

환경변화에 의한 열 압착용 실리콘 고무의 정전기 대전 특성에 관한 연구

이성일^{1,a}

¹ 충주대학교 안전공학과

A Study on Electrostatic Electrification Properties of Silicone Rubber for Thermal Bonding According to the Variation of Environment

Sung-Il Lee^{1,a}

¹ Department of Safety Engineering, Chungju National University, Chungju 380-702, Korea

(Received July 13, 2010; Revised August 9, 2010; Accepted August 19, 2010)

Abstract: In this paper, the following results were obtained from the experiment in which electrification voltage of silicone rubber specimen for thermal bonding were measured under various time, temperature (10~40°C), and humidity (30~90%) conditions and different amount of carbon additives (0~15 phr (per hundred resin)). Electrostatics electrification voltage decreased when carbon is up to 10 phr, and there was no electrification voltage in 15 phr condition. The electrostatics electrification voltage did not change over time. When the temperature was constant, electrostatics electrification voltage sharply dropped when the humidity was around 70%. That means, this condition might be appropriate for prevention of charging. The electrification voltage decreased as humidity and amount of carbon increased.

Keywords: Thermal bonding, Humidity, Electrostatics, Electrification voltag

1. 서 론

산업의 발달과 더불어 규소 원자와 산소 원자가 서로 결합한 실록산(-Si-O-Si)을 주쇄로 한 -70°C에서도 유연성, 내코로나성, 내오존성, 내열성, 내유성 및 전기 절연성이 대단히 우수한 실리콘 고무가 전기·전자 산업분야에 광범위하게 이용되고 있다. 실리콘 고무는 가교가 가능한 선형 고분자인데 최근 반도체 디바이스의 고기능화, 고집적화, 표면 실장으로 인해 납땀에 의한 접착 형태에서 전도성 입자를 분산시킨 필름상의 접착제를 사용하고 있다 [1,2]. 이에 따라 이방전도성 필름 (anisotropic conductive film, ACF)은 금속입자 등의 전도성 입자를 분산시킨 필름상의 접

착제로 LCD (liquid crystal display) 실장분야에서의 LCD 패널과 TCP (tape carrier package) 또는 PCB (printed circuit board)와 TCP 등의 전기적 접속이 널리 이용되고 있으며 특히 LCD 기술의 발전에 따라 ACF는 접속 신뢰성의 향상과 접속 pitch의 미세화가 급속하게 진행되고 있다. 그 결과 bare chip을 접속 LCD 패널에 실장하는 COG (chip on glass) 실장 등의 접속재료로도 최근 주목을 받고 있다 [3-5].

이에 이방 전도성 필름의 생산 공정시 부유물 등의 부착에 의한 품질의 저하, 정전기 방전 에너지가 분진, 증기, 가연성 가스 등의 최소 착화 에너지보다 큰 경우 화재나 폭발을 일으킨다 [6-8].

본 연구에서는 LCD와 FPCB (flexible printed circuit board)를 접착할 수 있는 ACF를 heat head에

a. Corresponding author: silee@cju.ac.kr

서 가열할 때 160~180℃의 일정한 온도로 유지하고 2~3 MPa의 가압에 충격을 완화할 수 있는 실리콘 고무의 정전기 대전 특성을 측정하였다. 열전도성 및 절연성을 유지하며 균일한 평탄도 및 광폭의 도전성 첨가제인 카본을 0~15 phr (per hundred resin)로 증가 배합시킨 시편에 온도를 10~40℃, 습도 30~90% 10 kV의 전압을 인가하여 그 때 발생하는 대전 전압을 측정하였으며, 또한 고온 경화성 실리콘 고무에 카본 양을 10 phr까지 증가할수록 정전기 대전전압은 감소하였으며, 15 phr배합된 시료에서는 대전전압이 나타나지 않음을 확인했으며, 시간의 경과에 대해 대전전압은 변화가 없었다. 25℃ 정전기 대전전압은 습도가 70%정도에서 급격히 감소하므로 대전방지용으로 적합한 환경 조건이라 생각된다. 습도가 높아질수록 카본 양이 증가할수록 대전전압이 낮아짐을 확인했다.

