

바 형태 정전기제거장치의 정전기제거성능 향상을 위한 연구 (1)

이동훈[†] · 최동수^{*} · 정용철^{**} · 김상민^{*}

부경대학교 안전공학과 · ^{*}부경대학교 대학원 안전공학과 · ^{**}(주)선재하이테크 기술연구소
(2014. 3. 2. 접수 / 2014. 6. 10 채택)

A Study on Improvement of the Performance of Pulsed AC Ion Bar (1)

Dong Hoon Lee[†] · Dong Soo Choi^{*} · Yong Chul Jung^{**} · Sang Min Kim^{*}

Department of Safety Engineering, Pukyong National University

^{*}Department of Safety Engineering, Graduate School, Pukyong National University

^{**}R&D Center, SunJe Hi-Tek. Co., Ltd.

(Received March 2, 2014 / Accepted June 10, 2014)

Abstract : In Display such as LCD, LED, and AMOLED or semiconductor related industries are required to have static ionizer in order to produce reliable goods since the ionizer can create balanced ion that is delivered to producing goods to minimize electrical damages when manufacturing. However, the most general type of ionization is called, "Corona Discharge" that has a slight chances to generate unequal and unstable amount of each +/- ion to the target object. Then, the ionization performance will drastically decrease and end up with quality deterioration problem. In this research, our objective to resolve the current issue via applying "Coupling Condenser" on each counter electrodes of Corona discharging type ionizer. The result is that the ion balance was maintained the satisfied range that is within +/-100V when we changed the duty ratio of the High Voltage of Pulse AC about 40 ~ 70%. In addition, when levelling the High Voltage of Pulse AC, the ion balance holds the range within +20 ~ 0V. Even though we have tested the same experiment for a year, we have seen the range changes roughly $\pm 50V$.

Key Words : ionizer, ion balance, duty, coupling capacitor

1. 서론

반도체 및 디스플레이 제조공정 등과 같이 미세패턴을 취급하는 경우에는 정전기 발생에 의한 패턴의 파괴 및 미세먼지 흡착으로 제품불량이 발생한다. 따라서 제품의 신뢰성을 향상시키기 위하여서는 정전기제거장치를 설치한다. 정전기제거장치에는 코로나방전을 이용한 막대형 정전기제거장치(이온 바), 송풍형 정전기제거장치(이온 블로워) 및 방사선(연 X선)을 이용한 정전기제거장치가 사용되고 있다. 일반적으로는 방사선의 인체영향 때문에 이온 바 또는 이온 블로워가 적용되고 있다. 그러나 이온바 및 이온 블로워는 장시간 사용 시에는 방전전극 표면에 전기집진작용에 의해 미세먼지가 부착하여 이온밸런스의 불균형을 야기하여 정전기제거능력이 저하하는 문제점이 발생한다.¹⁻²⁾

이러한 문제를 해결하기 위하여 제조공정에서는 이온 바 및 이온 블로워의 방전전극 세정을 주기적(1회/1 ~ 2 개월)으로 실시한다.³⁻⁵⁾ 이에 따르는 시간적 및 비용적 손실이 발생한다.⁶⁾ 이러한 코로나 방전방식의 정전기제거 장치에서 이온밸런스 문제를 해결하기 위하여서는 ① 생성된 이온전류를 감지하고 기 설정된 전류량과 비교하여 이온전류를 일정하게 유지하는 방법과 ② 이온밸런스를 일정범위 이내로 유지하기 위하여 대향전극에 수동소자(Coupling capacitor)를 설치하는 방법이 있다.

본 연구에서는 후자인 자동이온조절장치로서 수동소자를 설치하여 자동이온밸런스 회로를 개발하는데 그 목적이 있다. 이는 별도로 방전전극을 약 1년간 세정하지 않아도 이온밸런스를 일정한 값으로 유지 할 수 있다.

