

SPL기반 펄스 전기화학적 반응을 이용한 다층 산화물 패턴 가공 SPL – based Multi-Layer Patterning by Pulse Electrochemical Nano Oxidation

*이정민¹, #박정우²

*J. M. Lee¹, #J. W. Park(jwoopark@chosun.ac.kr)²

¹조선대학교 일반대학원 첨단부품소재공학과, ²조선대학교 기계설계공학과

Key words : SPL(Scanning Probe Lithography), Pulse Electrochemical, Nano Oxide, Multi –layer Patterning

1. 서론

최근 나노 과학 및 나노 기술이 대두됨에 따라 이러한 연구를 뒷받침할 수 있는 새로운 나노 스케일의 가공방법이 필요하게 되었다. 현재 나노 단위의 가공기술은 이온빔, X-ray, Laser 등 빔을 이용한 기술이 주로 사용되고 있으나 이 기술들은 아직까지 가공 한계의 단점이 있다. 이런 단점을 해결하고자 미소 면적 측정 기기인 SPM (Scanning Probe Microscope)을 이용하여 나노 단위의 가공을 실시해보고자 한다. SPM을 이용한 가공 기술에는 기계적 가공 방식과 전기 화학적 방법이 있다. 본 논문에서는 SPM을 기반으로 전기 화학적 반응은 이용한 SPL(Scanning Probe Lithography)을 실시하였고 기존의 1차원 적인 패턴 가공 방식의 연구결과를 기반으로¹ 산화표면의 중복산화 작용을 통한 다층 구조물을 가공하는 새로운 방식의 3차원 가공법을 찾아 보고자 하였다.

2. 실험방법

본 실험은 SPM 중의 하나인 AFM (PSIA, XE-100)을 사용하였다. 기본적인 전기 화학적 가공 원리로는 Fig. 1 과 같이 단결정 실리콘 웨이퍼인 (100) p-type (Silicon technology corporation, 1 ~ 10 Ω •cm) 표면에 전도성을 가지는 켈틸레버 (NSC18 Ti-Pt, Mikromasch, 3.5 N/m, 75 kHz)를 접촉 시킨 상태에서 외부의 펄스 전원 공급기(HP 8116A, 50 MHz, 16 V p-p)를 이용하였다. 현재 까지 펄스를 이용한 산화물 가공은 점 또는 선 형태의 단순한 가공을 실시했지만 본 실험에서는 면형태의 산화물을 가공 하여 새로운 패턴 방법을 실시 해보고자 하였다.

실험 전 샘플의 세척과정은 피라냐(Piranha cleaning)세척 후 초음파 세척기를 이용해 초 순수세척(3

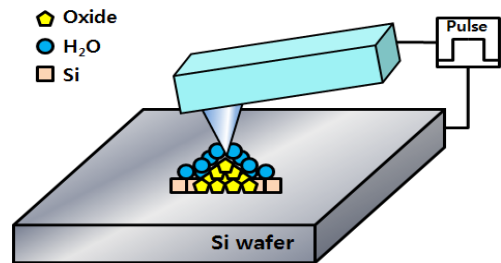


Fig. 1 Principle of pulse electrochemical lithography

분), 아세톤 세척(3분), 초 순수세척(3분), DHF세척(1분30초), 초 순수 세척(3분)을 실시하였다.

이후 표면의 수분을 제거하기 위해 데시게이터를 이용해 표면 건조과정을 수행하였다. 세척 전 웨이퍼 표면상의 결과물 확인을 위해 자체 개발한 PCD (Poly crystalline diamond) 미세 공구를 이용하여 웨이퍼 표면에 사각형 형상을 가공하여 표시하였다.²

건조 후 웨이퍼는 샘플 디스크와의 전도성 접착을 실시하여 전류가 원활하게 흐를 수 있도록 하였다. 이렇게 접착 된 웨이퍼를 AFM에 마운트 시킨 후 산화물 생성이 용이 하도록 AFM 내부 습도를 70%를 유지 하였다. 일정 습도를 유지한 상태에서 탐침을 웨이퍼 표면에 접촉 시킨 상태로 외부의 펄스 전원 공급기를 통해 팁과 웨이퍼 사이에 펄스를 인가 하였다. 실험 시 인가 된 펄스는 8V, 50Hz, 10ms(Duty factor 50%)이다.

탐침은 Fig. 2 와 같이 1차 레이어는 6μm×6μm의 면적으로 레이어 상에 1Hz의 속도로 256픽셀로 가공하였으며, 1차 레이어 상에 동일 조건 하에서 4μm×4μm의 2차 레이어 가공을 실시하였다. 이후 2차 레이어 상에 동일 조건 하에서 2μm×2μm 크기의 사각형 형태로 가공을 하였다.