2. 실험 방법

2.1 측정시료 및 장치

본 실험에서는 실리콘 고무에 카본을 0~15 phr로 증가 배합시켜 촉매는 백금 (Pt)을 소량 사용하여 온도 150℃에서 5분 동안 3 MPa의 압력으로 두께 20 μm로 제작하였다.

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 항온 항습계를 사용하였다.

2.2 측정회로 및 방법

온도 25℃환경에서 도전성 첨가제인 카본을 0~15 phr, 습도 30~90%의 환경일 때의 정전기 대전전압을, 습도 45%와 70%에서 카본을 0~15 phr, 온도 10~40℃에서 정전기대전전압을 측정하였으며, 또한 도전성 첨가제인 카본을 0~15 phr로 증가 배합시킨 시료를 1분 동안 그림 1과 같은 회로로 정전기 대전전압을 측정했다.

그림 2에 시료를 코로나 방전에 의해 임의로 대전시키는 구동기, 코로나를 발생시키기 위한 고압직류

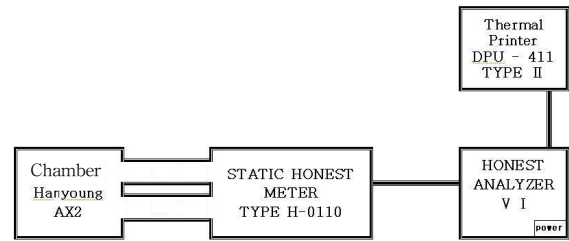


Fig. 1. Measured circuit.

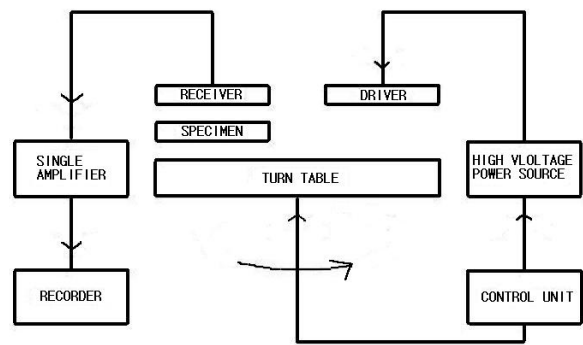


Fig. 2. A schematic diagram showing the structure of static honestmeter.

전원, 소자를 위에 놓고 회전시키는 턴테이블 및 모터, 시료의 전위를 픽업하는 수신기와 증폭기, 또 완화되는 전하로부터 반감기를 측정하는 analyzer가 부착, 이를 조작하는 조작부 등으로 구성되어 있는 Static Honestmeter의 구조를 나타내었으며 턴테이블 (turn table)을 1550 rpm의 속도로 회전시키면서 시료에 10 kV의 전압의 인가로 20 mm 간격의 시료에 대전되는 대전전압이 3 kV인데 이방전도성 실리콘 고무 필름 시료를 장착한 후 온도를 10~40℃, 습도 30~90%의 환경에서 10 kV의 직류고전압을 코로나 방전형으로 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

그림 3은 25℃에서, 도전성 첨가제인 카본을 0~15 phr로 증가 배합시켜 두께 20 μm로 제작한 필름 시편의 30~90%의 습도 환경에 대한 10 kV를 인가했을 때

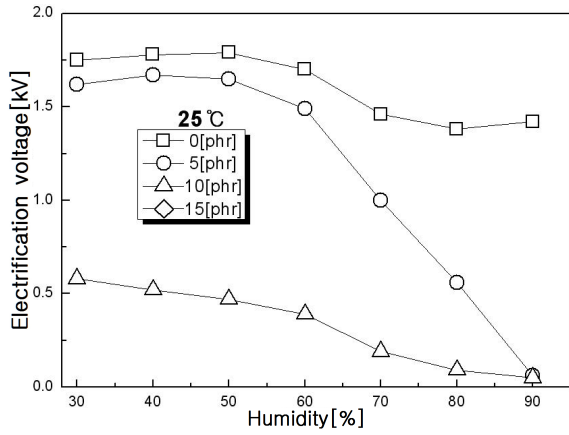


Fig. 3. Electrification voltage - humidity properties of silicone rubber for thermal bonding, carbon 0~15 phr, 25°C, 10 kV.

