

# 기류방출형 연X선 조사에 의한 정전기 제거 장치에 관한 연구

권승열<sup>†</sup> · 이동훈\* · 최재욱\* · 서민석

부경대학교 안전공학과 · \*부경대학교 안전공학부

(2009. 10. 1. 접수 / 2009. 12. 15. 채택)

## A Study on the Removal of Electrostatic using Transmitted Ions Generated Soft X-ray with Compressed Air

Sung-Yul Kwon<sup>†</sup> · Dong-hoon Lee\* · Jae-wook Choi\* · Min-seok Seo

Department of Safety Engineering, Graduate School, Pukyong National University

\*Division of Safety Engineering, Pukyong National University

(Received October 1, 2009 / Accepted December 15, 2009)

**Abstract** : It is a well known fact that the LCD and Semiconductor Devices are a central part of IT industry which is important in the present and the future. But the biggest problem of Semiconductor and LCD manufacturing is maintaining a cleaning room environment. For this reason, the soft X-ray type Ionizer was used as the electrostatic reducer device, which protects damage of the product against electrostatic discharge in the manufacturing process. Therefore it is a essential important factor during Semiconductor and LCD production process. But the soft X-ray has a intrinsic problem with harmful to human being in case of soft X-ray exposure. That's reason we have the research to solve above problem and made an apparatus that it was covered with shielding structure to protect X-ray radiation to outside. And besides, it has a possibility to eliminate the charged electrostatic in the narrow space through the slot for Ion emissions with dual soft X-ray sources on the both side. It is also not make the particles from itself when it has been operated.

**Key Words** : LCD and semiconductor, soft X-ray ionizer, electrostatic reducer, ion emission

### 1. 서론

최근 액정판넬 및 반도체 제조공정에서는 유리 기판 크기의 급속한 대형화 및 집적도 증가에 따라 정전기 발생량이 증가하여 정전기에 의한 미립자 오염과 정전기 방전에 의한 회로 소자의 파괴 등 정전기 장애가 증대 하여 생산 수율을 저하시키고, 원가를 상승시켜 정전기제어에 대한 중요성이 점차 심화되고 있다<sup>1)</sup>. 정전기 문제를 해결하기 위하여 현재 코로나방전에 의해 생성된 이온을 압축 공기와 팬을 이용하여 증화시키는 방법이 있으나<sup>2)</sup>, 이러한 방법은 고전압의 정전기력에 의해 방전 전극의 선단 부분에 0.01 $\mu\text{m}$ 에서 0.03 $\mu\text{m}$  크기의 미립자가 흡착되고<sup>3-7)</sup> 수  $\mu\text{m}$  이상의 크기로 성장되면 자동적으로 떨어져 나가서 반도체 및 액정판넬에 부착되어 생산수율을 저하시킨다<sup>8)</sup>. 즉, 정전기에 의

한 오염 불량을 감소시키기 위한 목적의 정전기제거장치가 오히려 먼지 발생원으로 작용하게 된다. 또한 방전전극에 흡착된 미세먼지에 의하여 전극 선단의 코로나방전을 약화시켜 약 2~3주후에는 잔류정전전압이 상승되는 요인을 일으킨다<sup>9)</sup>. 이러한 문제를 해결하기 위하여 연X선(Soft X-ray, 파장 1~2 $\text{\AA}$ )의 전리 작용을 이용하여 주위의 가스 분자 및 원자를 이온화해서 제전대상물체의 정전기를 중화시키는 방법<sup>10)</sup>이 최근 개발되었다. 연X선을 이용한 정전기제거장치는 장치로부터 미세먼지가 전혀 발생하지 않고, 별도의 공기로 대류 시킬 필요도 없기 때문에 액정판넬 및 반도체 제조공정에는 아주 적합한 장치로 사용되고, 또한 제전범위가 넓어 대면적 제전에 매우 유리하다<sup>11)</sup>. 그러나 연X선은 국제원자력법상 방사선으로 분류되어 인체에 직접 노출될 경우에는 위험성을 야기할 수 있다. 한국의 원자력법에 의하면 방사선의 노출기준은 방사선 관련 종사자의 경우 25 $\mu\text{Sv/h}$  이하로 유지하도록 되어

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
ciko0823@hanmail.net

있다<sup>12)</sup>. 따라서 이를 위해서는 반드시 별도의 방사선 차폐구조물을 외부에 설치하여야 하는 구조적인 문제점을 갖고 있다<sup>13)</sup>.

