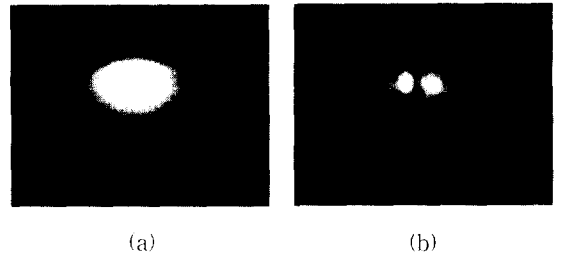


그림 8. 광도파로 near field pattern

(a) 1550nm (b) 633nm

Fig. 8. The near field pattern of optical waveguide.

(a) 1550nm (b) 633nm

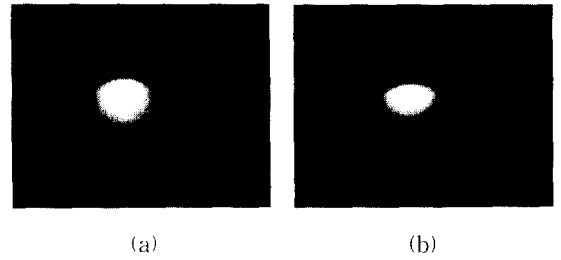


그림 9. AOTF제작에 적합한 광도파로 (a) TE모드 (b) TM모드

Fig. 9. The (a) TE and (b) TM modes of the optical waveguide suitable for an AOTF

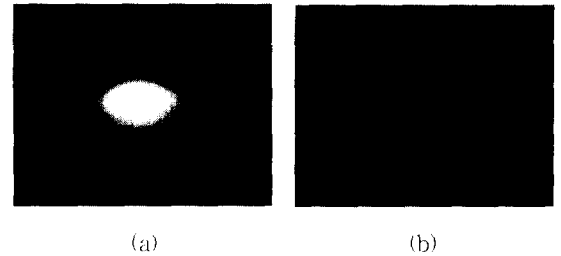


그림 10. AOTF제작에 적합하지 않은 광도파로(a) TE 모드 (b) TM모드

Fig. 10. The (a) TE and (b) TM modes of the optical waveguide unsuitable for an AOTF

## 2. SAW IDT 전극

SAW IDT의 위상 정합을 위한 관계식은 식(6),(7)과 같이 된다.

$$A_s = \frac{\lambda_o}{(n_o - n_e)} \quad (6)$$

$$f_s = \frac{v_s}{A_s} \quad (7)$$

여기서  $A_s$ 는 SAW의 주기,  $\lambda_o$ 는 광의 중심파장,

( $n_o - n_e$ )는 LiNbO<sub>3</sub>의 복굴절률,  $f_s$ 는 SAW의 중심주파수,  $v_s$ 는 SAW의 위상속도를 의미한다. 광의 중심파장  $\lambda_o = 1550\text{nm}$ 에서 LiNbO<sub>3</sub>의 복굴절률은  $n_o - n_e = 0.073$  이므로  $\Lambda_s = 21.2\mu\text{m}$  임을 얻을 수 있다. SAW의 위상속도  $v_s$ 는 X-cut LiNbO<sub>3</sub> 재질의 기판에 대해서  $3600 \sim 3800\text{m/s}$  이므로  $f_s$ 는  $170 \sim 179\text{MHz}$  으로 예측할 수 있다.

SAW IDT의 임피던스 정합조건식은 다음과같이 된다<sup>16)</sup>.

$$G_{d0} = \frac{4}{\pi} K^2 \omega_0 C_s N^2 F \quad (8)$$

$G_{d0}$ 는 중심 주파수의 동조에 대한 컨덕턴스를 나타내며, 이 것을 이용하여 동조 임피던스를 계산하여 정합조건을 이루는 설계치를 구할 수 있다. 또한, K는 effective electromechanical 결합상수,  $C_s$ 는 전극의 한 주기에 대한 정전용량, N은 주기의 총 개수이고, F는 filling factor를 가리키며, 관계식은 다음과 같다.

