

## 저손실 광도파로와 광섬유간의 광결합 특성에 관한 연구

正會員 金 尙 德\*, 朴 秀 峰\*\*, 李 載 圭\*\*\*, 金 鍾 彬\*\*\*

A study on the optical coupling characteristics between low loss optical waveguide and optical fiber

Sang Dug Kim\*, Soo Bong Park\*\*, Jae Gyu Lee\*\*\*, Jong Bin Kim\*\*\* Regular Members

### 要 約

본 논문에서는 LPCVD법으로 실리콘 기판위에 PSG 도파박막을 제작하여 Laser lithography 방법에 의해 Cr 마스크를 제작하고, Photo lithography방법에 의하여 도파로 pattern을 제작한 후 RIE 공정에 의해 Rib형 광도파로를 제작하였으며 공정중에 발생한 불순물 제거 및 광산란 손실을 줄이기 위하여 1000℃에서 10분간 flow 하였다. 제작된 도파로는 end-fire coupling 방법에 의해 단일모드로 확인되었으며, butt coupling방법에 의해 flow하기 전의 경우 광도파로의 도파 손실은  $\lambda=1.3\mu\text{m}$ 에서 3.5dB/cm,  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ 에서 4.9dB/cm 이었으며, flow한 후의 도파손실은  $\lambda=1.3\mu\text{m}$ 에서 2.9dB/cm,  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ 에서 4.1dB/cm이었다. 제작된 광도파로와 광섬유를 결합하기 위하여 V-groove를 제작하여 광섬유 지지대로 사용하였다. 제작된 V-groove의 폭은 150 $\mu\text{m}$ , 깊이는 70 $\mu\text{m}$ 이었으며 에칭각도는 54°이었다. 광섬유를 제작된 V-groove에 삽입하여 고정한 후 UV curing epoxy를 사용하여 광도파로와 결합하였다. 광섬유를 V-groove에 고정하고 광도파로와 결합할 경우 초기에 도파손실은 1.0dB이었으며 집착제가 건조해진 후 도파손실은 1.2dB로 측정되었다.

### ABSTRACT

In this paper, the PSG of guided thin films were fabricated by LPCVD method on the Si substrate, Cr mask was fabricated by Laser lithography method. The Rib type optical waveguide was fabricated by RIE process after waveguide pattern was fabricated by Photo lithography method. To remove impurities generated in processing and to reduce optical scattering loss, it was flowed for

\*동아전문대 전산정보처리과  
Dept. of Computer Science & Information Processing,  
Dong-A college

\*\*동신대학교 정보통신공학과  
Dept. of Information & Communication Engineering,  
DongShin University

\*\*\*조선대학교 전자공학과  
Dept. of Electronics Engineering, ChoSun University  
論文番號 : 94356

接受日字 : 1994年 12月 7日

10 minutes at 1000 °C. The fabricated waveguide was confirmed with single mode by end-fire coupling method. By butt coupling method, the guided loss of waveguide in case before flow was 3.5dB/cm at  $\lambda=1.3\mu\text{m}$  and 4.9dB/cm at  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ , and the guided loss in case after flow was 2.9dB/cm at  $\lambda=1.3\mu\text{m}$  and 4.1dB/cm at  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ . For coupling the fabricated optical waveguide and optical fiber, V-groove was fabricated and used in upholder of optical fiber. Width of the fabricated V-groove was 150 $\mu\text{m}$ , depth was 70 $\mu\text{m}$ , and etching angle was 54°. After optical fiber inserted and fixed in the fabricated V-groove, it was coupled with optical waveguide using UV curing epoxy. When optical fiber fixed in V-groove and coupled with optical waveguide, in early stages guided loss was 1.0dB and after adhesives be solid guided loss was measuremented in 1.2dB.

## I. 서론

광도파로는 광집적회로(Optical Integrated Circuit : OIC)를 구성하는 여러 광학소자 가운데 가장 기본적인 전송소자로서 빛에 실린 신호의 내용을 그대로 보존한 채 광신호를 전송하므로 광통신소자를 설계하고 제작하는데 광도파로 해석에 따른 새로운 광회로 소자들의 개발이 요구되고 있다.<sup>1,9)</sup>

현재 광통신용 광회로 소재로는 주로 LiNbO<sub>3</sub>, GaAs 그리고 실리콘을 기판으로 하는 것이 주류를 이루고 있다. LiNbO<sub>3</sub>는 손실율이 매우 낮으며 압전성이 우수하다는 점에서 많은 관심을 끌고 있지만 전기 및 광소자와의 집적이 곤란하고 광섬유와의 결합시 광손실이 문제가 되고 있다.<sup>6,7)</sup>