따라서 본 연구에서는 연X선원을 방사선 차폐 구조물 내에 장착하여 외부로 방사선량이 누설될 수 없도록 하였다. 연X선원으로 부터 생성된 이온을 외부에서 공급된 압축공기를 이용하여 구형 노즐을 통하여 대전물체에 보내도록 하는 구조로 된 기류방출형 연X선조사식 정전기제거장치를 설계 및 제작하였다. 그리고 제작된 장치의 정전기 제거 성능을 평가하여 액정판넬 및 반도체 제조공정에 적용하는데 목적이 있다. 이렇게 함으로써 연X선을 이용한 정전기제거장치의 단점인 방사선의 외부 노출로 인한 인체 장해를 본질적으로 예방할 수 있다.

## 2. 실험 장치 및 방법

Fig. 1은 본 실험에 사용된 기류방출형 연X선조사식 정전기제거장치의 외형도이다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 연X선원(Soft X-ray Source)을 스테인레스 스틸(두께: 2mm)의 원통 내부에 설치하고, 좌측 끝단에는 공기 입력구를 설치하여 압축공기( $3\text{Kg/cm}^2$ )를 주입할 수 있도록 하였고, 우측 끝단에는 연X선원으로부터 생성된 이온을 수송 및 저장하기 위하여 알루미늄 파이프(두께: 2mm)를 부착하였고, 파이프의 측면에는 이온 방출구(직경: 1.0mm)를 24mm 간격으로 21개를 설치하여 생성된 이온을 피대전물체에 방출하도록 설계하였다. Fig. 2는 기류방출형 연X선조사식 정전기제거장치의 실험을 위한 개략도이다. 피대전물체로는 모의대전체(CPM, Charged Plate Monitor, 156A/1, trek USA)를 사용하였다. 전하완화시간의 측정은 모의대전체를 약 2초 동안에  $\pm 1\text{kV}$ 로 대전시키고, 정전기제거장치와 피대전물체 사이의 거리를 550mm, 725mm, 900mm, 1075mm 및 1250mm로 이격시켰을 때 대전전압이 90%( $\pm 100\text{V}$ )까지 완화하는데 걸리는 시간을 측정하였다. 이온전류의 측정은 이온전류계(Ion Meter, ICM-2, Japan)를 사용하였다. 정전기제거장치로부터 외부로 누설되는 방사선량을 방사선량 측정기(Inovision Survey Meter, 451P, USA)로 측정하여 인체에 대한 안전성을 검토하였다.

본 실험은 환경변화에 따라 민감한 영향을 받기 때문에 항온항습실(온도  $21\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\%$ , 습도  $40\% \text{ RH} \pm 2\%$ )에서 실시하였다 또한 재현성의 확인 및 오차 축소를 위해 평균 3회 이상 측정하여 평균값을 취하였다.

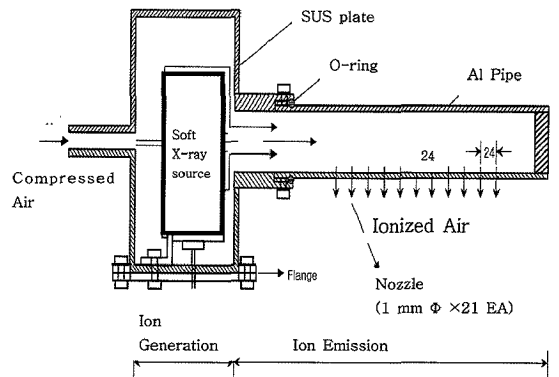


Fig. 1. Soft X-ray Ionizer with compressed Air.

