

## 중량변화에 의한 폴리에스터 레이온 부직포의 정전기 대전 완화특성

이성일<sup>1</sup>, 박용순<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup> 충주대학교 안전공학과

### Electrostatic Electrification Relaxation Properties of Polyester Rayon Non-woven Fabric due to Weight Variation

Sung-Il Lee<sup>1</sup> and Yong-Soon Park<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup> Department of Safety Engineering, Chungju National University, Chungju 380-702, Korea

(Received October 26, 2011; Revised November 9, 2011; Accepted November 14, 2011)

**Abstract:** Non-wovens polyester rayon samples were manufactured, and the electrification properties of electrostatics were measured for three different samples (15 g/m<sup>2</sup>, 25 g/m<sup>2</sup>, and 40 g/m<sup>2</sup>) with the environmental settings of temperature (20~40°C) and humidity (40~90%). The conclusions are as follows. Heavy sample generated more static electricity when the temperature was constant. The static electricity decreased slowly when the humidity is less than 70%, while it sharply decreased over 70% humidity condition. For non-woven polyester rayon, static charge decreased as temperature and humidity increased. As the weight increased, less time were taken for the electrification voltage to drop to the half.

**Keywords:** Non-wovens polyester rayon, Electrostatics, Electrification voltage

#### 1. 서 론

최근 산업현장에서 고기능성 재료인 합성 부직포의 인공 피혁, 자동차 내장재, 전기전자 용도의 2차 전지 격리막(separator), 케이블 랩(cable wrap)과 같이 각종 시트와 경계 영역을 공유하기 때문에 1차 산업에서 3차 산업까지 전 분야에 걸쳐 집중 사용되고 있기 때문에, 제조 공정 시 정전기의 발생과 더불어 장·재해가 더더욱 증가일로에 있으므로 생산성 향상 및 우수한 제품 생산을 위해서도 정전기 대책이 시급히 요구되고 있다[1,2].

우리나라에서 소프트(soft)/포러스(porous)한 재료인 부직포(non-wovens fabric)는 “방적, 제직, 편성에 의한 공정 없이 섬유 집합체를 화학적 작용(접

착제를 섬유에 혼용)이나 기계적 작용 또는 적당한 수분과 열처리에 의해 전선 상호간을 결합한 포(布)의 형상을 갖는 것을 말하는데, 일반적으로 공기를 잘 통하며 유연하고 가벼워서 심지, 벽지, 의료용으로 사용되고 있다. 습도, 온도, 물질의 물성 특성, 표면 상태 등 여러 가지 조건에 따라 정전기 대전특성이 달리 나타나는데 정전기는 재현성이 어려우며, 과학적으로 증명도 어렵기 때문에 적절한 제어가 되지 않으면 화재 및 폭발, 생산 장·재해와 같은 여러 가지 사고를 유발하게 된다 [3,4]. 필름, 종이 부직포 등 각종 제품을 만드는 생산 공정에서는 정전기의 흡인과 반발 작용에 의해 먼지가 부착되어 장·재해의 원인이 되며, 품질도 저하시키게 된다. 가연성 물질을 취급하는 산업 현장에서는 정전기로 인하여 정전기의 역학적 작용, 유도 및 방전 등의 정전기 현상에 의해

a. Corresponding author; dyddl0111@hanmail.net

화재 및 폭발과 같은 재해가 발생하게 된다 [5,6]. 특히 최근에 정전기 방전에 의한 컴퓨터 오동작과 같은 재해는 하이테크 분야로 확대되고 있으며, 정전기의 방전 시 노이즈가 여러 가지 요인으로 수 암페어 정도의 방전 전류가 흐르기 때문에 방전이 인체에 흐르게 되면 전기적 충격 등으로 피부가 파괴되거나 쇼크로 추락 등의 2차적 재해가 발생된다 [7-9].