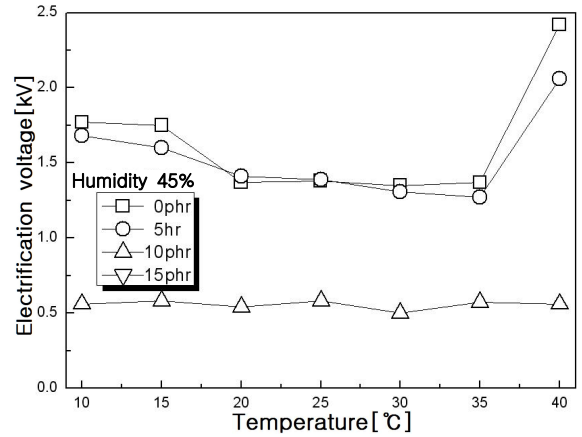


Fig. 5. Electrification voltage - temperature properties of silicone rubber for thermal bonding, carbon 0~15 phr, 25°C, 10 kV.

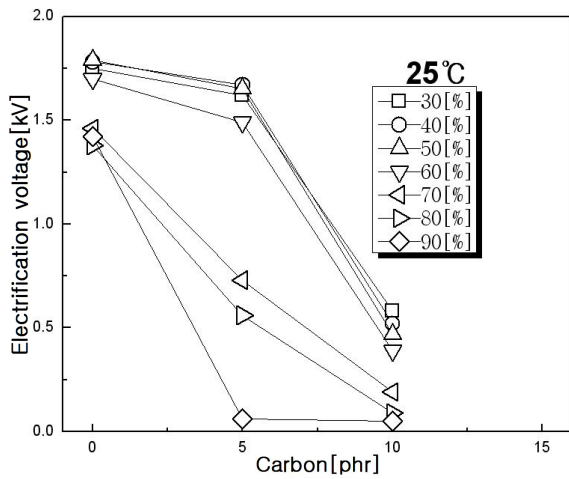


Fig. 4. Electrification voltage - carbon properties of silicone rubber for thermal bonding, humidity 30~90%, 25°C, 10 kV.

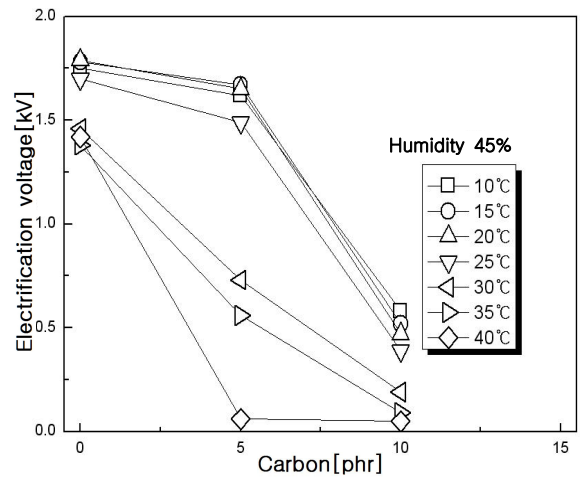


Fig. 6. Electrification voltage - carbon properties of silicone rubber for thermal bonding, temperature 0~40°C, 45%, 10 kV.

대전전압을 측정된 결과이다. 30%의 습도에서는 도전성 첨가제인 카본 량이 0 phr에서 10 phr로 증가할수록 대전전압은 1.75 kV에서 0.68 kV 정도로 감소하고 있으며 15 phr 배합된 시료에서는 대전전압이 발생치 않음을 확인했다. 카본함량이 0 phr 배합된 시료는 습도가 높아져도 대전전압은 거의 떨어지지 않았다. 5 phr, 10 phr 배합된 시료는 습도가 90%일 때 0.1 kV 정도로 대전전압이 떨어짐을 확인했다. 그러므로 0% 첨가 시편의 습도가 높아져도 대전전압이 변화가 심하지 않았는데 이는 절연성에 약간의 영향이 있었다고

생각된다. 5 phr, 10 phr 배합된 시료는 급락했다는 것은 정확하지는 않지만 도전성 첨가제인 카본과 습도의 영향을 모두 받는다고 생각된다. 15 phr 배합된 시료는 대전전압이 전혀 나타나지 않았으므로 첨가제 영향이 더 크다고 확신한다.

