

工學碩士 學位論文

기류 방출형 정전기 제거장치의 개발에 관한 연구

A study on Development of Ionized Air Nozzle Type Ionizer

指導教授：李 東 勳

이 論文을 提出한 學位 論文은 提出한



2000 年 8 月

釜慶大學校 産業大學院

安全工學科

朴 勳 圭

朴勳圭의 工學碩士 學位論文을 認准함

2003年 6月

主審 工學博士

睦 演 洙



委員 工學博士

崔 載 旭



委員 工學博士

李 東 勳



목 차

1. 서론	1
2. 공기전리에 대한 이론적 배경	3
2-1 정전기 현상	3
2-2 청정환경에 있어서의 정전기 제거대책	9
3. 연 X선의 특징	13
3-1 인체의 영향	13
3-2 제품 및 수지의 영향	13
3-3 연 X선의 용도 및 특징	15
4. 실험장치 및 방법	16
4-1 실험장치	16
4-2 실험방법	16
5. 실험결과 및 고찰	22
5-1 설치거리의 변화에 따른 전위감쇄특성	22
5-2 설치거리의 변화에 따른 이온전류특성	27
5-3 주입공기압의 변화에 따른 전위감쇄시간 특성	29
5-4 누설방사선량의 측정	31
6. 결론	35
참고문헌	36
Abstract	37

표, 사진 및 그림 목차

표 1. 연 X선 제거장치와 코로나방전식 정전기제거장치와의 비교	15
Photo. 1 Particle deposition on electrode	12
Photo. 2 View of experimental apparatus	19
Fig. 1 DRAM Trend	5
Fig. 2 Dropping speed characteristics of charged particle on wafer installed horizontally	7
Fig. 3 Comparisons of various corona discharged ionizer	11
Fig. 4 Outline view of ionized air nozzle type ionizer	18
Fig. 5 Block diagram of experimental apparatus	20
Fig. 6 Arrangement of decay time characteristics measuring point	21
Fig. 7 Decay time characteristics on upper plate of charged plate monitor	24
Fig. 8 Decay time characteristics on middle plate of charged plate monitor	25
Fig. 9 Decay time characteristics on lower plate of charged plate monitor	26
Fig. 10 Ion current as a function of distance between ionizer and charged plate monitor	28
Fig. 11 Decay time characteristics as a function of inlet air pressure	30
Fig. 12 Shielding rate against soft X-Ray around photo ionizer	33
Fig. 13 Soft X-Ray distribution	34

1. 서론

액정판넬(LCD) 및 반도체 제조공정에 있어서 정전기 발생으로 인하여 미세한 먼지가 LCD 및 반도체 웨이퍼에 부착되거나, 정전기 방전에 의해 반도체소자 및 LCD 유리기판상의 패턴의 파괴를 야기하여 제품의 수율을 저하시키고 제조원가를 상승시키는 주요한 요인이 된다. 이러한 제조공정에서 정전기를 위한 대책으로 코로나방전을 이용한 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 대류시킨다. 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 먼지의 부착을 촉진하는 역할을 한다. 뿐만 아니라 -이온과 +이온의 발란스가 수시로 바뀌어 그때마다 발란스를 조정해 주어야 하는 불편함이 있다.^{1~2)} 이에 대한 대책으로 연 X선(Soft X-Ray, 파장 $1.5\text{\AA}$)의 전리 작용을 이용하여 주위 공기 및 가스분자를 이온화해서 제전대상 물체의 정전기를 중화·완화 시키는 방법이다. 이와 같은 연 X선을 이용한 정전기 제거장치로부터 전혀 미분의 먼지를 발생하지 않고 공기를 대류시킬 필요도 없기 때문에 LCD 및 반도체 제조 공정에 아주 적합한 장치이다. 연 X선식 정전기 제거장치는 양극과 X선 창을 일체화한 투과양극 연 X선관을 사용하기 때문에 연 X선 조사각이 넓어서 대면적

제전에 매우 유리하다는 장점이 있으나, 연 X선의 인체 유해성 문제로 여러가지의 차폐장치가 필요한 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 연 X선 발생원을 스테인레스 차폐재 내부에 설치하고 차폐재 내부로 압축공기를 주입하여, 내부 공간의 공기를 이온화 하고, 이온화된 공기를 미세노즐을 통하여 방출하도록 고안한 기류 방출형 정전기 제거 장치를 개발하여 이에 대한 연구결과를 발표한다. 우선 코로나 방전식 제전기와 비교해서 연 X선식제전기 특징에 관해서 논하고, 연 X선의 법규상의 문제점인 인체에의 영향과 사용상의 문제점인 제품의 영향, 생산장치의 부품의 영향에 대해서 논하고, 마지막으로 개발된 기류 방출형 정전기제거의 특성을 설치거리의 변화에 따른 전위감쇄특성 및 이온전류특성을 검토하고, 주입공기압의 변화에 따른 전위감쇄특성을 실험적으로 검토하여 신 개념의 정전기제거장치의 개발을 위한 기초 자료를 제공하고저 한다.

2. 공기전리에 대한 이론적 배경

2-1 정전기 현상

반도체 및 LCD 제조에 있어서 부유미립자의 오염 방지 관점에서 볼때 청정한 제조환경은 매우 중요하다. 반도체 제조에서 미립자에 의한 실리콘 웨이퍼의 패턴결함, 절연막 형성공정에서는 미립자 부착, 이온 주입(Inflantation) 공정에서는 마스크의 흡착, 전기적인 쇼트, 단선 등 디바이스 특성에 영향을 미치는 미립자의 크기는 $0.1\mu\text{m}$ 이하 이다. ULSI(Ultra large scaled integrated circuit)인 DRAM은 그림1에 나타난 바와 같이 3년마다 집적도가 4배로 증가하는 경향을 보이고 있다. 미립자오염을 방지하기 위하여 반드시 관리 되어야 하는 미립자의 직경은 점점 더 미세하게 되어지고 있다.

반도체 및 LCD 제조등의 청정 환경에서는 일반적으로 정전기의 발생이 쉬운 습도 환경(40~45% RH)과 웨이퍼 및 LCD 유리기판과의 접촉에 의한 먼지발생 방지와 내약품성 때문에 플러스 체크 등의 공구가 많이 사용되고 있다. 이러한 플러스 체크류는 전기저항이 높고 웨이퍼 등의 반송과 취급시 웨이퍼와 전기적으로 절연되어 있으면 정전기 대전이 용이하게 된다. 또한 웨이퍼는 스펀코터, 세척, 건조기 등의 처리 공정에서 정전기 대전전압이 수천 볼트까지 쉽게 나타난다. 이러한 정전기대전에 의한 반도체와 LCD제조 공정에 있어서 정전기로 인한 장애가 발생하고 또한 수율을 저하 시키는 문제가 나타난다. 따라서 반도체 제조등의 공정에서는 청정한 제조환경을 유지해야 하고, 정전기를 반드시 제거 하여야 한다.

반도체 및 LCD제조 등의 청정환경에 있어서 정전기로 인한 장해는 다음과 같다.

① 정전기 역학현상에 의한 장해

- 분진부착에 의한 웨이퍼 및 유리기관상 집적회로의 품질불량

② 정전기 방전현상에 의한 장해

- 방전에 의한 웨이퍼 및 LCD유리기관 집적회로의 정전파괴
- 방전시에 방사되는 전자파에 의한 제조장치와 컴퓨터의 오동작
- 정전기 방전 쇼크에 의한 작업자 능률저하