$$K^2 = 2F \left| \frac{\Delta V}{V} \right| \quad (9)$$

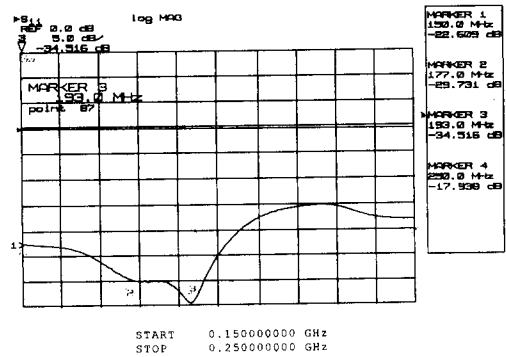
$$C_s = (\epsilon_0 - \epsilon_p)W \quad (10)$$

F는 전극의 strip과 gap이 서로 같은 경우에는 1.12로 놓으며, LiNbO<sub>3</sub>의 경우에 대해서는  $|\Delta V/V| = 0.023$  이다. 그리고  $\epsilon_p$ 는 LiNbO<sub>3</sub>의 경우  $49\epsilon_0$ 로 주어진다. 본 연구에서는 식(6),(7)을 이용하여  $\Lambda_s/4 = 5\mu\text{m}$ 로 택하였으며, 식(8)~(10)을 이용하여  $R_{d0} = 50\Omega$ 을 만족하는 전극의 개구면의 폭  $W = 5\text{mm}$ , SAW 주기의 총개수  $N = 10$ 으로 설계제작하였다. 제작된 전극의 특성을 알아보기 위해서 소자단위의 크기로 절단하여 전극 테스트용 패키지안에 부착시켰다. 전극의 급전패드부분과 패키지의 SMA 컨넥터 사이를 wire bonding하여 부착시켰다. 회로망분석기를 이용하여 제작된 표본전극의  $S_{11}$  반사특성과 Smith chart로 본 임피던스 특성을 관찰하였다.

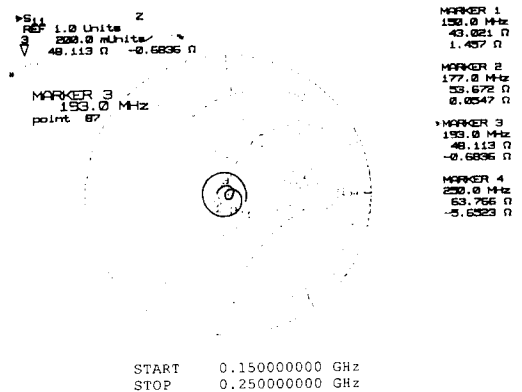
그림 11은 W(전극개구면의 폭)=5mm, N(SAW 주기의 총개수)=10, T(전극의 두께)=1500Å로 제작된 표본의 전극특성으로 중심주파수 193MHz에서  $48.1\Omega$ 을 만족하였으며, 그림 12는 W=5mm, N=10, T=1600Å로 제작된 표본의 전극특성으로 중심주파수 192MHz에서  $50.7\Omega$ 을 만족하였다.

그림 11과 12를 비교해 보면  $S_{11}$  반사특성 및 임피던스 정합 측면에서는 그림 11보다 그림 12가 우수함

을 알 수 있다. 그 이유는 전극의 두께에 의해서 SAW IDT 전극 strip의 총정전용량  $C_T (=NC_s)$ 가 영향을 받아 변화하기 때문이다. 즉  $C_T$ 는 T에 비례한다. 이로 인하여 전극의 임피던스는 변화하여 T=1600Å에서 비교적 좋은 특성을 얻을수 있다.



