

## 비휘발성 메모리 소자 응용을 위한 블록 공중합체를 이용한 실리콘 나노 구조 제작

정성욱, 김현민, 박대호\*, 손병혁\*\*, 정진철\*, 진왕철\*, I.O.Parm, 이준신  
성균관대학교, 포항공과대학교\*, 서울대학교\*\*

### Fabrication of the Silicon Nano Structure applicable to Non-volatile Memory Device using Block Copolymer

Sungwook Jung, Hyunmin Kim, Dae-Ho Park\*, Byeong-Hyeok Sohn\*\*, Jin Chul Jung\*, Wang Cheol Zin\*, I.O.Parm and Junsin Yi  
SungKyunKwan University, Pohang University of Science and Technology\*, Seoul National University\*\*

**Abstract :** 나노 구조 제작을 위한 다양한 시도 중 블록 공중합체를 이용한 방법은 현재 활발한 연구가 진행되고 있는 분야이다. 본 연구에서는 비휘발성 메모리 소자의 용량 증가를 위하여 블록 공중합체 박막을 나노 마스크로 이용하고, 평행판형 반응관 내에서 반응성 이온 에칭을 사용하여 나노 구조의 표면을 제작하였다. 에칭동안에 나노 마스크로서 사용할 블록 공중합체 박막은 PS-*b*-PMMA를 이용하여 제작하였고, UV를 주사하여 PMMA를 제거하고 수직적인 나노 홀을 구성하여 나노 패터닝이 가능하도록 하였다. 실험을 통하여 매우 균일한 나노 바늘 형태의 구조를 생성할 수 있으며, 반응기체와 유량의 조절을 통하여 다양한 표면 구조를 확인할 수 있었다. 블록 공중합체는 나노 마스크로서 뛰어난 기능을 나타내며, 이를 이용하여 나노 사이즈의 패터닝이 가능하고, 표면적 증가를 통하여 비휘발성 메모리 소자의 용량 증가에 기여할 수 있다.

**Key Words :** 나노 마스크, 블록 공중합체, 반응성 이온 에칭, 나노 바늘 구조

#### 1. 서 론

현재 비휘발성 메모리 분야에서는 플래시 메모리의 뒤를 이어 소자의 고집적화, 미세화 및 고성능화 등의 요구 조건에 맞는 차세대 반도체 정보기억장치들이 다양하게 시도되고 있으며, 양자점을 이용한 나노 부유 게이트 메모리(NFGM)는 많은 연구가 진행되고 있는 분야이다. 특히 최근에는 부유 게이트 메모리 소자의 핵심 연구 분야인 양자점의 크기를 조절하는 것과 양자점의 밀도를 높여 더욱 다량의 정보를 저장하기 위한 노력이 다양하게 연구 중이다[1].

또한 반도체 소자의 크기는 계속적으로 감소하고 있으며, 반도체 소자의 대부분을 담당하고 있는 MOSFET 소자의 최소 선폭은 0.1 $\mu$ m 이하에 도달하고 있고, 30nm 이하의 최소 게이트 선폭을 갖는 소자에 대한 연구 결과들이 보고되고 있다[2]. 이러한 이유로 기존에 사용되어 오던 photolithography 등의 방법이 한계를 맞고 있으며, 최근에는 나노 물질의 제조를 위하여 블록 공중합체가 활발하게 연구되고 있다[3,4].

본 연구에서는 더욱 미세한 표면 구조에 고성능의 효율을 나타낼 수 있도록 양자점의 밀도를 높이는 새로운 방안인 나노 바늘(Nano-needle) 구조를 제안하였고, 미세 구조의 형성을 위해서는 블록 공중합체를 통하여 제조된 수직 나노 기공 구조의 PS-*b*-PMMA를 나노 마스크로 이용하였다. 평행판형 RF 플라즈마 반응관 내에서 SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub> 플라즈마를 사용하여 반응성 이온 에칭을 수행하였다.

#### 2. 실험

수직 나노 기공 구조를 가진 샘플의 표면 morphology를 관찰하기 위하여 Field Emission Scanning Electron Microscope(FE-SEM, JSM6700F)를 사용하여 분석하였다. 그림 1(a)에는 PS-*b*-PMMA의 구조를 도식화하여 나타내었으며, 그림 1(b)에는 FE-SEM를 사용하여 분석한 표면 상태를 나타내었다. 표면에 매우 균일하게 나노 기공이 분포되어 있음을 알 수 있으며, 나노 기공의 지름은 12.5nm이고, 나노 기공의 중심간 거리는 23nm이다.

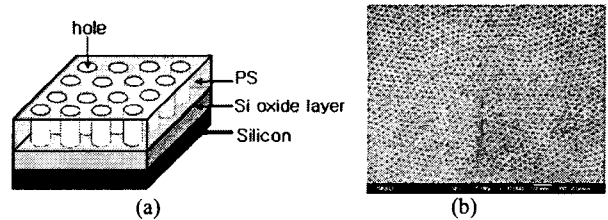


그림 1. 나노 수직기공을 가지고 있는 블록 공중합체의 단면도(a)와 SEM 이미지(b)

SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub> 기체를 사용한 에칭은 실온에서 반응성 이온 에칭(RIE) 시스템에서 실행되었다. 간단한 표면 처리를 거친 후, PS-*b*-PMMA를 나노 마스크로 사용하여 SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub> 기체를 함께 사용하여 에칭을 수행하였다. 에칭작업 수행 후

에 SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub> 유량(flow rate)을 다양하게 변경하면서 나노 구조의 형성 과정을 조사하였으며, 에칭 시간에 따른 표면 구조도 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구를 통해서 제작하고자 하는 나노 바늘 구조는 양자점의 밀도를 증가시켜 다량의 정보를 저장하기 위한 목적이며, 그림 2(a)에 일반적으로 연구되고 있는 평면 형태의 나노 부유 게이트 메모리 구조가 도시하였고, 그림 2(b)에 본 연구과제에서 제안한 나노 바늘 형태의 나노 부유 게이트 메모리 구조를 나타내었다.