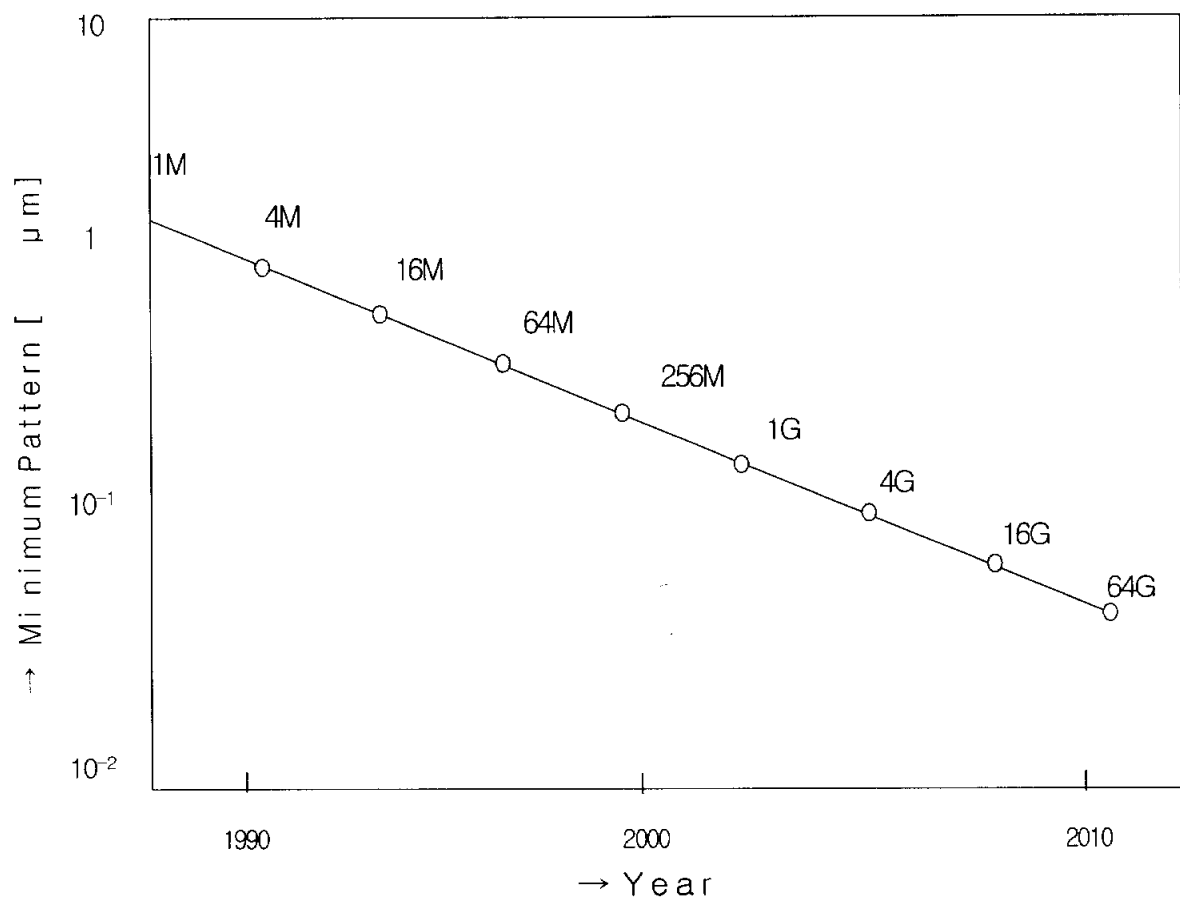


Fig. 1. DRAM trend

(1) 정전기 역학현상에 의한 장해

1987년 미네소타대학의 Liu 교수³⁾에 의해 웨이퍼에의 미립자 부착은 정전기력에 의한 것이라는 것을 정량적으로 해석하였다. 이론적으로 정전기가 반도체 및 LCD의 생산수율에 중대한 영향을 미치는 것이 확인 되었다. 그림 2는 Liu 가 제안한 웨이퍼 표면에서의 미립자 부착 모델을 실험적으로 나타낸 것이다. 2인치 웨이퍼를 10 cm/s 하강 기류에 수평으로 배치하였을때, 분진입자와 웨이퍼가 동시가 대전되어 있지 않은 경우와 입자와 웨이퍼가 상호 반대극성으로 대전되어 있는 경우에 대하여 실험한 것이다. 미립자의 웨이퍼 상에서의 분진 부착량은 일반적으로 다음 식 (1)로 나타난다.

$$V_d = J/N \text{ -----(1)}$$

여기서,

J : 웨이퍼 상에 침착된 부유 입자 수 [개/m².s]

N : 웨이퍼 주위의 부유입자의 평균농도 [개/m³]

입자직경 d가 1 μ m 이상에서는 중력이 지배적이고, 0.5 μ m 이하 입자에 대하여서는 브라운 확산 또는 정전기력이 지배적이 된다. 입자 하전수 $n_p=0$ 개, 웨이퍼 대전전위 $V=0(V)$ 시에는 브라운 확산에 의한 미립자 침착속도를, $n_p=-1$ 개 ($e=-1.602 \times 10^{-19} C$), 웨이퍼 대전전위 $V=100 \sim 1000[V]$ 시에는 브라운 확산과 정전기력의 합에 의한 침착속도를 나타내고 있다. 0.5 μ m 이하 영역에서는 브라운확산만이 침착속도에 비례하고, 정전기력에 의해 침착속도가 크게 증대한다는 것을 알 수가 있다. 따라서 입경이 작을수록 미립자 침착속도는 크게 되고, 청정환경에 있어서 부유 분진의 입경이 적을수록 정전기력에 의한 미립자 오염이 발생함을 알 수 있다.

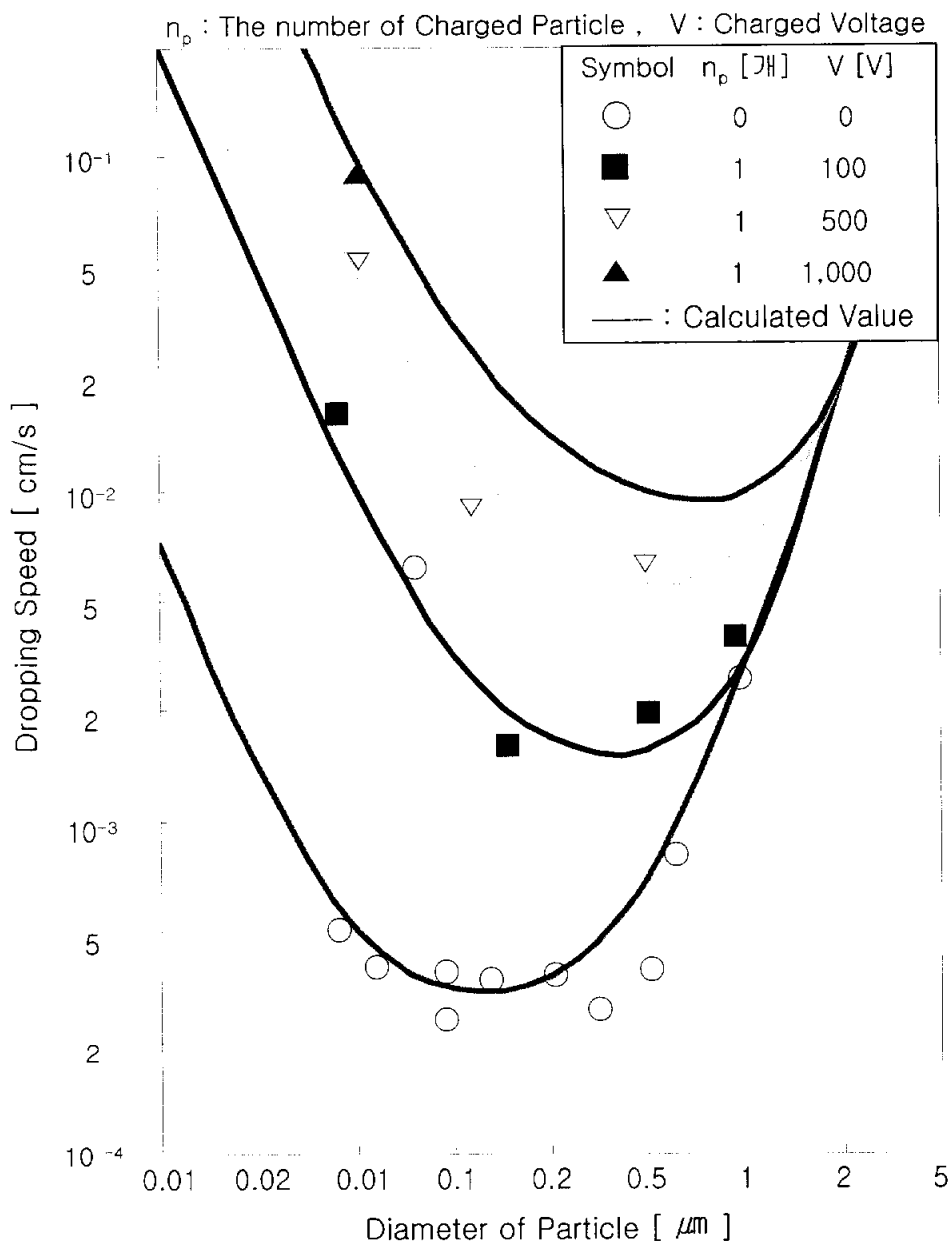


Fig. 2. Dropping speed characteristics of charged particle on wafer installed horizontally

Down stream : 10 cm/s , The diameter of wafer : 2 inch
 n_p : The number of charged particle , V : Charged voltage

(2) 정전파괴

정전기에 의한 웨이퍼와 LCD유리기판의 집적회로 파괴는 정전전압에 의한 절연막의 절연파괴와 정전기방전(ESD)시의 과전류의 주열 발생에 의한 회로의 용단으로 나눌수 있다. 집적도가 크게 증가하고, 절연막도 더욱 박막화해서 16 MDRAM의 경우 절연 산화막은 5~6 nm으로 되어있다. 박막화에 따른 정전기방전에 대한 내성저하로 수십볼트의 정전전압에서도 정전파괴를 일으킬 수가 있다.

