

# 균일한 전기에서의 하전된 마이크로입자의 모션 모사

## Motion simulation for the charged microparticle under the uniform electric field

\*#김승택<sup>1</sup>, 김형태<sup>1</sup>, 이상호<sup>2</sup>, 김종석<sup>1</sup>, 박문수<sup>1</sup>, 정훈<sup>1</sup>, 강성복<sup>1</sup>, 이석우<sup>1</sup>, 조영준<sup>1</sup>

\*#Seungtaek Kim(stkim@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, Hyungtae Kim<sup>1</sup>, Sangho Lee<sup>2</sup>, Jongseok Kim<sup>1</sup>, Moonsoo Park<sup>1</sup>, Hoon Jeong<sup>1</sup>, Sunbok Kang<sup>1</sup>, Seokwoo Lee<sup>1</sup>, Youngjune Cho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 생산시스템연구그룹, <sup>2</sup> 한국생산기술연구원 융합연구그룹

Key words : Charged micro particle, Particle Motion, Motion simulation

### 1. 서론

하전된 마이크로입자는 전자종이, 레이저 프린터 토너, 전자 잉크 등에 이용되는 중요한 핵심 소재라고 할 수 있다. 특히, 전자 종이 및 레이저 프린터에 이용되는 하전된 유전체 마이크로 입자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-4]. 본 연구는 입자의 모션 모사에 관한 것으로 연구 결과를 바탕으로 전자 종이의 응답 특성을 분석과 레이저 프린터의 급지 속도를 예측 할 수 있는 기본적인 모델이 될 수 있을 것으로 판단한다.

### 2. 이론 및 조건

본 시뮬레이션에서 하전 입자에 작용하는 힘을 크게 4 가지로 분리하였다. 첫번째는 중력에 의한 Gravitational force 이며, Eq.1 과 같이 나타 낼수 있다.

$$F_{grav} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_{particle} g \quad \text{Eq.1}$$

두번째는 마이크로 분자 사이에 존재하는 van der Waals force 로 Eq.2 와 같이 표현한다.

$$F_{vdw} = \frac{A_{132} R}{6z_0^2} \quad \text{Eq.2}$$

세번째는 하전 입자가 도체 평면에 위치할 때 유기되는 반대 극성의 image charge 에 의한 인력으로 Eq.3 과 같이 쓸수 있다.

$$F_{img} = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon(2R)^2} \quad \text{Eq.3}$$

위의 3 가지 힘을 이용하여 입자와 전극판 사이에 존재하는 입자에 작용하는 부착력을

입자가 Top electrode 에 있을 때와 Bottom electrode 에 있을 때 Eq.4 와 Eq.5 와 같이 쓸 수 있다.

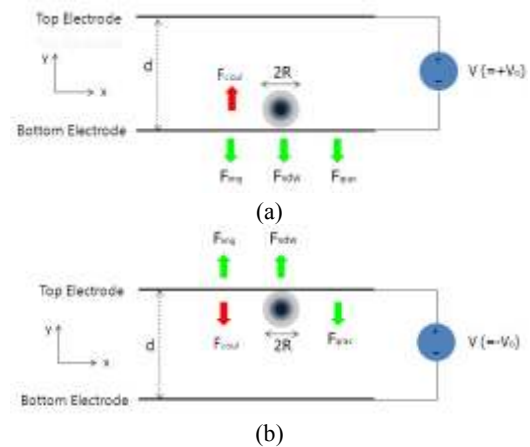


Fig. 1 Schematic diagrams (a) when the particle above the bottom electrode and (b) when the particle beneath the top electrode.

$$F_{adh}^{top} = F_{img} + F_{vdw} + F_{grav} \quad \text{Eq.4}$$

$$F_{adh}^{bot} = F_{img} + F_{vdw} - F_{grav} \quad \text{Eq.5}$$

위의 Eq.4 와 Eq.5 를 이용하여 입자의 adhesion force 로 활용하고 두 전극 사이에 인가된 전압(V)에 의해서 생성되는 전기에 의해 입자에 작용하는 Coulomb force 는 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$F_{coul} = QE = Q \frac{V}{d} \quad \text{Eq.6}$$

따라서, 시뮬레이션을 위해서 Eq.4, Eq.5 및

Eq.6 을 이용하였으며, 시뮬레이션을 위한 조건은 그림 2 에 나타내었다. Fig. 2 의 (a)와 (b)는 각각 Fig.1 의 (a)와 (b)에 대한 시뮬레이션 조건이다.