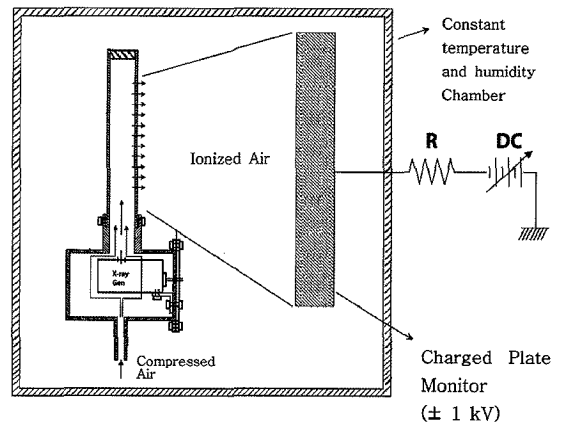


Fig. 2. Block Diagram of Experimental Apparatus.

## 3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 3은 기류방출형 연X선조사식 정전기제거장치로부터 모의대전체까지의 이격거리와 모의대전체의 위치변화에 따른 전하완화시간특성을 얻기 위하여 나타낸 그림이다. 이격거리는 각각 550mm,

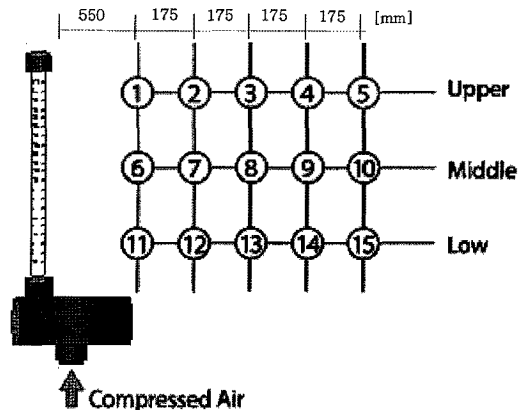


Fig. 3. Measurement points on the charged Plate.

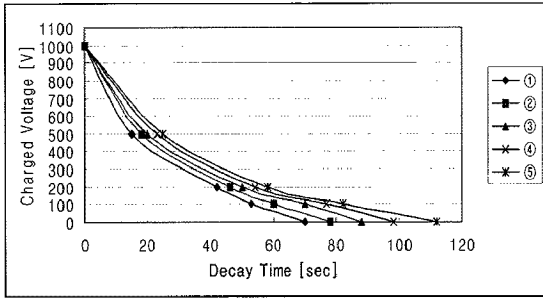


Fig. 4. Decay Time Characteristics on upper Plate.

725mm, 900mm, 1075mm 및 1250mm로 변화시켰을 때의 측정지점을 나타낸 것이다. Fig. 4는 Fig. 3에서의 상단(Upper) 부분의 전하완화시간특성을 나타낸 것이고, Fig. 5는 Fig. 3에서의 중단(Middle)부분에서의 전하완화시간특성을 나타낸 것이고, Fig. 6은 Fig. 3에서의 하단(Low) 부분의 전하완화시간특성을 나타낸 것이다.

Fig. 4에서 알 수 있듯이 상단의 경우는 전하완화시간이 53초에서 82초로 나타났다. Fig. 5에서 중단의 경우는 24초에서 30초, Fig. 6에서 하단의 경우는 17초에서 28초로 각각 나타났다. 이와 같은 결과로 미루어 볼 때 상단의 경우 생성된 이온은 전달 및 이온 방출구를 통해서 방출되는 과정에서 이온 재결합(Recombination of Ions)이 크게 나타났

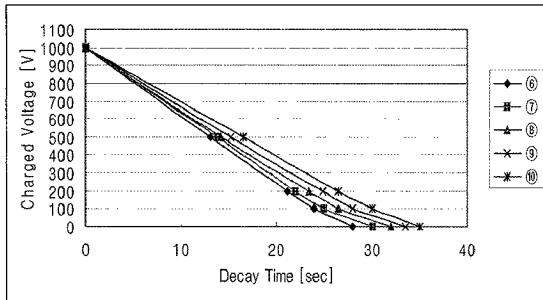


Fig. 5. Decay Time Characteristics on middle Plate.

