

마이크로 캔틸레버의 공진주파수를 이용한 은이온 독성물질 검출기법 개발

Detection of Silver Ion using Microcantilever's Resonant Frequency

나성수† · 박진성* · 장규환**

Sungsoo Na, Jinsung Park and Kuehwan Chang

1. 서 론

최근 나노 기술의 발전에 따라, 산업분야나 과학분야에 나노 크기의 재료의 사용이 급증되고 있으며, 이 나노 물질들의 재료가 인체와 환경에 미치는 악영향이 보고되고 있다.^[1] 대표적인 인체에 영향을 줄 수 있는 나노 물질들로는 구리(Copper), 은(Silver), 알루미늄(Aluminum), 아연(Zinc), 카드뮴(Cadmium)등으로써 이러한 물질들은 산업분야나 과학분야에 광범위하게 사용되고 있다.^[2]

특히 이러한 나노 물질 중, 은나노 물질(AgNPs)은 항균효과로 각광을 받고 많은 분야에 사용이 급증되었다. 의류, 정수기, 세탁기, 치약, 등 인체에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 분야에 많이 사용이 되어 왔다.^[3] 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 미칠 수 있다고 보고되고 있다.^[4] 이러한 은나노 물질(AgNPs)의 위험성을 바탕으로 최근 은나노 물질(AgNPs)의 검출 연구가 활발히 진행되고 있다.

은 이온을 검출한 다양한 방법으로는 DNA 와 그래핀(Graphene) 을 이용한 형광(Fluorescent) 검출방법^[5]과 DNA 와 전극(Electrode)을 이용한 전기측정(Electrochemical)검출방법^[6]등으로 화학 특성을 이용하여 은나노 물질(AgNPs)을 검출하였다.^[7]

본 연구에서는 기존 화학적 방식이나 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 나노기술의 발전과 함께 여러 응용분야에서 활용되고 있다. 원자력현미경에는 Contact Mode, Tapping Mode, Phase Image, 등의 다양한 측정 방법이 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 돼 있으며, 각각의 염기는 A-T, G-C 이렇게 결합을 하려 하나, 은 이온의 경우 C-Ag+ -C 결합을 만들어 시토신 과 시토신 사이에 결합되게 되는 현상이 보고되었다.^[7] 이로 인하여, 은이온만 선택 (Selectivity)으로 검출을 할 수 있다.

† 교신저자; 정희원, 고려대학교 기계공학과

E-mail : nass@korea.ac.kr

Tel : 02-3290-3370, Fax :02-926-9290

* 고려대학교 차세대기술연구소

** 고려대학교 기계공학과 대학원

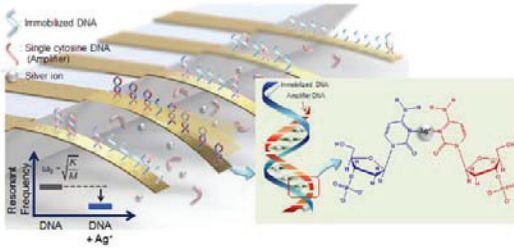


Fig.1 Schematic illustration of the silver-specific nucleotide coated oscillator

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 : ω)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. 결 론

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 수계 내에서의 독성 물질 검출연구의 중요한 초석이 될 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-나노소재기술개발사업(그린 나노기술개발사업)의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2012-0006646).

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).