

평면 optical splitter 와 ribbon optical fiber 의 정밀 결합을 위한 실리콘 V-groove 제작

Fabrication of V-groove for precision coupling of planar optical splitter and ribbon optical fiber

오현철, 구은주, 김영철, 서화일*

한국기술교육대학교 신소재공학과, 정보기술공학부*

초록

평면 광 신호 분리기와 광 케이블의 정밀결합을 위하여 V-groove 를 제작하였다. V-groove 는 실리콘 웨이퍼 (100) 면을 KOH 용액으로 선택적 습식 식각하여 제작되었다. V-groove 를 효과적으로 제작하기 위하여 KOH 의 조성 (10, 20, 30, 33, 40 wt%)과 온도 (50, 60, 70, 80 °C)를 변화시켜 식각률과 표면조도를 측정하였다.

식각률은 80°C에서 20 wt.% KOH 로 식각했을 경우 1.84 $\mu\text{m}/\text{min}$ 로 가장 빨랐으며, 표면조도는 80 °C에서 33 wt.% KOH 로 식각했을 경우 1.6nm 로 가장 양호하였다.

1. 서론

현대의 정보통신 기술은 사용자의 위치, 시간, 거리 등과 정보의 종류에 관계없이 원활한 상호 소통이 가능하도록 발전되고 있다. 이러한 기술의 실현은 초고속 광대역 통신기술을 바탕으로 하고 있으며, 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 국간 대용량 광전송 기술로부터 향후 가입자 대내(광가입자 전달망)까지 광대역 통신 서비스가 발전될 전망이다 [1]. 광 가입자 전달망에 의해 가정에 광섬유가 들어오면, 하나의 광섬유에서 나오는 신호를 여러 개의 광섬유로 분배하는 평면 광 신호 분리기 (optical splitter)의 사용이 요구된다. 이 때문에 평면 광 신호 분리기와 광섬유의 접합시 결합손실률을 최소화하기 위한 기술이 연구되고 있다.

평면 광 신호 분리기와 광섬유의 정밀한 접합을 위해서는 정밀한 툴 (tool)이 필요하고, 그것의 한 종류로 V-groove 가 이용된다. 대부분의 V-groove 는 식각과 lithography 기술에 기초한 MEMS 공정으로 제작된다. V-groove 는 실리콘 웨이퍼 (100) 면의 이방성에 의해 선택적으로 식각되며 [2], KOH 수용액을 식각액으로 가장 많이 사용한다 [3]. 클래드 (clad)가 놓아질 리본 부분과 코어가 놓아질 V-groove 의 연결부위는 compensation 구조의 이용이 필요하다 [4]. 실리콘은 식각액의 농도와 온도의 변화에 따라서 표면 조도가 다르게 나타나는데, 표면조도를 향상시키기 위해서 첨가제로 SDS 가 사용되기도 한다 [5].

본 연구는 평면 광 신호 분리기와 광 케이블의 정밀결합을 위한 도구를 만들기 위해 V-groove 를 제작하는 것이다. V-groove 를 제작하기 위해서 KOH 용액으로 (100) 면의 실리콘

웨이퍼를 습식 식각하여 식각률과 표면조도를 측정하였다. KOH 용액 농도 (10, 20, 30, 33, 40 wt%)와 온도 (50, 60, 70, 80 °C)를 변화시키면서 식각하였다.

2. 실험 방법

4 인치 p-type (100) 실리콘 웨이퍼의 이방성 식각 연구를 위해 KOH 수용액을 사용하였다. 우선 실리콘 웨이퍼에 1 μm 정도의 실리콘 산화막 (SiO_2)을 산화공정으로 성장시킨다. Photolithography 공정에 의해서 V-groove 의 패턴을 만든다. 산화막은 식각액 (BOE)를 이용하여 제거하고, 탈이온수로 세척한다.