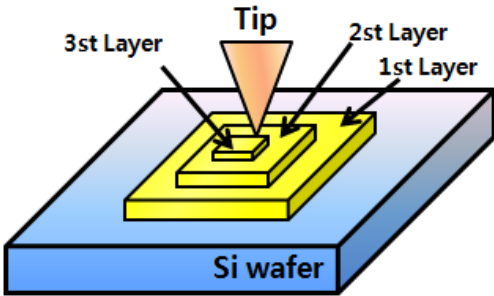


Fig. 2 Electrochemical scanning procedure for multi-layer nano patterning

3. 실험결과

SPL 기법을 이용한 다층 구조의 산화물 가공 결과 Fig. 3 과 같이 3개의 산화층이 생성되어 있음을 발견 할 수 있었다. 각 층의 산화물들은 가공을 실시했던 면적과 유사하며, 순수 실리콘 표면상의 산화물 높이는 1.72nm로 확인 되었으며, 1차 레이어 상에 생성 된 2차 레이어의 경우 산화층의 높이가 1.28nm로 확인되었다. 이는 1차 레이어 생성 시 대부분의 Si 원자가 산화되어 남아있는 소수 Si 원자의 양이 감소되어 산화반응에 장애를 일으킨 것으로 추정된다. 생성 된 산화층의 면적은 가공을 실시 한데로 3개의 중복 된 층을 가지는 산화구조물이 구현 됐지만 3차 레이어의 산화구조물은 다른 레이어들과는 반대로 불규칙적인 산화물 상태를 확인 할 수 있었다. 3차 레이어는 다른 레이어들과 동일한 픽셀 상에서 가공을 했기 때문에 중복가공이 발생되어 일정하지 않은 산화물 층이 생성된 추정된다.

4. 결론

SPL기반 펄스 전기화학적 반응을 이용한 다층 산화물 패턴 가공 실험 결과 3층으로 구성된 다층구조의 산화물 층을 생성 할 수 있었다. 이 실험을 통하여 펄스 전기화학적 반응을 이용한 1차원 적인 산화물 패턴 위에 중첩 가공을 통한 다층 방식의 나노구조물 형성이 가능함을 알 수 있었다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(2012004235)을 받아 수행된 연구임.

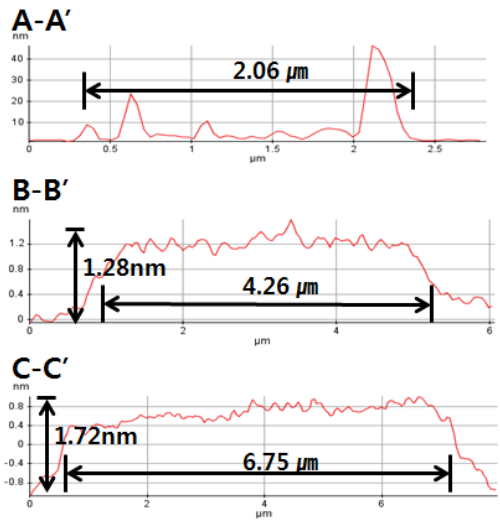
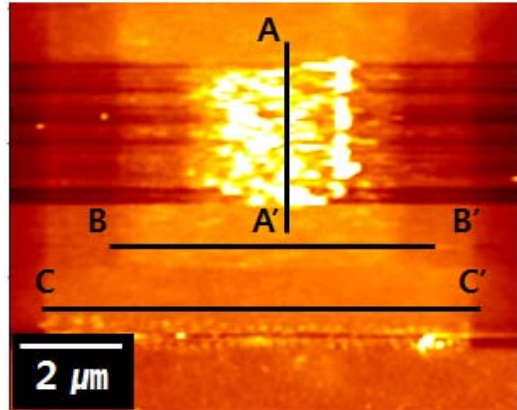


Fig. 3 AFM images of electrochemical oxidation using various pulses 8V, 50Hz, 10ms(Duty factor 50%) multi-layer oxides image

참고문헌

1. 이정민, 김선호, 김택현, 박정우, "비접촉 SPL기법을 이용한 단결정 실리콘 웨이퍼 표면의 극초단파 펄스 전기화학 초정밀 나노가공," 한국생산제조시스템학회지, **20**, 4, 369-515, 2011.
2. Park, J. W., Kawasegi, N., Morita, N. and Lee, D. W., "Tribonanolithography of Silicon in Aqueous Solution based on Atomic Force Microscopy," Applied Physics Letters, **85**, 10, 1766-1768, 2004.