GaAs소재의 경우 다양한 기능소자들의 단일소재 집적회로 제작이 가능한 저손실 도파로 소재로서 광손실 측면에서는 매우 유리한 재료로 연구되고 있으나, 광섬유의 최저손실대역인 1.3-1.55 $\mu\text{m}$ 의 파장대역을 사용할 수 없어 광통신 재료로서의 사용이 불가능한 것으로 알려지고 있다.<sup>8,10)</sup>

실리콘을 기판으로 한 광집적 회로소자의 특징은 실리콘의 V-groove etching 등을 이용하여 저손실이고 안정된 광섬유와의 결합이 가능하며, 고품질의 SiO<sub>2</sub>를 기저층 박막으로한 저손실 광도파로<sup>11)</sup>도파 모드가 광섬유의 모드와 유사하므로 광섬유와 저손실 광도파로를 연결할 수 있다. 또한 실리콘의 열전도율을 이용하여 반도체 레이저의 혼성방식(hybrid type)으로 패키지 등이 가능하다는 장점<sup>12,13)</sup>이 있으므로 이 분야에 보다 활발하게 연구가 진행되어 지고 있다.

광통신기술은 저손실 광섬유 제작기술의 발전으로 광통신이 실용화되었으며 SiO<sub>2</sub>를 기본으로한 도파로는 광섬유 전송 시스템이나 광섬유 센서 시스템을 위한 다양

한 저손실 도파로에 사용<sup>14)</sup> 되고 있으며 집적광학소자가 실용적인 통신소자가 되기 위해서는 광섬유와 집적광학소자와의 결합이 필요하다. 광섬유를 도파로와 결합시킬 때 기계적 진동이나 접촉제 응고시 점성 등에 의해 변위가 생겨 결합손실이 증대된다. 따라서 광섬유와 광도파로를 저손실로 결합하기 위하여 광섬유 고정판으로 V-groove를 사용하는데 그 제작법으로는 유리나 금속을 연삭하는 방법, 세라믹틀로서 소결하는 방법, 실리콘 단결정의 비등방성 에칭<sup>15,16)</sup>을 이용하는 방법 등이 사용되고 있으며 실리콘 단결정의 비등방성 에칭을 이용하는 방법은 제작과정이 간단하고 비용이 절약된다는 점에서 광섬유 지지대로 많이 이용되고 있다.

본 연구에서는 실리콘을 기판으로 사용하여 LPCVD(Low Pressure Chemical Vapor Deposition) 방법<sup>17)</sup>에 의해 인 첨가 실리카 글래스(Phosphosilicate glass : PSG) 박막<sup>18)</sup>을 제작한 후 Laser lithography 방법을 이용하여 Cr마스크를 제작하고, Photo lithography방법에 의하여 도파로 pattern을 제작한 후 건식식각(Reactive ion etching : RIE) 공정에 의해 PSG 도파로를 제작한다. 제작된 도파로를 광섬유와 결합<sup>19,21)</sup>하기 위하여 광섬유 지지용 V-groove를 실리콘 기판에 제작한 후 접착제(UV curing epoxy)를 사용하여 V-groove에 고정된 광섬유와 광도파로를 결합하여 광도파로와 광섬유의 결합효율을 측정하고자 한다.

## II. 도파로박막제작

실리콘을 기판으로하는 glass 도파로 제작을 위해 액상 유기 재료인 TEOS(tetraethoxy-silane)와 TMP(trimethylphosphite)를 사용하여 LPCVD(Low Pressure Chemical Vapor Deposition)법으로 실리콘 기판위에 SiO<sub>2</sub> glass 도파로박막을 제작하였다. 도파로

막의 기저층은 SiO<sub>2</sub> 실리카를 7 $\mu$ m, 도파층으로 인(phosphorus)이 8% 첨가된 PSG(phospho silicate glass)를 3 $\mu$ m, 덮개층으로 인이 3.7%첨가된 PSG를 3 $\mu$ m 증착하였다. 이때 SiO<sub>2</sub>층, PSG층은 각각 800 $^{\circ}$ C, 710 $^{\circ}$ C의 온도와 500 mTorr의 압력에서 증착하였다. 제작된 PSG 박막은 1000 $^{\circ}$ C 정도에서 열처리하여 도파로 계면의 재형성 및 박막내 잔여 수소를 제거하여 산란 광손실이 매우 작은 도파로박막을 제작하였다.