본 논문에서는 이것은 파이버 (fiber: viscos rayon + polyester)에 접착제를 이용하여 web (편물, 직포(織布))를 형성하는 침적 접착 법을 사용하여 폴리에스터 레이온 합성 부직포 시료를 제작하여 온도 20~40℃, 습도 40~90%의 환경 범위에서 중량이 15 g/m<sup>2</sup>, 25 g/m<sup>2</sup> 및 40 g/m<sup>2</sup>인 세 종류 시료에 10 kV의 전압을 인가하여 정전기 대전 특성을 측정하였으며, 습도, 온도, 중량 등 모두에 영향을 받는다는 것을 확인하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 측정시료 및 장치

본 실험에서는 파이버 (fiber: viscos rayon 40% + polyester 60%)에 접착제를 이용하여 web( 편물, 직포(織布))를 형성하는 침적 접착 법을 사용하여 중량이 15 g/m<sup>2</sup>, 25 g/m<sup>2</sup> 및 40 g/m<sup>2</sup>인 세 종류의 폴리에스터 레이온 합성 부직포 시료를 제작하여 측정하였다.

정전기를 발생시켜 주는 직류 코로나 방전식의 chopper형이며 D.C(±), 0~10 kV의 가변형인 Static Honestmeter (일본:Shishido 정전기(type H-0110), 분석용으로 Honest Analyzer (일본:Shishido 정전기 (type V1), Thermal printer (일본:DPU-411, 열감지식 Serial Dot 방식) 및 항온항습장치를 사용하였다.

### 2.2 측정회로 및 방법

시료를 항온·항습 계에 넣고 그림 1과 같은 회로에서 온도 15~40℃까지 5℃씩 상승시키면서, 습도는 40~90%까지 5%씩 상승시켜가면서 1분 동안 정전기 대전전압을 측정했다. 그림 2에 시료를 코로나 방전에 의해 임의로 대전시키는 구동기, 코로나를 발생시키기 위한 고압직류 전원, 소자를 위에 놓고 회전시키는 턴테이블 및 모터, 시료의 전위를 픽업하는 수신기와 증폭기, 또 완화된 전하로부터 반감기를 측정하는 analyzer가 부착, 이를 조작하는 조작부 등으로 구성되어 있는

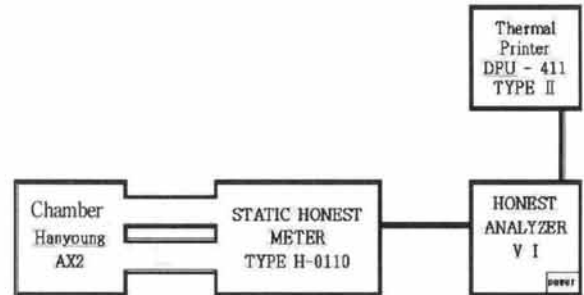


Fig. 1. Experimental setup.

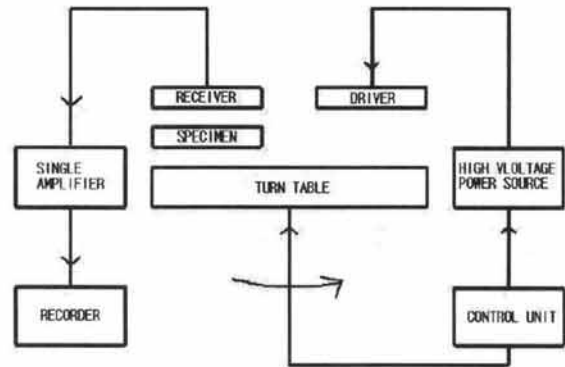


Fig. 2. A schematic diagram showing the structure of static honestmeter.

Static Honestmeter의 구조를 나타내었으며 턴테이블 (turn table)을 1,550 rpm의 속도로 회전시키면서 시료에 10 kV의 전압의 인가로 20 mm 간격의 시료에 대전되는 대전전압이 3 kV이고 0.1×3.5×4.5 mm인 시료를 장착한 후 온도를 10~40℃, 습도 40~90%의 환경에서 10 kV의 직류고전압을 코로나 방전 형으로 인가시켜 그 검출치가 포화치 (saturation level)에 도달한 후 고압인가를 차단시키고 그 후 60 sec 동안 시료 표면상의 전위 감쇠상태를 연속적으로 측정했다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 습도의 영향

그림 3~5는 온도 20℃~40℃, 습도 40%~90%에서 중량이 15 g/m<sup>2</sup>, 20 g/m<sup>2</sup> 및 40 g/m<sup>2</sup>인 폴리에스터 레이온 합성 부직포 시료에 10 kV의 직류 고전압을