2-2 청정환경에 있어서의 정전기 제거 대책

정전기에 대한 대책은 크게 제전대상물을 도전화하여 접지에 의해 정전하를 누설시키는 방법과 대전물체가 된 정전전하에 반대극성의 공기이온에 의해 중화하는 방법이 있다. 그러나 실제공정에서는 후자의 방법을 채택하고 있다. 일반적으로 공기를 전리하고 이온화하는 방법은 코로나 방전, 방사선조사 및 자외선조사 등이 알려져 있다.

코로나 방전을 이용하는 방법은 방사선조사 및 자외선조사에 비하여 안전하고 가격이 저렴하여 일반적으로 광범위하게 이용되어 지고 있다. 코로나 방전을 이용한 정전기제거 장치는 코로나 방전을 일으키기 위하여 고전압을 인가하는 방법에 따라서 Pulsed-DC, DC 및 AC로 구분된다. 그림 3에는 3가지 형태의 코로나 방전식 정전기 제거 장치의 개요를 나타내고 있다. Pulsed-DC는 (+)와 (-)의 한쌍의 전극에 (+)와 (-)직류전압을 일정 시간 간격으로 상호 교대로 인가하는 방식이다. 이 방식은 (+)과 (-)의 공기 이온이 형성하는 공간전계에 의해 이온이 넓게 확산된다. DC방식은 (+)와 (-)의 전극에 (+)와 (-)의 직류전압을 각각 인가하는 방식이다. AC방식으로는 1분의 전극에 교류전압을 인가하고 1분의 전극으로부터 (+)과 (-)의 이온을 50/60Hz 간격으로 발생시키는 방식이다. 이 방식은 그림3에서 보는 바와 같이 공간전계가 없기 때문에 생성된 이온 자체에 의한 확산력은 거의 없는 상태이다. 그러나 코로나 방전식 정전기제거장치는 방전전극으로부터 분진이 발생하는 것이 중대한 문제점으로 지적될 수 있다.^{4~8)}

한편 방사선을 이용하는 방법으로서 두께 1mm 정도의 염화비닐판으로 쉽게

차폐될 수 있는 연 X선을 조사하여 주위의 공기를 전리하는 방식이 최근 이용되고 있다.⁹⁾ 이 방식은 코로나 방전식과는 달리 방전전극을 사용하지 않기 때문에 분진이 본질적으로 발생하지 않는다. 그러나 생산장치 등에 설치할 경우 연 X선을 차폐하기 위하여 생산 장치 주위를 염화비닐판 등으로 차폐하고, 만일 작업자가 방사선구역내에 들어갈 경우에는 연 X선 방사가 자동 정지 될 수 있도록 하는 대책이 필요 하는 등 취급이 비교적 불편하다.¹⁰⁾

위에서 언급한 바와 같이 정전기 대책에 이용되는 공기이온은 小이온과 大이온으로 나눌수 있는데, 주로 小이온이고 직경은 1nm 정도이다. 마이너스이온은 플러스이온보다 20~30% 정도 적게 발생된다. 플러스이온은 주로 $H_3O^+(H_2O)_n$ 형태로 되고, 여기서 n은 습도의 영향을 받는다. 마이너스이온은 대기 중의 NO_x , SO_x , O_3 등의 농도 및 이온 발생 방법에 따라 그 조성이 다르다. 방사선이나 우주선을 사용하는 경우에는 $O_2^-(H_2O)_n$, 코로나방전에 의한 경우에는 NO_2^- , NO_3^- , $NO_2^-(H_2O)$, $NO_3^-(H_2O)$ 형태의 이온이 많이 발생한다. NO_x 가 많은 경우에는 $CO_4(X)$, (X: O_2 , H_2O 등의 분자), SO_x 가 많은 경우에는 $SO_4^-(X)$, O_3 가 많은 경우에는 $CO_3^-(X)$ 형태의 이온이 많이 발생한다.¹⁰⁾

코로나방전식 정전기제거장치의 전극으로부터 발생하는 먼지의 발진기구는 전극의 마모에 의한 전극물질의 비산, 주위 공기중 미량 불순물이 전극에 퇴적한후 재 비산하는 두가지의 원인에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다. 사진1은 전극 주변에 미량의 불순물이 퇴적한 상태를 나타내고 있다.

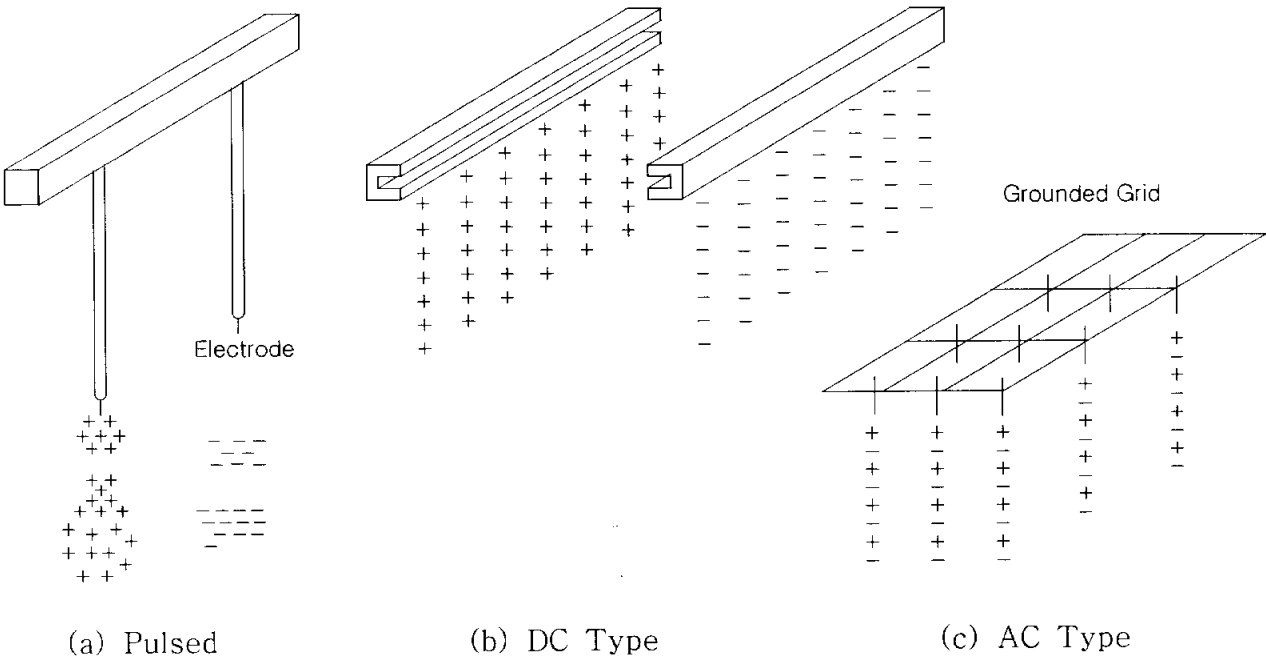


Fig. 3. Comparisons of various corona discharged ionizer

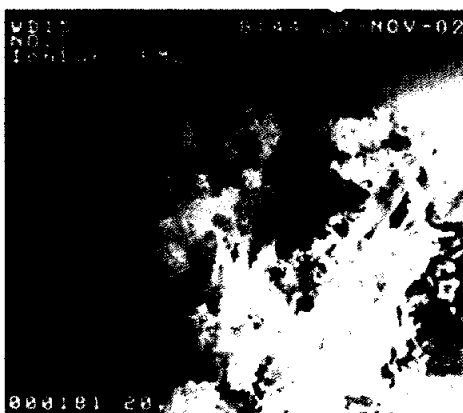
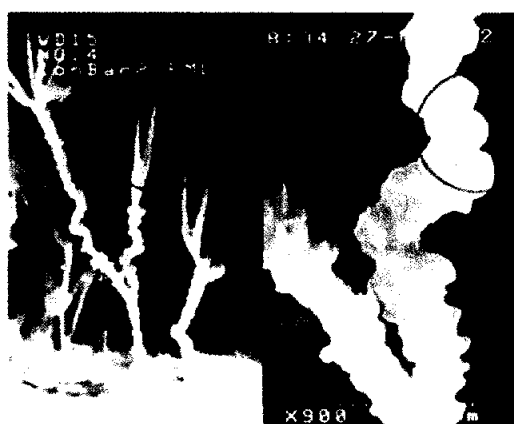
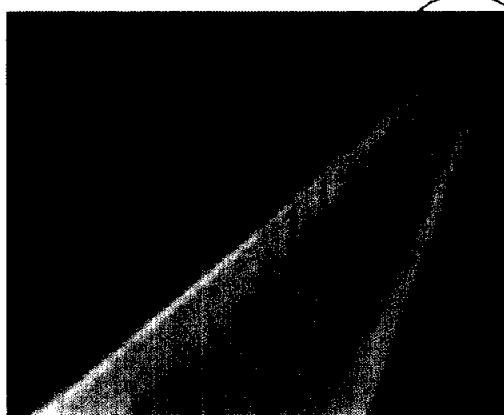


Photo. 1. Particle deposition on electrode

3. 연 X선의 특징

3-1 인체의 영향

정전기제거장치로 사용되는 연 X선식 정전기제거장치의 문제점은 연 X선이 원자력법상 방사선이기 때문이다. 연 X선식 정전기제거장치로부터 방사되는 미약 X선(파장 1.5 Å, 에너지는 10 Kev 이하) 의료용 렌트겐 촬영, 비과과검 사용으로 사용되는 경 X선에 비해서 아주 낮은 값이지만 직접 피폭되는 경우 인체에 영향이 없다고 할 수는 없다.

