

(100) 실리콘의 깊은 비등방성 식각시 식각면의 가장자리에 존재하는 불균일성의 짙막한 고찰

주병권 · 하병주* · 김철주* · 오명환 · 차균현**

KIST 이공학연구원,
*서울시립대학교 전자공학과,
**고려대학교 전자공학과

Short Consideration on the Non-Uniformities Existing at the Etched-edges in Deep Anisotropic Etching of(100) Silicon

Byeong-Kwon Ju, Byeoung-Ju Ha* and Chul-Ju Kim*,

Myung-Hwan Oh and Kyun-Hyon Tchah**,

Div. Applied Science and Engineering, KIST

*Dept. Electronic Engineering, Seoul City University

**Dept. Electronic Engineering, Korea University

초 록 (100) 실리콘 기판에 대해 깊은 비등방성 식각을 행한 경우 식각면의 가장자리에 존재하는 불균일성은 식각 계면의 격자결함과 기계적 응력에 의한 것임을 관찰할 수 있었다.

Abstract In deep anisotropic etching of (100)-oriented Si substrate, it could be observed that the non-uniformities existing near the etched-edge were caused by lattice defects and mechanical stress at the etching interface.

1. 실험 방법 및 결과

깊은 비등방성 식각으로 제조된 실리콘 막의 경우 막의 중심부에 비해 가장자리에서 보다 깊은 식각이 발생하여 막의 두께에 불균일한 특성을 부여함을 관찰할 수 있었다. 530 μ m 두께의 4인치 (100) Si 기판에 대해 515 μ m 깊이의 식각을 행하여 크기 1 x 1mm², 두께 15 μ m의 실리콘 막을 제조하였을 때 심한 경우 막의 중심부와 가장자리간의 두께 오차는 5 μ m에 달하게 된다¹⁾.

예를 들어 Fig. 1은 15 μ m 두께의 실리콘 막을 이용한 압저항형 압력센서에 있어서 막의 부위를 투과광을 이용하여 막의 두께 분포를 관찰한 것으로¹⁾ 특히 막의 좌측 및 하단부에서 1.5 ~ 5 μ m에 이르는 두께 편차가 관찰되는데 본 실험에서는 식각 깊이에 따른 식각면 가장자리의 형상을 관찰하여 이의 원



Fig. 1. Transmitted light pattern through thin membrane in piezoresistive-type pressure sensor.

인을 규명하여 보았다.

본 실험에서 사용된 시편은 Fig. 2에 보인 바와 같다. 이를 "F etch"영역내에서 적정시간동안 식각면을 아래로 향한 자세로 비등방성 식각을 행한뒤 Schimmel 용액을 사용하여

식각 결함을 묘사하였다. “F etch” 용액의 실리콘 식각 메카니즘은 A.Reisman등에 의해 보고된 바 있으며²⁾ 그 조성은 “ethylenediamine 900ml + pyrocatechol 288gr + water 288ml + pyrazine 5.40gr”이다. 이 때 식각면을 아래로 향하도록 한 것은 보다 안정된 식각율을 얻기위함이고¹⁾ 식각결함의 묘사를 위한 Schimmel 용액의 조성은 2(HF) : 1(1M CrO₃) : 1.5(H₂O)로 유지하였다³⁾.

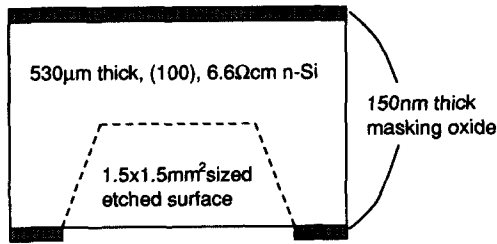
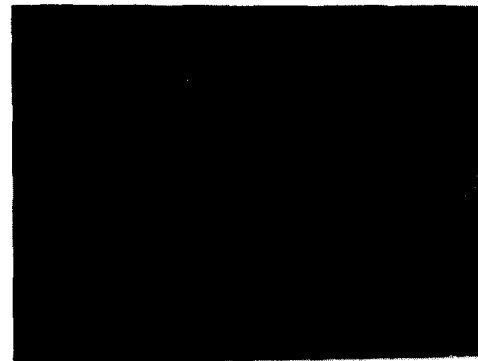


Fig. 2. Sample illustration.

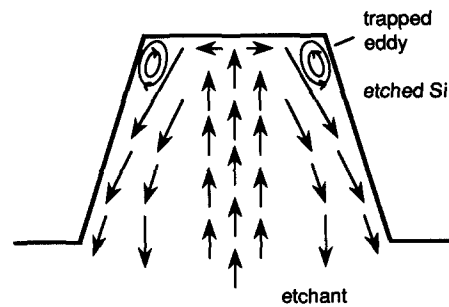
Fig. 3(a)는 120µm 깊이의 식각 후 5분간 Schimmel 용액내에 담근 시편을 관찰한 것이다. 실리콘의 식각작용은 각각의 Si-Si 결합이 산화 및 환원과정을 통해 원자간 단위로 끊어지는 구조로 진행되고 이로 인해 식각표면에는 불완전 결합수(dangling bonds)를 갖는 원자들만 존재하게 된다^{4, 5)}. 따라서 중심부의 많은 결합들은 활발한 식각작용이 일어나고 있음을 보여주고 있다.

반면에 가장자리에서의 식각작용은 식각깊이가 증가함으로써 식각된 구조는 열린 공동(open cavity) 형태를 띄게되고 이러한 공동내에서의 용액의 순환모양이 Fig. 3(b)와 같음을 고려할 때 해석이 가능하게 된다⁶⁾. 즉, 공동의 가장자리에서 포획된 소용돌이꼴의 흐름이 발생하고 이는 용액의 교환을 방해함으로써 원활한 식각이 이루어질 수 없도록 한다.

