

기류방출형 정전기제거장치의 개발에 관한연구

이동훈 · 박훈균*

부경대학교 공과대학 안전공학과 · *부경대학교 공과대학 산업대학원

1. 서 론

액정판넬(LCD) 및 반도체 제조공정에 있어서 정전기 발생으로 인하여 미세한 먼지가 LCD 및 반도체 웨이퍼에 부착되거나, 정전기 방전에 의해 반도체소자 및 LCD 유리관상의 패턴의 파괴를 야기하여 제품의 수율을 저하시키고 제조원가를 상승시키는 주요한 요인이 된다. 현재 이러한 제조공정에서 정전기를 위한 대책으로 코로나방전에 의한 이온바(Ion Bar) 및 이온브로어(Ion Blower)를 제전설비로 사용하고 있으나, 이 장치는 코로나 방전에 의해 이온을 발생시키고 이온화된 공기를 불어 내기 위하여 팬을 사용하여 공기를 대류 시킨다. 이러한 과정에서 고압 방전에 의한 Spattering 현상으로 방전전극의 끝 부분에 $0.01\mu\text{m}$ 이하의 금속미립자가 엄청나게 (수만개/ ft^3) 발생하여 부착되었다가 팬에 의한 강제대류에 의해 떨어져 나가서 반도체 및 LCD 패턴 주위에 부착되어 문제를 야기한다. 또한 방전에 의해 발생한 O_3 는 미분의 부착을 촉진하는 역할을 한다. 뿐만 아니라 -이온과 +이온의 발란스가 수시로 바뀌어 그때마다 발란스를 조정해 주어야 하는 불편함이 있다.^{1,5)} 이에 대한 대책으로 연 X선(Soft X-Ray, 파장 1.5\AA)의 전리 작용을 이용하여 주위 공기 및 가스분자를 이온화해서 제전대상 물체의 정전기를 중화·완화 시키는 방법으로 제전장치로부터 전혀 미분의 먼지를 발생하지 않고 공기를 대류 시킬 필요도 없기 때문에 LCD 및 반도체 제조 공정에는 아주 적합한 장치이다.^{6,11)} 연X선식 정전기 제거장치는 양극과 X선 창을 일체화한 투과양극 연X선관을 사용하기 때문에 연X선 조사각이 넓어서 대면적 제전에 매우 유리하다는 장점이 있으나, 연X선의 인체 유해성 문제로 여러가지의 차폐장치가 필요한 단점 또한 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 연X선 발생원을 스테인레스 차폐재 내부에 설치하고 이온화된 공기를 노즐을 통하여 방출하도록 고안한 기류방출형 정전기 제거 장치를 개발하여 이에 대한 연구결과를 발표한다. 우선 코로나 방전식 제전기와 비교해서 연 X선식제전기 특징에 관해서 논하고, 연X선의 범규상의 문제점과 사용상의 문제점(인체의 영향, 제품의 영향, 생산장치의 부품의 영향)에 대해서 논하고, 마지막으로 개발된 기류 방출형 정전기제거의 특성을 설치거리의 변화에 따른 전위강쇄특성 및 이온전류특성을 검토하고, 주입공기압의 변화에 따른 전위강쇄특성을 실험적으로 검토하여 신개념의 정전기제거장치의 개발을 위한 기초자료를 제공하고저 한다.

2. 실험장치 및 방법

그림2.1은 본 연구에서 개발된 기류 방출형 정전기제거장치(Ionized Air Nozzle Type Ionizer)의 외형모습을 나타낸 것이다. 특히 본 장치는 기존의 코로나 방전식 제전기에서 비교적 제전이 곤란한 LCD공정의 유리기판카세트 내부와 같이 구석진 곳에서도 정전기제거에 유효하다.