### Ⅲ. 도파로 제작

LPCVD방법으로 증착된 PSG 도파로박막 표면의 산화물이나 수분 등은 시편과 감광제와의 밀착성을 저해하므로 아세톤, 메탄올 등으로 각 20분씩 초음파 세척하고 증류수로 세척한 후 질소로 불어낸 다음 120 $^{\circ}$ C 오븐에서 5분 동안 pre baking 처리를 하여 수분을 완전히 제거하였다.

spiner의 속도가 4000rpm이하일 경우 표면장력으로 인해 균일도가 불안정하게 되어 마스크와 웨이퍼의 공간을 만들게 되므로 도파로 패턴제작시 패턴이 불균일하게 되므로 감광제는 spiner에서 4000rpm이상으로 30초 동안 도포시켜 균일하게 하였다. 웨이퍼 스펀이 끝나면 감광막과 기판과의 접착이 잘되도록 90 $^{\circ}$ C의 오븐에서 25분 동안 soft baking하여 감광막을 완전히 건조시켰다.

제작된 도파로박막을 Ellipsometer로 굴절율을 측정할 결과 피복층, 코어층, 완충층의 굴절율은 각각 1.454, 1.465, 1.447이었으며, 이때 완충층이 7 $\mu$ m, 피복층이 3 $\mu$ m일때 유효굴절 율법에의해 코어두께에 따른 단일모드 영역은 1.2-4.8 $\mu$ m이다. 또한 완충층이 7 $\mu$ m, 피복층이 3 $\mu$ m, 에칭을 3 $\mu$ m할때 유효굴절 율법에 의해 코어폭에 따른 단일모드 영역은 0.40-7.26 $\mu$ m임을 알 수 있었다. 이와 같은 조건에의해 도파로 패턴을 집속 레이저 빔 노광 방식에 의해 제작된 마스크를 사용하여 200W의 수은램프(Hg lamp)에서 10초간 노광하였고 AZ500현상액을 사용하여 30초 동안 현상하여 도파로 패턴을 제작하였다.

제작된 도파로 패턴은 Lift-off 방법으로 건식 마스크를 제작한 후 건식 식각법인 RIE에 의해 PSG 도파층을 식각하여 도파로 폭이 5 $\mu$ m인 도파로를 제작하였다. 제작된 도파로를 1000 $^{\circ}$ C에서 약 10분간 열처리한 후 마

지막 공정인 LPCVD법으로 인이 3.7% 첨가된 3 $\mu$ m 두께의 도파로 덮개층을 증착하였다.

### Ⅳ. V-groove제작

광섬유를 도파로와 연결시킬 경우 기계적 진동이나 접착제 용고시 점성 등에 의해 변위가 생겨 결합손실이 증대된다. 이를 개선하기 위해서 광섬유를 견고한 판에 고정시켜서 도파로와 결합하기 위해 가공이 편리하고 실리콘 도파로와 결합이 편리한 실리콘 V-groove가 많이 사용되고 있다. 광도파로와 광섬유를 결합시키기 위해서는 도파로 코어와 광섬유코어 중심이 같은 평면에 놓이도록 V-groove 폭을 결정하기 위해 아래와 같은 식(1)을 이용하였다.

$$D = \frac{2R}{\sin \phi} \left[ 1 + \frac{d}{2R} \cos \phi + \frac{0.5t}{R} \right] \quad (1)$$

여기에서 R은 fiber의 반경, d는 표면에 대한 정규 방향에서의 도파로 두께, t는 SiO<sub>2</sub> 두께,  $\phi$ 는 실리콘의 에칭각도(54.74 $^{\circ}$ )이다.

V-groove P.R 패턴은 식(1)에 의해 150 $\mu$ m가 되게 패턴폭을 설정한 다음 집속 레이저 광으로 노광시켜 마스크를 제작한 후 photo lithography 방법에 의해 제작하였다. 노광시킨 박막을 AZ351 현상액에 90초간 현상하여 선명한 P.R 패턴막을 형성한 후 현상시 남아있는 용제를 제거하기 위해서 120 $^{\circ}$ C Dry oven에서 25분간 hard baking하여 SiO<sub>2</sub> 에칭용액 B.O.E(NH<sub>4</sub>F : HF : 증류수=55 : 20 : 143)에 3분간 에칭하고 증류수로 씻어낸 다음 SiO<sub>2</sub>층의 패턴을 확인하였다.

SiO<sub>2</sub>패턴이 확인되면 아세톤에 담겨 남아있는 P.R을 제거시킨 후 비등방성 실리콘 에칭용액(KOH : n-Propanol : 증류수=12 : 10 : 40)에 넣고 V-groove를 제작하였으며, 에칭용액을 온도가 일정하게 유지되도록 Water bath에 넣고 용액의 균질도를 고르게 하기 위하여 저어주었다.

