

광대전의 대전 특성에 관한 실험적 연구

이 창 선, 김 용 진*, 김 상 수**

(대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 기계공학과 입자공학연구소)

(*대전광역시 유성구 장동 171 한국기계연구원 열유체시스템연구부, yjkim@mailgw.kimm.re.kr)

(**대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 기계공학과 교수, sskim@cais.kaist.ac.kr)

Abstract

Photoelectric charging is a very efficient way of charging small particles. To understand the mechanism of the photoelectric charging, particle charging of silver by exposure to ultraviolet has been investigated in this paper. Average charges and charge distributions were measured at various conditions, using two differential mobility analyzers, a condensation nucleus counter, an aerosol electrometer and etc. Silver particles were generated using spark discharge and charged using low-pressure mercury lamp that emits ultraviolet having wavelength 253.7 nm. This experiment shows that ultra-fine particles were highly charged by the photoelectric charging. Average charges increase linearly with increasing particle size and charge distributions change with particle size. These results are explained by comparison with previous experiments and proposed equations. This experiment also revealed that the charge distribution of a particle is dependent on initial charge. The cases of single charged particle, uncharged particle and neutralized particle were compared. The differences of charge distribution in each case are increased with increasing particle size.

1. 서 론

광대전은 빛을 이용하여 입자로부터 전자를 방출시켜서 양전하로 대전되게 하는 원리를 이용한다. 금속판의 경우에는 방출된 전자가 공기분자와 충돌 후 다시 표면으로 되돌아가기 때문에 진공 속에서만 대전이 가능하지만, 작은 입자의 경우엔 충돌 후 전자의 재부착 확률이 낮아지기 때문에 공기 중에서도 대전이 가능하다.⁽¹⁾ 자외선에 의한 전자방출은 금속표면 연구에 많이 이용된 잘 알려진 방법인데, 1980년대에 미소입자의 대전에 이용하려는 연구가 시작된 이후, 미소입자의 측정과 제거를 위한 새로운 방법으로 광대전이 이용되고 있다.⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ 본 연구에서는 광대전의 기본적인 대전특성을 알아보기 위한 실험을 행하였다. 입자의 크기에 따른 평균대전량과 각각의 경우에 대전분포를 측정, 비교하고, 초기 입자대전 상태에 따른 광 대전량과 대전분포를 측정하여 광대전의 기본적인 대전 특성을 이해하고자 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

실험 장치는 입자 발생부, 입자 대전부, 대전량 측정부의 세부분으로 크게 나눌 수 있다. 입자 발생부에서는 Spark discharge aerosol generator⁽⁶⁾로 은(Ag) 입자를 발생시키고 DMA(Differential Mobility Analyzer)를 사용하여 단분포의 입자(monodisperse particle)를 얻었다. 입자의 초기대전 조건의 변화를 위해서 Kr 85를 사용하여 입자를 중화시키는 중화기(Neutralizer)와 대전된 입자를 전기장에 의해 완전히 제거시키는 Denuder를 이용하였다. 입자 대전부에서는 수은등에서 나오는 253.7 nm의 자외선을 이용하여 유입되는 입자를 광대전시켰다. 대전량 측정부에서는 입자전하량 측정기(Aerosol Electrometer)를 사용하여 평균전하량을 측정하고 DMA와 응축핵계수기(Condensation Nucleus Counter)를 사용하여 입자의 대전량 분포를 측정하는 장치로 구성하였다.

3. 결 론

그림 1은 입자 크기에 따른 평균대전량의 측정 결과이다. 평균대전량은 입자의 크기에 따라 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 그러나, 150 nm 이상에서는 입자의 발생이 적어 오차가 커지면서 대전량이 과대 측정되었다. 그림 1에서 제시한 바와 같이 평균대전량의 실험 결과는 입차함수로 근사할 수 있으며,

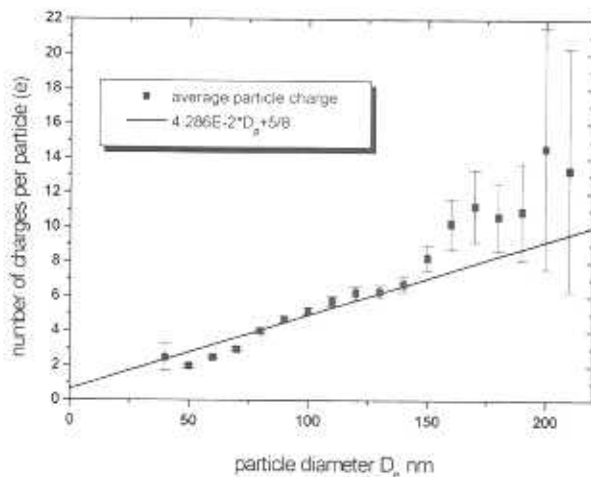


그림 1. 입자 크기에 따른 평균대전량 변화

이 함수로부터 실험에 사용한 입자의 최소 광전자 방출에너지를 추정할 수 있다. 추정된 값은 4.754 eV 보씨 순수 은의 최소 광전자 방출에너지 값인 4.3 eV 보다는 높게 나타나는데, 그 이유는 표면에 불순물이 반응해 붙어 있고, 생성된 입자가 완전한 구형이 아니기 때문이라 생각된다.

