

평면 광스플리터와 리본형 광파이버의 정밀 결합을 위한 V-groove연결소자의 제작

정석희 · 서화일[†] · 오현철* · 김영철*

[†]한국기술교육대학교 전기전자공학과, *한국기술교육대학교 신소재공학과

Fabrication of V-groove Device for Precision Coupling of Planar Optical Splitter and Ribbon Optical Fiber

Seok Hee Jeong, Hwa Il Seo[†], Hyun Cheol O* and Young Cheol Kim*

[†]Dept. Of Electrical and Electronic Engineering, Korea University of Technology and education

*Dept.of Material Engineering, Korea University of Technology and education

ABSTRACT

V-groove device was fabricated for precision coupling of planar optical splitter and optical fibers. V-groove was made through select wet etching of Si wafer by using KOH solution. Etching rate and surface roughness were checked, changing KOH composition(10, 20, 30, 33, 40 wt.%) and etching temperature (50, 60, 70, 80°C) to fabricate V-groove device effectively. Etching rate was the fastest as 1.84 $\mu\text{m}/\text{min}$ in case of etching by 20 wt.% KOH on 80°C, surface roughness was the best in case of etching by 33 wt.% KOH on 80°C.

Key Words : V-groove, KOH, Si, Etching

1. 서 론

현대의 정보통신 기술은 사용자의 위치, 시간, 거리 등과 정보의 종류에 관계없이 원활한 상호 소통이 가능하도록 발전되고 있다. 이러한 기술의 실현은 초고속 광대역 통신기술을 바탕으로 하고있으며 무선 통신과 유선 통신이 통합된 정보통신 체계에서 가능하다. 특히 유선 통신의 경우 광섬유를 전송 매체로 하는 초고속 광 통신망이 핵심적인 실현 기술로 이용되고 있으며, 현재 세계적으로 활용되고 있는 국가간 대용량 광전송 기술로부터 향후 가입자 대내(광가입자 전달망)까지 광대역 통신 서비스가 발전될 전망이다 [1]. 광 가입자가 전달망에 의해 가정에 광섬유가 들어오면, 하나의 광섬유에서 나오는 신호를 여러 개의 광섬유로 분배하는 평면 광신호 분리기(optical splitter)의 사용이 요구되고 있다.

평면 광 신호 분리기와 광섬유의 정밀한 접합을 위해서는 정밀한 연결소자가 필요하고, 그것의 한 종류로 V-groove 소자가 이용된다. 대부분의 V-groove 소자는 식각과 lithography기술에 기초MEMS(Micro-electro-mechanical system) 공정으로 제작되며, 기판재료로는 Si 웨이퍼, Glass 등이 사용된다. 웨이퍼를 기판으로 사용하는 경우 V-groove는 Si의 이방성 습식식각에 의해 형성되는 것이 일반적이다[2-4].

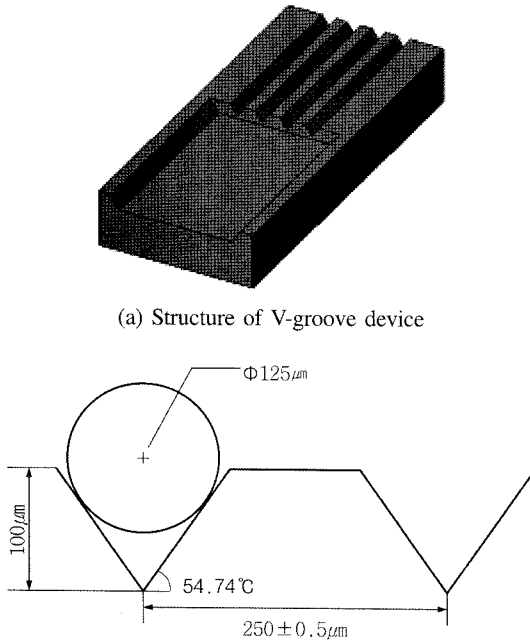
정밀한 V-groove 소자를 제조하기 위해서는 정확한 패터 형성, 낮은 식각 표면조도, 적절한 식각속도 등이 가능한 습식식각의 공정조건을 확립하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 식각용액 농도, 공정 온도 등의 식각공정조건을 변화하면서 V-groove 소자 최적공정조건을 찾고자 노력하였다.

본 논문의 구성은 2절에서 식각 마스크 막의 형성, 식각방법 및 식각 공정 조건, 평가 방법 등 실험 방법을 기술하였고, 3절에서는 제조된 소자의 사진, 공정조건에 따른 식각율, 표면 조도 등 실험결과 및 고찰에 대해 언급하였으며, 마지막으로 5절에서는 연구의 결

[†]E-mail : hiseo@kut.ac.kr

론을 맺었다.

한편 Fig. 1에 본 연구에서 제조할 V-groove 소자의 구조와 V-groove 부분에 광케이블이 놓여진 상태를 나타내었다. 소자는 클래드(Clad)가 놓여질 리본부분과 광케이블 코어가 놓여질 V-groove부분으로 구성된다. 광케이블 코어의 지름은 $125\ \mu\text{m}$ 이고 코어 중심간의 거리는 $250\ \mu\text{m}$ 이다.