### Ⅴ. 광도파로와 광섬유간의 결합

제작된 광도파로와 광섬유간의 결합에 따른 손실측정

에 사용된 광원은 1.3 $\mu\text{m}$  레이저 다이오드, 1.55 $\mu\text{m}$  레이저 다이오드 광원을 사용하였으며, 0.01 $\mu\text{m}$ 까지 제어 가능한 미세이동용 x, y 및 회전 stage로 기판위에 제작된 여러 도파로 중에서 선택할 수 있도록 하였다. 먼저 가시광선인 He-Ne 레이저를 광섬유에 입사하여 도파로의 입력단에 입사시켜 정렬하였으며 광섬유를 미세이동용 x, y, z stage에 설치하여 정확한 정렬을 하였다.

도파로와 광섬유 결합을 위해 광섬유 끝단과 도파로 입력단을 정렬하는데 있어서 광섬유 지지대로 V-groove를 사용하지 않고 도파로와 직접 결합하는 경우와 제작한 V-groove에 광섬유를 고정시켜 광도파로의 입력단에 결합한 후 x, y, z stage를 사용하여 정확하게 정렬한 다음 접착제로 고정하였을 때 결합손실 측정은 Butt coupling 방법으로 도파로에 광을 입사한 후 도파로를 잘라내 가면서 투과한 광의 세기를 측정하는 cut-back 방법을 사용하였다. 도파로를 투과한 광의 세기와 도파로 길이로 부터 아래의 식을 이용하여 도파로의 손실율을 산출하였으며, 길이가 2cm인 도파로를 0.5cm씩 잘라가면서 측정하였다.

$$Loss = -10 \log \frac{(P_1 - P_2)}{(d_1 - d_2)} \quad (2)$$

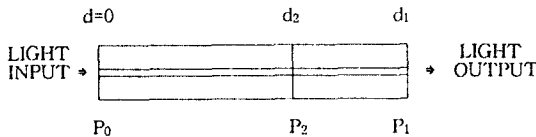


그림 1. Butt Coupling에 의한 도파로의 광손실 측정  
Fig. 1. The optical loss measurement of waveguide by butt coupling

또한 도파로의 코어에서 도파되는 모드를 관찰하기 위하여 도파로 끝단에서 near filed pattern은 end-fire coupling 방법을 사용하여 관찰하였다.

## VI. 결과 및 검토

### VI-1 제작된 광도파로 특성

도파로 패턴은 집속 레이저 빔 노광방식에 의해 제작된 마스크를 이용하여 200W 수은램프(Hg lamp)에서 10초간 노광하였으며 AZ500현상액을 사용하여 30초 동안 현상하여 도파로 폭이 5 $\mu\text{m}$ 인 패턴을 제작하였고 이때의 도파로 패턴은 사진 1과 같다.

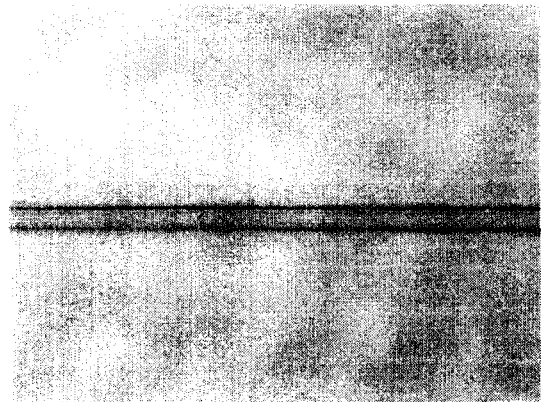


사진 1. 도파로 패턴  
Photo 1. Waveguide pattern

제작된 도파로 패턴을 건식 식각법인 RIE에 의해 PSG층을 식각한 결과 비등방성에 의해 Rib형의 단면을 사진 2와 같이 얻을 수 있었으며, 이때 RIE의 진공도는 150mtorr였으며 에칭 가스의 양은 CF<sub>4</sub> 20sccm, O<sub>2</sub> 1.0sccm로 하였다.

RIE 공정에 의해 제작된 도파로 코어를 1000 $^{\circ}\text{C}$ 에서 약 10분간 flow하면 도파로 코어의 단면이 Rib형에서 반원형으로 되며 도파로 제작 공정시 생성된 불순물질을 제거하여 산란 광손실이 매우 작은 도파로를 제작하였다. 사진 2는 flow하기 전의 도파로 단면이며, 사진 3은 flow한 후의 도파로 단면이다.

사진 2와 같이 flow하기 전의 경우 광도파 손실은  $\lambda=1.3\mu\text{m}$ 에서 3.5dB/cm,  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ 인 경우 4.9dB/cm 이었으며, 사진 3과 같이 1000 $^{\circ}\text{C}$ 에서 약 10분 동안 flow한 경우 광도파 손실은  $\lambda=1.3\mu\text{m}$ 에서 2.9dB/cm,  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ 인 경우 4.1dB/cm 이었다.

