

# 적외선 열화상 측정을 이용한 나노와이어 히터의 온도분포 측정

## Temperature Distribution Measurement of Nanowire Heater Using IR(Infra-red) Thermography

\*김명재<sup>1</sup>, #조영학<sup>2</sup>, 황지홍<sup>1</sup>, 배윤기<sup>2</sup>

\*M. J. Kim<sup>1</sup>, #Y. H. Cho(yhcho@seoultech.ac.kr)<sup>2</sup>, Y. K. Bae<sup>2</sup>, J. H. Hwang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 서울과학기술대학교 제품설계금형공학과, <sup>2</sup> 서울과학기술대학교 기계설계자동화공학부

Key words : IR thermography, Nanowire heater, Temperature measurement

### 1. 서론

마이크로/나노 기술 분야에 있어 온도 및 열적 특성 분석은 마이크로/나노 디바이스의 개발을 위해 매우 중요한 요소이다. 최근 들어 맵스 디바이스의 소형화 및 고집적화에 따라 디바이스의 신뢰성 및 성능이 온도 및 열에 의해 크게 영향을 받게 되었다. 특히, 바이오 분야의 경우 이와 같은 디바이스들이 미세 채널 내의 액중에서 작동되며 따라서 공기 중에서도와 다른 특성을 나타낸다. 따라서 마이크로/나노 디바이스의 온도 및 열 측정을 통해 설계를 최적화하고, 액중에서의 열적 거동을 분석하고자 하는 연구들이 수행되고 있다. 온도민감 형광물질인 Rhodamine B 를 이용하여 마이크로 스케일에서의 대면적 표면의 온도분포를 측정하였으나<sup>1</sup>, 시간에 따라 형광물질의 감도가 떨어지는 문제로 인하여 긴 시간 동안의 온도 변화 측정에 적당하지 않다.

이 논문에서는 나노바이오센서로 이용되는 실리콘 나노와이어를 제작하고, 적외선 열화상 측정기법을 이용하여 나노와이어 히터의 온도 분포를 측정하고, 이를 캘리브레이션하였다.

### 2. 제작

본 연구에서는 이전 연구<sup>2</sup>에서 개발된 방법인 이방성 KOH 에칭을 이용하여 실리콘 나노와이어 히터를 제작하였으며, 단결정 실리콘 웨이퍼 대신 SOI 웨이퍼를 이용하여 제작 공정을 단순화하였다. Fig. 1 은 나노와이어의 제작 과정을 찍은 현미경 사진이다. Fig. 1(a)는 KOH 이방성 에칭 후 사진으로, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 층 아래 에칭 후 남은 실리콘

나노와이어의 형상을 확인할 수 있다. 결정 방향에 따라 약 30 $\mu$ m 정도 수직 및 수평 방향으로 에칭이 이루어진 것을 알 수 있다. Fig. 1(b)는 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 층과 SiO<sub>2</sub> 층을 제거한 후의 사진을 보여 주고 있다.

Fig. 2 는 실리콘 나노와이어의 전자현미경(SEM) 사진이다. 결정방향에 따라 실리콘이 에칭되어 약 260nm 의 폭과 30 $\mu$ m 의 높이를 가지는 나노와이어 브릿지를 제작하였다. 이는 세장비가 약 1:100 으로, 나노와이어의 표면 온도를 측면으로부터 측정할 수 있게 된다. 약 2 $\mu$ m 의 희생층 제거를 통해 바닥면과 떨어진 브릿지 형태의 나노와이어를 Fig. 2(b)에서 확인할 수 있다. 이를 통해 바닥으로의 열전달을 막을 수 있어 보다 정확한 온도 측정을 가능하게 할 뿐 아니라 앞으로 제작할 나노와이어 히터의 보다 정밀한 온도 컨트롤을 기대할 수 있다.

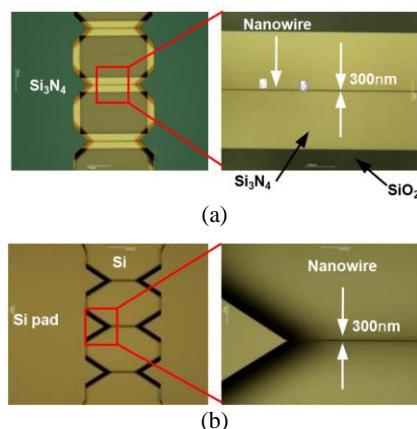


Fig. 1 Microscopy images of fabrication process of nanowire bridges.