그림 4는 그림 3과 같은 조건의 시료를 30~90%의 습도일 때 카본함량을 0~15 phr로 증가 배합하여 대전전압을 측정된 결과이다.

30~60%인 경우 0 phr 배합되었을 때 1.7~1.8 kV의 대전전압이 발생하며, 10 phr 배합되었을 때 0.4~0.65 kV

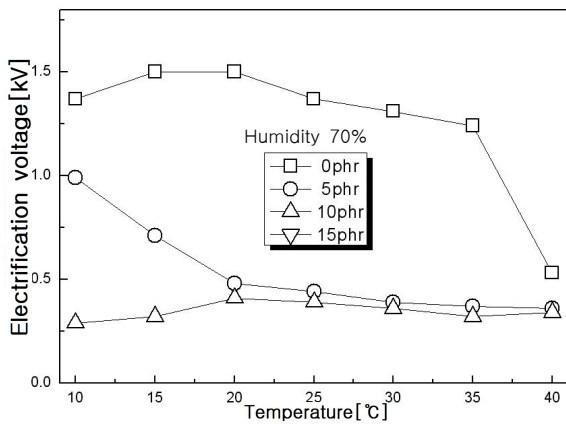


Fig. 7. Electrification voltage - temperature properties of silicone rubber for thermal bonding, carbon 0~15 phr 70%, 10 kV).

의 대전전압이 급격히 감소하며, 15 phr 배합되었을 때의 대전전압이 전혀 발생하지 않았다. 70~90%인 경우 0 phr 배합되었을 때 11.38~1.4 kV의 대전전압이 발생하며, 10 phr 배합되었을 때 0.05~0.18 kV로 대전전압이 급격히 감소하며, 15 phr 배합되었을 때의 대전전압이 전혀 발생하지 않았다. 도전성 첨가제인 카본함량이 0 phr 첨가된 경우 30~60%일 때 보다 70~90%인 경우가 대전전압이 적어진 것을 알 수 있으며, 10 phr이 첨가된 경우 대전전압이 급격히 감소된 것을 알 수 있으며 15 phr 배합된 시료에서는 대전전압이 전혀 발생치 않음을 확인했다. 그러므로 카본 함량의 증가와 습도의 증가에 의해서 대전전압에 영향을 미친다고 생각된다.

그림 5와 그림 7은 습도가 45%, 70% 일 때 도전성 첨가제인 카본을 0~15 phr 증가 배합한 시료의 온도가 10~40°C 사이에서 대전전압을 측정된 결과이다. 그림 5에서 습도 45%일 때 10°C에서 0 phr 및 5 phr 인 경우 1.7~1.8 kV, 35°C에서 1.3~1.38 kV 40°C로 증가했을 때 2~2.4 kV로 대전전압이 급격히 증가했다. 10 phr인 경우 온도가 10°C에서 40°C 정도로 증가해도 0.6 kV정도로 대전전압의 변화가 없었다. 0~10 phr증가 배합하였을 때의 대전전압은 점점 적어지다가 15 phr인 경우 대전전압은 발생하지 않았다.

그림 7은 습도 70%인 경우 온도가 10°C일 때 0~10 phr까지 증가할수록 대전 전압은 감소하다가 15 phr에서는 전혀 나타나지 않았다. 35°C, 40°C가 되었을 경우 급격히 감소했으므로 70%일 때가 45%일 때 보다 대전전압 발생에 더 근접한 환경이라고 생각된다.

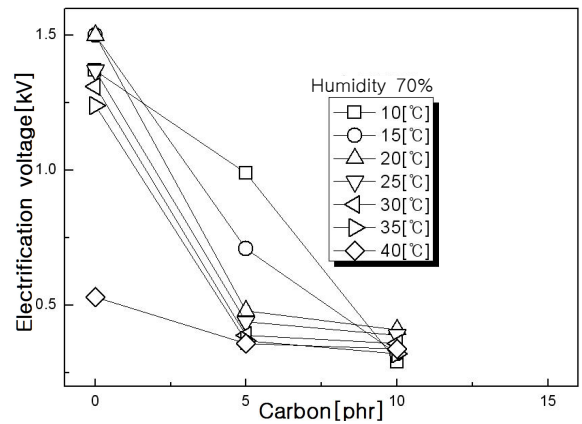


Fig. 8. Electrification voltage - carbon properties of silicone rubber for thermal bonding, temperature 0~40°C, 70%, 10 kV).