또한 도파로 제작의 최적조건인 1000 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10분 동

안 flow하여 제작한 도파로의 광손실을 더욱 작게 하기 위하여 인이 3.7% 첨가된 실리카 박막을 덮개층(clad)으로 3 $\mu$ m로 증착한 도파로의 단면구조는 사진 4와 같고, 이때 광도파 손실은  $\lambda=1.3\mu$ m에서 2.6dB/cm,  $\lambda=1.55\mu$ m인 경우 3.9dB/cm 이었다.

위의 결과에 의해 열처리하는 박막의 표면상태를 균일하게 하여 식각 등에 의하여 생기는 거칠음에 의한 광산란을 제거해주어 광손실을 낮출 수 있었으며 도파로의 손실을 낮추기 위해서는 1000 $^{\circ}$ C 부근에서의 flow가 효과적임을 알 수 있었다.

한편 광도파로 코어에 도파되는 모드는 end-fire coupling 방법을 사용하여 도파로 끝단에서 near field pattern을 관찰한 결과 사진 5와 같이 단일모드

로 도파됨을 관찰할 수 있었다.

VI-2 V-groove 제작특성

그림 2는 온도에 따른 실리콘의 에칭속도를 나타낸 것으로서 온도를 높이면 높일수록 에칭속도는 빨라지나 실리콘 (100)면의 에칭상태가 거칠게 나타났으며 75 $^{\circ}$ C로 일정하게 유지하여 에칭 하였을 때 가장 양호하게 제작되었다. 이때 식각은 실리콘 (100)방향으로 약 0.5 $\mu$ m/min, 실리콘 (111)방향으로는 약 8 $\text{\AA}$ /min 식각속도를 보였으며, 이와같은 조건에서 V-groove를 제작하였다. 제작된 V-groove는 사진 6과 같고 이때 에칭각도는 54 $^{\circ}$ 이었으며 폭은 150 $\mu$ m, 깊이는 70 $\mu$ m이었다. V-

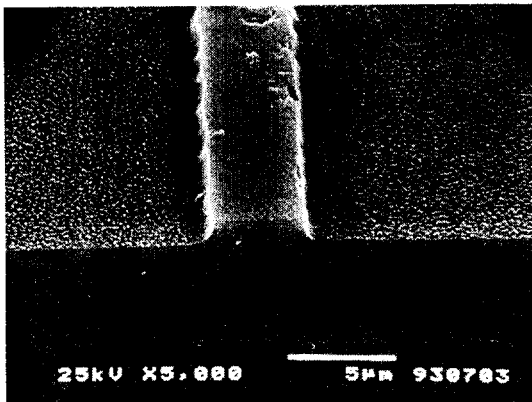


사진 2. flow 전의 도파로 단면  
Photo 2. A cross section of waveguide before flow

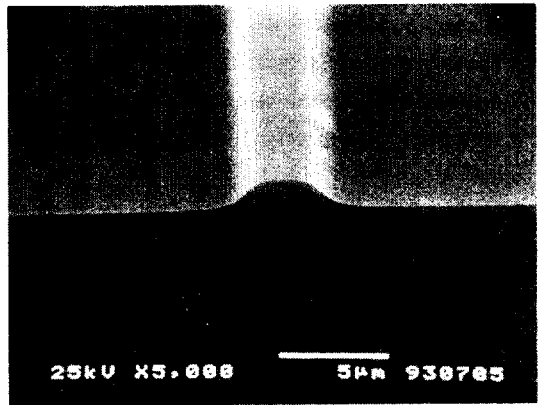


사진 3. flow 후의 도파로 단면  
Photo 3. A cross section of waveguide after flow

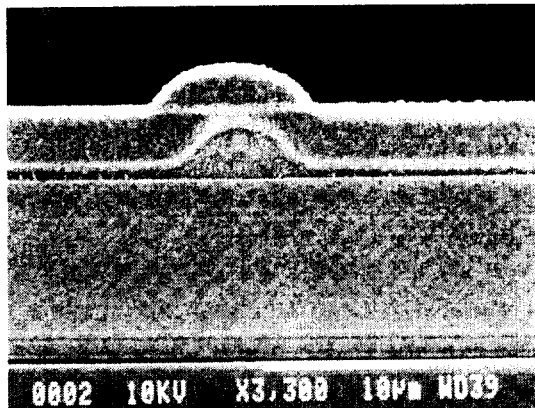


사진 4. 클래드층을 증착한 도파로 단면  
Photo 4. A cross section of waveguide deposited the clad layer