(a)  $S_{11}$  반사특성



(b) 임피던스 특성

그림 11. 주파수 가변에 따른 전극특성 (W=5mm, N=10, T=1500Å)

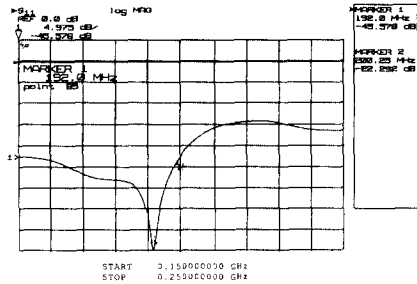
(a)  $S_{11}$  반사특성 (b) 임피던스 특성

Fig. 11. The electrode characteristic at varieous frequencies(W=5mm, N=10, T=1500Å)

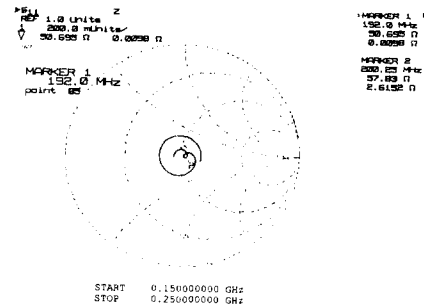
(a)  $S_{11}$  return loss (b) Impedance characteristic

이러한 여러개의 표본의 전극특성을 종합하여 전극두께에 따른 중심주파수와 임피던스 변화를 알아보았다. 그결과는 그림 13과 그림 14에 나타나 있으며, 이것은 임피던스가 50Ω으로 설계된 중심주파수와 측정된 결과가 차이가 있어 전극의 두께를 가변시켜 보았다. 전극두께의 가변은 SAW의 위상속도를 가변시키기 때

문에 중심주파수를 변화시킬수 있기 때문이다. 그림13과 그림14를 종합해볼 때, 전극의 두께가 약 1600Å에서 최적의 임피던스 정합을 만족함을 알수 있으며, 이때의 중심주파수가 192MHz, 위상속도가 3840m/s임을 알수 있다.



(a)



(b)

그림 12. 주파수 가변에 따른 전극특성 (W=5mm, N=10, T=1600Å)

(a) S<sub>11</sub> 반사특성 (b) 임피던스 특성

Fig. 12. The electrode characteristic at various frequencies(W=5mm, N=10, T=1600Å)

(a) S<sub>11</sub> return loss (b) Impedance characteristic

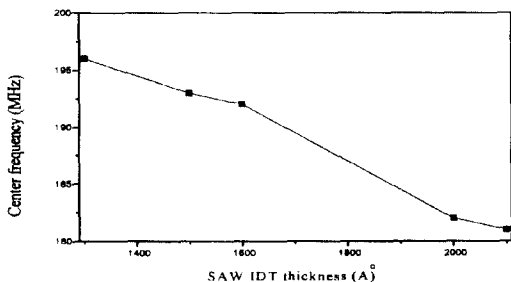


그림 13. 전극두께에 따른 중심주파수의 변화  
Fig. 13. The center frequency of AOTF vs SAW IDT thickness.

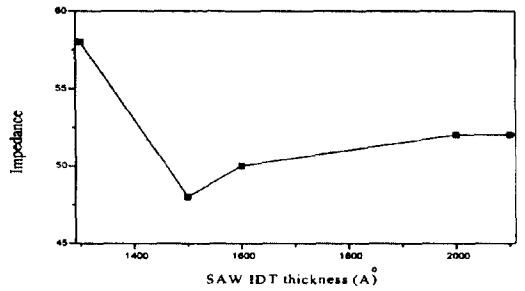


그림 14. 전극두께에 따른 중심주파수의 임피던스 변화

Fig. 14. The impedance at the centerfrequency of AOTF vs SAW IDT thickness.

#### IV. 결론

광필터는 WDM 구성기술의 핵심부품이며, 광CATV 서비스의 다채널 선택에 있어서는 필수적인 소자이다. 도파로형 광필터는 집적화, 경량화 및 소형화의 장점을 지니고 있으며 AOTF(acousto-optic tunable filter)는 이러한 모든 조건을 만족한다. 본 연구는 AOTF를 제작하기 위한 광도파로 및 SAW IDT 전극공정의 최적조건을 찾았고 특성을 분석하였다. 광도파로 제작에는 Ti:LiNbO<sub>3</sub> 내부확산방식을 이용하였으며 광 파장이 1550nm±30nm대에서 단일모드 조건을 만족하는 광도파로의 최적조건은 확산전의 Ti 폭은 8μm, 두께는 1150Å이고, 확산온도는 1050°C, 확산시간 8시간으로 나타났다.