[†] Corresponding Author : Dong Hoon Lee, Tel: +82-51-629-6466, E-mail: lhoon@pknu.ac.kr
Department of Safety Engineering, Pukyong National University, 365, Sinseon-ro, Namgu, Busan 608-739, Korea

2. 연구내용

자동이온조절장치란 정전기제거장치에서 음이온과 양이온의 전하량이 서로 거의 같도록 스스로 조절하는 것이다. 정전기제거장치에 있어서 성능을 결정하는 중요한 두 가지 요소는 이온발생량과 이온밸런스이다. 그러나 대부분은 이온발생량이 충분함에도 불구하고, 사용시간이 경과함에 따라 이온밸런스의 불균형으로 제전성능이 초기의 설정값에 비하여 현저히 저하한다. 제전성능을 회복시키기 위해서 정기적으로 방전전극의 세정, 이온밸런스 재설정과 같은 별도의 운전비용이 발생한다. 따라서 자동이온조절장치는 정전기제거장치의 제전성능 유지기간을 연장시킴으로 운전비용을 절감시킬 수 있는 대안이 될 수 있다.

정전기제거장치는 이온을 생성하는 방전전극과 대향전극으로 구성되어 있다. 대향전극은 방전전극 주변에 위치하여 방전전계를 형성하여 이온생성을 돕는 역할도 하지만, 방전전극과 대향전극 사이에서 형성되는 전기력선을 따라 발생된 이온이 대향전극으로 흡수되는 현상도 동시에 일어난다. 대향전극으로의 이온 흡수는 \oplus , \ominus 이온의 질량차이, 방전개시전압 차이와 같은 이유로 불균형하게 이루어진다. 이로 인해 방전전극으로 부터 발생하는 이온이 실제로 대전물체에 도달하는 \oplus , \ominus 이온은 불균형하게 된다. 이러한 대향전극의 영향을 제거하기 위한 방법이 필요하다.

본 연구에서는 대향전극에 의한 이온밸런스 불균형을 예방하기 방법으로, 대향전극과 접지사이에 커플링 콘덴서를 적용하였다. Fig. 1은 대향전극을 커플링콘덴서로서 접지한 구성도이다. Fig. 2는 커플링콘덴서를 설치한 경우 이온분포를 나타낸 것이다. Fig. 2에서 알 수 있듯이 대향전극이 직접 접지될 경우 대향전극으로 흡수되는 이온의 양은 서로 차이가 발생하여 대전물체에 도달하는 이온 역시 \oplus , \ominus 불균형한 상태를 유지하게 된다. 그러나 대향전극을 커플링콘덴서로 접지한 경우에는 대향전극으로 흡수되는 \oplus , \ominus 이온의 균형이 유지하여 대전물체에 도달하는 이온은 균형을 유지하게 된다. 이는 대향전극으로 흡수되는 \oplus , \ominus 이온의 불균형이 발생할 경우 흡수되는 전하에 의해 C가 충전되어, 대향전극이 충전된 전하와 같은 극성의 전위를 가지게 된다. 대향전극으로 흡수되는 이온이 계속적으로 불균형하다면 대향전극의 전위는 계속적으로 높아져서 대향전극에 흡수되는 \oplus , \ominus 전하량은 결국 평형을 이루게 될 것이다. 즉, 대향전극과 접지전극 사이의 커플링콘덴서에 의하여 대향전극의 이온밸런스 불균형에 대한 영향을 제거할 수 있다.