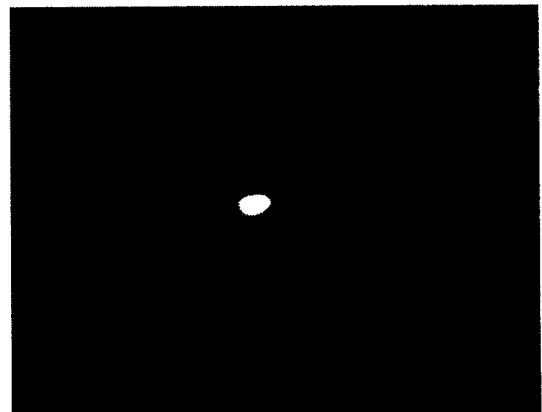


사진 5. 광도파로 코어에 도파되는 모드  
Photo 5. The guiding mode into core of optical waveguide

groove의 에칭각도는 54.74°로 알려졌으나 폭과 깊이  
에 따라 약간씩 변화됨을 알 수 있었으며 에칭시간이 경  
과됨에 따라 폭이 넓어짐을 알 수 있었다.

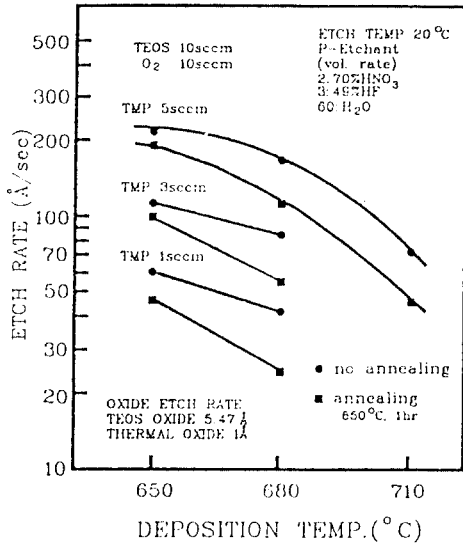


그림 2. 온도에 따른 Si의 식각률 변화  
Fig. 2. The etching rate variation of Si with temperature

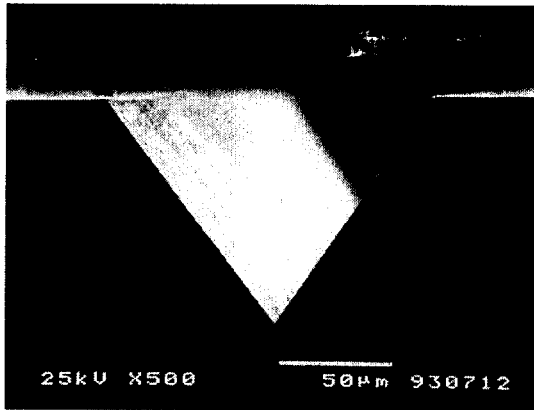


사진 6. Si 기판에 제작된 V-groove 단면  
Photo 6. A cross section of V-groove fabricated on Si substrate

### VI-3 광도파로와 광섬유와의 결합 특성

광섬유의 입력단에 가시광인 He-Ne 레이저 광을 입  
사시켜 제작된 도파로 입력단에 최대한 광이 집중되도록  
광도파로와 광섬유 단면을 x, y, z stage를 이용하여 접

촉제(UV curing epoxy)에 의해 결합하였다. 접착제  
는 Hg-lamp( $\lambda=3250\text{Å}$ ) 187W에서 노광시켰을 때 20  
초 후에 굳어졌으나 견고하게 굳어지기에는 5분이 소요  
되었다.

광섬유에 지지대를 사용하지 않고 광도파로와 직접 결  
합하였을 경우 짧은 시간에 정렬할 수 있다는 장점은 있  
으나 접착제를 도포하였을 때 광도파로와 광섬유의 정렬  
이 어긋나 손실이 크게 변화되었으며 부착된 광섬유가 잘  
접착되지 않았다. 결합손실은 초기에 1.3dB 파장에서  
1.2dB이었으나 접착제를 이용하여 고정하는 경우 견고  
해지기 까지의 시간에 따라 손실이 9dB이상으로 증가함  
을 알 수 있었다. 이는 접착제를 도포할 경우 광섬유를  
지지할 수 없기 때문에 광섬유가 아래로 처지거나 어긋  
남이 발생하여 점성도에 따라 굳어지면서 광섬유와 도파  
로와의 오차가 생기기 때문이라 생각된다.