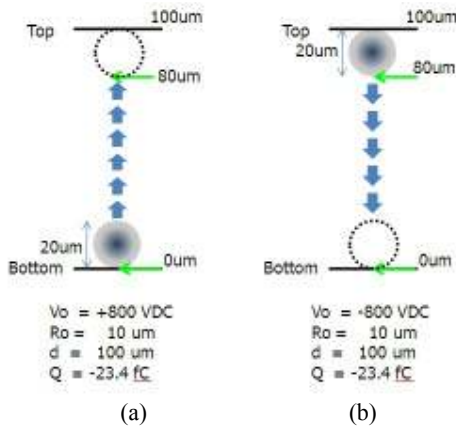


Fig. 2 Simulation conditions (a) for the case when the particle on the bottom electrode and (b) for the case when the particle beneath the top electrode

### 3. 시뮬레이션 결과

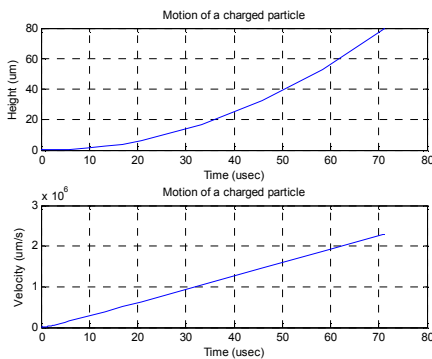


Fig. 3 Simulation result for the case like Fig. 2 (a)

Fig.3 는 Fig.2 의 (a)의 조건에 해당하는 시뮬레이션 결과이다. 두 전극 사이의 간격이 100  $\mu\text{m}$ 이고 입자의 직경이 20  $\mu\text{m}$ 이기 때문에 입자의 바닥을 기준으로 0  $\mu\text{m}$ 부터 80  $\mu\text{m}$ 까지 움직이는 조건으로 본 시뮬레이션을 수행하였으며, 소요시간은 약 71  $\mu\text{s}$ 였다. 한편 Fig.4 는 Fig.2 의 (b)의 조건에 해당하는

시뮬레이션 결과로, 전극 사이 간격을 80 부터 0 까지의 조건으로 시뮬레이션을 수행하여 소요시간은 68  $\mu\text{s}$ 였다.

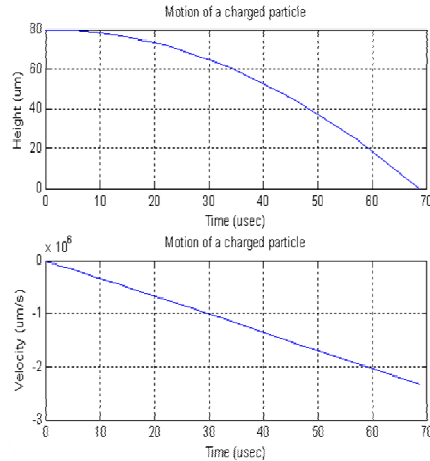


Fig. 4 Simulation result for the case like Fig.2 (b)

### 4. 결론

본 연구에서 입자에 작용하는 힘 분석을 바탕으로 입자와 전극사이에 존재하는 부착력과 쿨롱력에 대해 살펴보고, 이를 이용하여 모션 시뮬레이션을 수행하였다. 입자의 천이 시간은 약 70  $\mu\text{s}$ 였으며, 이는 전자 종이 동작시의 응답 속도를 결정짓는 중요한 요소라 할 수 있으며, 본 연구에서 사용된 모델을 통해서 전자 종이에 대한 동작 예측 분야에 활용 할 수 있을 것으로 판단한다.

### 참고문헌

1. Y. Chen *et al*, "Flexible active-matrix electronic ink display," *Nature*, **423**,136, 2003.
2. Jin Jang, "Display develop a new flexibility," *Material Today*, **9**, 46-52, 2006.
3. Nicholas Sheridan, "Gyricon materials for flexible displays," *Flexible flat panel displays*, John Wiley&Sons Ltd., 393-407, 2005
4. Comiskey B. et al, "An electrophoretic ink for all-printed reflective electronic displays," *Nature*, **394**, 253-255, 1998.