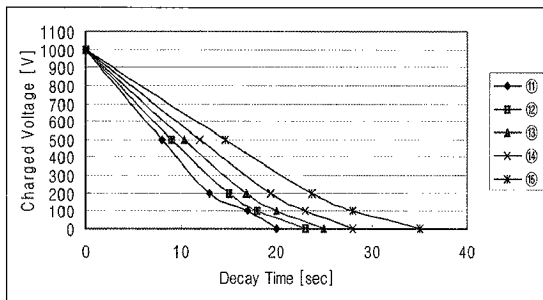


Fig. 6. Decay Time Characteristics on lower Plate.

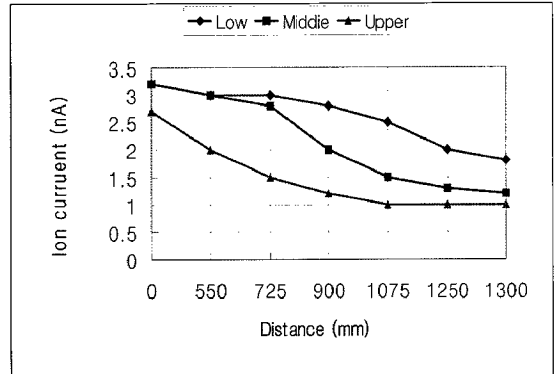


Fig. 7. Ion Current as a function of Distance between Apparatus and charged matter.

기 때문이다. 즉, 중단부와 하단부는 연X선원으로 부터 이온이 전달되는 거리가 짧아 상대적으로 이온의 재결합이 낮아졌기 때문이라고 생각 할 수 있다.

Fig. 7은 이격거리 및 위치별 이온전류의 발생특성을 나타낸 것이다. 이는 전하완화시간특성과 일치함을 알 수 있다. Fig. 7에서 알 수 있듯이 상단부의 이온전류는 이격거리 550mm에서 중단부 및 하단부의 66% 정도의 값을 나타내고 있다. 또한 이격거리 900mm 이상에서는 약 1nA 정도로 극히 적은 이온전류량을 나타내고 있다. 이는 상단부는 중단 및 하단보다 이온의 재결합에 의한 이온의 소멸에 의해 전하완화시간이 길어졌기 때문이라고 생각된다.

Fig. 8은 상단부, 중단부 및 하단부의 전하완화시간의 편차를 줄이기 위해 양 끝단에 연X선원을 각각 설치한 것이다. Fig. 9는 상단부의 전하완화시간특성을 나타내었고, Fig. 10은 Fig. 3에서의 중

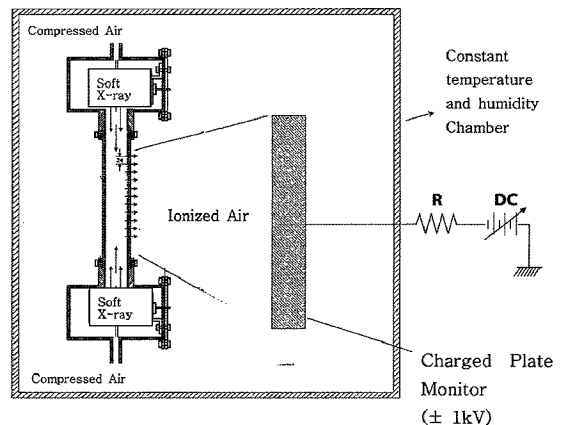


Fig. 8. Block Diagram of Experimental Apparatus.

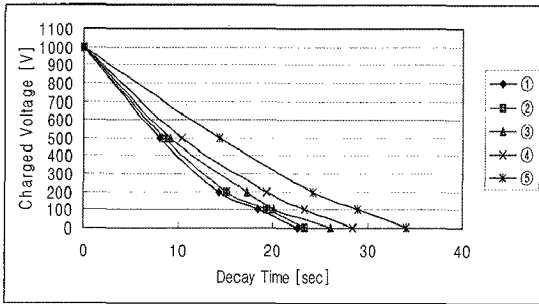


Fig. 9. Decay Time Characteristics on upper Plate.