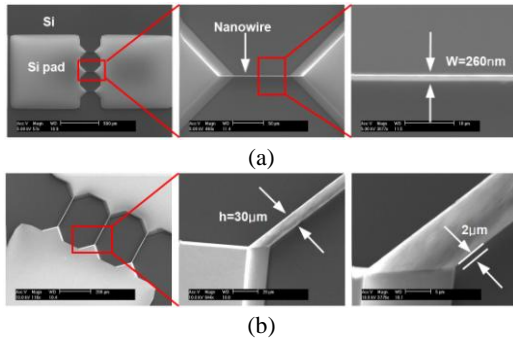


Fig. 2 (a) SEM images of nanowire bridges. (b) SEM images of tilted nanowire bridges.

### 3. 온도 측정

온도분포를 나노와이어로부터 직접적으로 구하는 것은 열화상 시스템의 공간적 분해능이  $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$  이기 때문에 불가능하다. 따라서, Fig. 3 과 같이 폭은 나노스케일(260nm)이며 두께는 마이크로 스케일(30µm)의 나노와이어를 제작한 후, 나노와이어 표면에 증착된 전극을 통해 Joule heating 을 하였다. 이 때 발생 열이 고세장비의 나노 구조물을 통해 전달되고, 이 구조물의 측면의 온도분포를 적외선 현미경을 사용하여 측정하고 그 결과값을 나노와이어 히터의 열적 모델 검증 및 표면 온도 예측을 수행하였다.

나노와이어 온도분포 측정 실험은 인가 전압을 0.2~1.6V 사이에서 0.2V 씩 높여가면서 수행하였다(Fig. 4). Fig. 4 에서 나노와이어 히터의 측면 온도는 인가되는 전압에 비례해서 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 나노와이어를 따라 측정한 온도 프로파일(Fig. 4(b))은 나노와이어 히터의 온도는 그 중간 지점에서 최대가 됨을 보여준다.

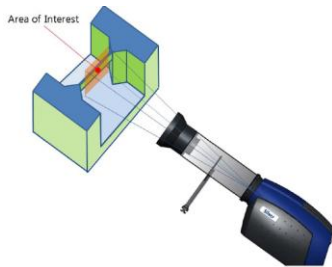


Fig. 3 Temperature measurement range of nanowire heater using IR microscope.

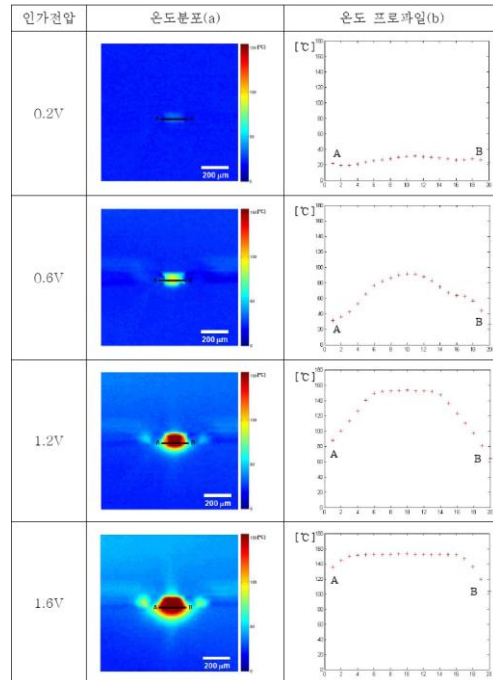


Fig. 4 Temperature distribution of nanowire heater by IR microscope

### 4. 결론

나노스케일의 폭과 마이크로스케일의 두께를 가지는 고세장비의 실리콘 구조물을 제작한 후, 이 구조물의 측면의 온도분포를 측정하여, 이 결과로부터 나노와이어의 표면 온도를 간접적으로 구하는 방법을 사용하였다. 이를 위해 적외선 현미경을 사용하였으며, 실제 나노와이어 표면에서의 온도를 예측하였다.

### 참고문헌

1. 정운섭, 김성욱, 김호영, 유정열, "온도 민감 형광을 이용한 마이크로 스케일 표면온도 측정", 대한기계학회논문집 B, **30(2)**, 153-160, 2006.
2. Cheng, Y., Cho, Y., Takama, N., Low, P., Bergaud, C., and Kim, B., "Simple fabrication of Si nanowire and its biological application", Journal of Physics: Conference Series, **152**, 012048, 2009.