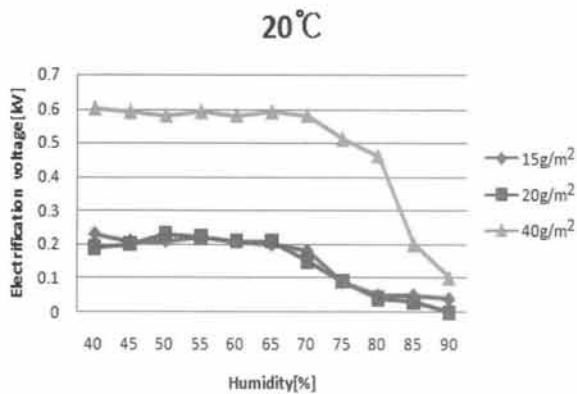


Fig. 3. Electrostatic electrification voltage due to transition of humidity in non-wovens sample of polyester rayon, 20°C.

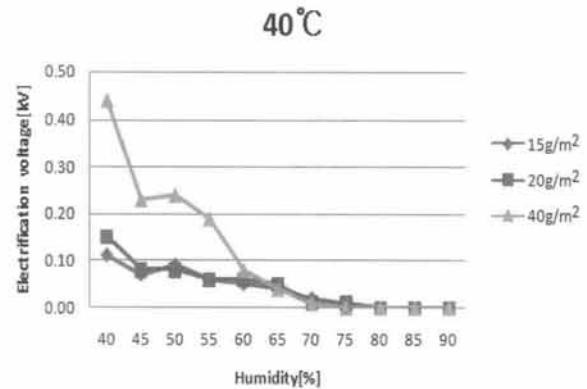


Fig. 5. Electrostatic electrification voltage due to transition of humidity in non-wovens sample of polyester rayon, 40°C.

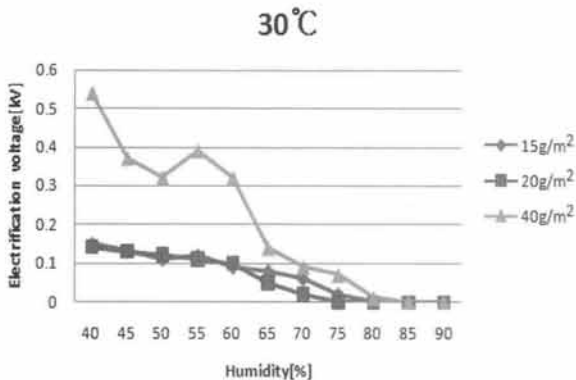


Fig. 4. Electrostatic electrification voltage due to transition of humidity in non-wovens sample of polyester rayon, 30°C.

코로나 방전형으로 인가하여 정전기 대전특성을 측정 한 결과이다. 그림 3은 온도 20°C에서 습도 변화의 조건에서 정전기 대전특성을 측정 한 결과이다.

중량이 15 g/m<sup>2</sup>와 20 g/m<sup>2</sup>인 시료의 정전기 대전 특성 결과는 습도가 40%~70%까지의 대전 전압은 0.2~0.23 kV 정도로 크기가 거의 같으나 70% 이상에서는 완만하게 저하하다가 90% 정도에서는 거의 0에 이르렀다. 또한 중량이 40 g/m<sup>2</sup>일 때 70%에서 약 0.58 kV이나 그 후 습도가 증가할수록 급격히 떨어졌다. 온도가 30°C, 40°C인 환경에서도 거의 같은 경향을 나타내었다. 중량이 15 g/m<sup>2</sup>와 20 g/m<sup>2</sup>인 시료보다 40 g/m<sup>2</sup>인 시료가 정전기 대전전압이 현격하게 컸는데 이는 중량의 크기에 영향을 받는다고 생각된다.

그림 3~5에서 온도가 20~40°C인 경우, 습도가 40%일 때 중량이 15 g/m<sup>2</sup>와 20 g/m<sup>2</sup>인 시료의 대전

전압의 크기는 대략 0.15~0.25 kV, 40 g/m<sup>2</sup>인 시료의 경우는 대략 0.44~0.60 kV로 현격한 차이를 보였다.