KOH 용액의 농도와 온도를 변화시키면서 식각 실험을 수행하였다. KOH (순도 87.8%, J. T. Baker, 스웨덴)를 탈이온수로 희석하여 KOH 용액을 준비한다. 일정한 온도 유지가 가능한 가열장치 (hot plate)와 환류기 부착이 가능한 유리 bath 를 사용한다. 10 wt.%에서부터 40 wt.%까지 KOH 조성을 10 wt.%씩 증가시켜가며 실험한다. 온도는 50 °C에서 80 °C까지 10 °C씩 증가시키며 실험을 수행한다. 실험 온도에 도달한 후 실리콘 웨이퍼를 KOH 수용액에 넣는다. 식각 시간을 15, 30, 40, 50, 60 분 단위로 나누어 실험하고, 광학 현미경을 이용해서 식각률을 측정한다. V-groove 기판에서 리본이 들어가는 부분의 표면조도를 SPM(scanning probe microscope)으로 측정한다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 은 V-groove 에 광케이블이 놓여진 상태를 보여준다. 광케이블 코어의 지름은 125 μm 이고 코어 중심간의 거리는 250 μm 이다. Mask 패턴은 140 μm 정도 크기로 open 시켜 놓는다. 식각 후 open 된 자리는 150 μm 가 되고 V-groove 의 깊이는 100 μm 이 된다. Fig. 2 는 V-groove 의 제작 후 각 부위를 광학현미경으로 찍은 사진이다. 광 케이블의 클래드 (clad)가 놓여질 리본 부분은 코어 (core)가 놓여질 V-groove 가 생성된 다음에도 식각이 계속되므로 리본의 적절한 높이를 얻기 위해선 시간을 제어해야 한다. 정밀한 접합을 위해 필요한 리본의 높이는 135 μm 이고, 80 °C 33 wt.% KOH 에서 1시간 33분 식각을 하면 그 높이를 얻을 수 있다.

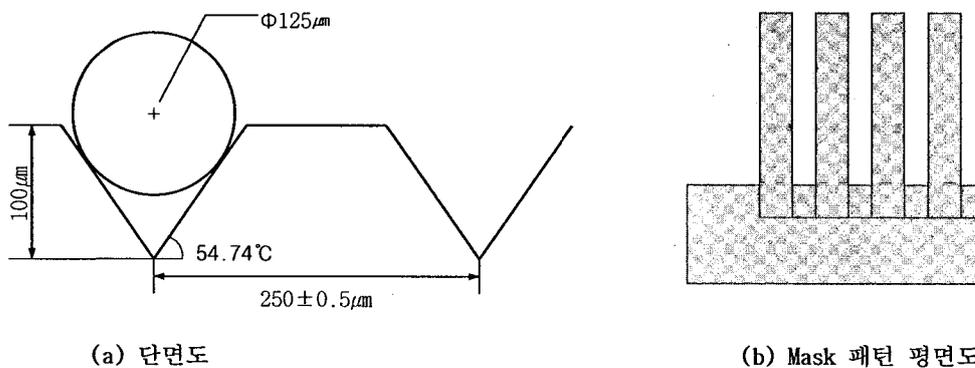


Fig. 1. Cross-structure of V-groove. (a) Sectional view of V-groove. (b) Plane view of mask pattern.

