

# AFM 기반의 Pulse 전기 화학 가공을 응용한 실리콘 표면의 국부적 산화 및 화학적 특성

## Localized Silicon Surface Oxidation Using Pulsed Electrochemical Processes based on AFM

\*이정민<sup>1</sup>, #박정우<sup>1</sup>, 김선호<sup>1</sup>

\* J. M. Lee<sup>1</sup>, # J. W. Park(jwoopark@chosun.ac.kr)<sup>1</sup>, S. H. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 조선대학교 기계설계공학과

Key words : Electrochemical nano machining, Atomic force microscope, Oxidation, Scanning probe lithography, Nanopatterning, Scanning probe microscope

### 1. 서론

현재 나노 가공 기술 중에 하나인 Scanning probe lithography(SPL)<sup>(1)</sup>는 날카로운 초 미세 탐침과 샘플 사이에 바이어스 전압(bias voltage)을 이용해 측정하는 STM<sup>(2)</sup>과 비전도체 표면을 대기 중에서 탐침을 이용해 측정할 수 있는 AFM<sup>(3)</sup>을 사용하는 리소그래피(lithography) 기술 중의 한가지 방법이다.

본 연구에서는 AFM을 기반으로 하는 기계적 Lithography(Mechanical Nanolithography)가공에 펄스를 사용하여 탐침과 샘플표면 사이에 물 분자의 전기 화학적 반응을 통해 산화막을 생성하는 방법에 대한 메커니즘을 고찰하였다. 따라서 기존의 AFM을 통해 전압만을 이용한 국부적인 나노 산화 방식에 초 단파 펄스를 이용하여 매우 정밀한 산화 구조물을 생성하는 프로세스를 개발하고자 한다.

### 2. 실험과정

본 실험은 Fig. 1 과 같이 기본적으로 가공을 수행하는 AFM (PSIA, XE-100)과 펄스를 공급하는 HP사의 8116A (50MHz, 16V p-p) 펄스 전원 공급기(Pulse generator)를 사용하였고 펄스의 상태를 측정할 수 있는 DSO1024A 오실로스코프(Agilent Technologies, 200MHz, 2G Sa/s)가 기본적으로 구성된다.

실험 시 (100) p-type (Silicon technology corporation, 1~10 $\Omega$ ·cm) 실리콘 웨이퍼를 사용하였고, 쉐넬레버는 샘플의 표면과의 도전성을 위해 Ti-Pt 로 코팅된 NSC36 쉐넬 레버(Mikromasch,

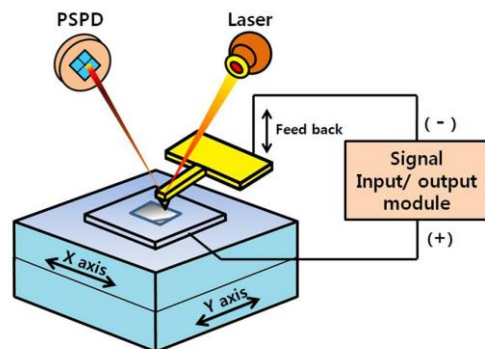


Fig. 1 Scheme of experimental procedure

3.5N/m, 75kHz)를 사용하였다.

실험 전 샘플 세척은 웨이퍼 표면의 무기물 및 유기물을 제거하기 위해 Piranha cleaning(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 1:0.9)을 3 시간 동안 실시한 후 초음파 세척기에서 순수 세척(3 분), 아세톤 세척(3 분), 순수 세척(3 분)순으로 수행하였다. 이후 자연산화 막 제거를 위해 DHF(Diluted Hydrofluoric, 5%)용액에 1 분 동안 침지한 후 흐르는 물에 약 1 분간 세척 하였다. 이 후 초음파를 이용한 순수세척(3 분)과 표면 수분 제거를 위해 10 분간의 자연건조를 실시 하였다.

세척이 끝난 샘플은 표면과 탐침사이에 통전 및 샘플 디스크(Sample disk)에 고정을 위하여 실버 페이스트(Silver paste)를 웨이퍼 주위에 국부적으로 도포하여 접착 후 AFM 샘플 스테이지에 장착 후 습도 75%를 유지한 상태에서 실험을 실시 하였다.