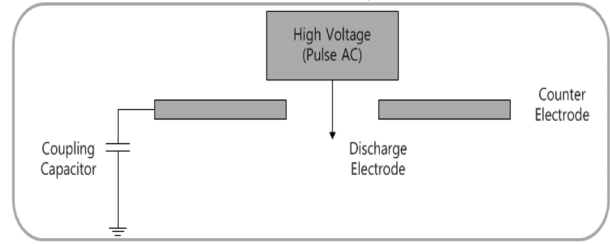
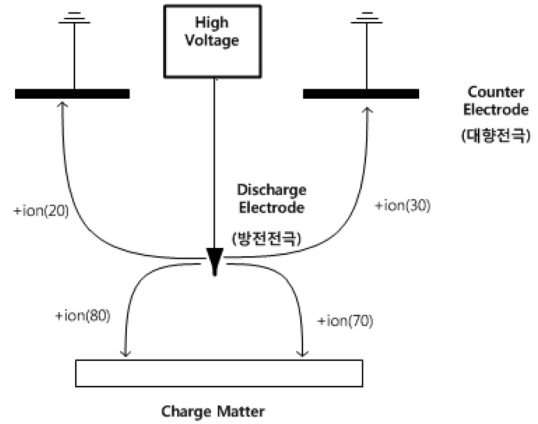
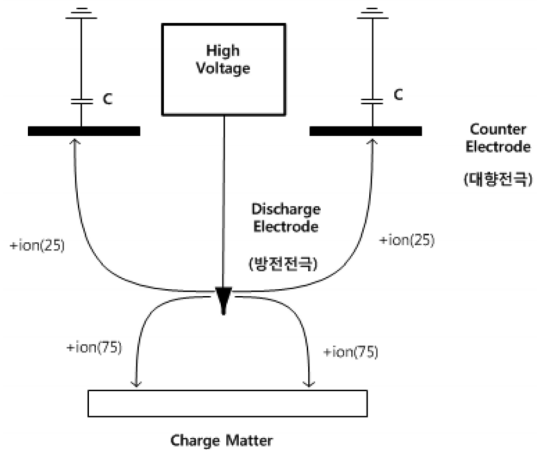


Fig. 1. Schematic diagram of coupling capacitor



(a) Not installed coupling capacitor



(b) Installed coupling capacitor

Fig. 2. Effect of the coupling capacitor on the counter electrode

Fig. 3은 커플링회로에 의한 해석을 나타낸 것이다. 저항 R에 걸리는 전압은 현재 인가되는 전압에 직전 반주기동안 V_c 의 변화량만큼 더해진 것이다. 여기서 V_c 의 변화는 전류 $I(t)$ 에 기인한 것이고, $I(t)$ 는 R을 통해 흐르는 방전전류이다. 즉, 한주기를 기준으로 전 반주기 동안 발생한 이온전류에 의해 결정되는 ΔV_c 가 후 반주기 동안의 전압에 더해진다는 것이다. 만약 \oplus 또는 \ominus 이온 중 어느 한쪽의 이온발생량이 더 많다고 하면, R에 걸리는 반대극성의 전압은 지속적으로 증가할

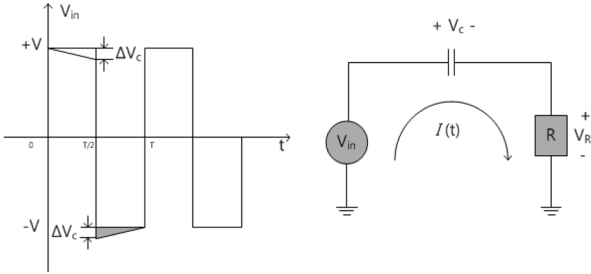


Fig. 3. Principles of coupling circuit

것이다. 이는 $\pm\Delta V_c$ 가 평형을 이루는 점에서 R에 인가되는 전압이 안정된다는 것을 의미하며, \pm 이온밸런스가 이루어진다는 것을 의미한다.

3. 실험 장치 및 방법

Fig. 4는 본 연구에서 사용된 정전기 제거장치의 외형 모습을 나타낸 것이다. 방전 고전압으로 펄스교류(Pulse AC 10.5 kV_{pp}, 30Hz)를 사용하고 있다. 이는 직류의 특성과 교류의 특성을 모두 갖고 있기 때문이다.

Fig. 5는 본 연구에서 사용된 방전 고전압의 회로도를 나타낸 것이다. Fig.5에서 고전압출력단과 방전전극 사이에 직류를 절연하기 위하여 직류억제콘덴서(DC cut coupling condenser)를 설치한 것이 특징이다.