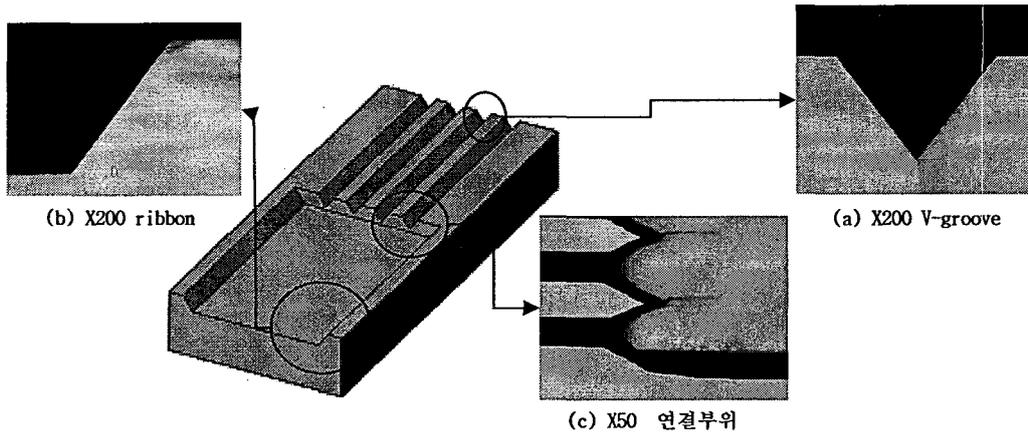


Fig. 2. Optical image with each parts of V-groove (a) Place for a core of optical fiber. (b) Place for a clad of optical fiber. (c) Place of the connection between core and clad.

Fig. 3 은 KOH 온도와 조성에 따른 p-type 실리콘 웨이퍼의 식각률을 보여주고 있다. 80 °C에서 20 wt.% KOH 를 사용할 경우 실리콘 식각률은 1.84 $\mu\text{m}/\text{min}$ 로 최고치를 나타냈다. 저온 (50 °C)일 경우 각 조성의 식각률 차이는 0.3 $\mu\text{m}/\text{min}$ 부근으로 크지 않았지만, 고온 (80 °C)으로 갈수록 조성 차이에 의해 20 wt.% KOH 의 경우 최대 1.84 $\mu\text{m}/\text{min}$, 40 wt.% KOH 의 경우 최소 1.30 $\mu\text{m}/\text{min}$ 로 변화가 뚜렷해 졌다. 하지만 조성의 변화가 식각률과 일정하게 비례하지는 않았다.

일반적으로 식각된 실리콘 표면조도는 식각 속도가 빨라짐에 따라 증가한다. 이는 식각시에 실리콘 웨이퍼에서 발생하는 수소방울의 양과 수소방울이 웨이퍼에서 떨어지는 속도가 표면 조도에 상당한 영향을 미치기 때문이다 [6]. Fig. 4 는 80 °C에서 KOH 조성 변화에 따른 표면 조도 값을 보여 준다. 20 wt.% KOH 를 사용할 경우 표면조도 값이 6.5 nm 으로 최대치를 나타내었고, 33 wt.% KOH 를 사용할 경우 표면조도 값이 1.6 nm 로 가장 낮은 값을 얻을 수 있었다. Fig. 5 는 SPM 을 사용하여 80 °C에서 33 wt.% KOH 를 사용하여 식각한 실리콘 표면의 이미지를 보여준다.

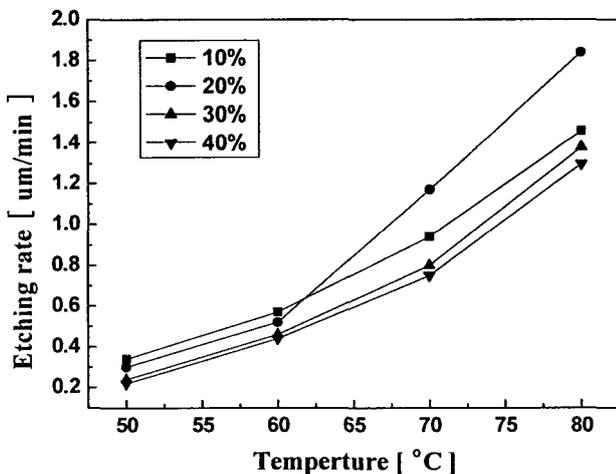


Fig. 3. Variation of the etching rate with KOH concentration.

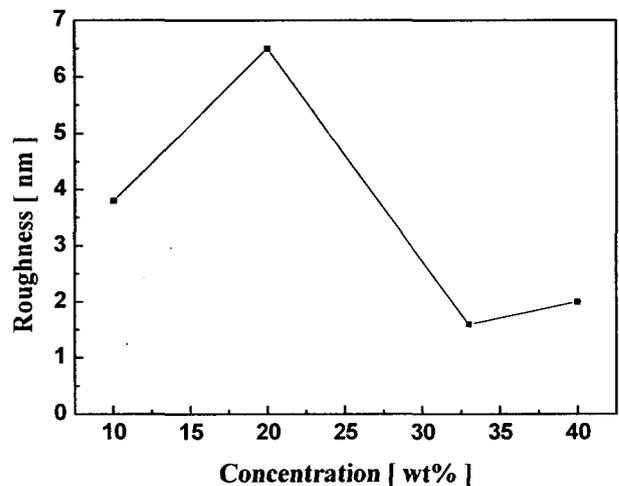


Fig. 4. Variation of the roughness with KOH concentration.

