

# AFM 캔틸레버의 공진을 이용한 은이온 검출

( Detection of silver ions using AFM resonator)

최욱\* · 박진성\* · 장규환\* · 송지석\* · 나성수†

Wook Choi, Jinsung Park, Kuewhan Jang, Ji-seok Song, Sungsoo Na

**Key Words:** Atomic Force Microscope (원자력 현미경), Cantilever(캔틸레버), Silver ion(은이온) Resonance Frequency(공진주파수)

## 1. 서 론

최근 산업분야나 과학분야에 나노 크기의 재료의 사용이 급증되고 있으며, 이 나노 크기의 재료가 인체와 환경에 미치는 악영향이 보고되고 있다.<sup>[1]</sup> 대표적인 중금속 나노 물질로는 구리(Copper), 은(Silver), 알루미늄(Aluminum), 아연(Zinc), 카드뮴(Cadmium)등 산업분야나 과학분야에 광범위하게 사용 되고 있다.<sup>[2]</sup>

특히 은나노 물질(AgNPs)은 최근 항균효과로 각광을 받고 많은 분야에 사용이 급증되었다. 의류, 정수기, 세탁기, 치약, 등 인체에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 분야에 많이 사용이 되어 왔다.<sup>[3]</sup> 하지만 최근 연구 결과에 따르면 이러한 나노크기의 물질은 세포 괴사(Cell necrosis), 암, 파킨슨병(Parkinson's disease), 알츠하이머(Alzheimer's disease)와 같은 인체에 심각한 병을 초래하며, 인체뿐만이 아닌 환경에도 악영향을 미치는 것으로 보고 되고 있다.<sup>[4]</sup> 이러한 은나노 물질(AgNPs)의 위험성을 바탕으로 최근 은나노 물질(AgNPs)의 검출연구가 활발히 진행되고 있다.

기존 은나노 물질의 대표적인 검출 방법으로는 DNA 와 그래핀(Graphene) 을 이용한 형광(Fluorescent)검출방법<sup>[5]</sup>과 DNA 와 전극(Electrode)을 이용한 전기측정(Electrochemical)검출방법<sup>[6]</sup>으로 기계적인 특성이 아닌 전기적인 특성과 화학

특성을 이용하여 은나노 물질(AgNPs)을 검출하였다.<sup>[7]</sup>

본 연구에서는 기존 화학약품이나 전기적인 특성이 아닌 기계적 특성을 이용한 검출방법으로 은나노 물질(AgNPs)를 검출하였다. 연구에 사용된 장비로는 Atomic Force Microscope(원자력 현미경)을 이용하였다.

Atomic Force Microscope(원자력 현미경)은 나노 기술의 발전과 함께 여러 응용분야에서 활용되고 있다. 원자력현미경에는 Contact Mode, Tapping Mode, Phase Image, 등의 다양한 측정방법이 있으며, 본 연구에서는 캔틸레버(cantilever)를 이용한 공진주파수(Resonance frequency)를 측정할 수 있는 Tapping Mode 를 하여 연구를 진행하였다.

## 2. 본 문

본 연구에서의 실험방법으로는 AFM의 캔틸레버 표면 위에 Gold 코팅을 한 후 은이온(silver ion) 과 결합하는 DNA 를 부착(immobilized)을 하여 은이온 (Silver ion)을 검출하였다. (Fig.1)

기존 연구에서 알려진 바와 같이 DNA는 아데닌(Adenine), 티민(Thymine), 구아닌(Guanine) 시토신(Cytosine)의 네종류의 염기로 구성이 돼있으며, 각각의 염기는 A-T, G-C 이렇게 결합을 하려 하며, C-Ag+-C 시토신 과 시토신 사이에 유일하게 은이온만 인터칼레이션(intercalation)이 되는 현상이 있다.<sup>[7]</sup> 이로 인하여, 은이온만 선택적 (Selectivity)으로 검출을 할 수 있다.

† 고려대학교 기계공학부

E-mail : [nass@korea.ac.kr](mailto:nass@korea.ac.kr)

Tel : (02)3290-3854

Fax : (02)6008-3855

\* 고려대학교 기계공학부

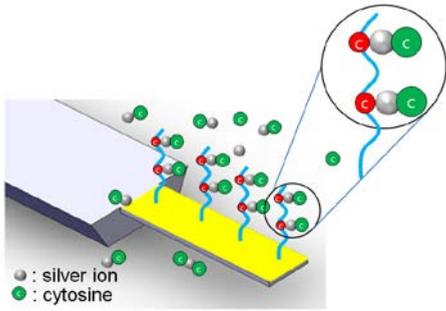


Fig.1 Scheme

이러한 원리로 AFM의 캔틸레버 위에 시토신(Cytosine)으로 구성된 DNA를 부착한 후 실험을 진행하였다.

공진주파수(resonance frequency)의 변화(Shift)로 은이온(Silver ion)의 검출을 확인하였다.

공진주파수(resonance frequency :  $\omega$ )는

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

DNA에 은이온(silver ion)이 인터칼레이션(intercalation)이 되었을 때 증가하는 질량에 의해 공진주파수(resonance frequency)의 변화(Shift)로 측정될 수 있다.

### 3. 결론

결론적으로 이 연구는 최근 독성물질로 인체 및 환경에 악영향을 미치는 은나노물질(AgNPs)의 검출을 각각 고유의 공진주파수(resonance frequency)를 갖는 기계적 특성을 이용하여 검출을 하였으며, 실제 샘플을 바탕으로 실험을 진행하였기에 실제 독성물질 검출에 도움을 줄 것이라 사료된다.

### Acknowledgement

This research was supported by Nano Material Technology Development Program(Green Nano Technology Development Program) through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No. 2011-0020090) 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-나노소재기술개발사업(그린나노기술개발사업)의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0020090).

1. Schrand, A.M., et al., *Metal-based nanoparticles and their toxicity assessment*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology, 2010. **2**(5): p. 544–568.
2. Krug, H.F. and P. Wick, *Nanotoxicology: An Interdisciplinary Challenge*. Angewandte Chemie International Edition, 2011. **50**(6): p. 1260–1278.
3. Rai, M., A. Yadav, and A. Gade, *Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials*. Biotechnology Advances, 2009. **27**(1): p. 76–83.
4. Buzea, C., I. Pacheco, and K. Robbie, *Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity*. Biointerphases, 2007. **2**(4): p. MR17–MR71.
5. Wen, Y., et al., *A graphene-based fluorescent nanoprobe for silver(i) ions detection by using graphene oxide and a silver-specific oligonucleotide*. Chemical communications, 2010. **46**(15): p. 2596.
6. Gong, H. and X. Li, *Y-type, C-rich DNA probe for electrochemical detection of silver ion and cysteine*. Analyst (RSC), 2011. **136**(11): p. 2242.
7. Ono, A., et al., *Specific interactions between silver(i) ions and cytosine-cytosine pairs in DNA duplexes*. Chemical communications, 2008(39).