R.M.Finne등은 이러한 용액의 국부적인 불평형이 존재할 경우 OH⁻ 농도의 변화로 인해, 수화된 실리카(hydrous silica)의 생성이 매우 활발해지고 이때 발행한 격자의 팽창이



(a)



(b)

Fig. 3. (a) 120µm deep etched surface (X50).
(b) Flow patterns in a deep open cavity

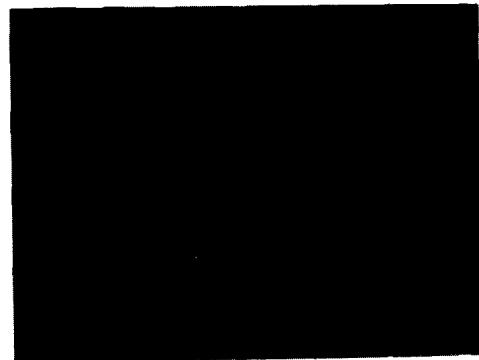


Fig. 4. 200µm deep etched surface (X50)

국부적인 응력을 작용하여 식각율의 부분적인 증가를 초래한다고 보고한 바 있다⁵⁾.

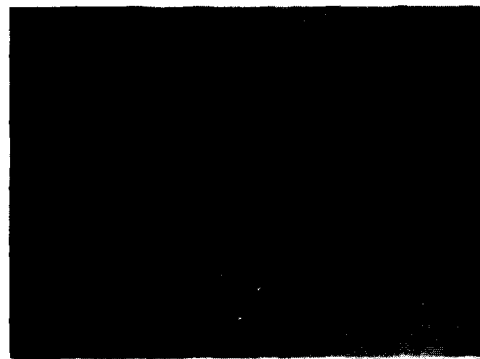
이러한 현상은 Fig. 4를 통하여 입증될 수 있는데 이는 200 μm 정도로 보다 깊은 식각을 행한 다음 Schimmel 용액내에 10분간 담근 뒤 관찰한 모양이다. 특히 가장자리 부근에서 20~60 μm 크기의 결함들이 홀로 혹은 어우러져있음을 확인할 수 있다. 본 실험을 통해서만은 가장자리에 존재하는 실리콘을 확인할 수는 없지만, R.M.Finne등의 결과를⁵⁾ 토대로 하면 이러한 현상은 과잉 실리콘으로 인한 격자 팽창에 의해 발생된 격자결함들로 추측된다.

식각 깊이가 깊어질수록 즉 실리콘 막이 더욱 얇아질수록, 주변의 두꺼운 지지부와 막간의 계면인 식각 가장자리부에 존재하는 기계적인 응력 또한 무시할 수 없게 된다. 즉, 가장자리가 고정된 판에 대한 응력 분포를 고려할 때 실리콘 막에는 압축력(compressive force), 이와 맞닿은 지지부에는 장력(tensile force)이 작용하며 기판의 수직 방향에 대한 총 응력은 영이 된다⁷⁾. 이러한 평형 상태는 막의 두께가 얇아지면서 깨지게 되며 식각 가장자리가 응력 불연속점으로 작용하여 막에 압축력을 인가하는 방향으로 응력이 형성되게 된다^{7, 8)}.

Fig. 5(a)는 기판의 뒷면으로부터 깊은 식각을 통해 10 μm 두께의 실리콘 막을 형성한 후 마스크 산화막을 제거한 다음, 50W의 텅스텐 램프로부터 광을 입사하고 그 투과광을 관찰한 것이다. 특히 막의 하측에 보다 얇은 부분이 존재하게 되며 3분간의 Schimmel 식각 후 이 부분의 가장자리와 모서리를 Nomarski 방법으로 관찰한 결과 각각 Fig. 5 (b) 및 (c)에 보인 바와 같이 가장자리에 압축력과 장력간의 응력 불평형성으로 인해 발생된 매우 불균일한 기계적 손상이 존재함을 확인할 수 있다. 실리콘 막의 두께가 일정치 이하가 되면 이러한 현상이 식각율을 증가시키는 요인으로 작용할 수 있을 것으로 추측되는데 이를 규명하기 위해서는 보완 연구가 필요하다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 5. (a) Transmitted light pattern through a 10 μm thick Si membrane (X50).

(b) Schimmel-etched edge observed by Nomarski method (X200).

(c) Schimmel-etched corner observed by Nomarski method (X400).

2. 결 론

(100) 단결정 실리콘에 대해 깊은 비등방성 식각 후 결함의 묘사를 통하여 얇은 실리콘 막의 제조시 가장자리에 분포하는 두께 불균일성의 발생 메카니즘을 간략히 분석해보았다. 이의 생성원인으로 비활성적인 식각 반응에 의한 격자결함과 막이 얇아질수록 더욱 현저해지는 식각 계면에서의 기계적 응력의 작용을 추측할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) Byeong Kwon Ju et al., Jpn.J.Appl.Phys. 31(11), (1992). (to be published)
- 2) A.Reisman et al., J.Electrochem.Soc., **126** (8), 1406 (1979).
- 3) D.G.Schimmel, et al., J.Electrochem.Soc., **126** (3), 479 (1979).
- 4) E.D.Palik et al., J.Electrochem.Soc., **132** (4), 871 (1985).
- 5) R.M.Finne et al., J.Electrochem.Soc., **114** (9), 965 (1967).
- 6) H.K.Kuiken et al., J.Electrochem.Soc., **130** (8), 1722 (1983).
- 7) S.P.Timoshenko et al., *Theory of Elastic Stability*, 2nd ed., pp.348, McGraw-Hill, York, U.S.A. (1961).
- 8) Xiaoyi Ding et al., Transducers'91, 201 (1991).