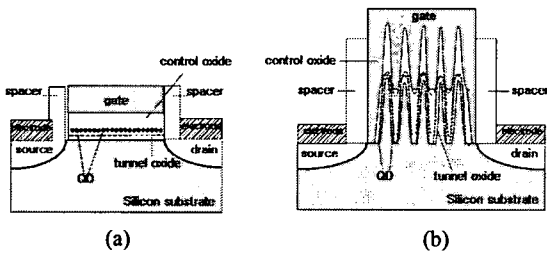


그림 2. 평면 형태의 나노 부유 게이트 메모리의 개략도(a)와 나노바늘 형태의 나노 부유 게이트 메모리의 개략도(b)

에칭 전 블록 공중합체와 실리콘 사이에 구성되어 있는 얇은 자연 산화막(SiO<sub>2</sub>)을 제거하기 위하여 표면 처리를 수행하였으며, SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>를 사용한 반응성 이온 에칭의 조건은 RF power는 100W로 하였고, SF<sub>6</sub>의 유량은 17sccm, O<sub>2</sub>의 유량은 14sccm으로 하였다.

그림 3은 PS-*b*-PMMA의 블록 공중합체로부터 형성된 수직 나노 기공 구조를 나노 마스크로 사용하고 에칭한 후 FE-SEM으로 관찰한 표면 구조이다.

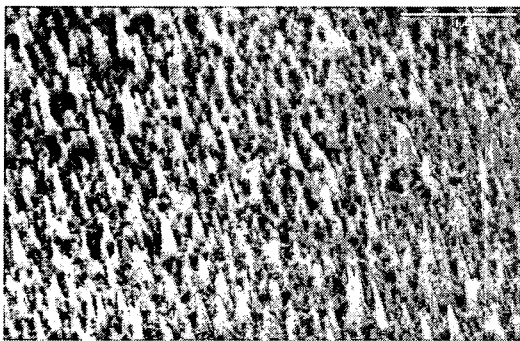


그림 3. SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>를 사용하여 에칭한 후의 표면구조에 대한 FE-SEM 이미지

그림 4는 최적화된 조건에서 에칭을 수행한 후의 나노 바늘 구조의 단면을 원활하게 관찰하기 위하여 측면에서 FE-SEM으로 촬영한 표면 구조이며 표면의 상태는 날카로운 바늘 형태의 모양이 잘 나타남을 알 수 있다.

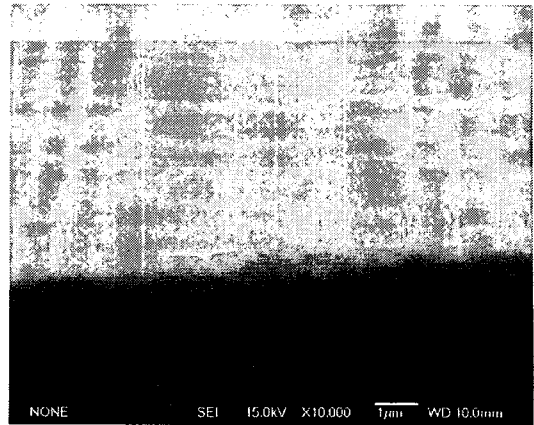


그림 4. SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>를 사용하여 에칭한 후의 표면구조에 대한 FE-SEM 이미지(측면)

FE-SEM으로 촬영한 표면 구조의 경도를 통하여 최적 조건에서 나노 바늘의 평균 직경은 40nm 이하임을 확인할 수 있었다.

### 4. 결론

블록 공중합체를 사용하여 수직 나노 기공 형태의 나노 마스크를 제작하여 실리콘 표면을 직경 40nm 이하인 나노 바늘 구조로 제작할 수 있었다. 본 연구에서 사용한 PS-*b*-PMMA는 나노 마스크로써 사용시 나노 구조의 제작에 매우 유용함을 확인하였고, 블록 공중합체를 이용하여 제작된 나노 바늘 구조는 기존의 평면형 나노 부유 게이트 메모리의 양자점 수를 크게 증가시킬 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 시행한 차세대 성장동력사업 중 하나인 0.1Tb급 차세대 비휘발성 메모리 개발 사업의 지원에 의한 것입니다.

### 참고 문헌

- [1] R. Bez and A. Pirovano, "Non-volatile memory technologies: emerging concepts and new materials", Materials Science in Semiconductor Processing, Vol. 7, p. 349, 2004.
- [2] G. Molas, B. D. Salvo, G. Ghibaudo, et al., "Single electron effects and structural effects in ultrascaled silicon nanocrystal floating-gate memories", IEEE Trans. on Nanotechnology, Vol. 3, No. 1, p. 42, 2004.
- [3] I. W. Hameley, "Nanostructure fabrication using block copolymers", Nanotechnology Vol. 14, p. R39, 2003.
- [4] M. Lazzari and M. A. Lopez-Quintela, "Block Copolymers as a Tool for Nanomaterial Fabrication", Adv. Mater., Vol 15, No. 19, 2003.