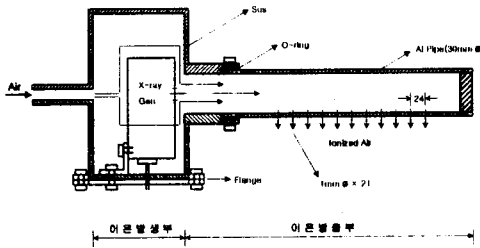


Fig. 2.1 Outline View of Ionized Air Nozzle Type Ionizer

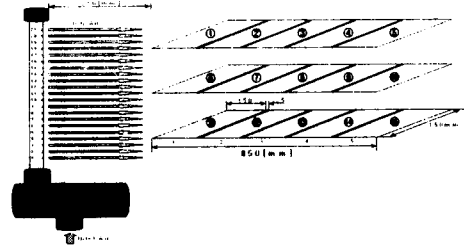


Fig. 3.1 Arrangement Of Decay Time Characteristics Measuring Point

기류 방출형 정전기 제거장치는 그림2.1에 나타낸바와 같이 연 X선을 방사하는 관(Tube)를 내장한 이온 발생부와 이온 방출부로 부터 구성되어 있다. 건조공기를 이온 발생부 하부의 급기구로 공급하고, 연 X선원에 의해 공급된 압축공기를 이온화하고, 이온 방출부의 측면에 설치된 미세노즐(직경 1mm ϕ , 21개)을 통하여 이온화된 기류를 외부로 방출하는 구조로 되어 있다. 연 X선은 연 X선 발생장치로부터 이온발생부내로 방사된다. 일반적으로 연 X선을 공기중으로 방사(조사각 최대 120°)하면 일부는 보다 에너지가 낮은 산란선으로 되어 사방으로 퍼져서 인체에 대한 영향이 있기 때문에 여러 가지의 차폐판을 설치하여야만 한다. 본 실험에서 연 X선의 외부로의 방사를 막기 위하여 아크릴(두께 5mm)를 사용하여 차폐율을 99.99%이상으로 유지하도록 하였다.

설치거리와 위치변화에 따른 정전기 제전특성을 얻기 위해, 설치거리는 550mm, 725mm, 900mm, 1,075mm 및 1,250mm로 하였으며, 피대전물체로는 모의대전체(Charged Plate, Trek, Model No 156A1, USA)를 사용하였고 이때 대전전위는 최대 ± 1 kV로 조절되도록 하였다. 대전완화시간은 이온완화계(Ion decay meter), 이온전류는 이온전류측정기(Simco Ionmeter, ICM-2, Japan)로 각각 측정하였다. 그리고 본 실험은 환경변화에 따라 상당히 민감한 영향을 받기 때문에 항온항습실(온도 21 \pm 2 $^{\circ}$ C, 습도 40%RH \pm 2%, 대기압 760Torr)에서 모든 실험 및 측정을 하였으며, 재현성을 확인하기 위해 평균 3회 이상 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

기류 방출형 정전기제거장치의 제전능력은 모의대전 전압을 10% 정도의 전압까지

감쇄시키는 시간적 비율 및 이온전류로 나타낼 수 있다. 본 실험에서는 모의 대전물체와 제전기사이의 설치거리, 기류방출형 정전기제거로의 주입공기압력에 따른 제전능력의 비교 및 누설방사선량에 따른 인체에 대한 안전성을 검토하였다.

3-1 설치거리의 변화에 따른 전위감쇄시간 특성

그림3.1은 기류 방출형 정전기제거장치의 설치 조건상 중요한 요인 중의 하나인 대전물체와 본 제거장치 사이의 설치거리를 550mm에서 1,250mm까지 175mm 등 간격으로 변화시키고, 피대전물체를 상(Upper), 중(Middle) 및 하(Lower)의 3그룹으로 나누어 측정하였다. 그림3.2는 기류 방출형 정전기제거장치의 공기노즐 상단부로부터 방출된 공기이온에 의한 제전특성을 나타낸 것이다. 그림 3.2에서 알 수 있듯이 모의대전물체를 -1000V로 대전시켰을 때 10%, 즉 100V까지 감쇄하는 시간은 최대 78초에서 38초까지 나타났다. 이는 기류 방출형 정전기제거장치 내부에서 생성된 이온이 상부의 공기노즐을 통해서 분출되어 외부로 공기압에 의해 대전물체에 도달하는 과정 중 일부는 재결합함으로써 나타난 현상으로 생성된 이온이 거리에 반비례 한다고 생각할 수 있다. 실제로 제조 공정의 LCD 카세트인 점을 고려하면 제전능력은 다소 늦어짐을 알 수 있다. 그림 3.3은 기류 방출형 정전기제거장치의 공기노즐 중간부분에서 방출된 이온에 의한 제전의 특성을 나타낸 것이다. 그림 3.3에서 알 수 있듯이 모의대전물체를 -1000V로 대전시켰을 때 10%, 즉 100V로 감쇄할 때까지의 시간이 최대 36초에서 28초로 나타났다. 이는 기류 방출형 정전기제거장치의 상단부분에서 방출된 이온에 의한 제전의 경우보다 2.0배에서 2.3배까지 향상됨을 알 수 있다. 또한 감쇄시간의 편차는 약 8초로 상단부분의 경우에 비하면 약 3배 이상 증가하였다. 이는 공기노즐을 통해서 분출된 이온의 재결합율이 상대적으로 적었음을 보여준다. 실제의 제조공정에서 30 초 이내로 유지되면 충분한 효과를 얻을 수 있으므로 실용상에도 문제가 없을 것으로 생각된다. 그림 3.4는 기류 방출형 정전기제거장치의 하단부분에서 방출된 이온에 의한 제전의 특성을 나타낸 것이다. 그림 3.4에서 알 수 있듯이 모의대전물체를 -1000V로 대전시켰을 때, 즉 100V로 감쇄할 때까지의 시간이 최대 17초에서 30초로 나타났다. 이는 기류 방출형 제전기의 상단부분에서 방출된 이온에 의한 제전의 경우보다 약 2.7배에서 3.4배까지 향상됨을 알 수 있다. 또한 감쇄시간의 편차는 약 13초로 상부의 경우에 비하면 약 1.8배 이상 증가하였다. 이는 공기노즐을 통해서 분출된 이온의 재결합율이 가장 적음을 보여준다. 또한 실제의 제조공정에도 충분히 적용 가능함을 보여준다. 그러나 기류방출형 정전기제거장치의 상단, 중단, 하단 노즐로부터 방출된 공기이온에 의한 정전기제거 특성이 거의 일치하여야 실적용상에도 문제가 없으나, 본 장치의 경우는 다소 편차가 있으므로 이에 대한 보완 연구는 필요하다고 생각된다.