연 X선은 파장이 길고 에너지가 극히 낮기 때문에 인체에 직접 조사되는 경우 거의 피부에서 흡수되고, 전리측면에서는 피부의 X선 피폭 선량한도를 원자력방호위원회(ICRP)에서 피부의 선량당량인 70 μm 로 연간 500mSv 이하로 규정하고 있다. 따라서 연 X선은 에너지가 낮지만 물체에 흡수가 쉽기 때문에 별도의 차폐용기에 보관해야한다.

3-2 제품 및 수지 등의 영향

LCD 제조공정에서 유리기판에 대한 영향으로는 Photo Lithograph 공정에서 레지스트 막의 감광 등이 우려되지만 현 단계에서는 이에 대한 연구결과는 보고 되어지지 않고 있다. 또한 연 X선 정전기제거장치는 연 X선의 차폐를 위하여 생산장치 내에서 사용되어 지는 경우가 많은데, 차폐재로서 주문 사용되는 재료로서는 수지를 사용하고 있는데, 연 X선에 의한 수지열화 및 그에 따른 가스발생의 우려가 있다.

LCD 및 반도체 제조장치에서 일반적으로 사용되는 수지로서는 아크릴수지, 고밀도폴리에틸렌수지(UPE), 불소수지(PTFE), 나일론수지, 폴리프로필렌수지(PP), 정전기대책용 염화비닐수지 및 염화비닐수지로서 연 X선에 의한 영향은 다음과 같다.

① 아크릴수지, 불소수지는 연 X선 조사를 받으면 기계적강도 및 점탄성율이 저하한다. 특히 불소수지는 실용상 문제는 없지만 염소계의 가스가 발생할 수 있다.

② 정전기 대책용 염화비닐수지, 염화비닐수지는 연 X선의 조사를 받으면 황색으로 변색하지만 기계적 강도, 점탄성율의 변화는 극히 적어서 실용상 문제는 없다고 생각된다. 그러나 정전기대책용 염화비닐수지는 실용상 문제없다고 생각되지만 염소계의 가스가 발생할 수 있다.

③ 고밀도 폴리에틸렌수지, 나일론수지, 폴리프로필렌수지, 폴리에테르 에테르케톤수지는 연 X선의 조사를 받아도 기계적 강도 및 점탄성율에 관하여서는 실용상 문제가 없다고 생각 된다.

3-3 연 X선의 용도 및 특징

표 1은 연 X선식 정전기제거장치와 코로나 방전을 이용한 정전기제거장치와 비교를 정전기제거범위, 역대전 송풍장치의 필요성, 오존 발생, 발진, 전자노이즈, 연 X선 조사에 의한 수지의 열화, 설치 및 보수의 용이성에 따라서 나타낸 것이다.

표 1. 연 X선 제거장치와 코로나방전식 정전기제거장치와의 비교

항 목	연 X선식 정전기제거장치	코로나 방전식 정전기제거장치
정 전 기 제거범위	대전체 주위의 공기를 직접 이온화하기 때문에 이온량이 많아서 제전시간이 코로나방전식 보다 짧다. 120도의 광각으로 미약 X선을 방사하기 때문에 제전의 유효면적은 코로나방전식 보다 넓게 되지만, 제전시간은 미약X선량이 거리의 제곱에 반비례하기 때문에 이격거리에 따라 의존한다	발생한 이온을 대전체까지 전달하는 도중에 발생된 이온량이 상당히 감소한다. 즉, 이온의 재결합이 많이 발생한다. 이를 방지하기 위하여 접근해서 설치하면 역대전이 커질 수 있다. 제전범위는 설치환경에 크게 의존한다.
역 대 전	접근해서 설치해도 본질적으로 같은량의 (+),(-)이온량이 발생되기 때문에 (+)(-)이온량의 불균형에 의한 역대전은 없다	대전체에 과도히 접근해서 설치 할 경우 역대전은 쉽게 발생한다
송풍장치 의 필요성	대전체 주변의 공기를 직접 이온화하기 때문에 별도의 송풍장치는 필요하지는 않지만, 송풍이 있는 쪽이 제전 성능이 더욱 좋다.	pulsed DC전원방식의 경우 이온은 정전확산에 의해 이동하지만, 송풍이 있는 쪽이 대전 성능이 우수하다
오존발생	미약X 선(9.5KeV)이 있기 때문에 오존 발생은 없다.	하강기류 0.3m/sec일 때 전극하부 10cm 정도 떨어진 위치에서 오존농도는 0.01(ppm/전극) 이다
발 진	없음	주입공기와 내마모성 전극의 사용으로 먼지의 발생은 적지만 미량은 발생한다.
전자노이즈	없음	문제가 되는 정도는 아니지만 0은 아니다.
조 사 에 의한 수지열화	수지종류, 조사거리에 따라서 열화 및 그에 따른 가스발생이 있다	없음
설 치 용 이 성	재조정은 필요하지 않지만 미약 X선의 차폐는 필요하다	이온발란스 등의 재조정이 필요하다.
보 수 의 용 이 성	평균수명 12,000시간으로 미약 X 선관을 교환하는 외에는 특별한 보수는 없다.	6개월에 1회 전극의 세정, 1년에 1회 정도 전극 교환필요. 이온발란스의 재조정 필요

4. 실험장치 및 방법

4-1 실험장치

그림4는 본 연구에서 개발된 기류 방출형 정전기제거장치(Ionized Air Nozzle Type Ionizer)의 외형모습을 나타낸 것이다. 특히 본 장치는 기존의 코로나 방전식 정전기제거 장치에서는 비교적 제전이 어려운 LCD 공정의 유리기관카세트 내부와 같이 구석진 곳에서도 정전기제거에 유효하다.

기류 방출형 정전기 제거장치는 그림4에 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 설치 된 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 실험에서는 연 X선의 외부로의 방사를 막기 위하여 사진2와 같이 아크릴(두께 5mm)를 사용하여 차폐율을 99.99% 이상으로 유지하도록 하였다.

4-2 실험방법

사진2는 기류 방출형 정전기제거장치의 정전기 제거능력을 측정하기 위한 장치를 나타낸 것이다. 설치거리와 위치변화에 따른 정전기 제전특성을 얻기 위해, 설치거리를 550mm, 725mm, 900mm, 1,075mm 및 1,250mm로 하였으며, 피

대전물체로는 모의대전체(Charged Plate, Trek, Model No 156A1, USA)를 사용하였고 이때 대전전위는 최대 $\pm 1\text{kV}$ 로 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 $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도 $40\% \text{ RH} \pm 2\%$, 대기압 760Torr)에서 모든 실험 및 측정을 하였으며, 재현성을 확인하기 위해 평균 3회 이상 측정하였다.

그림6은 기류 방출형 정전기제거장치의 설치 조건상 중요한 요인 중의 하나인 대전물체와 본 정전기제거장치 사이의 설치거리를 550mm에서 1,250mm까지 175mm 등 간격으로 변화시키고, 피대전물체를 상(Upper), 중(Middle) 및 하(Lower)의 3그룹으로 나누어 측정하였다.