본 실험은 약 1년 동안 실시되었으며, 일주일에 평균 3회, 수직방향으로 설치거리(300, 600 mm)에서 정전기 제거 성능을 나타내는 이온밸런스를 측정하였다. 피대전물 체로는 모의대전체 (Charged Plate Monitor, Trek, Model 156A1, USA)를 사용하였으며, 이때 대전전위는 최대 ± 1 kV로 설정하였다. 본 실험은 환경변화에 따라 상당히 민



Fig. 4. Ion bar with pulse AC

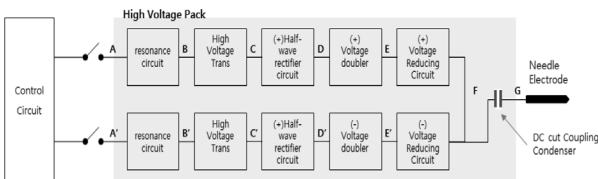


Fig. 5. High voltage circuit with DC isolation.

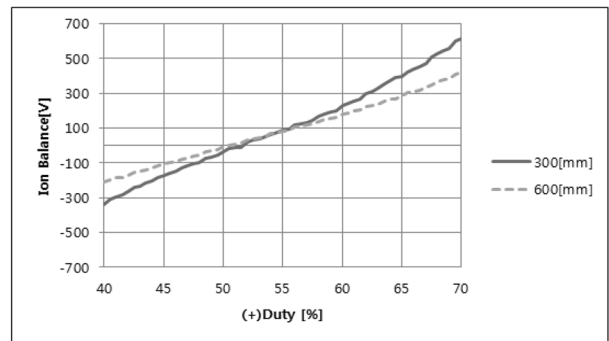
감한 영향을 받기 때문에 항온·항습실(온도 $20\pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $40\pm 2\%$ RH)에서 모든 실험 및 측정을 하였으며, 재현성을 확인하기 위해 평균 3회 이상 측정하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

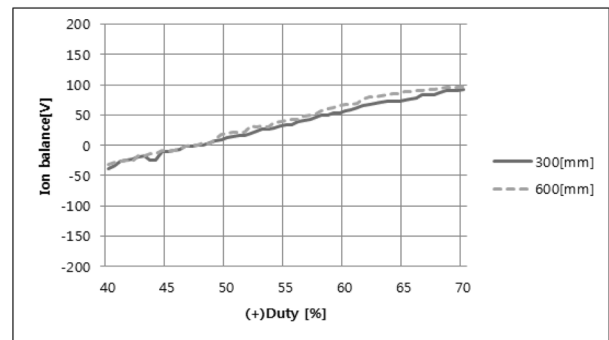
Fig. 6은 펄스교류의 듀티비(Duty Ratio)의 변화에 따른 이온밸런스를 나타낸 것이다. 커플링콘덴서가 없는 경우에는 듀티비의 변화에 따라 이온밸런스가 300 ~ 500V 이상으로 증가하였으나, 커플링콘덴서가 적용된 회로에서는 듀티비를 조절하더라도 이온밸런스가 ± 100 V 이내로 유지됨을 알 수 있다.

Fig. 7은 정전기제거장치를 약 1년간 사용하였을 경우, 커플링콘덴서를 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 이온밸런스를 나타낸 것이다. Fig. 7에서 알 수 있듯이 커플링 콘덴서를 설치한 경우에는 ± 50 V 이내로 유지됨을 알 수 있지만, 설치하지 않은 경우에는 약 100일 이후에는 ± 100 V 이상으로 증가함을 알 수 있다.

Fig. 8은 방전전극에 인가되는 펄스교류고전압을 변화시켰을 때 이온밸런스를 나타낸 것이다. 커플링콘덴서를 설치할 경우에는 설치거리 300, 600 mm에서 거의 $+20 \sim 0$ V 이내로 유지되나, 커플링콘덴서를 설치하지 않은 경