SAW IDT는 전극개구면의 폭을 5000μm, SAW주기를 20μm, SAW주기의 갯수를 10개로 하였을 때 임피던스 정합을 이루었다. 전극제작후 network analyzer를 사용하여 전극의 S<sub>11</sub> 반사특성 및 임피던스를 분석한 결과 Au 두께가 1500Å으로 증착된 표본은 중심주파수 193MHz에서 48.1Ω, 1600Å으로 증착된 표본은 중심주파수 192MHz에서 50.7Ω을 만족하였다.

#### 참고 문헌

[1] K. W. Cheung, D. A. Smith, J. E. Baran, and B. L. Heffner, "Multiple channel operation of integrated acousto-optic tunable filter", Electron. Lett., vol. 25, no. 6, pp. 375-376, Mar. 1989.

[ 2 ] J. Frangen, H. Herrmann, R. Ricken, H. Seibert, W. Sohler, and E.Strake, "Integrated optical acoustically tunable wavelenth filter", Electron. Lett., vol. 25, no. 23, pp. 1583-1584, Nov. 1989.

[ 3 ] W. Warzansky, F. Heismann, and R.C. Allferness, "Polarization-independent electro-optically tunable narrow-band wavelength filter", Appl. Phys. Lett. vol. 53, no. 1, pp. 13-15, Jul. 1988.

[ 4 ] Y. Suemura and Naoya Henmi, "A newly developed adaptive wavelength tunable filter for wavelength selective optical communication systems", ECOE '93 proceeding, vol. 2, pp. 433-436, 1993.

[ 5 ] C. M. Kim and R. V. Ramaswamy, "Modeling of graded-index channel waveguides using nonuniform finite difference method," J.Lightwave Technol. vol. 7, pp. 1581-1589, Oct. 1989.

[ 6 ] G. S. Kino, "Acoustic waves: devices, imaging and analog signal processing", Prentice-Hall, Inc., 1987.

저 자 소 개

尹 炯 導(正會員)

1966년 5월 7일생. 1993년 2월 명지대학교 전자공학과 석사학위 취득. 1997년 현재 전자부품종합기술연구소 부품연구 1팀 전임연구원. 주관심분야는 Integrated Optics, Passive Optical Device, Optical PKG

韓 相 弼(正會員)

1964년 5월 9일생. 1997년 2월 서울시립대학교 전자공학과 박사학위 수료. 1997년 현재 전자부품종합기술연구소 부품연구 1팀 전임연구원. 주관심분야는 Integrated Optics, Passive Optical Device, FDM/FEM 등 수치 해석

金 成 求(正會員)

1966년 1월 10일생. 1996년 2월 전남대학교 전기공학과 박사학위 취득. 1997년 현재 전자부품종합기술연구소 부품연구 1팀 선임연구원. 주관심분야는 Integrated Optics 및 Passive Optical Device



林 永 敏(正會員)

1959년 11월 25일생. 1992년 2월 인하대학교 응용물리학과 박사학위 취득. 1997년 현재 전자부품종합기술연구소 부품연구 1팀 수석연구원. 주관심분야는 Optical Connector 및 Passive Optical Device

尹 大 源(正會員)

1949년 10월 14일생. 1988년 Texas A&M 대학교 전기공학과 박사학위 취득. 1973년 ~ 1982년 금성정밀공업(주) 중앙연구소 근무. 1989년 ~ 1991년 현대전자산업(주) 반도체연구소 근무. 1991년 ~ 1997년 현재 전자부품종합기술연구소 부품연구본부장. 주관심분야는 Integrated Optics, Passive Optical Device, Optical PKG