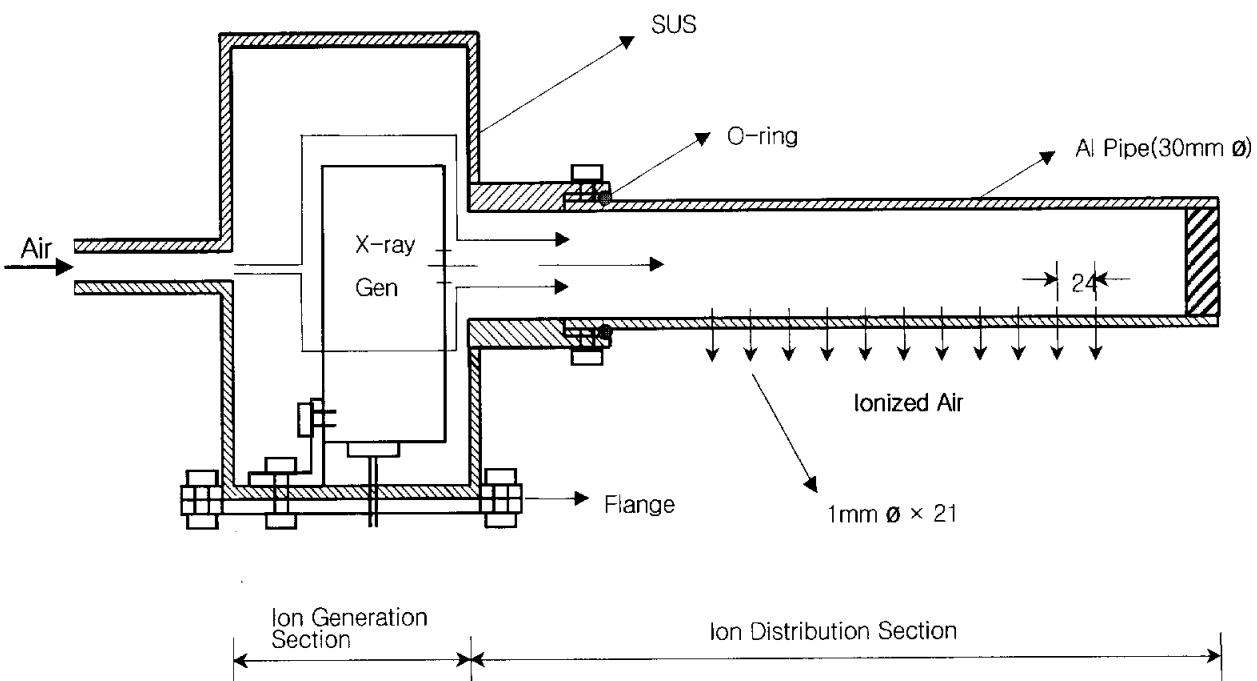
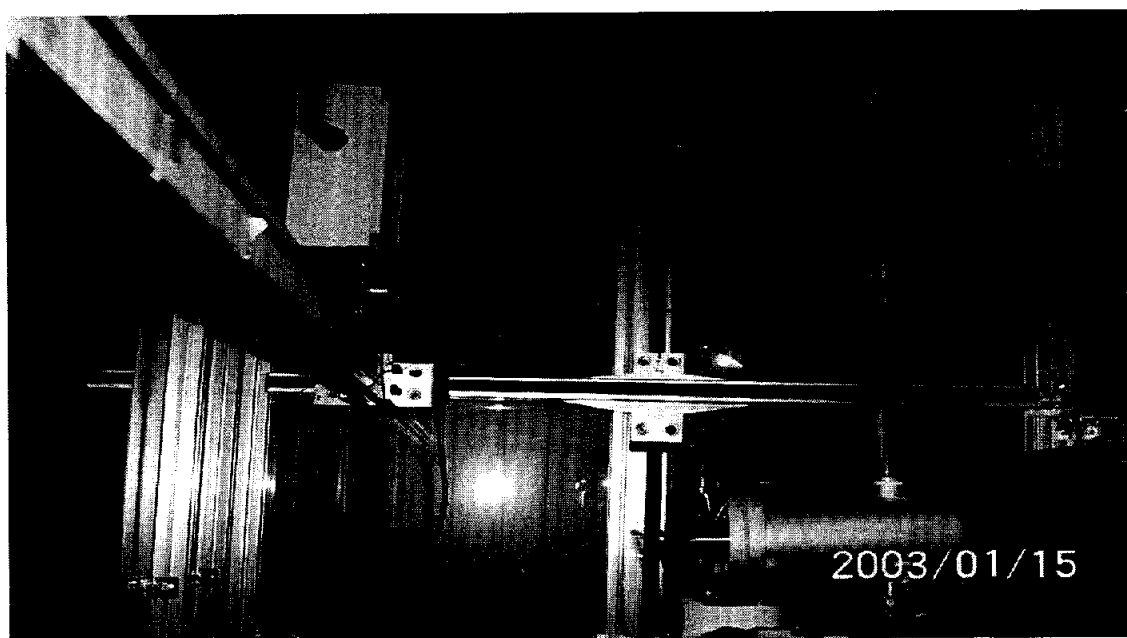


