

$N_2H_4-H_2O$ 용액의 최적 식각 조건을 이용한 Si diaphragm의 제작

주 병권, 이 윤희, 김 형근, 오 병환
한국 과학 기술원 개죽 소자 연구실

Fabrication of Si Diaphragm using Optimal Etching Condition
of $N_2H_4-H_2O$ Solution

B.K. Ju, Y.H. Lee, H.G. Kim, M.H. Oh
Sensors & Instrumentations Lab., KAIST

Abstract.

Using the anisotropic etching characteristics of $N_2H_4-H_2O$ solution, Si diaphragm was fabricated for the integrated sensor. The optimal composition and temperature of the solution in Si etching process was established to be 50mol% N_2H_4 in water at $105\pm 2^\circ C$ for both higher etch rate(=2.6 $\mu m/min$) and better surface quality of etched (100) planes. Under the optimal etching condition, the electrochemical etch stop technique was employed to form Si diaphragm for pressure sensor and diaphragm thickness was exactly controlled to $20\pm 2\mu m$.

1. 서 론

단결정 Si의 비등방성 식각 특성 및 응용도에 관하여서는 앞서 발표된 바 있다.¹⁾ 이 글 통하여서 EPW 용액, KOH 수용액, N_2H_4 수용액의 Si 식각에 대해 포괄적으로 다루었으나, N_2H_4 수용액이 기타의 식각 용액에 비해 두 배 이상의 [100]방향으로의 식각율을 가지며 아울러 SiO_2 막이 식각 마스크로 이용될 수 있으므로 Si 센서의 입감 처리

공정이라는 장기적인 안목으로 볼 때 보충적인 연구가 수행될 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 N_2H_4 수용액을 이용한 단결정 Si의 비등방성 식각을 통하여, 기타 수용액들에 비해 N_2H_4 수용액의 사용이 상대적으로 위축되어 온 이유중의 하나인 식각된 표면 상태의 불균일 특성을 고찰하고 높은 식각율과 향상된 표면 균일도를 얻을 수 있는 식각액의 조성비 및 반응 온도를 추출하였으며 이 조건하에서 전기화학적 식각을 수행하여 두께 $20\pm 2\mu m$ 의 Si diaphragm을 제작하였다.

2. 비등방성 식각의 수행

실험용 시편은 두께 500 μm , $\rho=3\Omega cm$ 의 n형 (100) Si wafer상에 3000 \AA 두께의 SiO_2 막을 성장시킨 뒤 1mmx1mm크기의 정사각형 window가 [100] flat에 수직/수평으로 형성된 것으로 이들을 <그림 1(a)>에 나타난 식각 장치내에서 30~150min동안 비등방성 식각하였다. 식각 용액으로는 N_2H_4 의 농도를 20~80mol%, 용액의 온도를 60~115 $^\circ C$ 의 범위내에서 변화시켰다. 식각 결과를 분석하여 보면 일정 온도하에서 N_2H_4 의 농도와 Si 식각율은 50mol% N_2H_4 까지는 비례적으로 증가하나 그 이상의 N_2H_4 농도에서는 오히려 농도가 증가함에 따라 식각율이 감소하는

현상을 보였고 용액의 농도에 대해서는 네 수적으로 비례하였다. 50mol% N₂H₄ 이하의 농도 영역에서 온도에 대한 식각율의 의존도를 <그림 1(b)>에 나타내었는데 50mol% N₂H₄ 수용액의 경우 115°C에서의 Si 식각율은 약 3μm 정도로 EPW 용액이나 KOH 수용액의 경우에 비해 약 2.5배 이상의 큰 값을 보였다.

3. 식각된 <100>면의 표면 상태의 관찰

일반적으로 Si의 비등방성 식각후에 식각 표면에 발생하는 불완전한 식각 현상들로는 etch pit, hillock, concave-convex, wave-shaped texture, unresolved reaction product 등이 있다.²⁾ 특히 N₂H₄-H₂O 용액에 의한 식각시 <그림 2(a), (b)>에 나타난 바와 같이 저온에서는 hillock 현상, 고온에서는 unresolved reaction product의 발생이 심하였는데 이는 비활성적인 식각 반응, atomic reaction이 아닌 Si cluster 형태로의 분해, Si residue의 표면 부착력 강화등에 기인한 것이다.

본 실험에서는 hillock과 unresolved reaction product를 가능한 줄일 수 있는 반응 온도로 105±2°C가 선택되었고 이 온도하에서 이루어진 <100>식각 표면을 <그림 2(c)>에 보였다. <그림 3>은 105±2°C의 일정 온도하에서 N₂H₄의 농도에 대한 식각율의 의존도를 나타낸 것으로 이를 통하여 50mol%, 105±2°C를 최적 식각 조건으로 선택할 수 있었으며 이 때의 식각율은 약 2.6μm/min로 기타 식각 용액들의 2배 이상이였다.