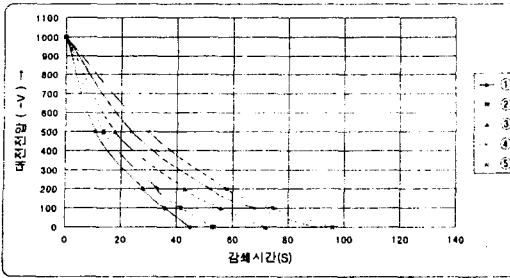


Fig 3.2 Decay Time Characteristics On Upper Plate Of Charged Plate Monitor

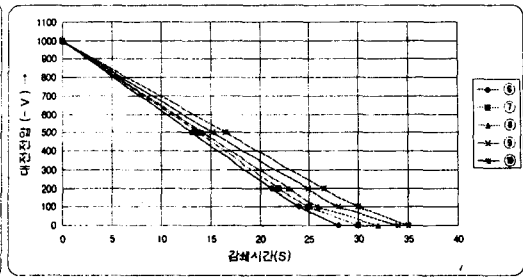


Fig 3.3 Decay Time Characteristics On Middle Plate Of Charged Plate Monitor

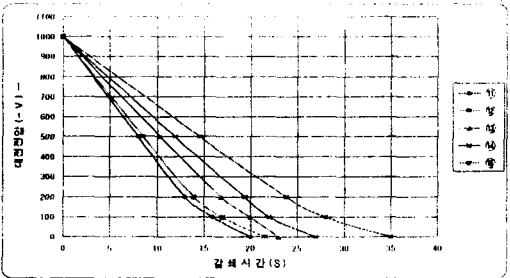


Fig 3.4 Decay Time Characteristics On Lower Plate Of Charged Plate Monitor

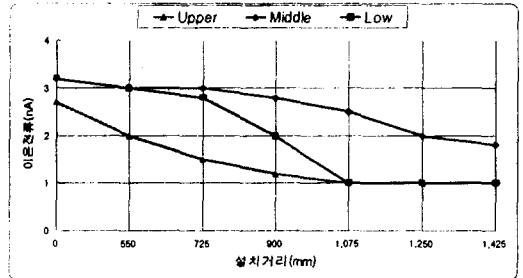


Fig 3.5 Ion Current As a Function of Distance Between Ionizer And Charged Plate Monitor

3-2 설치거리의 변화에 따른 이온전류특성

그림3.5는 대전물체와 기류방출형 정전기제거장치사이의 설치 거리를 550mm에서 1,250mm까지 변화시켰을 때의 이온전류 발생특성을 나타낸 것이다. 그림3.5에서 알 수 있듯이 기류 방출형 제전기의 중단부분에서의 이온전류가 2nA에서 3nA로 가장 높게 나타났다. 이를 이온수로 환산하면 약 10^{10} 개의 전자수 해당되는 값이다. 상대적으로 제전기의 중단부분에서의 이온전류는 1nA에서 2.5nA로 중단부에 비해서는 약 1nA 정도 적은 값으로 나타났다. 상대적으로 제전시간은 하단부에서 가장 빠르게 나타났지만, 이온전류는 중간부분에서 가장 많이 나타났는데, 이는 모의 대전판의 정전용량이 20pF로 적기 때문에 정확한 상대평가를 하기 어렵기 때문이라 생각된다.

