

## TMAH를 이용한 단결정 실리콘의 식각특성

김환영, 조남인

선문대학교 첨단과학기술연구소

336-840 충남 아산시 당정면 갈산리 100

### 1. 서론

마이크로 머시닝 기술을 이용한 서도파일형 적외선 센서를 제작하기 위하여는 적외선 흡수체 구조를 위치시킬수 있는 열차단 성질이 우수한 멤브레인 공정이 선행 되어야 한다. 본 연구는 단결정 실리콘을 적외선 센서의 기판으로 사용하고, 이의 이방성 식각 특성을 조사하여 멤브레인을 만들 수 있는 기술을 알아 보는데 있다. 본 실험에서는 TMAH(tetra methyl ammonium hydroxide)를 식각용액으로 사용하였는데[1], 이는 KOH(potassium hydroxide) 용액에 비하여[2-3] 식각속도 면에서 느린 것으로 알려져 있으나, Si/SiO<sub>2</sub>의 선택식각성이 좋아서 적외선 흡수체 구조를 손상시키지 않는다는 장점이 있다.

### 2. 실험방법

N-type 실리콘 웨이퍼 위에 CVD(chemical vapor deposition)방법으로 SiO<sub>2</sub>막을 5000Å을 적층하고, 적층된 웨이퍼 위에 PR(photo resist) 코팅후 10 $\mu$ m의 선폭을 갖는 마스크 패턴을 Q-2001CT 모델의 mask aligner를 이용하여 4초간 노광 후 상온에서 현상시켰다. 현상이 끝난 웨이퍼는 감광막의 손상을 방지코저 135 $^{\circ}$ C에서 20분간 hard bake 하였다. 이 과정까지 마친 웨이퍼를 1 $\times$ 2 cm의 크기로 조각을 내어 BOE(buffered oxide etchant)를 사용하여 10분간 담그어서 SiO<sub>2</sub>막을 마스크 패턴에 따라 식각했다. 그후 stripping 과정에서 남아있는 PR막을 제거 하였다. 여기에서 남아있는 SiO<sub>2</sub>막은 TMAH 식각액에 대해서 마스크의 역할을 한다.

이방성 식각을 위한 실험장치는 자체 설계 제작하였다. 실험장치는 중탕방식의 항온조, 교반기, 냉각기, 온도계, 온도조절기 등으로 구성되어 있다. 먼저 항온조는 식각액의 온도와 농도를 일정하게 유지 시키며, 교반기는 항온조 뚜껑 위에 장착되어 200rpm의 회전속도로 식각액을 교반시켜 항온조 내의 온도와 농도차이를 고르게 해준다. 냉각기는 실험온도가 고온으로 올라갈 때, 기화된 식각액을 냉각시키므로 항온조 내의 농도를 일정하게 유지 시킨다. 온도계는 중탕기의 오일과 항온조 내의 식각액의 온도차이를 보정해 주는 역할을 함으로써, 정확한 온도를 유지 시켜 준다. 시료는 시료꽂이를 이용하여 수직으로 꽂을수 있게 함으로써 시료 표면과

식각액의 접촉을 원활하게 하였다. 이는 또한 실리콘 표면의 거칠기를 양호하게 해주는 역할도 한다. 식각액의 준비는 25wt% TMAH를 2~15wt%의 농도로 만들고 60~100 $^{\circ}$ C 범위 내에서 온도를 변화 시키며, 식각깊이와 모양을 보기 위하여 시료의 단면을 광학현미경과 주사형 전자현미경(SEM), JEOL 모델 JSM-6400으로 관찰 하였으며 이때 가속전압은 20 kV로 하였다.

### 3. 실험결과

TMAH 식각용액에 의한 (100) 단결정 실리콘의 식각 결과로서 단면 구조는 SiO<sub>2</sub>막이 마스크가 식각된 부분에 대하여 (100) 결정면에 54.7 $^{\circ}$ 의 각도를 이루면서 이방성 식각이 이루어진 형태이며, 식각된 표면의 거칠기가 없어야 한다. 또한 CVD-SiO<sub>2</sub>와의 식각선택성이 커야 적외선흡수기 구조를 보호해야 한다. 실험 결과, 균일한 온도, 용액의 교반방향, 마스크 패턴과 웨이퍼의 결정성 일치 등이 고려되어야 하며, 용액의 농도 및 온도에 따라 크게 변함을 알 수 있었다. 또한 식각된 (100) 면에는 hillock이 발생하였다. Hillock의 발생밀도와 크기는 식각면의 표면 거칠기에 약역향을 미친다. 그림 1은 발생한 hillock의 SEM 결과이다. TMAH 용액을 이용한 단결정 실리콘의 식각속도는 식각액의 농도와 온도의 함수이며 실험결과는 그림 2과 같다. 이 결과를 KOH 용액을 이용한 식각특성인 그림 3과 비교하면[3] 식각속도면에서 큰 차이를 나타내지 않음을 알 수 있다. KOH 양호한 이방성 식각을 구현하기 위하여 식각용액에 의한 (100) 실리콘 단결정은 용액 온도 50~105 $^{\circ}$ C의 범위와 용액농도 20~50 wt% 범위에서 농도가 감소할 수록, 또한 온도가 증가할 수록 식각속도가 커짐을 알 수 있었다. 반면 TMAH 용액에 의한 실리콘 식각속도는 온도는 물론 농도가 증가할수록 증가하는 경향을 보여 주고 있다. 한편 두 식각용액의 CVD-SiO<sub>2</sub>/Si 간의 식각선택도 차이는 뚜렷하게 구분되었다. 즉, KOH 용액에 의한 선택도는 10이하이나, TMAH 용액에 의한 선택도는 1,000을 상회하였다. 그림 4는 TMAH 용액에 의한 실리콘 이방성 식각 후 웨이퍼의 단면 구조를 보여 주고 있는데, 실리콘 깊이가 20 $\mu$ m 식각 되었으나 0.5 $\mu$ m의 실리콘 산화막이 그대로 존재하며 실리콘의 undercut 형태를 나타내고 있다.