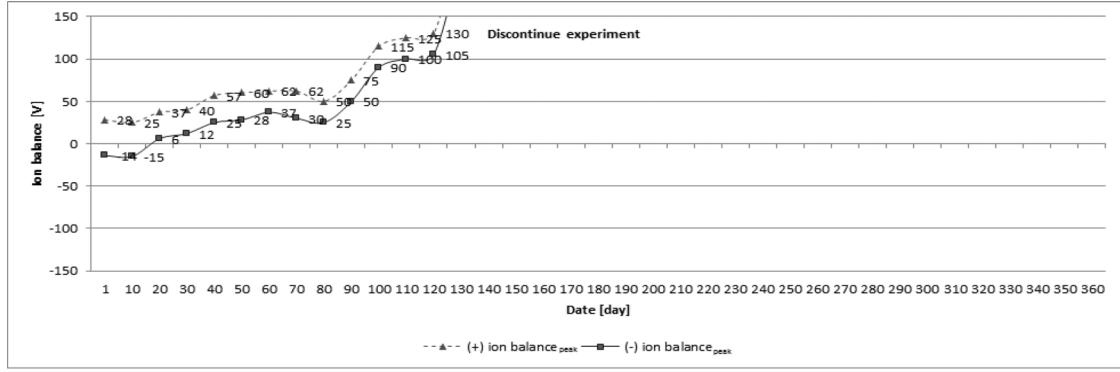


(a) Not installed coupling capacitor

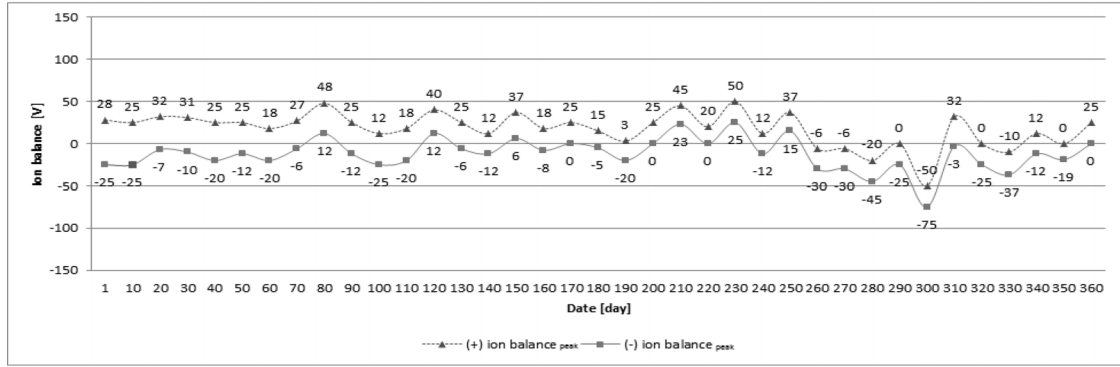


(b) Installed coupling capacitor

Fig. 6. Ion balance as a function of duty-ratio of pulse AC high voltage

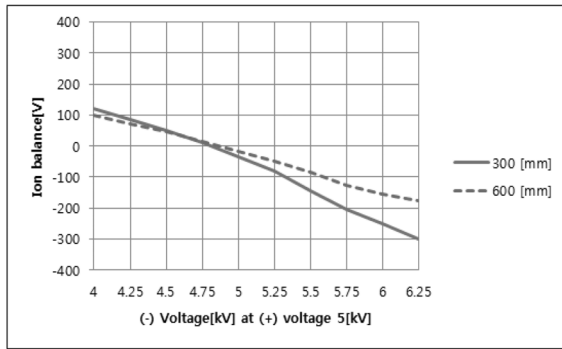


(a) Not installed coupling capacitor

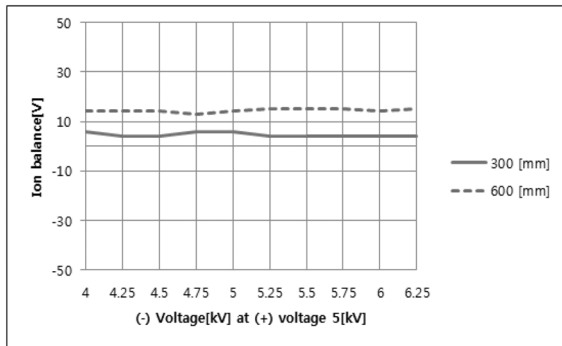


(b) Installed coupling capacitor

Fig. 7. Ion balance as a function of elapsed time



(a) Not installed coupling capacitor



(b) Installed coupling capacitor

Fig. 8. Ion balance as a function of voltage amplitude of pulse AC high voltage

우에는 +200 ~ -300V 로 증가하였음을 알 수 있다. Fig.6, Fig.7, Fig.8에서 알 수 있듯이 커플링콘덴서에 의해 대향전극으로 \oplus , \ominus 이온량이 일정하게 흡수되어 이온밸런스를 일정하게 유지할 수 있게 됨을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후과제

5.1. 결론

디스플레이 및 반도체 등을 생산하는 공정에서 정전기 제거장치는 제품의 신뢰성을 위해 반드시 필요한 장치이며, 특히 정전기제거장치의 이온밸런스는 정전기제거 성능을 유지하는데 매우 중요한 것이다. 본 연구를 통해 수동소자를 이용하여 약 1년 동안 이온밸런스가 $\pm 50V$ 이내로 유지됨을 알 수 있다. 이에 대한 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 코로나 방전식 정전기제거장치에서 대향전극으로 흡수되는 이온량을 일정하게 유지하기 위하여 수동소자(Coupling capacitor)를 설치하여 자동이온밸런스 동작을 실험적으로 확인하였다.

2) 펄스교류고전압의 듀티비(Duty ratio)를 40 ~ 70% 까지 변화시켰을 경우, 이온밸런스는 $\pm 100V$ 이내로 유

지됨을 확인 하였다.

3) 펄스교류고전압의 크기를 변화시켰을 경우, 이온 밸런스는 $\pm 20 \sim 0V$ 이내로 유지됨을 확인하였다.

4) 약 1년간 사용하였을 경우, 이온밸런스는 $\pm 50V$ 이내로 유지됨을 확인하였다.

