

## 단결정 실리콘의 이방성 습식식각

조남인\*, 김민철\*, 강찬민\*

\*선문대학교 전자정보통신공학부

### 초 록

단결정 실리콘의 이방성 습식식각을 위하여 KOH 용액을 사용하여 식각 특성을 관찰하였다. 식각율은 식각액의 온도와 농도에 따라 변하는 것이 관찰되었으며, 패턴 형성 방향과 식각액의 농도에 따라 식각 형태가 다름도 알 수 있었다. 식각용액의 농도 20wt% 이고 식각 시의 온도가 80 °C 이상에서는 알파벳 "U" 자 모양의 형태로 식각이 이루어지고, 그 이하의 온도와 농도에서는 "V" 자 모양의 식각 형태가 이루어졌다

### 1. 서론

반도체 장비는 점차 기능이 다양해지고 따라서 미세부품의 사용이 증가하고 있다. 이러한 추세에 따라 반도체 장비의 부품을 제조함에 있어 신뢰성과 기능성 증가를 위하여 마이크로 머시닝 기술이 이용됨으로써 해결될 수 있다[1-3]. 마이크로머시닝 기술은 21 세기 정보화시대에 필요한 핵심 기술로 부각되고 있는데, 이 기술은 반도체집적회로 제조기술을 이용하여 각종 센서 및 기계부품을 초소형으로 제작함으로써 시스템을 간단화 함은 물론 기능 다양화를 이룰수 있기 때문이다. 마이크로 머신 기술은 크게 덩어리 (Bulk) 마이크로 머신과 표면 (Surface) 마이크로 머신으로 나누어진다[4,5]. Bulk 마이크로 머신 재료로는 일반적으로 실리콘을 사용하며, 사진 식각 기술, 다결정 실리콘 형성 기술, 습식 및 건식 식각 기술, 산화막 형성 기술 등을 이용하여 3 차원 구조물을 만든다. 식각기술은 보통 건식과 습식 식각을 이용하는데, 건식식각은 증착된 박막을 식각할 경우와 미세한 구조물을 만들 때 쓰인다. 습식식각을 위한 식각액으로는 Ethylene diamine pyrocatechol[4], Potassium hydroxide[4], Potassium hydroxide isopropylalcohol[5], tetramethyl ammonium hydroxide[4], Cesium hydroxide[5] 등이 개발되었으며, 일반적으로 Potassium hydroxide (KOH) 용액이 주로 사용되고 있다. 실험에서는 Bulk 마이크로 머신 기술을 이용하여 KOH 용액의 이방성 습식식각으로 각 용액의 온도와 농도에 대한 단결정 실리콘의 식각률과 패턴 형성에 따른 식각특성을 조사하였다.

### 2. 실험 방법

단결정 실리콘의 이방성 습식식각의 특성을 알기 위한 첫 단계로서 4 인치 직경의 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용하여 습식산화 방법으로 SiO<sub>2</sub> 막을 성장시켰다. 마스크 패턴은 KOH 용액의 실험에서는 웨이퍼의 주된 컷에 대해 대하여 45° 방향으로 패턴을 형성하였고, 10 μm의 마스크 패턴을 이용하여 SiO<sub>2</sub> 막을 사진 식각하였다. 감광액 코팅 후에는 대류식 오븐을 이용하여 90°C에서 10 분정도 Soft Bake 를 했는데 이 과정은 코팅후의 잔존하는 용매를 증발시키고

