

8인치급 대면적에서 Top-down 방식으로 제작된 Si Nanowire의 Uniformity를 고려한 Mask Design

Mask design for Uniformity of Si Nanowire fabricated by Top-down approach in 8-inch class large area

*이준형¹, #조영학^{1,2}, 김성만³, 박상희⁴, 허윤석⁴

*J. H. Lee¹, #Y. H. Cho(yhcho@seoultech.ac.kr)^{1,2}, S. M. Kim³, S. H. Park⁴, Y. S. Heo⁴

¹서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과, ²서울테크노파크 MSP 기술지원센터,

³Dep. of Electrical and Computer Engineering, Texas A&M University, ⁴(주)마이크로프랜드

Key words : Nanowire, Top-down method, Uniformity, Mask design

1. 서론

Si 나노와이어는 벌크 구조물과는 전혀 다른 특성을 가지며 반도체 공정으로 제작이 가능할 뿐 아니라, 다양한 분야에서 센서, 공진기 등과 같은 Transducers로 이용되고 있으며, 기계적, 전기적 소자로 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1,2] 이러한 나노와이어를 제작하는 방법 중에 Top-down 방식으로 제작한 나노와이어는 개개의 규격과 성능을 신뢰할 수 있으며, 재현성이 있는 나노와이어 제작이 가능하다는 장점이 있다.[3] 이러한 장점에도 불구하고 제작과정 중에 많은 공정 변수들로 인해 수율이 높지 않다는 문제점이 있다.

본 연구에서는 기존의 4인치에서 Top-down 방식으로 제작하던 Si 나노와이어를 8인치급 대면적에서 재현하였을 때 변화되는 Uniformity를 측정하여 그에 따른 마스크 제작을 할 것이다. 제작된 마스크를 이용하여 8인치급 대면적에서의 공정별로 손실되는 Uniformity를 보정하고자 한다.

2. 실험장치 구성 및 방법

기존의 4인치에서 KOH etching과 기본적인 MEMS공정을 통하여 Top-down 방식으로 제작하던 Si 나노와이어[3]를 8인치급 대면적에 같은 제작공정을 통해 제작하였다.

마스크에서의 나노와이어 패턴의 크기는 가로 총 길이는 13.2mm이며, 세로 총 길이는 2mm이다. 와이어 부분의 길이는 200um, 폭 15um로 디자인하였다.(Fig. 1)

Uniformity를 측정하기 위하여 각 공정을 단계별

로 나누었다. 기존의 4인치와의 Uniformity를 비교하기 위해 4인치와 8인치를 동시에 진행하며 측정하였고, 측정 장비로는 광학현미경(MX-61, 올림푸스)을 이용하였다.

Uniformity에 가장 영향을 끼칠 것으로 예상되는 공정으로는 PR 패터닝과 건식 RIE를 이용한 질화막 etching, 그리고 KOH etching 공정이 있다. 각 공정 후 나노와이어의 선폭을 측정하였으며, 데이터의 신뢰성을 높이고자 4인치는 24지점, 8인치는 72지점을 Fig. 2와 같이 측정 포인트를 정하였다. 또한, Fig. 1에서 와이어 어레이 중 가운데에 위치한 나노와이어의 선폭 측정으로 통일하였다.

4인치와 8인치 웨이퍼의 패턴을 각 공정 별로 반복 측정된 데이터를 이용하여 그래프로 나타내고 Uniformity를 계산하였다. 여기서 Uniformity는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Unif. = \left[\frac{(Max - Min)}{2 \times Avg} \right] \times 100 (\%)$$

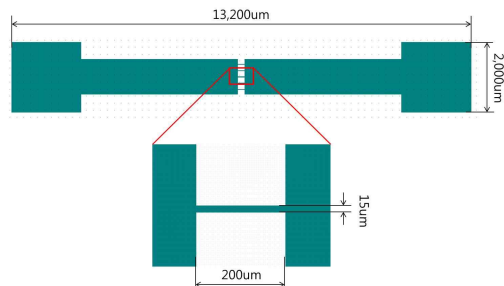


Fig. 1 Nanowire array image and measurement point.