그림 6과 그림 8은 습도가 45%, 70%인 경우 도전성 첨가제인 카본함량을 0~15 phr일 때 온도가 10~40°C인 경우의 대전전압을 측정된 결과이다.

그림 8에서 카본함량이 0 phr일 때 1.2~1.5 kV정도, 10 phr일 때 0.1~0.4 kV 정도의 크기로 급격히 감소하나 15 phr에서는 전혀 대전전압이 나타나지 않았다. 그러므로 70%일 때의 환경이 카본함량 및 온도에 미치는 영향이 그림 6의 45%일 때보다 더 적합하다고 생각된다.

그림 9는 첨가제인 카본함량을 0~15 phr로 증가 배합 시켰을 때 시간에 따른 대전전압의 완화특성을 측정된 결과이다.

시료에 전하를 인가하여 전하의 분포가 정상상태에 도달한 후 전원을 차단한다. 이때의 시료의 전위를 10 kV라 하면 t초 후에는 누설전류에 의한 전하의 감소분만큼 시료전위가 강하하며, 그 때의 전위 V[V]는 시료의 누설저항 R_L[Ω]과 정전용량 C[F]에 의해 다음 식으로 주어진다.

$$V = V_0 e^{-\frac{t}{CR_L}} \quad (1)$$

시료의 전하가 누설되어 감소하고 그 전위 V가 초기의 전위 V₀의 1/2(1/2 전압치)로 될 때의 시간 τ를 반감기라 부른다. 여기에서 반감기 τ는 누설저항 R_L[Ω]과 비례관계에 있으므로 반감기 τ를 측정하면 대전체의 전하이동에 대한 난이도의 추정이 가능하다. 이 때 analyzer에 기록되는 V₀의 크기는 시료의 누설전하와

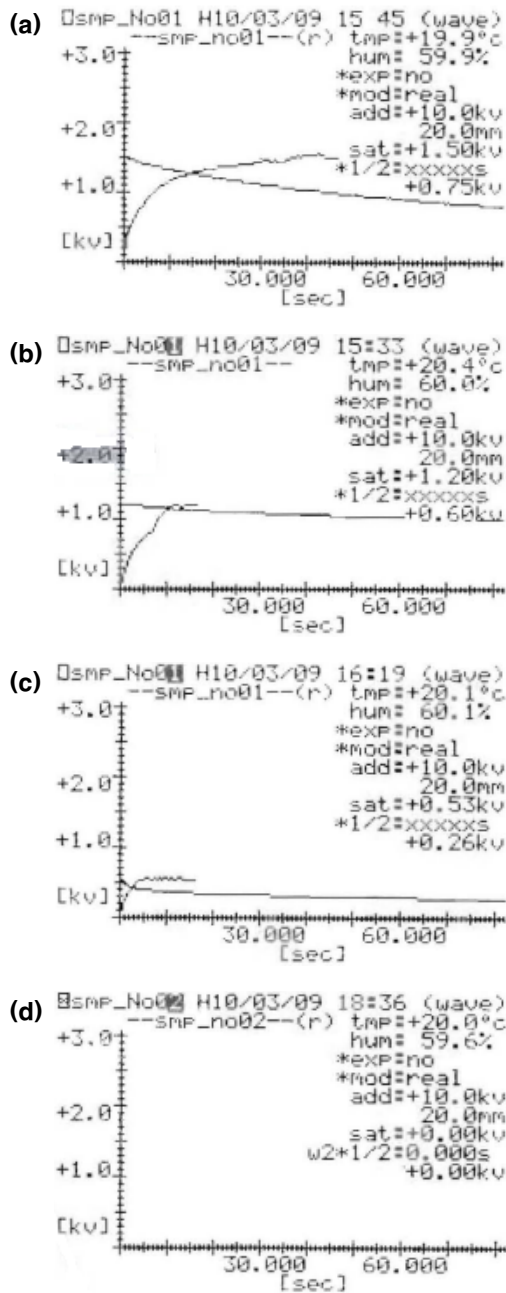


Fig. 9. Properties of electrostatic electrification voltage-time due to carbon content of silicone rubber for thermal bonding, temperature(0~15 phr), 20°C, 60%, 10 kV). (a) carbon 0 phr, (b) carbon 5 phr, (c) carbon 10 phr, (d) carbon 15 phr