제작한 V-groove에 단일모드 광섬유(10/125)를 고정  
시키고 광도파로의 입력단에 결합한 후 X, Y, Z stage를  
이동하여 정확하게 정렬한 다음 접착제로 고정하였으며  
출력단에서의 손실을 0dB에 가깝게 하기 위하여 다중모  
드 광섬유(50/125)를 사용하여 결합하였을 때 결합손실  
은 초기에 1.3dB 파장에서 1.0dB이었으며 시간이 경과  
한 후에는 1.2dB, 1.55µm 파장에서는 1.6dB로 나타나  
V-groove를 광섬유 지지대로 사용하였을 때가 사용하지  
않을 때 보다 결합 손실이 안정되고 적음을 알 수 있었  
다. 사진 7은 광섬유를 V-groove에 고정한 단면사진이  
며 사진 8은 광섬유를 V-groove에 고정한 후 지지대로  
사용하여 광도파로와 결합하였을 때의 표면사진이다.

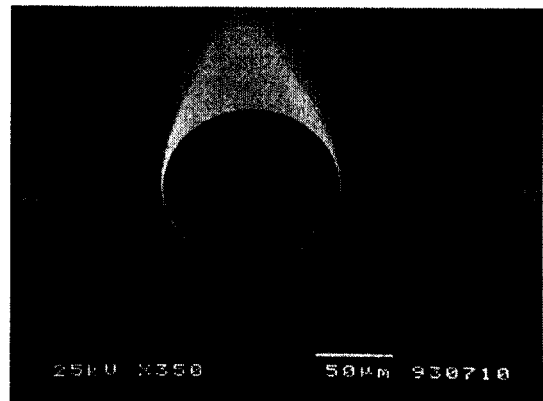


사진 7. V-groove에 의해 지지된 광섬유 단면  
Photo 7. A cross section of optical fiber upheld by V-groove



사진 8. V-groove에 광섬유를 고정시킨 후 도파로의 결합한 표면  
Photo 8. The surface coupling with waveguide after optical fiber fixed on V-groove

## Ⅶ. 결 론

액상유기 재료인 TEOS, TMP를 이용하여 LPCVD 법으로 실리콘 기판위에 PSG 도파박막을 제작하였으며, 광섬유 지지대로 사용하기 위해 폭 150 $\mu$ m, 깊이 70 $\mu$ m인 V-groove를 제작한 후 광도파로와 광섬유를 결합하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

실리콘을 기판으로 사용하여 LPCVD 방법에 의해 PSG박막을 제작한 후 Laser lithography 방법을 이용하여 Cr마스크를 제작하고, Photo lithography 방법에 의하여 도파로 pattern을 제작한 후 RIE 공정에 의해 제작된 Rib형 광도파로의 도파손실은  $\lambda=1.3\mu$ m에서는 3.5dB,  $\lambda=1.55\mu$ m에서는 4.9dB이었으며, 광도파로의 손실을 작게하기 위하여 실리콘 너트형 진기로 1000 $^{\circ}$ C에서 10분간 flow하여 제작하고자 한 반원형 도파로를 제작한 후의 광도파로의 도파손실은  $\lambda=1.3\mu$ m에서는 2.9dB,  $\lambda=1.55\mu$ m에서는 4.1dB이었다.

한편 1000 $^{\circ}$ C에서 10분 동안 flow한 후 인이 3.7% 첨가된 실리카 박막을 덮개층(clad)으로 3 $\mu$ m로 증착한 광도파로의 도파손실은  $\lambda=1.3\mu$ m에서는 2.6dB,  $\lambda=1.55\mu$ m에서는 3.9dB이었으며, 광도파로 코어에 도파되는 모드는 end-fire coupling 방법을 사용하여 도파로 끝단에서 near field pattern을 관찰한 결과 단일모드로 도파됨을 알 수 있었다.

광섬유를 고정하지 않고 도파로와 직접 접촉할 경우 결합손실은 초기에 1.2dB이었으나 접촉체가 견고해진 후에는 9dB로 크게 증가하였으며 광섬유를 V-groove

에 고정하고 접촉할 경우 초기에 1.0dB이었으며 접촉체가 견고해진 후에는 1.2dB로 측정되어 V-groove를 광섬유 지지대로 사용하여 결합할 경우 결합손실을 많이 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다.