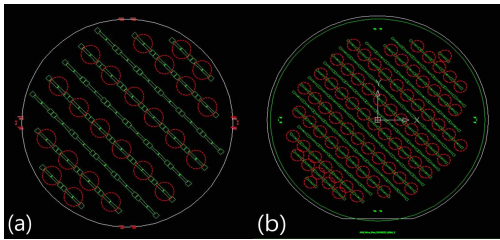


Fig. 2 Mask images of Nanowire arrays measurement spot (a) in 4-inch, (b) in 8-inch.

3. 실험결과 및 고찰

4인치와 8인치 웨이퍼의 PR 패터닝 후 와이어 선폭의 Uniformity에 대한 그래프를 Fig. 3에 나타내었다. 그리고 질화막 etching 후 Uniformity는 Fig. 4에 나타내었으며, 최종적으로 KOH etching 후의 Uniformity는 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 3 ~ Fig. 5에서 알 수 있듯이 대체적으로 공정이 진행되어감에 따라 Uniformity가 감소하였다. 또한, 8인치에서의 선폭의 Uniformity는 4인치에서의 Uniformity보다 확연히 감소하였다. 이는 4인치에서 8인치로의 면적의 증가뿐만 아니라 공정을 거치면서 같은 웨이퍼 내에서도 큰 차이를 보이지 않았던 선폭이 공정을 거치면서 나노단위로 내려감에 따라 서로의 차가 점점 커지게 되어 Uniformity에 영향을 끼치게 된 것으로 보인다.

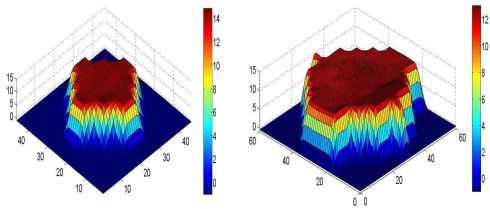


Fig. 3 Diagram of Nanowire width Uniformity after PR patterning (Left) in 4-inch wafer(Unif. 3.15%), (Right) in 8-inch wafer.(Unif. 5.74%)

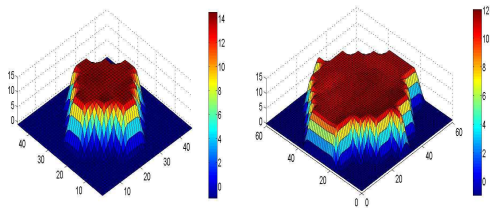


Fig. 4 Diagram of Nanowire width Uniformity after Si₃N₄ etching (Left) in 4-inch wafer(Unif. 3.22%), (Right) in 8-inch wafer.(Unif. 6.07%)

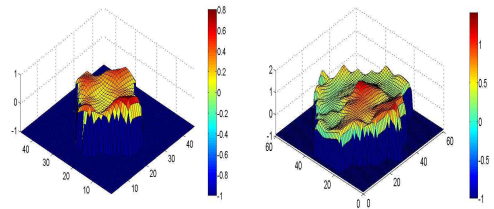


Fig. 5 Diagram of Nanowire width Uniformity after KOH etching (Left) in 4-inch wafer(Unif. 107.69%), (Right) in 8-inch wafer.(Unif. 115.99%)

4. 결론

4인치에서 Top-down 방식을 이용하여 나노와이어를 제작하던 공정을 8인치급 대면적에 적용하기 위한 Uniformity를 측정하였다. 8인치에서의 Uniformity 측정 결과, 공정의 변화 없이 마스크 디자인의 보정만으로 4인치 웨이퍼에서 제작된 나노와이어의 Uniformity 수준을 달성하는 것이 가능한 것으로 확인되었다. 이후 수정된 마스크를 이용하여 보정 전과 보정 후의 Uniformity를 비교 및 분석을 할 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부에서 시행한 2011년 글로벌 전문기술개발사업의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Cleland, A. N. and Roukes, M. L., "Fabrication of High Frequency Nanometer Scale Mechanical Resonators from Bulk Si Crystals," Appl. Phys. Lett., Vol. 69, No. 18, pp. 2653~2655, 1996
2. Lim, J. H., Han, M., Lee, J.-Y., Earmme, Y. Y., Lee, S.-B., and Im, S., "A Study on the Thermomechanical Behavior of Semiconductor Chips on Thin Silicon Substrate," Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 22, No. 8, pp. 1483~1489, 2008
3. 김성만, 조영학, 이준형, 노지형, 이대성, "Top-down 방식으로 제작한 실리콘 나노와이어 ISFET의 전기적 특성 비교," 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 2012