

# 전기동역학적 나노입자 집속기술의 실험적 검증

최진영\*, 박석주\*\*, 정재희\*, 최영주\*, 김상수\*\*\*

(\* 한국과학기술원 기계공학과, 대전 유성구 구성동 373-1, fzero@kaist.ac.kr, 042-869-3061)

(\*\* 한국에너지기술연구원 대기청정연구센터, 대전 유성구 장동 71-2, psj@kier.re.kr,  
042-860-3649)

(\*\*\* 한국과학기술원 기계공학과, 대전 유성구 구성동 373-1, sskim@kaist.ac.kr,  
042-869-3021)

## Abstract

In this study, we have investigated the technology of electrodynamic focusing of nanoparticles using the quadrupole electric field by the fundamental experiments. A nanoparticle focusing apparatus consisting of the quadrupole electrode and 2-stage vacuum chamber system was designed and constructed. The focusing characteristics with the changes of the primary variables, such as particle size, gas pressure, AC voltage, and AC frequency, was evaluated. The experimental results show that the nanoparticle focusing by quadrupole is actually possible. The change of focusing characteristics was in qualitative agreement with the tendency predicted by the numerical simulation presented in our previous researches.

## 1. 서론

공기 중에 부유된 입자를 아주 작은 공간으로 포커싱(focusing)시키는 입자 집속기술(particle focusing technology)은 입자측정 및 샘플링, 마이크로/나노 크기의 미세구조물 제어 등과 같은 다양한 분야에 응용가능성을 가지는 기술로서, 주로 입자의 관성력을 이용한 공기역학적 집속 방법이 광범위하게 사용되고 있다[1]. 이외에도 전기력(electrostatic force), 열영동력(thermophoretic force), 광력(light force) 등을 이용한 여러 방법들이 시도되어 왔으며, 최근에는 전기적인 방법을 이용한 집속기술이 나노입자의 패터닝에 응용이 되기도 하였다[2]. 본 연구에서는 이러한 방법들 중 많은 잠재적 가능성을 가지고 있는 사중극자 전기장을 이용한 전기동역학적 입자 집속기술에 대한 연구를 수행하였다. 특히 이전의 연구[3]에서 수치해석 결과를 통해 보여주었던, 사중극자 전기장을 이용한 나노입자 집속기술의 가능성을 실험적으로 검증해보고자 하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

Fig.1은 전체적인 실험장치의 구성을 나타낸 그림이다. 기존의 수치해석 연구결과와 비교하기 위하여, 단위하전량을 가진 100nm 이하의 나노입자를 기열형 금속입자 발생기와 DMA를 사용하여 발생시켰다. 발생한 입자는 임계 오리피스(critical orifice)를 통하여 진공 챔버로 유입되고, 1torr 이하의 저압조건에서 입자집속이 이루어지도록 설계하였다. 첫 번째 입자집속 챔버에서 사중극자 전기장을 통하여 집속된 나노입자만이 입자빔의 농도를 측정하기 위한 두 번째 챔버로 이동되고, 집속된 입자빔이 미소전류계(Keithley system electrometer)와 연결된 패러데이 컵(Farady cup)에 포집되게 된다. 결과적으로 전류계에 측정되는 전류값의 변화를 측정함으로써 사중극자 전기장을 이용한 입자집속 특성의 변화를 알아볼 수 있다.

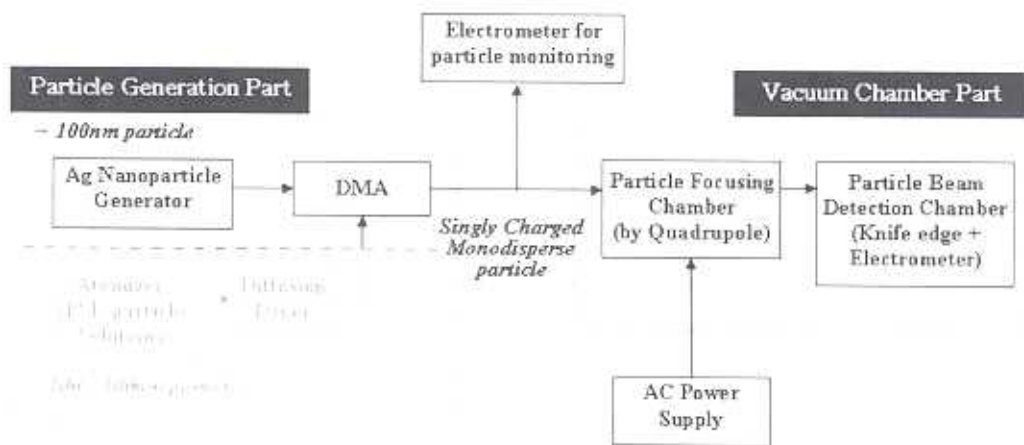


Fig.1. Construction of the experimental apparatus.

### 3. 결과 및 토의

Fig.2는 입자빔 측정챔버에서 측정된 실시간 전류변화 그래프를 나타낸 것이다. 일정시간 동안 다른 실험조건들은 일정하게 유지한 채로 사중극자 전기장만을 주기적으로 ON/OFF시키 주면서 전류의 변화를 측정한 것이다. 그래프에서 알 수 있듯이 사중극자 전기장이 입자집속부에 가해지면, 입자빔 측정 챔버부의 캐러데이 킵에서 뚜렷한 전류변화가 발생함을 확인할 수 있다. 또한 AC 전압의 진폭값 (peak-to-peak voltage)의 변화에 따라 측정되는 전류의 변화폭 또한 달라지는 것을 육안으로 쉽게 확인할 수 있다.

이것은 지금까지 수치적으로 가능성만을 보았던 사중극자 전기장을 이용한 나노입자 집속기술이 실제로 가능함을 실험적으로 검증해주는 결과이다. 이외에도 다양한 실험변수에 따른 결과들은 수치해석 결과와 정성적으로 일치함을 확인할 수 있었다.

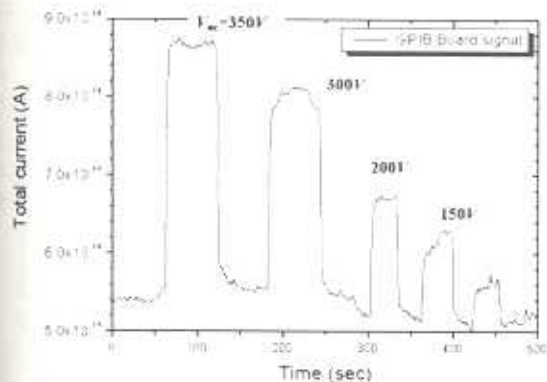


Fig.2. Variation in Faraday cup current by the focused particles (particle diameter=37.1nm,  $f_p=500\text{Hz}$ , pressure=0.2torr).

### 후기

이 논문은 2007년도 2단계 두뇌한국(BK)21 사업에 의하여 지원되었음.

### 참고문헌

- [1] Liu, P., Ziemann, P. J., Kittelson, D. B., and McMurry, P. H. (1995). *Aerosol Science and Technology*, 22, 293-313.
- [2] Kim, H., Kim, J., Yang, H., Suh, J., Kim, T., Han, B., Kim, D., Kim, S., Pikhitsa, P. V., and Choi, M. (2006). *Nature Nanotechnology*, 1, 117-121.
- [3] Choi, J., Park, S., and Kim, S. (2003). *22nd Annual AAAR Conference*, Anaheim, California, USA.