감광액과 웨이퍼 사이의 접촉을 증대시킨다. Quintel 사 Q-2001CT 모델의 Mask Aligner 를 사용하여 노광후 현상액을 상온에서 원액 그대로 사용하여 1 분 동안 현상시켰다. 현상이 끝난 후 웨이퍼는 감광막의 손상을 방지하기 위하여 120 ℃에서 10 분간 Bake 시킨다. 이 과정에서 준비된 웨이퍼를 0.5× 0.5cm 크기로 시료를 준비 한 후 시료를 Buffered Oxide Etchant (BOE) 용액에 담그어서 SiO<sub>2</sub> 막을 마스크 패턴에 따라 식각하였다. 그 후 PPS-100N Stripper 를 이용하여 감광막을 제거하였다. 여기서 실리콘 웨이퍼 상에 남아 있는 SiO<sub>2</sub> 층은 KOH 용액에 대하여 마스크 역할을 하게 된다. 이방성 식각에서 식각액의 온도와 농도를 일정하게 유지하기 위하여 항온조 중탕 방식을 채택하였고, 항온조는 전기 히터와 온도 조절기를 이용하여 상온에서 200℃ 범위에서 온도를 일정하게 유지시킬 수 있다. 항온조 머리 부분에는 냉각기, 온도계가 설치되는데, 냉각기는 실험 온도가 고온일 경우에 기체화한 식각액을 냉각시켜 줌으로써 농도를 균일하게 유지하게 한다. 또한 온도계는 중탕기와 항온조 내의 식각액의 온도 차이를 보정해주는 역할을 함으로써 정확한 온도를 유지할 수 있다. 식각액 용액은 80% KOH 를 DI water 에 용해시켜서 10 ~ 30 wt% 농도의 식각액을 만들어 60℃ ~ 90℃ 온도범위에서 변화시켰다.

### 3. 실험결과 및 고찰

KOH 용액에 의한 단결정 실리콘 습식식각 실험결과에 의하면 그림 1 에서 보는 바와 같이 농도에 관계없이 온도가 올라 갈수록 식각율이 증가하였으며, 식각 바닥면의 거칠기는 온도와 농도가 낮아질수록 거칠어지는 경향을 보였다.

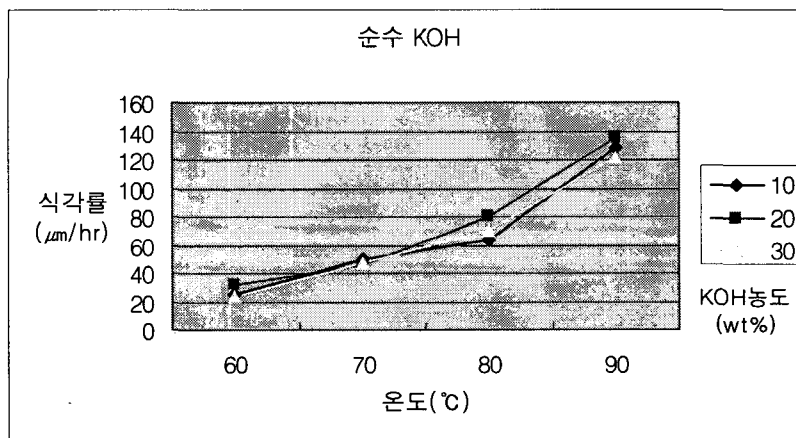


그림 1. KOH 농도와 온도에 따른 식각 그래프

이 실험 결과는 이론치와 비교될 수 있는데,  $R = k_0 [H_2O]^4 [KOH]^{1/4} e^{-E_a/kT}$  의 알려진 관계식에 의하여 계산하면 그림 2 와 같다. 이로써 이론치는 그림 1 과 유사한 경향을 보이고 있음이 확인되었다. 이때 이론치의 Fitting 변수에 의한 값은 <100> 표면에 의한  $E_a = 0.595eV$ ,  $k_0 = 2840 \mu m/h \square (mol/liter)^{4.25}$  로 하였다[6]. 그림 1 에서 보는 바와 같이 KOH 에서 식각율 차이는 거의 없지만 바닥 면의 거칠기는 온도가 올라갈수록 20wt%보다는 30wt%에서 양호한 결과를 보였다. 식각 형태를 관찰하기 위하여 KOH 농도와 각 온도에 대한 식각 형태를 조사하였다. 식각 형태는 20wt%, 70℃ 이하에서는 알파벳 "V" 자 모양의 형태의 식각 형태를 보였고, 20wt%, 80℃ 이상에서는 "U" 자 모양의 형태로 식각 형태를 보였다. 그 원인은 마스크패턴을 primary

flat 을 기준으로 45° 기울여 패턴을 형성하였으므로 식각율이 <110>이 <100> 보다 빠르기 때문이다.