(a) Structure of V-groove device

(b) Cross-structure of V-groove for mounting optical fibers

Fig. 1. V-groove device.

2. 실험 방법

먼저 Furnace를 사용하여 4인치 p-type (100) 실리콘 웨이퍼에 $1\ \mu\text{m}$ 정도의 실리콘 산화막 (SiO_2)을 열산화 공정으로 성장시킨다.

제조된 마스크를 이용해 Photolithography 공정을 수행한다. 식각액(Buffered HF)를 이용하여 V-groove 및 리본이 형성될 부분의 실리콘 산화막을 제거한다. 마스크에서 V-groove 패턴은 $140\ \mu\text{m}$ 정도 크기로 open 시켜 놓는데, 식각공정 후 실제 소자에서 V-groove의 open 된 자리는 $150\ \mu\text{m}$ 가 되고 깊이는 $100\ \mu\text{m}$ 이 된다.

KOH 용액의 농도와 온도를 변화시키면서 실리콘 식각 실험을 수행하였다. KOH 87.8%를 탈이온수로 희석하여 KOH 용액을 준비한다. 일정한 온도 유지가 가능한 유리 Bath를 사용하여 10 wt.%에서부터 40

wt.%까지 KOH 조성을 10 wt.%씩 증가시키며 실험한다. 온도는 50°C 에서 80°C 까지 10°C 씩 증가시키며 실험을 수행한다. 실험 온도에 도달한 후 실리콘 웨이퍼를 KOH 수용액에 넣는다.

식각 시간을 15, 30, 40, 50, 60분 단위로 나누어 실험하고, 광학 현미경을 이용해서 식각률을 측정한다. V-groove 소자에서 리본이 들어가는 부분의 표면 조도를 Scanning Probe Microscope으로 측정한다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 웨이퍼 위에 제조된 V-groove 소자들의 사진을 나타낸 것이다.

Fig. 3은 제조된 V-groove 소자의 각 부위를 광학현미경으로 찍은 사진이다. (a)는 V-groove 부분의 단면

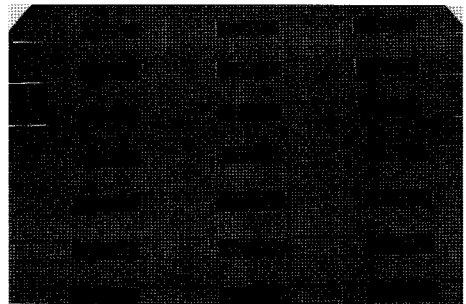
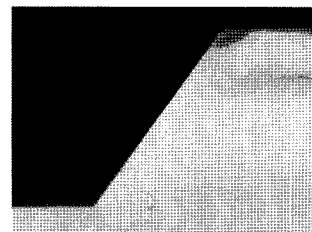


Fig. 2. Fabricated V-groove devices.



(a) Cross sectional (X200) and top view (X50) of V-groove part



(b) Cross sectional view (X200) of ribbon part

Fig. 3. Optical image with each parts of V-groove device.

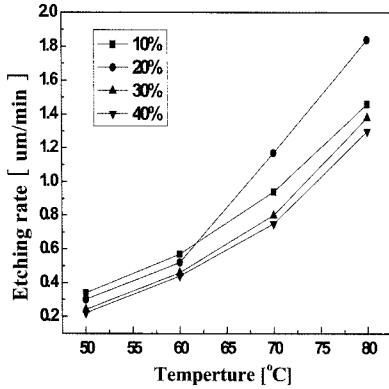


Fig. 4. Variation of the etching rate with KOH concentration.

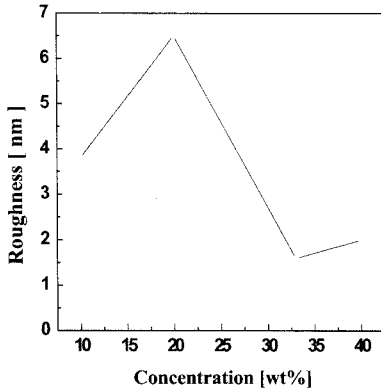


Fig. 5. Variation of the roughness with KOH concentration.

및 평면을 나타내고, (b)는 clad가 놓여질 리본 부분에서 경계부분의 단면을 나타내고 있다. 리본 부분은 코어(core)가 놓여질 V-groove가 생성된 다음에도 식각이 계속되므로 리본의 적절한 높이를 얻기 위해서 시간을 제어하였다. 정밀한 접합을 위해 필요한 리본의 높이는 135 μm이고, 80°C 33 wt.% KOH에서 1시간 33분 식각을 하면 그 높이를 얻을 수 있었다.

Fig. 4는 KOH 온도와 조성에 따른 p-type 실리콘 웨이퍼의 식각률을 보여주고 있다. 80°C에서 20 wt.% KOH를 사용할 경우 실리콘 식각률은 1.84 μm/min로 최고치를 나타냈다. 저온(50°C)일 경우 각 조성의 식각률 차이는 0.3 μm/min부근으로 크지 않았지만, 고온(80°C)으로 갈수록 조성 차이에 의해 20 wt.% KOH의 경우 최대 1.84 μm/min, 40 wt.% KOH의 경우 최소 1.30 μm/min로 변화가 뚜렷해졌다. 하지만 조성의 변화가 식각률과 일정하게 비례하지는 않았다.