코로나 방전에 의해서 공급된 전하가 평형을 이루는 곳에서 결정된다. 일반적으로 대전물체의 절연성능이 높을수록 V_0 가 높고, τ 가 커진다. 그러므로 카본함량

이 0~10 phr까지 증가시켰을 경우 대전전압은 10 sec정도에서 점점 낮아져 있으며 15 phr첨가 시료에서는 나타나지 않고 있다. 또한 시간이 경과할수록 대전전압의 크기는 거의 변화가 없으므로 열화가 되지 않는 시료이며 도전성 첨가제의 12 phr정도의 첨가가 정전기 대전방지에 적합하다고 생각된다.

도전성 첨가물인 카본함량을 증가 배합하여 누설저항 값을 측정하면 대전체의 전하이동 값에 대한 난이도를 추정할 수 있는데 측정된 대전전압의 크기는 누설전하와 코로나 방전에 의해서 공급된 전하가 평형을 이루는 곳에서 형성되며 카본양이 높을수록 절연성능이 낮아져 있음을 확인했다. 이방 전도성 (AFC)실리콘 필름은 기관사이에 AFC를 얇게 가열 (온도 : 150°C, 접촉시간 : 10~20 sec), 가압 (3 MPa)으로 접촉체를 용융하고 분산되어 있는 도전입자가 대치되는 전극사이에 보호되어 도전성이 얻어지고, 인접하는 전극사이에 접촉체가 충전되어 도전입자가 서로 독립하여 존재하기 때문에 높은 절연성이 얻어진다. 도전입자와 전극사이의 기계적 접촉은 접촉체의 높은 접촉력에 의해서 유지된다. 따라서 접촉체의 성능이 AFC의 접촉 신뢰성에 부여하는 영향이 크다. 온도 20°C, 습도 60%의 환경에서 이방 전도성 실리콘 필름의 첨가제 함량이 0 phr에서 1.5 kV, 5 phr에서 1.2 kV까지 10 phr에서 0.53 kV까지 정전기 대전전압이 감소하다가 15 phr에서는 전혀 대전전압이 발생하지 않았다. 대전방지용 첨가제 함량으로는 12 phr 배합하는 것이 적합하다고 생각된다.

4. 결론

본 연구에서는 온도(10~40°C), 습도(30~90%)의 환경 및 시간 등의 조건에서 열 압착용 실리콘 고무에 소량의 백금을 촉매로 사용하여 도전성 첨가제인 카본 양을 0~15 phr로 증가 배합시켜 제작한 시료의 대전전압을 측정된 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 고온 경화성 실리콘 고무에 도전성 첨가제인 카본 양을 10 phr까지 증가할수록 정전기 대전전압은 감소하였으며, 15 phr 배합된 시료에서는 대전전압이 나타나지 않음을 확인했으며, 시간의 경과에 대해 대전전압은 변화가 없었다.
2. 일정 온도에서 정전기 대전전압은 습도가 70% 정도에서 급격히 감소하므로 대전방지용으로 적합한 환경 조건이라 생각된다.
3. 습도가 높아질수록 카본 양이 증가할수록 대전전압이 낮아짐을 확인했다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 충주대학교 교내학술연구비의 지원을 받아 수행한 연구임.

REFERENCES

- [1] S.-I. Lee and S.-H. Kim, *J. KIEEME* **23**, 48 (2010).
- [2] S.-I. Lee, *Elastomers and Composites* **31**, 335 (1996).
- [3] H. J. Lee and S.-I. Lee, *Elastomers and Composites* **38**, 227 (2003).
- [4] S.-I. Lee, *Elastomers and Composites* **32**, 309 (1997).
- [5] W. D. Greason, *J. Electrostat.* **28**, 199 (1992).
- [6] D. L. Lin and T. L. Welsher, *J. Electrostat.* **31**, 199 (1993).
- [7] B. A. Unger, *Proceedings of the IEEE International Reliability Physics Symposium* (IEEE, Las Vegas, NV, 1981) p. 193
- [8] R. G. Renninger, *J. Electrostat.* **28**, 253 (1992).