Fig. 4. Outline view of ionized air nozzle type ionizer



(a) The measurement view of charged decay time



(b) The measurement view of ion current

Photo. 2. View of experimental apparatus

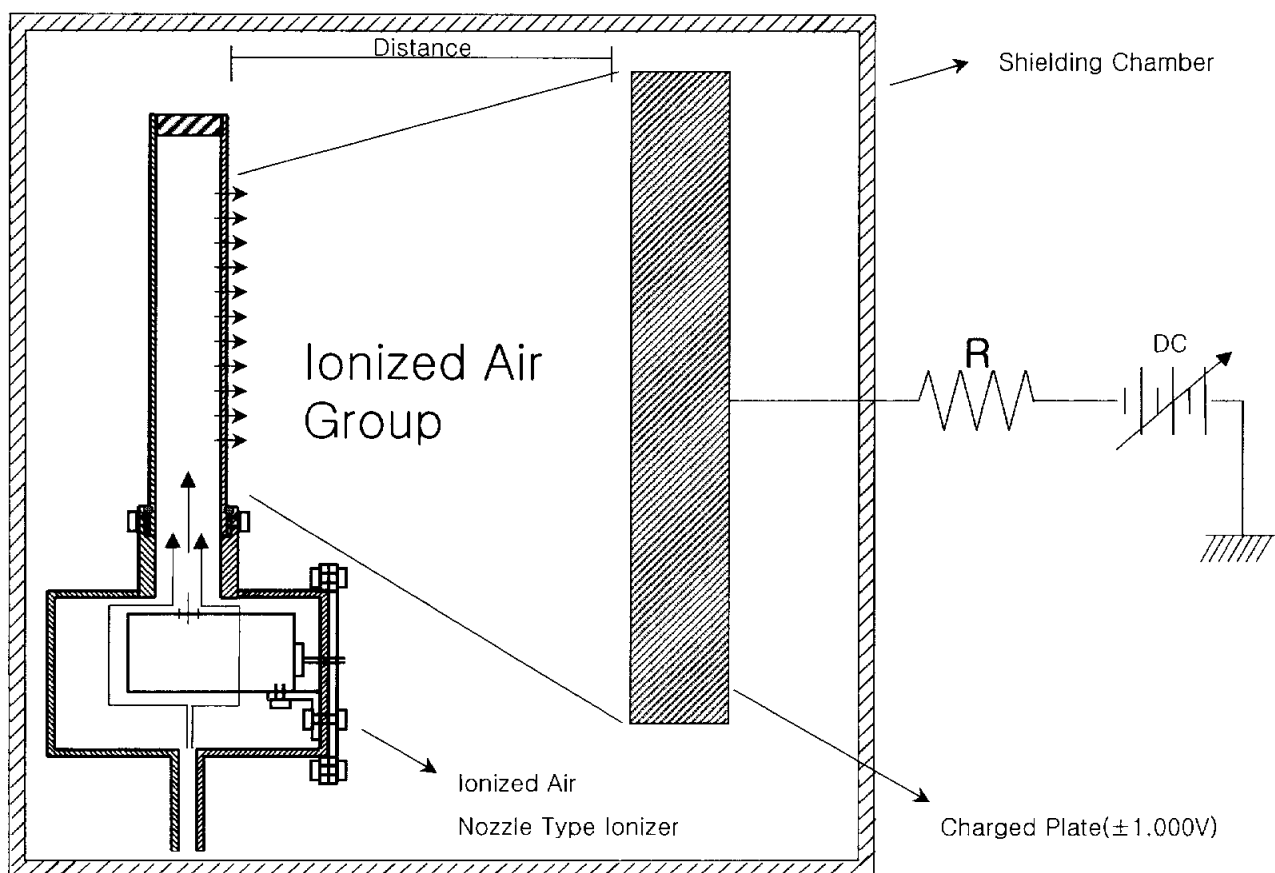


Fig. 5. Block diagram of experimental apparatus

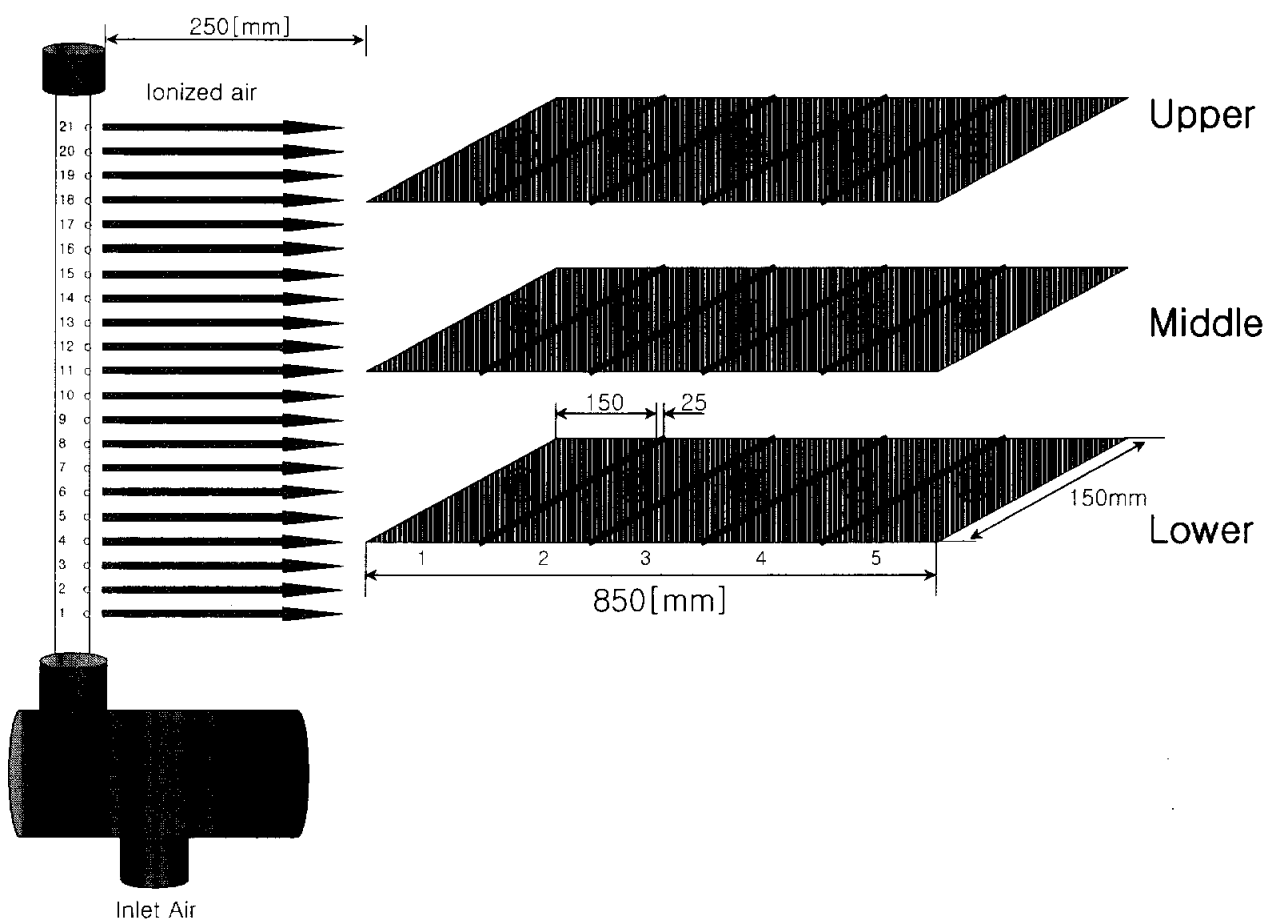


Fig. 6. Arrangement of decay time characteristics measuring point

5. 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 주입공기 압력에 따른 정전기 감쇄시간, 이온전류의 측정 및 누설방사전량에 따른 인체에 대한 안전성을 검토하였다.

5-1 설치거리의 변화에 따른 전위감쇄시간 특성

그림7은 기류 방출형 정전기제거장치의 공기 노즐 상단부로부터 방출된 공기이온에 의한 제전특성을 나타낸 것이다. 그림 7에서 알 수 있듯이 모의대전 물체를 -1000V로 대전 시키고 10%, 즉 100V까지 감쇄하는 시간은 최대 58초에서 30초까지 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 LCD제조 공정에서 사용되는 유리기판의 카세트인 점을 고려하면 제전능력은 다소 늦어짐을 알 수 있다. 그림 8은 기류 방출형 정전기제거장치의 공기노즐 중간부분에서 방출된 이온에 의한 제전의 특성을 나타낸 것이다. 그림 8에서 알 수 있듯이 모의대전물체를 -1000V로 대전시키고 10%, 즉 100V로 감쇄할 때까지의 시간이 최대 28초에서 21초로 나타났다. 이는 기류 방출형 정전기제거장치의 상단부분에서 방

출된 이온에 의한 제전의 경우보다 1.5배에서 2배까지 향상됨을 알 수 있다. 또한 감쇄시간의 편차는 약 7초로 상단부분의 경우에 비하면 약 4배 이상 증가하였다. 이는 공기노즐을 통해서 분출된 이온의 재 결합률이 상대적으로 적었음을 보여준다. 실제의 제조공정에서 25 초 이내로 유지되어야 충분한 효과를 얻을 수 있으므로 실적용 시에는 문제가 있을 것으로 생각된다. 그림 5.4는 기류 방출형 정전기제거장치의 하단부분에서 방출된 이온에 의한 제전의 특성을 나타낸 것이다. 그림 9에서 알 수 있듯이 모의대전물체를 $-1000V$ 로 대전시키고 10%, 즉 100V로 감쇄할 때까지의 시간이 최대 24초에서 13초로 나타났다. 이는 기류 방출형 제전기의 상단부분에서 방출된 이온에 의한 제전의 경우보다 약 2배에서 3배까지 향상됨을 알 수 있다. 또한 감쇄시간의 편차는 약 11초로 상부의 경우에 비하면 약 2.5배 이상 증가하였다. 이는 공기노즐을 통해서 분출된 이온의 재결합률이 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 향후 필요하다고 생각된다.