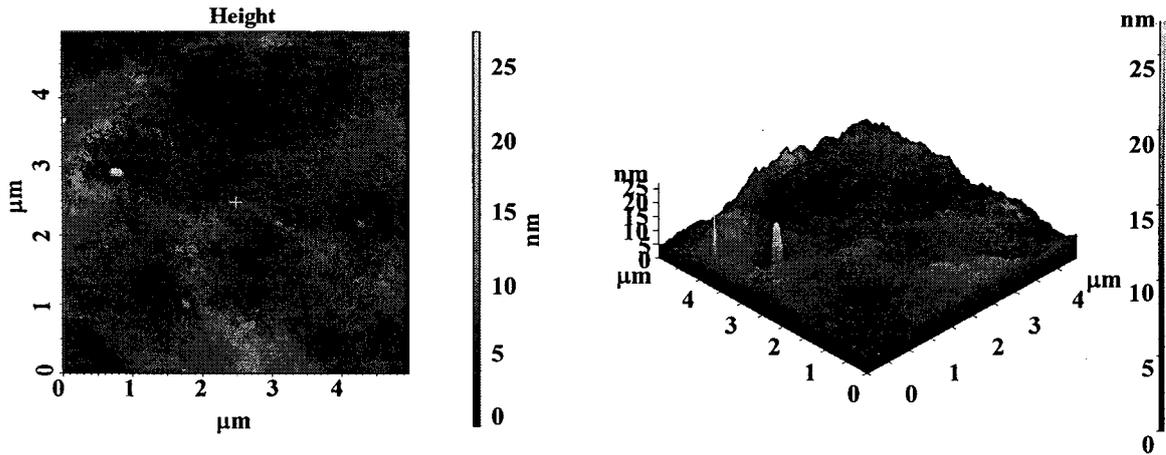


Fig. 5. SPM image of V-groove fabricated in 33 wt.%, KOH at 80 °C.

4. 결론

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

온도가 고온으로 갈수록 식각률 역시 빠르게 증가함을 알 수 있었다. 하지만 조성의 증가가 식각률의 증가로 이어지지 않았다. 식각된 표면조도는 식각률이 가장 빨랐던 20 wt.% KOH 에서 최대치로 6.5nm, 33 wt.% KOH 에서 최소치로 1.6nm 이었다.

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

감사의 글

이 논문은 산업자원부의 Sol-Gel innovation Project 로부터 연구 지원을 받아 수행되었고, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] 신상영, 김창민, 박진우, 이경식, 김부균, 채창준, 정영철, 정준, 이병호, “초고속 광통신 기술,” 한국통신학회 정보통신기술 총서 (1997) 9, 79-104.
- [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 155-156 (2004) 1716-1722.
- [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* 112 (2004) 328-339.
- [4] B. Wacogne, R. Zeggari, Z. Sadani, and T. Gharbi, “A very simple compensation technique for bent V-grooves in KOH etched (100) silicon when thin structures or deep etching are required,” *Sensor and Actuators A* 126 (2006) 264-269.
- [5] C. -R. Yanga, P. -Y. Chenb, Y. -C. Chioub, and R. -T Leeb, “Effects of mechanical agitation and surfactant additive on silicon anisotropic etching in alkaline KOH solution” *Sensors and Actuators A* 119 (2005) 263-270.
- [6] K. Biswas, and S. Kal, “Etch characteristics of KOH, TMAH and dual doped TMAH for bulk micromachining of silicon,” *Microelectronics Journal* (2005) 1-7.