5) 듀티비, 인가전압의 크기 및 1년 동안의 장기간 사용 시에도 이온밸런스는 $\pm 50V$ 이내로 유지됨을 확인하였다.

5.1. 향후과제

본 연구(1)은 수동소자를 이용하여 이온밸런스를 수십 V 이내로 유지하기 위한 1차 연구이다. 압축공기를 이용한 이온 바에서 공기가 토출되는 소켓의 구조는 이온전달에 큰 영향을 준다. 본 연구에 이어 연구(2)에서는 동일한 압력 또는 동일한 유량소모에서 토출되는 공기의 에너지를 향상시키는 소켓구조와 챔버의 설계를 할 것이다. 또한 아울러 이온밸런스를 $\pm 5V$ 이내로 유지시키기 위한 방법도 연구를 할 것이다.

감사의 글 : 이 논문은 2010학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임. (PK-2010-C-D-2010-0066)

References

- 1) K. Murray, and V. Gross, "Ozone and small Particle Production by Steady state DC Hood Ionization", EOS/ESD symposium Proceeding, 1989
- 2) J. Xianggang, K. Shigeo and T. Yuao, "Neutralization of the Charges Caused by ESD on Film Surfaces with AC Eliminator", T.IEE Japan, Vol.112-A, No.10, pp.855-860, 1992.
- 3) J. E. Vinson and J. J. Liou, "Electrostatic Discharge in Semiconductor Devices", Proc. IEEE, Vol.86, No.2, pp.399-418, 1998.
- 4) L. A. Avery, "A Review of Electrostatic Discharge Mechanisms and On-chip Protection Techniques to Ensure Device Reliability", J. Electrostatics, Vol.24, No.2, pp.11-113, 1990.
- 5) Y. Tabata, "Electrostatic Properties of Antistatic Cloth Woven Partly with Electrically Conductive Fibers", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.24, No.2, pp. 249, 1988.
- 6) W. D. Greason, "Electrostatic Discharge: A Charge Driven Phenomenon", In Proc, EOS/ESD Symp., Vol. EOS-13, p. 1-9, 1991.