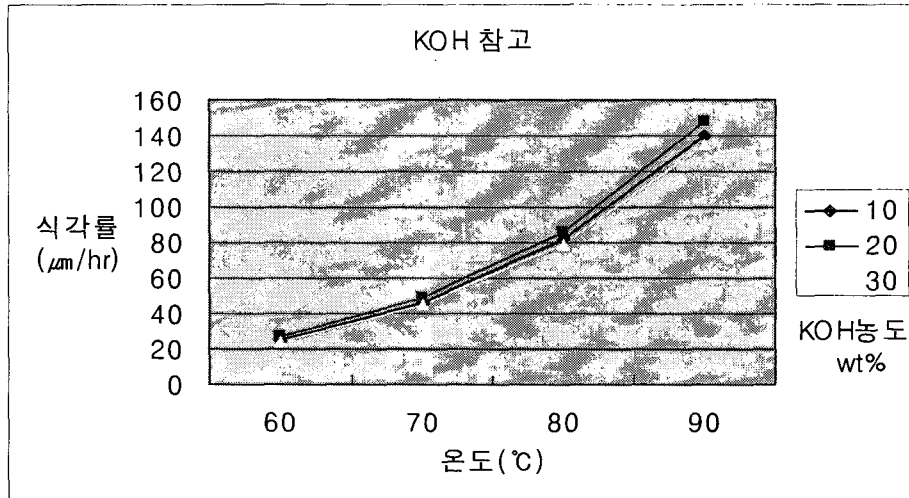


그림 2. 이론치에 의한 습식식각 특성[6]

#### 4. 요약

반도체 장비의 기능성과 신뢰성을 높이기 위하여 부품의 제조기술은 점차 마이크로 머시닝기술을 요구하고 있다. 이의 기본 공정인 단결정 실리콘의 형태를 만들기 위해 KOH 용액으로 이방성 습식식각 실험을 수행하였다. 양호한 이방성 식각을 구현하기 위해서 KOH 용액을 사용하여 각 식각액의 식각 특성을 확인하였으며, 그 결과 식각액의 온도와 농도, 마스크 패턴과 웨이퍼의 결정성의 일치 등을 고려해야 하며, 식각 속도는 KOH 의 농도 및 온도에 따라 크게 변함을 알 수 있었다. KOH 용액은 30wt% 80 ~ 90°C 온도 범위에서 가장 좋은 특성을 나타냈다. 식각 형태는 수직인 형태를 보였으며, 바닥이 거칠지 않고 평탄하게 뒹을 알 수 있었다. 또한 그 이하의 농도에서는 <100> 에 대하여 45°의 식각 기울기를 가짐을 알 수 있었다. 이 실험을 통하여 <100> 웨이퍼를 가지고도 KOH 용액의 농도가 높을 때는 수직인 형태를 만들 수 있다는 것을 보였으며, 또한 KOH 용액의 농도가 낮으면 방향성에 따라 45°의 식각 형태를 보였다. 이상의 실험에서 식각용액의 농도 20wt% 이고 식각 시의 온도가 80°C 이상에서는 알파벳 "U" 자 모양의 형태로 식각이 이루어지고, 그 이하의 온도와 농도에서는 "V" 자 모양의 식각 형태가 이루어 짐이 확인되었다.

#### 참고문헌

- [1] S. A. Campbell, The Science and Engineering of Microelectronic Fabrication, 2<sup>nd</sup> Edition, Oxford University Press, New York and Oxford (2001)
- [2] J. S. Lim, Introduction to Semiconductor Manufacturing Equipment, Sungandang, Seoul (2000)
- [3] S.O. Kasap, Principles of Electronic Materials and Devices, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, New York, pp.118, (2002)
- [4] The Magazine of the KITE, Vol. 24, No. 10, (1997)
- [5] L. Ristic, Sensor Technology and Devices, pp. 50 (1994)
- [6] H. Seidel, L. Csepregi, A. Heuberger and H. Baumgartel, J. Electrochem. Soc., Vol. 137, pp. 3612 (1990)