단부, Fig. 11은 Fig. 3에서의 하단부의 전하완화시간을 나타낸 것이다. Fig. 8과 같이 양 끝단에 연X선원을 설치함으로써 Fig. 9와 Fig. 4를 비교해 볼 때 상단부에서의 전하완화시간은 이격거리 550mm에서 65%의 성능 향상이 나타났으며 이격거리 1250mm에서는 64%의 성능 향상이 나타났다.

Fig. 10은 중단부에서의 이격거리에 따른 전하완화시간특성을 나타낸 것이다. Fig. 5와 비교할 때 전하완화시간은 최대 약 9% 성능향상되었음을 알 수 있다. Fig. 11은 하단부에서의 이격거리에 따른 전하완화시간특성을 나타낸 것이다. Fig. 6과 비교할 때 전하완화시간은 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

Fig. 12는 앞에서 지적된 상단부의 전하완화시

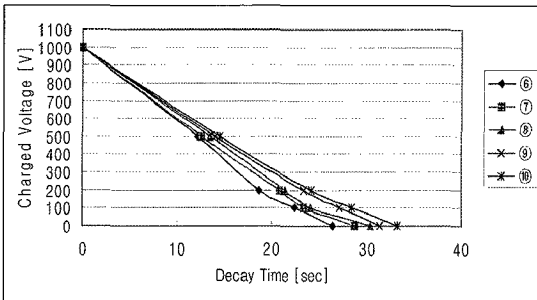


Fig. 10. Decay Time Characteristics on middle Plate.

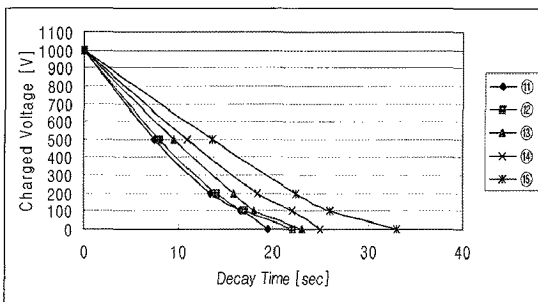


Fig. 11. Decay Time Characteristics on lower Plate.

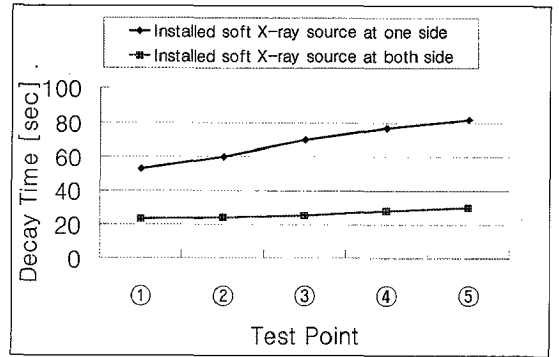


Fig. 12. Decay Time Characteristics on upper Plate.

간의 향상을 위하여 연X선원을 한쪽에 설치한 경우와 양 끝단에 설치하였을 때의 전하완화시간특성을 비교한 것이다. Fig. 12에서 알 수 있듯이, 이격거리가 멀수록 전하완화시간이 약 64% 이상 성능이 향상되었음을 알 수 있었다.

Fig. 13은 연X선원을 양 끝단에 설치했을 경우의 이온전류 측정결과를 나타낸 것으로, Fig. 7과 비교했을 때 중단부의 경우 550mm에서 50%, 725mm에서 93%, 900mm에서 116%, 1075mm에서 50%, 1250mm에서 100%의 이온전류량이 증가하였다. 이는 중단부에 설치된 연X선에 의해 이온 전류량이 증가하였으며 이에 따라 전하완화시간이 감소한 것으로 생각된다.

본 연구에서 연X선원을 차폐하기 위하여 스테인레스 스틸(두께: 2mm)을 사용하는 구조의 연X선조사식 정전기제거장치를 제시하였다. 그 결과 방사선 누설에 대한 위험성이 가장 크다고 생각되었던 이온방출구, 접속부 및 전선인입부에서의 누설방사선량을 측정된 결과 0.3 $\mu$ Sv/h 이하로 인체에 대한 유해성은 전혀 없는 것으로 사료된다.