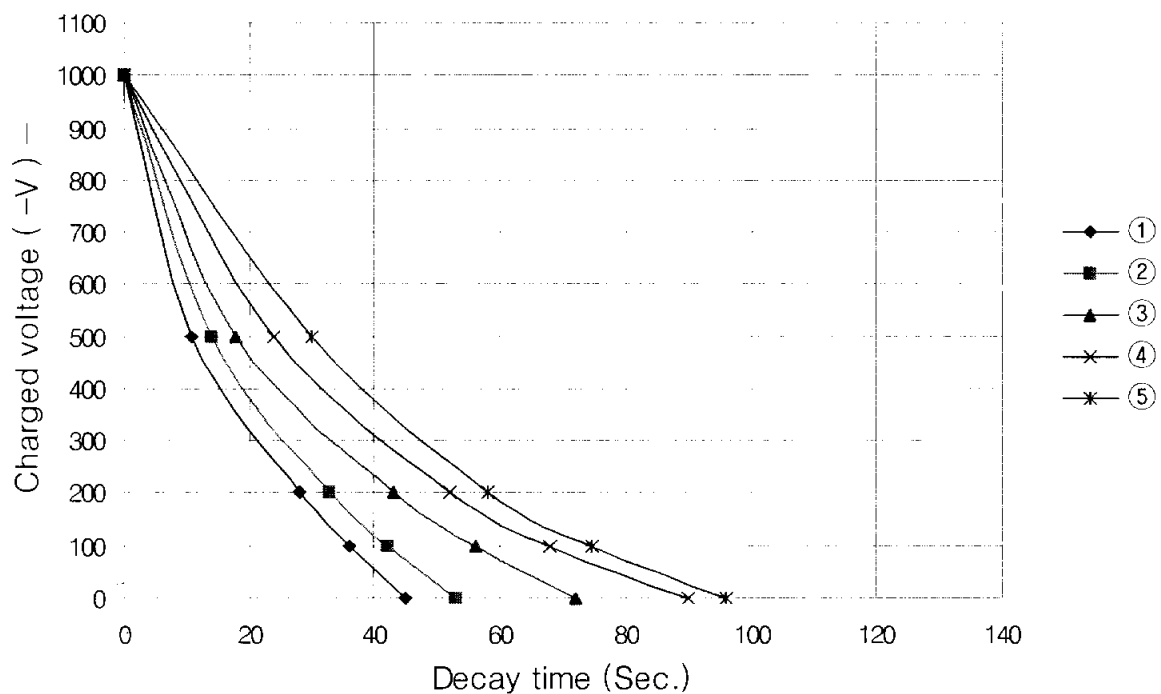


Fig. 7. Decay time characteristics on upper plate of charged plate monitor

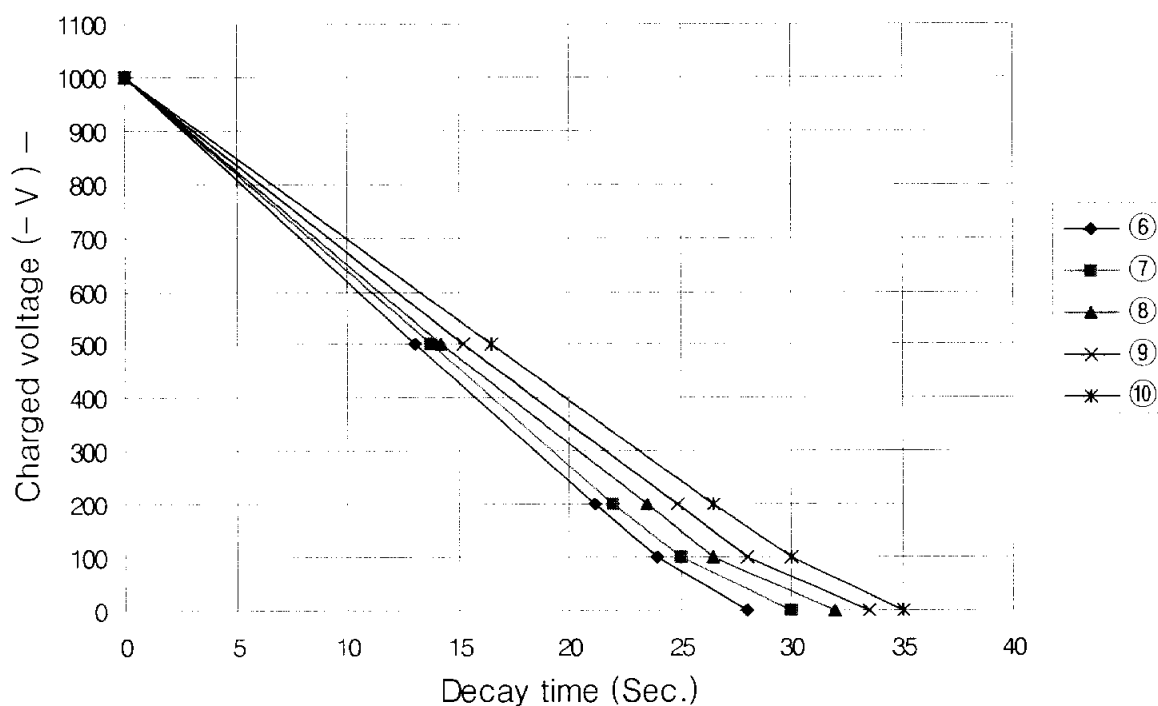


Fig. 8. Decay time characteristics on middle plate of charged plate monitor

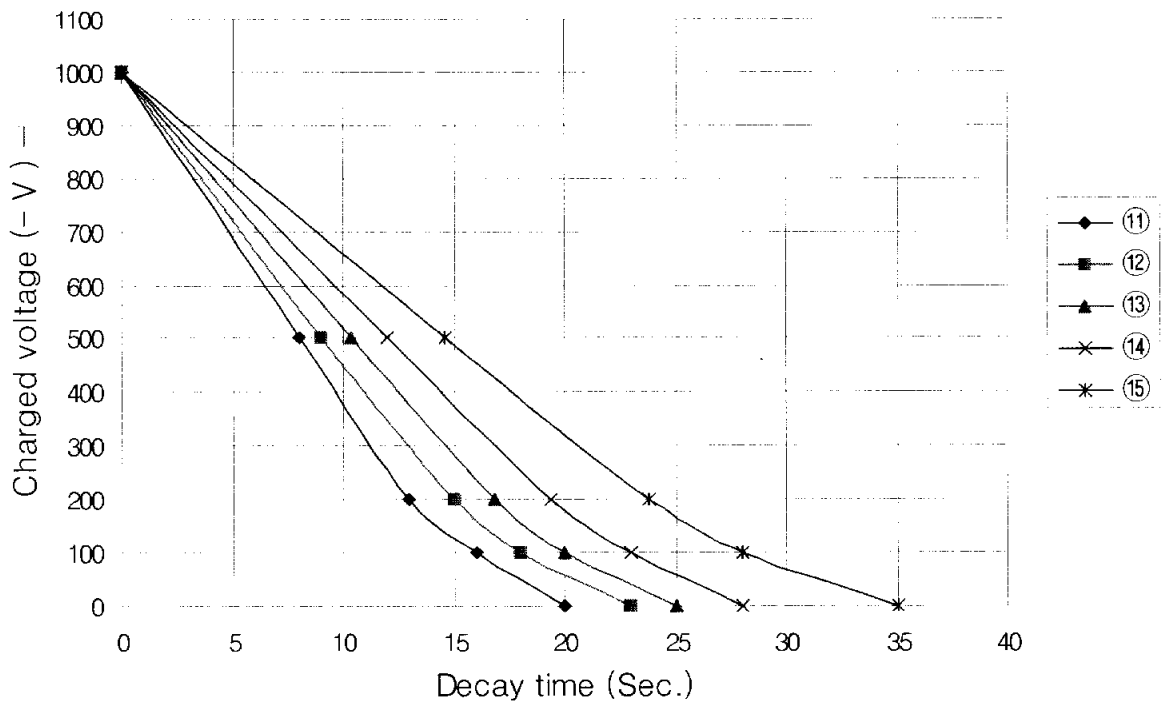


Fig. 9. Decay time characteristics on lower plate of charged plate monitor

5-2 설치거리의 변화에 따른 이온전류특성

그림10은 대전물체와 기류방출형 정전기제거장치사이의 설치 거리를 550mm에서 1,250mm까지 변화시켰을 때의 이온전류 발생특성을 나타낸 것이다. 그림 5.5에서 알 수 있듯이 기류 방출형 제전기의 하단부분에서의 이온전류가 2nA에서 3nA로 가장 높게 나타났다. 이를 이온수로 환산하면 약 10^{10} 개의 전자수에 해당되는 값이다. 상대적으로 제전기의 상단부분에서의 이온전류는 1nA에서 2nA로 하단부에 비해서는 약 1nA 정도 적은 값으로 나타났으며, 제전시간 역시 이온전류에 비례해서 하단부에서 가장 빠르게 나타났다. 이는 앞에서 실험한 결과에서 알 수 있듯이 정전기제거장치로부터 발생하는 이온전류는 정전기제거장치의 성능과 직결된다는 것을 알 수 있다.

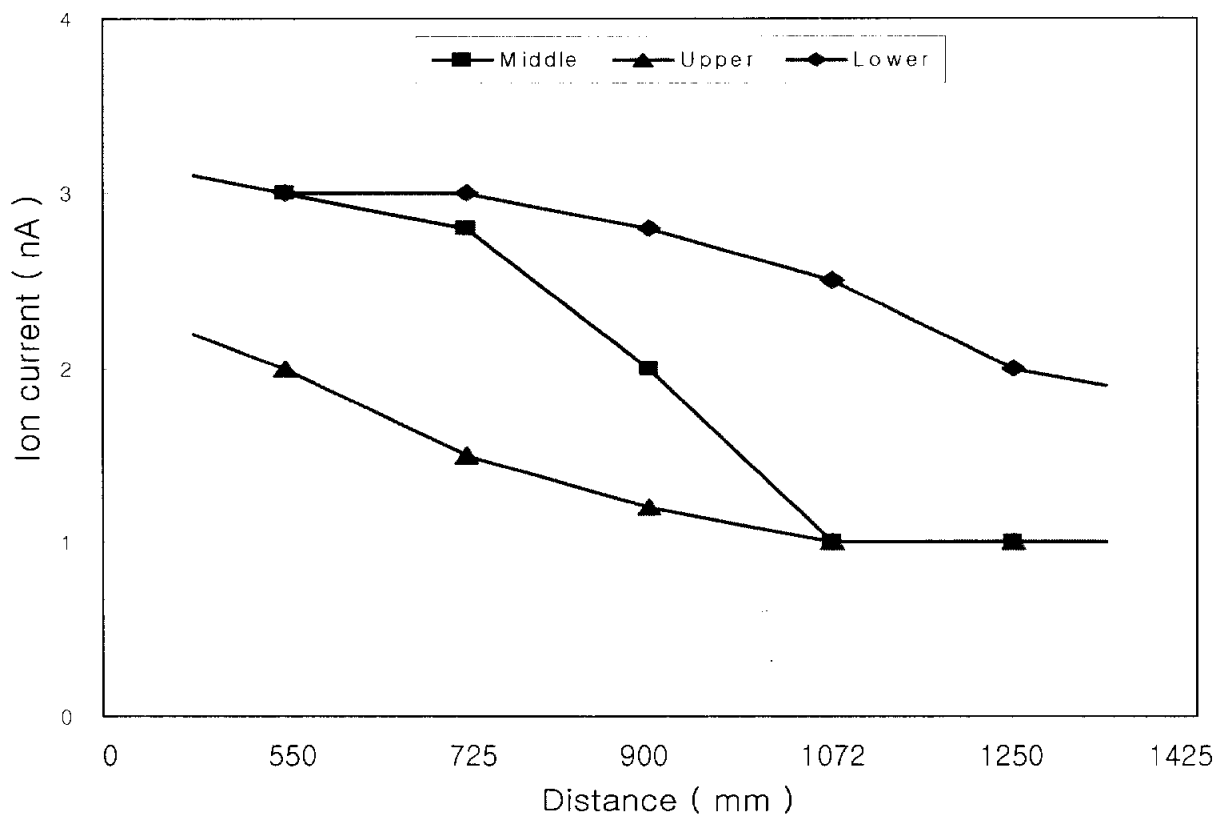


Fig. 10. Ion current as a function of distance between ionizer and charged plate monitor

5-3 주입공기압의 변화에 따른 대전 전위감쇄시간 특성

그림11은 기류 방출형 정전기제거장치에의 주입공기압을 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지 변화시켰을 때의 대전 전위감쇄시간 특성을 나타낸 것이다. 그림11에서 알 수 있듯이 모의대전물체를 -1000V 로 대전시키고 주입공기압을 변화시켰을 때의 공기압이 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 일 때 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 제전 시간이 포화되는 경향을 보이고 있다. 실 제조공정상 전위감쇄시간이 25초 미만이라는 점을 고려해 볼 때 주입공기압은 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상이면 적합한 것으로 생각 된다.