그림 3에서 20°C인 경우 습도가 70%까지 15 g/m<sup>2</sup>와 20 g/m<sup>2</sup>인 시료의 대전전압의 크기는 0.2 kV 정도로 거의 같은 대전전압을 유지하다가 70% 이상에서는 0.1 kV 정도로 떨어졌으며 40 g/m<sup>2</sup>인 시료의 경우는 70% 정도까지는 0.58 kV 정도였으나 그 이상에서 급감하여 90%에서 0.1 kV로 떨어졌다.

중량이 40 g/m<sup>2</sup>인 시료의 경우는 그림 4와 같이 온도 30°C에서는 습도 50%에서 0.32 kV, 55%에서 0.39 kV까지 증가했다가 80% 정도에서 0 kV 정도로 떨어졌다. 그림 5에서와 같이 온도가 40°C에서는 습도 50%에서 0.32 kV, 55%에서 0.39 kV까지 증가했다가 80% 정도에서 0 kV 정도로 떨어졌다.

중량이 15 g/m<sup>2</sup>와 20 g/m<sup>2</sup>인 시료의 대전전압의 크기는 그림 4와 그림 5 모두 약 40%에서 0.15 kV 정도로, 30°C에서는 75%에서, 40°C에서는 70%에서 0 kV 정도로 감소했다. 따라서 중량이 무거운 시료가 습도가 높아질수록 대전전압이 높아짐을 확인했으며, 온도가 높아짐에 따라 대전전압이 중량이 차가 없는 시료에 혼조현상을 나타내는 것으로 보아 온도의 영향도 받는 것으로 생각된다.

그림 6~8은 습도 40~90%, 온도 15~40°C의 환경에서 폴리에스터 레이온 합성부직포 중량이 15 g/m<sup>2</sup>, 20 g/m<sup>2</sup> 및 40 g/m<sup>2</sup>인 시료에 직류고전압 코로나 방전형으로 10 kV를 인가하여 정전기 대전특성을 측정 한 결과이다. 그림 8은 습도 70%일 때 중량 15~40 g/m<sup>2</sup>인 폴리에스터 레이온 합성 부직포 시료와 온도

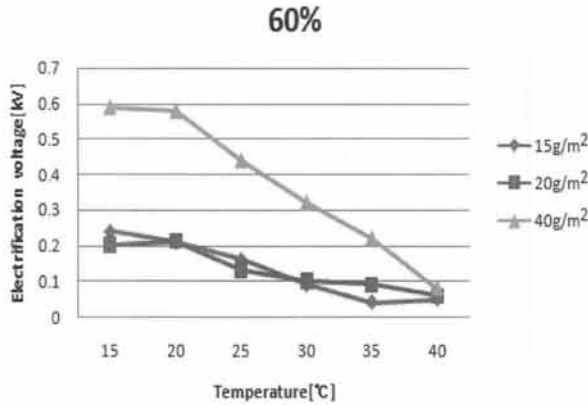


Fig. 6. Electrostatic electrification voltage due to transition of temperature in non-wovens sample of polyester rayon, 60%.

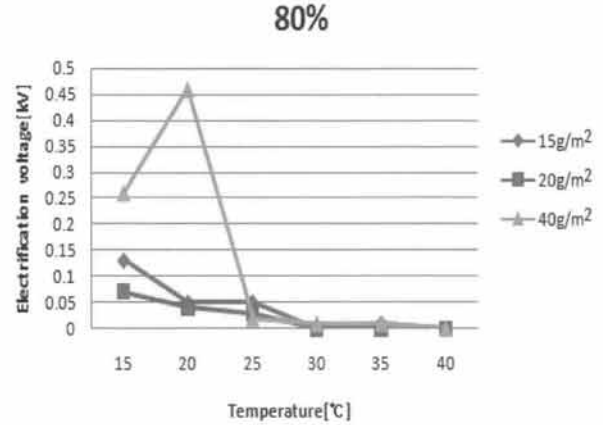


Fig. 8. Electrostatic electrification voltage due to transition of temperature in non-wovens sample of polyester rayon, 80%.