3-3 주입공기압의 변화에 따른 전위감쇄시간 특성

그림3.6은 기류 방출형 정전기제거장치에의 주입공기압을 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지 변화시켰을 때의 전위감쇄시간 특성을 나타낸 것이다. 그림3.6에서 알 수 있듯이 모의대전물체를 -1000V 로 대전시키고 주입공기압을 변화시켰을때의 전위감쇄특성을 나타낸 것으로, $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 공기압 일때 14초이고, $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 공기압 일때 약 30초로 나타난다. 그러나 공기압 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상이 되면 약 17초로 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지 거의 제전시간이 포화되는 경향을 보이고 있다. 실 제조공정상 전위감쇄시간이 20초 미만이라는 점을 고려해 볼때 주입공기압은 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상이면 적합한 것으로 생각 된다.

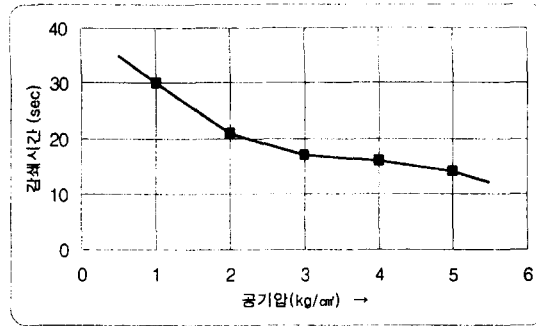


Fig 3.6 Decay Time Characteristics As a Function Of Inlet Air Pressure

4. 결 론

본 기류방출형 정전기제거장치는 연 X선원이 내장된 이온 발생부 및 이온방출부를 각각 스테인레스스틸(두께 : 1mm)와 알루미늄(두께 : 2mm)로 하여 본질적으로 연 X선의 누설을 예방하였고, 별도의 차폐장치를 설치하지 않아도 된다. 또한 이온기류방출형의 구조로 되어 있어서 반도체 및 LCD제조공정과 같이 협소한 장소에서의 정전기 제거가 가능하다. 따라서 본 실험을 요약하면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 반도체 및 LCD제조공정에서 협소한 공간에서도 정전기제거가 가능하다.
2. 코로나 방전을 이용한 종래의 정전기제거장치와 같이 방전전극을 사용하지 않고, 연 X선에 의해 공기를 이온화하기 때문에 전극으로부터의 발진, 오존의 발생 등 문제점이 없다.
3. 설치거리에 따른 이온전류는 1~3nA로 코로나 방전식 정전기제거장치와 거의 유사하였다.
4. 주입공기압을 nKg/cm² 이상이면 정전기 감쇄시간을 20초 미만으로 유지할 수 있어, 실적용 할 수 있음을 알 수 있었다.
5. 기류 방출형 정전기제거장치 자체가 연 X선 차폐구조로 되어 있기 때문에 설치할 때 주변에 별도의 차폐구조를 설치할 필요가 없다.

참고문헌

- (1) 富岡秀起 : クリーンテクノロジー, 7 (1997.10)19
- (2) R.Wilson : Proceeding of 33rd Annual Technical Meeting of the IES, May, p.466, (1987)
- (3) B.Y.H.Liu, B.Fardi, K.H.Ahn : Proceeding of 33rd Annual Technical Meeting of the IES, May, p.461, (1987)
- (4) 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

- 大會豫稿集, p.17, (1998)
- (5) 阪田總一郎, 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豫稿集, p.21, (1998)
- (6) 江見 準 : '88クリーンテクノロジーシンポジウム豫稿集, p.3-1-1, (1988)
- (7) 鈴木政典, 山路幸郎 : 空氣清淨, 26 (1989.5)48
- (8) 鈴木政典, 和泉貴晴, 鋒, 治幸, 石川昌義 : クリーンテクノロジー, 10 (1992.6)18
- (9) 中江 茂 : エアロゾル研究, 2 (1987.2) 111
- (10) 鈴木政典, クリーンテクノロジー, 2 (1992.1) 31
- (11) 鈴木政典, 佐藤朋且, 鋒 治幸, 石川昌義 : 月刊ディスプレイ6 (2000.11) 39