4. 105°C, 50mol% N₂H₄ 수용액하에서의 전기화학적 식각

두께 20μm의 Si diaphragm의 제작을 위해 p형 Si 기판(4 inch, 500μm, 16Ωcm, <100>)

상에 n형 epi-Si층 (20μm, 1.2Ωcm, <100>)을 화학 증기 증착한 뒤 p형 기판의 후면에 3000Å의 SiO₂막을 성장하고 1x1mm의 diaphragm pattern을 photolithography하였으며 n형 epi층상에는 bias용 Cr/Au 전극을 증착하였다. 이 때 식각 마스크인 SiO₂ window의 크기 K는 Si의 결정성에 의거하여 다음과 같이 결정된다.³⁾

$$K = L + \sqrt{2}(D - H)$$

단, L:diaphragm의 한 변의 길이

H:diaphragm의 두께

D:wafer의 두께

준비된 시편을 <그림 4(a)>의 전기화학적 식각 장치내에서 비등방성 식각하였으며 식각 용액은 N₂H₄ 수용액의 최적 조건을 이용하였고 식각 정지용 bias로 +1.0V를 epi-Si상의 금속 전극에 인가하였다. 전기화학적 식각이 진행되는 동안에 관찰된 전류의 파형을 <그림 4(b)>에 나타내었는데, 전류 peak가 발생하는 순간이 n형 epi-Si의 양극 산화에 의해 식각 정지가 일어나는 상태이다.

제작된 diaphragm들을 관찰한 결과, 표면 특성은 Δh(±0.5μm)내에서 균일하였으나 크기 및 두께에 있어서 ±2μm 정도의 오차를 보였는데 이는 [110]방향으로의 미세한 측면 식각, dry thermal oxidation시 n-p interface의 이동등에 기인한 것이라 생각된다. 본 실험을 통하여 제작된 크기 1x1mm, 두께 20μm의 Si diaphragm을 <그림 4(c)>에 나타내었다.

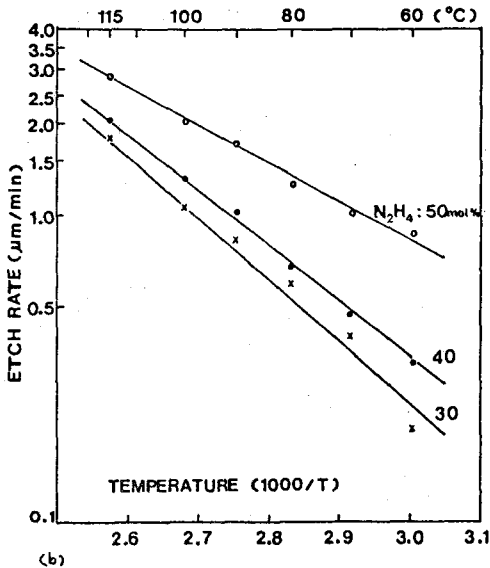
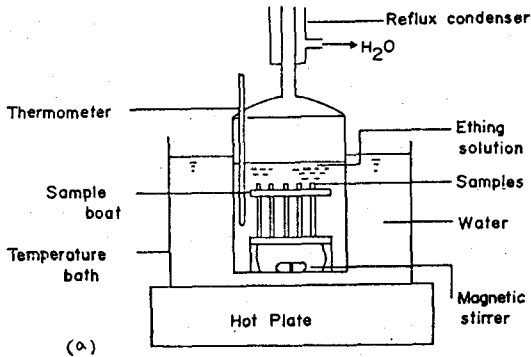
5. 결 론

N₂H₄-H₂O 용액을 이용한 <100> Si 단결정의 비등방성 식각시 식각된 <100>표면에 형성되는 hillock 및 unresolved reaction product를 제거함과 동시에 가능한 높은 식각율을 얻을 수 있는 용액의 조성비 및 반응 온도는 각각 50 mol% N₂H₄, 105±2°C로 선택 되었으며 이때 [100]방향으로의 식각율은 약

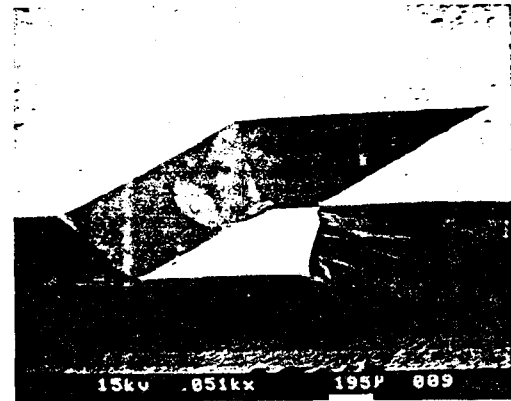
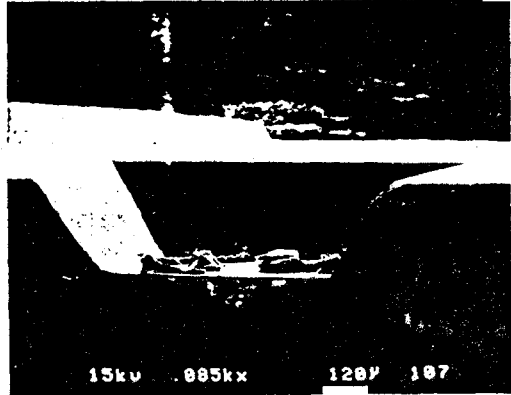
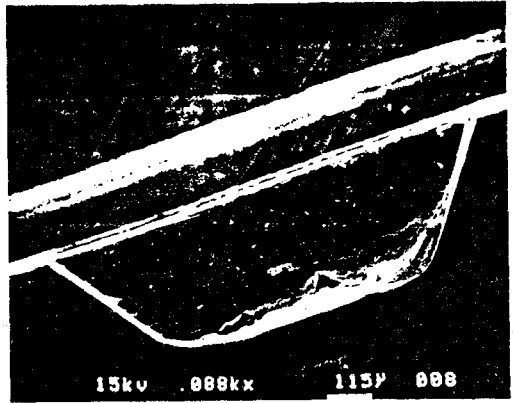
2.6 $\mu\text{m}/\text{min}$ 었다. 이 조건하에서 Si diaphragm의 제작을 위해 전기화학적 식각을 수행한 결과 기타 수용액들에 비해 식각 정지 시점까지의 시간 소모량이 1/2배 이하로 줄어들었으며 완전한 표면 균일도를 갖는 diaphragm의 두께를 $20 \pm 2 \mu\text{m}$ 까지 조절할 수 있었다.