그림 1. 2wt%TMAH, 100°C에서 hillock의 SEM사진

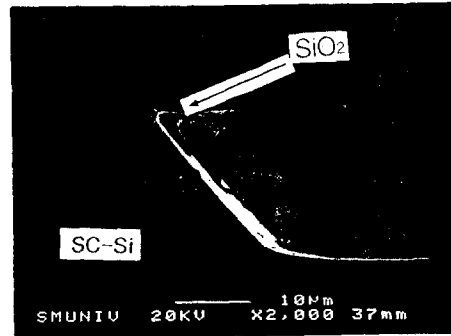


그림 4. TMAH 용액에 의한 실리콘 이방성 식각 후 웨이퍼의 단면 SEM 사진

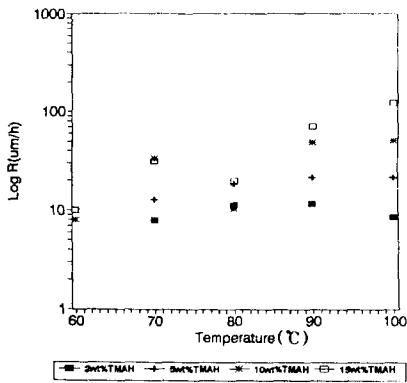


그림 2. TMAH 용액을 이용한 실리콘 단결정의 온도에 대한 농도별 식각속도

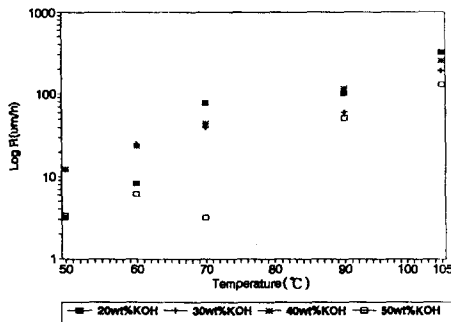


그림 3. KOH 용액을 이용한 실리콘 단결정의 온도에 대한 농도별 식각속도

#### 4. 결 론

이방성 식각을 이용한 멤브레인 제작시, TMAH 용액의 온도와 농도가 식각속도에 영향을 미칠 뿐 아니라, 온도의 균일성, 용액의 교반방향, 마스크의 패턴과 웨이퍼의 결정성 일치 등이 실리콘의 식각모양에 영향을 줄 수 있었다. KOH 용액에 대한 (100)방향의 식각속도는 온도가 증가함에 따라 크게 증가함을 알 수 있으며, 농도가 증가함에 따라 감소하였다. TMAH인 경우, 식각속도는 온도와 농도가 증가 함에 따라 증가함을 보였다. 식각된 (100)면의 거칠기는 양쪽 다 hillock이 발생 하였다. Hillock의 발생 밀도와 크기를 비교해 보면 KOH인 경우, 온도가 증가할수록 현저히 감소하고 농도가 낮아질수록 커지는 것을 보였다. TMAH인 경우, 일정 농도에 대해서 온도가 증가할 때 커짐을 알 수 있다. TMAH 용액은 Si/SiO<sub>2</sub>의 selectivity가 크기 때문에 SiO<sub>2</sub> 막을 마스크로서 이용할 때 유리하다.

#### 감사의 글

본 논문은 정보통신연구관리단 "대학기초연구지원사업"의 지원에 의한 것입니다.

#### 참고문헌

1. Ljubisa Ristic, *Sensor Technology and Devices* (Artech House, Boston & London, 1994) pp. 49-93.
2. H. Seidel, L. Csopregi, A. Heuberger and H. Baumgartel, *J. Electrochem. Soc.* **137**, 3612 (1990)
3. 김환영, 천인호, 김창교, 조남인, *결정성장학회지*, **7**, 449 (1997)