실험은 탐침이 웨이퍼 표면을 이동시 펄스를 인가하였다. 그후 산화물의 생성을 확인한 뒤 묽은 불산(25%)에 10분 동안 침지시킨후 결과를 관찰 하였다.

### 3. 실험결과

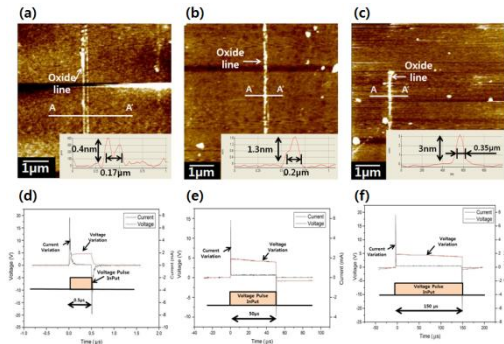


Fig. 2 (a) AFM images of electrochemical oxidation using various pulses 5V, 5 kHz, 500ns (Duty factor 0.25%) Oxide image, (b) 50µs (Duty factor 25%) Oxide image, (c) 150µs (Duty factor 75%), (d), (e), (f) Acquired Pulse signal variation (500ns, 50µs, 150µs)

실험결과 펄스의 변화를 통한 산화물의 생성은 펄스가 0.5µs, 50µs, 150µs 로 증가함에 따라 Fig. 2의 결과처럼 폭 0.17µm, 0.2 µm, 0.35 µm으로 증가하고 높이 또한 0.4nm, 1.3nm, 3nm로 증가하는 것을 확인 할 수가 있었다. 이 생성물들이 실제로 실리콘의 산화를 통해 생성된 물질인지 확인하기 위해 묽은 불산과 산화물의 화학적 반응을 이용해 0.5 µs(Duty factor 0.25%) 생성물을 식각 해본 결과 Fig. 3의 결과와 같이 폭 200nm에 깊이 2nm의 미세한 폭을 발견할 수가 있었다.

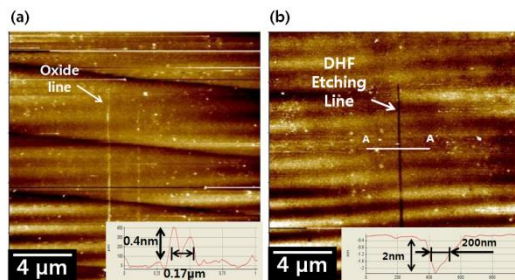


Fig. 3 (a) AFM images of electrochemical oxidation using various pulses 5V, 5 kHz, 500ns, (b) AFM images of Dilute Hydrofluoric acid etching. (500ns)

### 4. 결론

AFM 기반의 실리콘 웨이퍼 표면에 펄스를 이용한 전기화학적 가공을 통한 국부적 산화 구조물 생성에 대한 실험결과 Duty factor 가 증가함에 따라 산화물의 크기 또한 변동됨을 확인 할 수 있었고 묽은불산을 이용한 산화물의 식각 작용을 이용한 미세 그루브를 통해 펄스를 이용한 실리콘 표면상의 전기화학적 반응 실험으로 생성된 구조물이 산화물임을 확인 할 수 있었다. 이 실험 결과 펄스를 통해 정밀한 구조물을 제어 할 수 있는 새로운 파라미터를 제시할 수 있었다.

### 후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (2010-0015241)을 받아 수행된 연구임.

### 참고문헌

1. Dubois,E., and Bubbendor J, "Nanometer scale lithography on silicon, titanium and PMMA resist using scanning probe microscopy," Solid-State Electronics 43, 1085-1089, 1999.
2. Tersoff, J. and Hamann, D. R., "Theory and application for the scanning tunneling microscope," Phys. Rev., Lett. 50, 1998-2001, 1983.
3. Irmer, B., Kehrle,M., Lorenz,H., and Kotthaus, J, "Fabrication of Ti/TiOx tunneling barriers by tapping mode atomic force microscopy induced local oxidation," Appl. Phys. Lett., Vol. 71, No. 12, 22 September 1997.