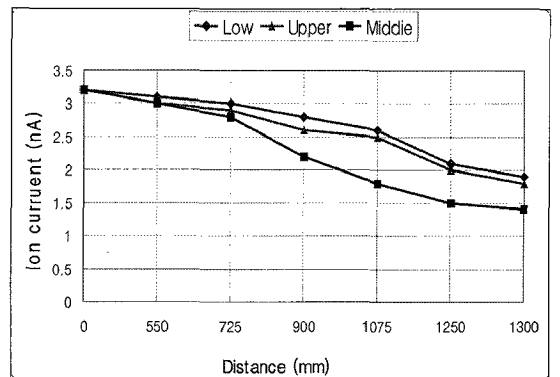


Fig. 13. Ion Current as a function of Distance between Apparatus and plate.

#### 4. 결론

기류방출형 연X선조사식의 정전기제거장치를 제작하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 기류방출형 연X선조사식 정전기제거장치로부터 누설되는 방사선량을  $0.3\mu\text{Sv/h}$  이하로 억제하여, 본질적인 안전성을 확보할 수 있었다.
- 2) 다수의 이온방출구에 의해 원거리 및 좁은 공간에서도 정전기제거가 가능하다.
- 3) 코로나방전식 정전기제거장치의 근원적인 문제인 방전전극으로부터의 미세먼지 발생 및 미세먼지 흡착이 전혀 없었다.
- 4) 연X선원을 양측에 설치했을 경우에는 단측에 설치했을 경우에 비해서 전하완화시간이 이격거리 550mm에서 20초 미만으로 액정판넬 및 반도체 제조공정에서 정전기제거에 적합하게 적용될 수 있다고 생각된다.

#### 참고문헌

- 1) T. Adachi, M Kawasaki, H. Nakabayashi, "The Behavior of Dust Particle in Electrostatic Precipitators", 日本靜電氣學會誌, Vol. 4, No. 3, pp. 152~159, 1980.
- 2) Soichiro Sakada, Hitoshi Inaba, Takanori Yoshida, "Contamination-Free Ionizer for Super Clean Rooms", Proc. 3rd Int. Aerosol Conference Japan, pp. 817~

- 820, 1990.
- 3) 藤井修二, 謝國平, 金光映, "第7回空氣清淨とコンタミネーションコントロール研究大會予稿集", pp. 17, 1998.
- 4) 阪田總一朗, 岡田孝夫, "第7回空氣清淨とコンタミネーションコントロール研究大會予稿集", pp. 21, 1998.
- 5) 江見 準, "88クリーンテクノロジーシンポジウム予稿集", pp. 3~11, 1988.
- 6) 鈴木政典, 山路幸郎, "空氣清淨", pp. 48, 1989.
- 7) 鈴木政典, 和泉貴晴, 鏘, 治幸, 石川昌義, "クリーンテクノロジー", pp. 18, 1992.
- 8) Toshio Murakami, Haruyuki Togari, Arnold Steinman, "Electrostatic Problems in TFT-LCD Production and Solutions using Ionization", EOS/ESD Symposium, pp. 365~370, 1996.
- 9) 정용철, "코로나 방전형 정전기 제거장치에서의 이온생성 최적화 조건에 관한 연구", 부경대학교 대학원, 박사학위논문, 2008.
- 10) 류상민, "軟X線 除電器의 開發 및 除電特性에 관한 研究", 부경대학교 대학원, 석사학위논문, 1999.
- 11) Y. Kawase, H. Mishina, T. Asakura, "Velocity Measurements of Small Dust Particles in High Electric Field Using Laser Doppler Velocimeter", 電氣學會誌, Vol. 2, No. 3, pp. 199~206, 1978.
- 12) 원자력법 시행령 제2조 5호 [별표1].
- 13) 鈴木政典, "クリーンテクノロジー", pp. 31, 1992.