그림 2와 그림 3은 입자의 초기 대전상태를 완전히 대전되지 않은 경우, 중화시킨 경우, 1가로 양대전시킨 경우로 변화시켰을 때의 60 nm, 180 nm 크기의 입자들의 대전분포를 측정한 결과이다. 60 nm 입자의 경우는 중화된 입자와 완전히 대전되지 않은 입자는 거의 같은 정도의 대전량을 보이고 있으나, 180 nm 의 경우에는 대전량의 차이가 상당히 크게 나타난다. 이것은 중화된 입자가 불순만 대전분포에 의해 180 nm 의 입자는 60 nm 입자에 비해 상당히 큰 초기대전량을 가지기 때문이다.

광대전에 의해 대전된 입자의 대전량 분포는 프와송 확률분포를 가진다고 알려져 있다.¹⁾ 그림 2의 λ 값이 프와송 확률분포의 변수이다. 그림 2에서 보듯이 실험결과 나오는 입자의 대전량 분포는 프와송 확률분포를 따름을 확인할 수 있다. 기존의 연구에서는 같은 조건의 광대전일 경우, 초기 대전상태가 완전히 대전되지 않았을 때와 1가로 양대전되었을 때의 확률 변수 λ 값이 거의 일치한다고 알려져 있으나, 본 실험에서는 60 nm 크기의 입자의 경우, λ 값이 0.55와 0.84로 큰 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있다. 180 nm 입자의 경우에서도 입자의 초기 대전상태에 따라 대전분포가 큰 차이를 보이고 있다.

참고문헌

- (1) Heinz Burtcher(1992), J. Aerosol Science, v.23, pp.549-595
- (2) D.Matter, M.Möhr, W.Fendel, A.Schmidt-ott and H.Burtcher(1995), J. Aerosol Science, v.26, n.7, pp.1101-1115
- (3) Th.Jung, H.Burtcher and A.Schmidt-ott(1988), J. Aerosol Science, v.19, n.4, pp.485-490
- (4) M.Möhr, B.A.Kwetkus and H.Burtcher(1993), J. Aerosol Science, v.24, Suppl.1, pp.S247-S248
- (5) W.Fendel and A.Schmidt-ott(1994), J. Aerosol Science, v.25, Suppl.1, pp.S531-S532
- (6) S.Schwyn, E.Garwin and A.Schmidt-ott(1988), J. Aerosol Science, v.19, n.5, pp.639-642

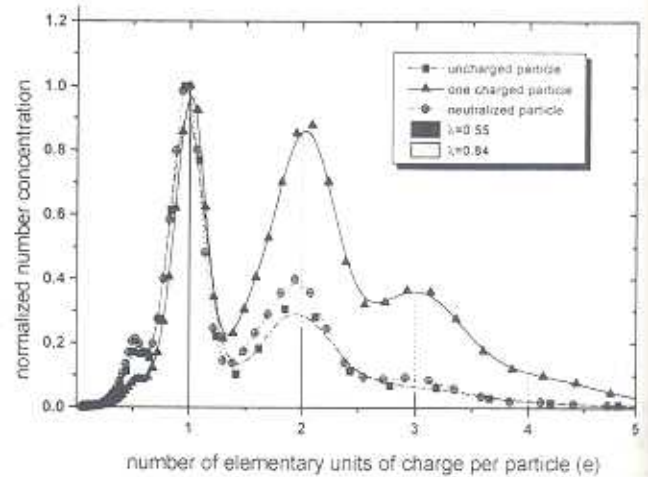


그림 2. 60 nm 입자의 대전 분포

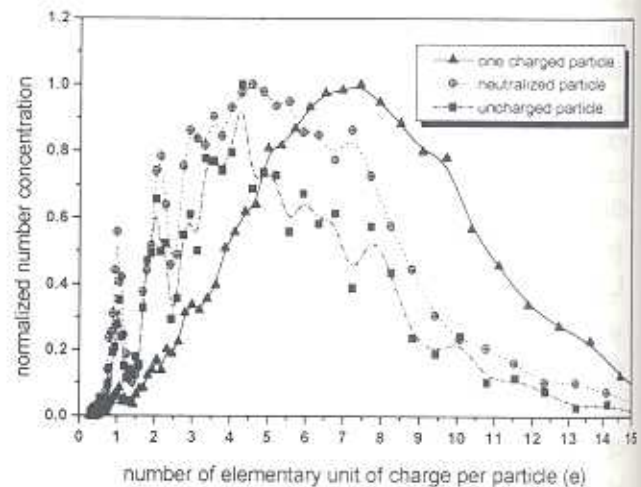


그림 3. 180 nm 입자의 대전분포