참고 문헌

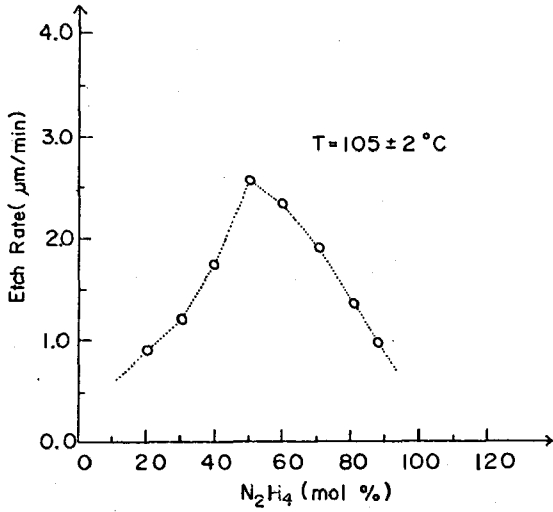
- 1) 주병권의 3인, 전자 및 전기공학의 압동 학술발표회 논문집, 제7권 1호, p.142 (1989. 5)
- 2) 한국과학기술원 연구보고서 BS2E926-3464-4, p.30 (1989)
- 3) E. Bassous et al., J. Electrochemical Soc., Vol. 125, No.8, p1321 (1978)



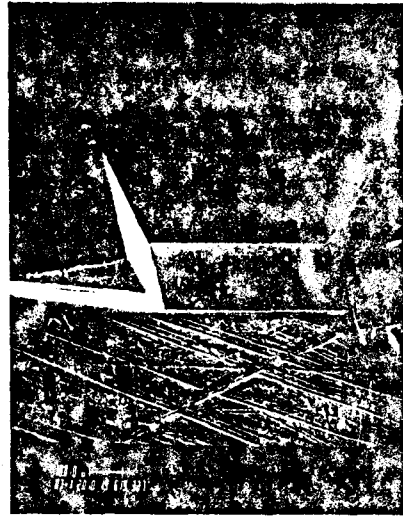
(그림 1) (a) 비등방성 식각 장치도
(b) 식각율의 온도 및 농도의존성



(그림 2) (a) hillock 현상
(b) unresolved reaction product 생성
(c) 불완전한 식각 현상의 제거



(그림 3) 식각액의 농도의존성 (at $105 \pm 2^\circ C$)

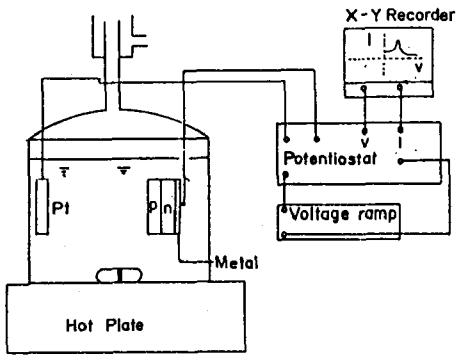


(c)

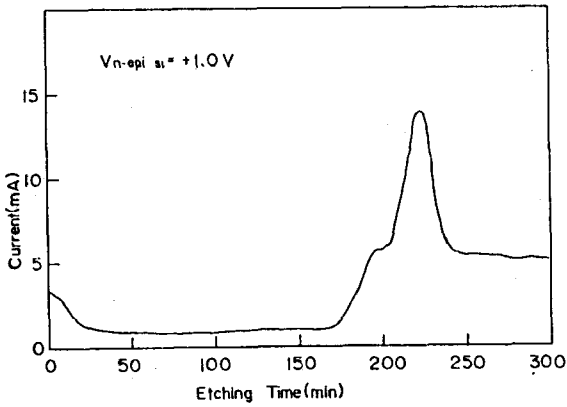
(그림 4) (a) 전기화학적 식각 장치도

(b) 수용액내의 전류 흐름

(c) 제작된 Si diaphragm



(a)



(b)