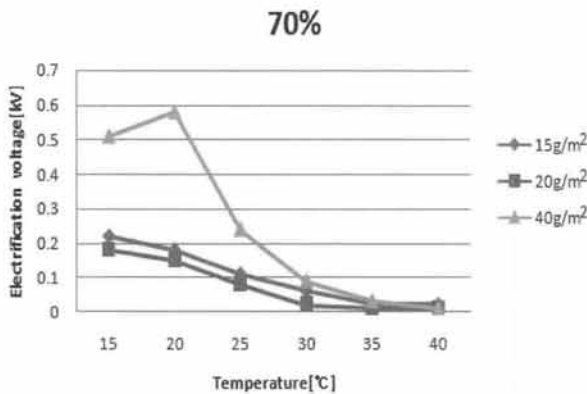


Fig. 7. Electrostatic electrification voltage due to transition of temperature in non-wovens sample of polyester rayon, 70%.

15~40°C의 환경에 의한 정전기 대전특성을 측정 한 결과이다. 습도가 70%에서 온도가 15°C에서 30°C까지 증가할수록 15 g/m<sup>2</sup>와 20 g/m<sup>2</sup>인 시료는 0.22 kV에서 0.2 kV 정도로 서서히 감소하다가 30°C에서 40°C에서는 0.01 kV로 대전전압을 나타내었으며, 두 시료 모두 같은 경향을 나타내었다.

40 g/m<sup>2</sup>인 시료에서는 15°C일 때 0.51 kV, 20°C일 때 0.58 kV로 상승하다가 30°C까지는 약간 감소하다가 40°C에서는 0.01 kV로 대전함을 확인하였다. 또한 습도 60%, 70%, 80% 그리고 온도 15°C의 경우 온도가 동일할 때 습도가 높아질수록 대전전압은 낮아지는 경향을 보이나 40 g/m<sup>2</sup>인 경우 습도가 60%에서 80%

로 증가할 때 대전전압의 상승 비율이 더 크게 나타났는데 이는 시료 제작 때 첨가되는 이물질과 불순물의 첨가와 중량이 그 원인으로 생각된다.

그림 9~11은 온도 약 30°C, 습도 약 70%, 중량 15 g/m<sup>2</sup>, 20 g/m<sup>2</sup> 및 40 g/m<sup>2</sup>인 시료를 측정 한 결과를 1/2로 반감되는데 걸리는 시간을 측정 한 결과이다.

시료에 전하를 인가하여 전하의 분포가 정상상태에 도달한 후 전원을 차단한다. 이때의 시료의 전위를 10 kV라 하면 t초 후에는 누설전류에 의한 전하의 감소분만큼 시료 전위가 강하하며 그때의 전위 V[V]는 시료의 누설저항 R<sub>c</sub> [Ω]과 정전용량 C [F]에 의해 다음 식으로 주어진다.

$$V = V_0 \varepsilon^{-\frac{t}{CR_c}} \tag{1}$$

시료의 전하가 누설되어 감소하고 그 전위 V가 초기의 전위 V<sub>0</sub>의 1/2전압 치로 될 때의 시간τ를 반감기라 부른다. 여기서 반감기 τ는 누설저항 R<sub>c</sub>[Ω]과 비례관계에 있으므로 반감기 τ를 측정하면 대전체의 전하이동에 대한 난이도의 추정이 가능하다. 이때 analyzer에 기록되는 V<sub>0</sub>의 크기는 시료의 누설전하와 코로나 방전에 의해서 공급된 전하가 평형을 이루는 곳에서 결정된다. 일반적으로 대전체의 절연성능이 높을수록 V<sub>0</sub>가 높고, τ가 커진다. 그러므로 중량을 15~40g/m<sup>2</sup> 까지 증가시켰을 경우 대전전압은 1/2

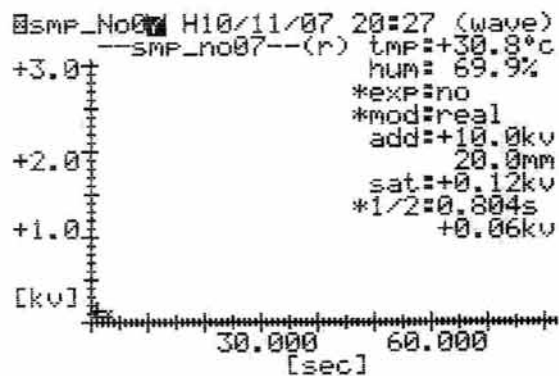


Fig. 9. Relaxation of electrostatic electrification in non-woven sample of polyester rayon, 15 g/m<sup>2</sup>.