일반적으로 식각된 실리콘 표면조도는 식각 속도가

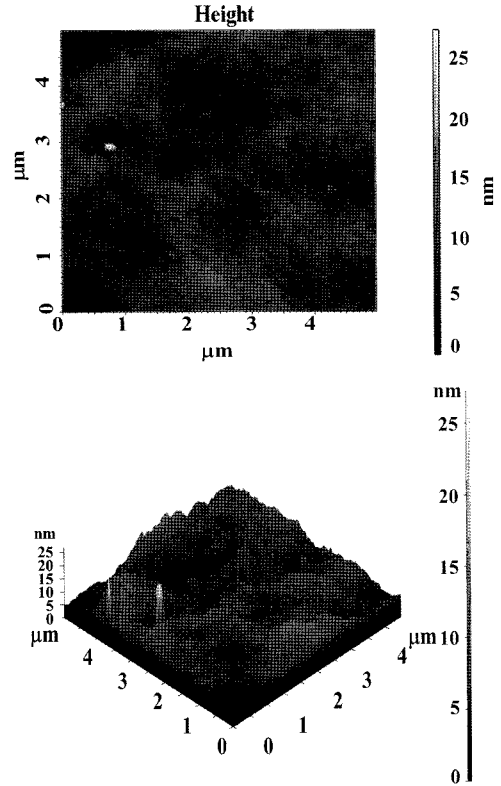


Fig. 6. SPM image of V-groove fabricated using 33 wt.% KOH at 80°C.

빨라짐에 따라 증가한다. 이는 식각시 실리콘 웨이퍼에서 발생하는 수소방울의 양과 수소방울이 웨이퍼에서 떨어지는 속도가 표면 조도에 상당한 영향을 미치기 때문이다[6]. Fig. 5는 80°C에서 KOH 조성 변화에 따른 표면 조도 값을 보여 준다. 20 wt.% KOH를 사용할 경우 표면조도 값이 6.5 nm으로 최대치를 나타내었고, 33 wt.% KOH를 사용할 경우 표면조도 값이 1.6 nm로 가장 낮은 값을 얻을 수 있었다. Fig. 6는 SPM을 사용하여 80°C에서 33 wt.% KOH를 사용하여 식각한 실리콘 표면의 이미지를 보여준다.

4. 결 론

평면 광 신호 분리기와 광 케이블의 정밀결합을 위해 실리콘 V-groove소자를 제작하였다. V-groove를 식각하기 위해 KOH 수용액을 사용하였고, 온도와 조성을 다양하게 변화시켜 (100) 실리콘 웨이퍼의 식각률을 알아 보았다.

온도가 고온으로 갈수록 식각률은 역시 빠르게 증가

함을 알 수 있었다. 하지만 조성의 증가가 식각률의 증가로 이어지지는 않았다. 식각된 표면조도는 식각률이 가장 빨랐던 20 wt.% KOH에서 최대치로 6.5 nm, 33wt.% KOH에서 최소치로 1.6 nm 이었다.

빠른 식각률을 가지며 표면조도의 최소화가 가능한 V-groove 제작을 위해서는 80°C, 33 wt.% KOH를 사용하는 것이 가장 효율적이었다. 그리고 이때 V-groove 제작에 적합한 시간은 1시간 33분이었다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부의 Sol-Gel innovation Project로 부터 연구지원을 받아 수행되었고 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 신상영, 김창민, 박진우, 이경식, 김부균, 채창준, 정영철, 정준, 이병호, "초고속 광통신 기술," 한국통신학회 정보통신기술 총서, vol. 9, pp. 79-104, 1997.
2. J.H. Lee, S.R. Park, S.H. Yang and Y.S. Kim, "Fabrication of a V-groove on the optical fiber connector using a miniaturized machine tool," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 155-156, pp. 1716-1722, 2004.
3. B.Wacogne, Z. Sadani, and T. Gharbi, "Compensation structures for V-grooves connected to square apertures in KOH-etched(100) silicon:theory, simulation and experimentation," *Sensor and Actuators A*, vol. 112, pp. 328-339, 2004.
4. B.Wacogne, R. Zeggari Z.Sadni, and T.Gharbi, "A very simple compwnsation technique for bent V-Grooves in KOH etched (100) silicon when thin structures or deep etching are required," *Sensor and Actuators A*, vol. 126, pp. 264-269, 2006.
5. C.-R.Yanga, P.-Y. Chenb, Y.-C. Chiob and R.-T. Leeb, "Effects of mechanical agitation and surfactant additive on dilicon on silicon anisotropic etching in alkaline KOH solution"*Sensors and Actuators A*, vol. 119, pp. 263-270, 2005.
6. K.Biswas, and S. Kal, "Etch characteristics of KOH, TMAH and dual doped TMAH for bulk mivromachining of silcon," *Microelectronics Journal* pp. 1-7, 2005.