\* 본 연구는 1993년도 산학협동재단 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. R.C.Alferness, R.V.Schmidt, and E.HTurner, "Characteristics of Ti-Indiffused Lithium Niobate Optical Directional Coupler" Appl. Optics, Vol. 18, pp.4012, 1979.
2. S.K.korottky G.Einstein, R.S.Tucker, J.J.Veselka, and G.Raybon, "Optical Intensity Modulation to 40GHz using a waveguide electro optic Modulator," Appl. phy. Latt, Vol.50, pp. 1603, 1987.
3. Haruna, M. and J.Koyama, "Thermooption deflection and swithing in glass", Appl. Opt., Vol.21, pp.3461-3465, 1982.
4. L.D.Hutcheson, "Integrated Optical circuits and components", New York, pp1, 1987.
5. R. C. Alferness, "Optical Guided-Wave Devices," Science 234, 25-829, 1986.
6. T.L.KoCh and U.Korean, "Semiconductor Photonic Integrated Circuits," IEEE J. of Quantum Electronics, QE-27.(3), pp641-653, 1991
7. K. Himura, H. Inous, K. Ishida and H. Mastsumura, Apply Phys. Latt., Vol.47, pp.186, 1988.
8. S. Y. Wang, J. Lightwave Tech., Vol.47, pp.186, 1988.
9. C. H. Henry, R. F. Kazarinov, H. J. Lee, K. J. Lee, K. J. Orlowsky, and L.E. Katz, Low loss Si3N4-SiO2 Optical waveguide on Si, Appl. Optics., Vol. 26, No. 13, (1987)
10. C. H. Henry, G. E. Blonder, and R. F. Kazarinov, "Glass waveguide on sillicon for

Hybrid optical packaging." IEEE J. of Lightwave Tech., LT-7, (10), pp.1530-1539, 1989.

11. S. Valett, J. P. Jadot, P. Gidon, S. Renard, A.M.Grouillet, H.Denis, P. Philippe, and E.Desgranges, "Si-Based Integrated Optical Technologies," Solid State Tech., pp. 69-75, 1989.
12. Norio Takto, Kaname Jinguji, Mitsuho Yasu, Hiromu Toba, and Masao Kawachi "silica-Based Single-Mode Waveguide on Silicon and their Application to Guide-Wave Optical Interferometers" Journal of Lightwave Technology, Vol.6, No.6, 1988.
13. Won Tien "Optical Waveguide fabricated by preferent etching", Applied Optics, Vol.14, May, 1975.
14. Bean, K.E., "Anisotropic etching of silicon", IEEE Trans. ED-25, pp.1185-1193, 1978.
15. J.T.Boyd and S. Sriram, "Optical coupling from fibers to channel waveguides forms on silicon", Applied Optics, Vol.17, pp.895-898, 1978.
16. Y. Yamada, M.Kawachi, M.Yasu, M. Kobayashi : "Optical fiber coupling to high-silica channel waveguides with fiber-guiding groove", Electron. Lett., 1984, 20, p.313-314
17. D. Gloge, "Offset and tilt loss in optical fiber splices." Bell. Syst. Tech. J., vol. 55, pp. 905-916, 1976.
18. M.S. Stern, "Semivectorial polarized finite difference method for optical waveguides with arbitrary index profiles", IEEE Trans. Microwave Theory Tech. MTT-32, 20-28 (1984)
19. N.Dagli and C.G.Fonstad, "Analysis of rib dielectric waveguides", IEEE J. Quantum Electron, QE-21, 315-321 (1985)
20. M.S. Stern, "Semivectorial polarized finite difference method for optical waveguides with arbitrary index profiles", IEEE Trans. Microwave Theory Tech. MTT-32, 20-28 (1984)
21. N.Dagli and C.G.Fonstad, "Analysis of rib dielectric waveguides", IEEE J. Quantum Electron, QE-21, 315-321 (1985)



**金尙德 (Sang Dug Kim) 정희원**  
 1966년 6월 7일생  
 1992년 2월 : 조선대학교 전자공학과 (공학사)  
 1994년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1994년~현재 : 동아전문대학 전산정보처리과 전임강사

\* 주관심분야 : WDM소자 개발 및 광 상호연결 시스템



**朴秀峰 (Soo Bong Park) 정희원**  
 1954년 2월 20일생  
 1982년 2월 : 조선대학교 공과대학 전자공학과(공학사)  
 1984년 2월 : 건국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1990년 9월~현재 : 조선대학교 대학원 전기공학과(박사과정 수료)

1986년 4월~현재 : 동신대학교 정보통신공학과 교수

\* 주관심분야 : 광통신 및 영상처리





**李 載 圭 (Jae Gyu Lee)**   정회원  
1959년 11월 20일생  
1988년 2월 : 조선대학교 전자공학과  
(공학사)  
1990년 8월 : 조선대학교 대학원 전  
자공학과(공학석사)  
1993년 3월~현재 : 조선대학교 전자  
공학과 박사과정 재학  
중

※ 주관심분야 : 광통신 및 전자재료



**金 鍾 彬 (Jong Bin Kim)**   정회원  
1945년 5월 4일생  
1967년 2월 : 조선대학교 전기공학과  
(공학사)  
1980년 10월 : 건국대학교 대학원 전  
자공학과(공학석사)  
1993년 2월 : 광운대학교 대학원 전  
자재료공학과(공학박  
사)

1994년~현재 : 조선대학교 전자공학과 교수

※ 주관심분야 : 광통신 및 전자재료