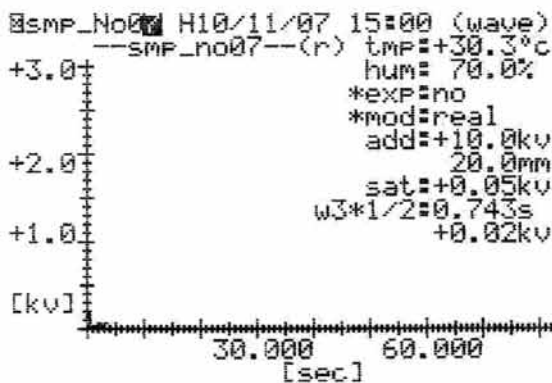


Fig. 10. Relaxation of electrostatic electrification in non-woven sample of polyester rayon, 20 g/m<sup>2</sup>.

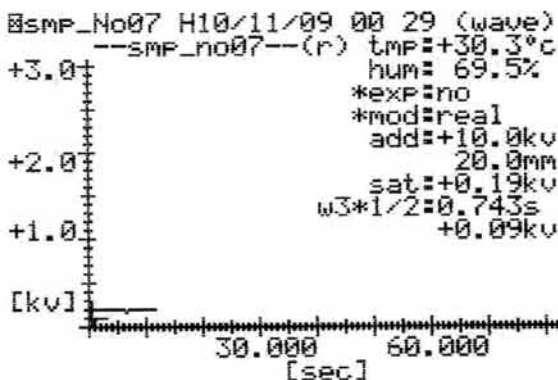


Fig. 11. Relaxation of electrostatic electrification in non-woven sample of polyester rayon, 40 g/m<sup>2</sup>.

로 반감 시 중량이 커질수록 완화시간은 짧아졌는데 자세히 살펴보면 15 g/m<sup>2</sup>, 30.8°C에서는 0.804 s가 걸렸고 20 g/m<sup>2</sup>과 40 g/m<sup>2</sup>, 30.3°C에서는 0.743 s가 걸렸다. 이는 습도가 일정할 경우 온도의 영향을 더 많이 받음을 알 수 있다. 중량에 의한 영향보다는 온도에 따른 영향이 더 컸음을 알 수 있다. 그림 9~11은 온도가 30°C, 습도 70%인 경우 중량이 15 g/m<sup>2</sup>에서 40 g/m<sup>2</sup>으로 증가되었을 때 정전기 대전전압이 1/2로 반감될 때까지 걸리는 시간이 중량이 무거울수록 짧아짐을 확인하였다.

#### 4. 결론

폴리에스터 레이온 합성 부직포의 정전기 대전 특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 일정 온도에서 정전기 대전전압을 측정하였을 때 중량이 무거운 부직포에서 정전기가 많이 발생하고, 습도가 70% 이하일 경우 정전기의 감소가 완만하나 70% 이상인 경우에는 정전기의 발생이 급격히 감소함을 확인했다.

(2) 폴리에스터 레이온 합성 부직포의 경우에는 온도 및 습도가 증가할 경우 정전기의 대전량이 감소하는 것을 확인했다.

(3) 온도 약 30°C, 습도 약 70%의 환경에서 중량 15 g/m<sup>2</sup>, 20 g/m<sup>2</sup> 및 40 g/m<sup>2</sup>인 시료를 측정한 결과, 1/2로 완화되는데 걸린 시간은 중량이 커질수록 짧아졌음을 확인했다.

#### REFERENCES

- [1] S. Lee and S. Kim, *J. KIEEME*, 23, 48 (2010).
- [2] S. Lee, *J. KIEEME*, 23, 718 (2010).
- [3] R. G. Renninger, *J. Electrostat.*, 28, 253 (1992).
- [4] D. L. Sin and T. L. Welsher, *J. Electrostat.*, 31, 199 (1993).
- [5] M. C. Jon and T. L. Welsher, *J. Electrostat.*, 32, 43 (1994).
- [6] K. Lee, J. Yoo, J. Hong, S. Lee, Y. Kim, and H. Jeong, *J. KIEEME*, 20, 25 (2007).
- [7] W. D. Greason, *J. Electrostat.*, 28, 199 (1992).
- [8] W. D. Greason and S. Bulach, *IEEE Trans. Ind. Appl.*, 33, 286 (1997).
- [9] T. J. Maloney, *J. Electrostat.*, 31, 313 (1993).