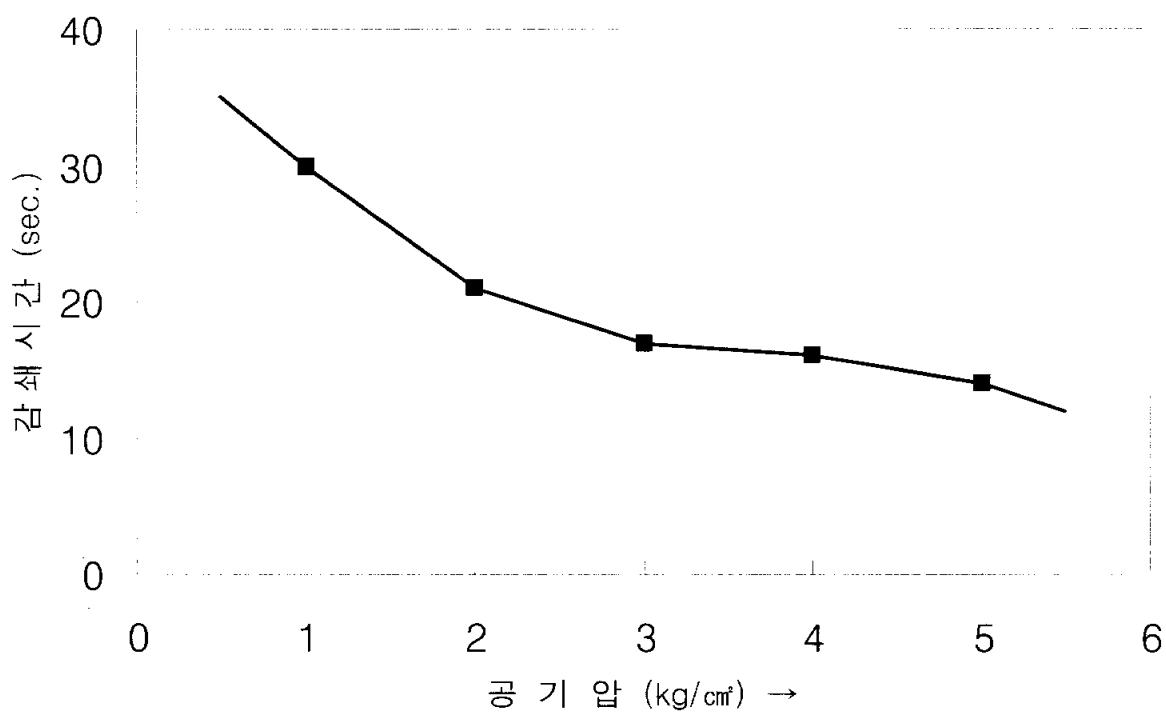


Fig. 11. Decay time characteristics as a function of inlet air pressure

5-4 누설방사선량의 특성

연 X선식 정전기제거장치를 안전하게 사용하기 위해서는 작업자의 작업영역 주위를 적절한 차폐재로 방호를 반드시 하여야 한다. 그림5.7은 여러 가지 차폐재에 대한 연 X선의 차폐율을 나타낸 것이다. 그림5.7에 나타낸 것과 같이 차폐재로써 2mm 이상 두께의 염화비닐판(PVC)과 0.3mm 이상의 알루미늄판과 0.1mm 이상의 구리판을 사용하면, 차폐 방호설비 외측에서의 누설 X선량은 $1\mu\text{Sv/h}$ 이하(자연방사선량)가 되어 인체에 장애를 주지 않는다. 국제방사선 방호위원회(ICRP)의 규정에 의하면 모든 관리구역내에서 $1\mu\text{Sv/h}$ 를 초과하지 않도록 규정하고 있다. 차폐는 연 X선이 조사되어지는 공간뿐만 아니라, 관리구역(방호설비 내측영역)의 모든 공간에서 $1\mu\text{Sv/h}$ 초과하지 않도록 하여야 하고, 부득이 개구부가 노출되는 경우에는 $1\mu\text{Sv/h}$ 을 초과하는 공간에는 신체 및 신체의 일부가 들어가지 않도록, 만약 또는 출입하고자 하는 경우에는 자동적으로 연 X선 조사가 정지하도록 인터록시스템이 장착되어야 한다.

누설 X선량은 1cm 선량당량(방사선이 인체에 미치는 영향을 평가하기 위한 지표로서, 피부표면으로 부터 깊이 1cm 부위에 있어서 피폭량)이지만, 미약 X선(10Kev이하) 경우에는 대부분이 피부표면 근처에 흡수되어 지기 때문에 1cm 선량당량으로는 피폭에 의한 위험성을 평가할 수 없다. 따라서 $70\mu\text{m}$ 선량당량(신체표면으로부터 깊이 $70\mu\text{m}$ 부위에 걸친 피폭량)으로 $1\mu\text{Sv/h}$ 이하로 관리하는 것이 보다 안전하다고 할 수 있다.

그림5.8은 연 X선원으로부터 방사되는 방사량을 거리 및 각도별로 측정한 값을 나타낸 것이다. 그림 5.8에서 알 수 있듯이 국제방사선방호위원회(ICRP)

의 규정인 $1\mu\text{Sv/h}$ 를 초과하기 때문에 적절한 차폐장치를 반드시 설치하여야 함을 알 수 있다. 본 기류 방출형 정전기제거장치에서는 이를 예방하기 위하여 스테인레스스틸(두께 : 2mm)로 차폐를 하여 사용하기 때문에 인체의 유해성은 전혀 없다고 생각된다. 이온방출부 측면의 직경 1 mm ϕ 미세구멍 노즐부와 이온발생부와의 접속부, 전선인입부에 10mm까지 근접시켜 전리상식 방사량측정기(미국 빅토링사제 450B-SI)로 누설선량을 측정한 결과 약 $0.3\mu\text{Sv/h}$ 로 측정되었다. 즉, $1\mu\text{Sv/h}$ 이하로 인체의 유해성은 전혀 없는 것으로 생각된다.

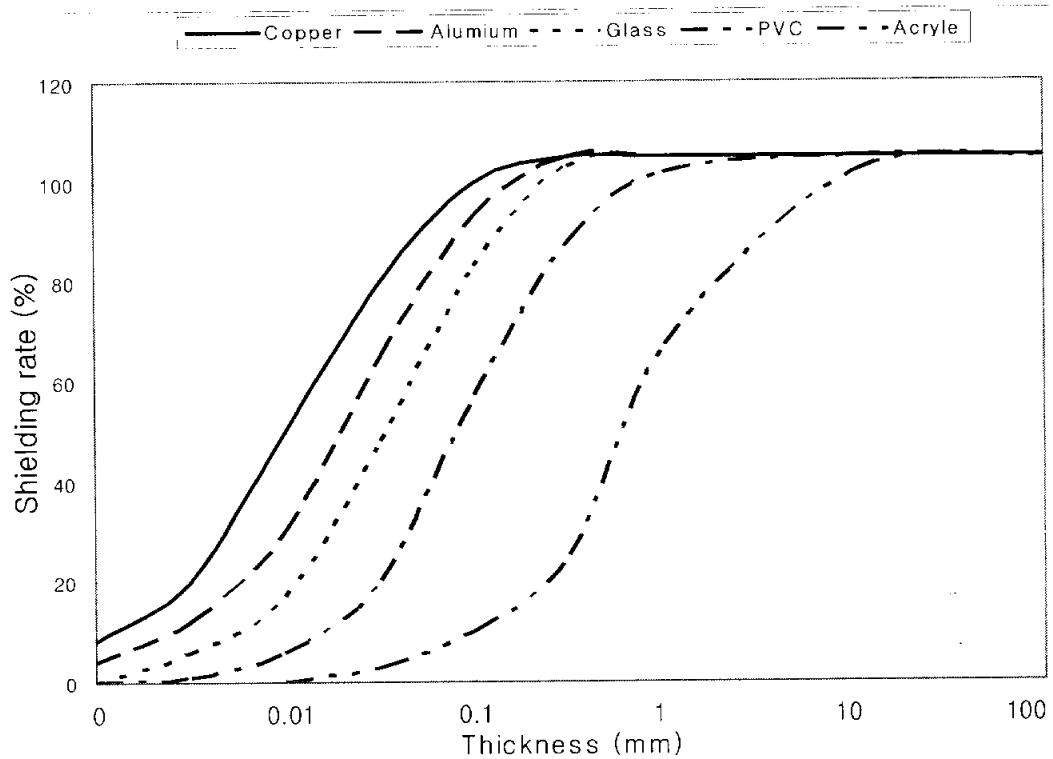


Fig. 12. Shielding rate against soft X-Ray

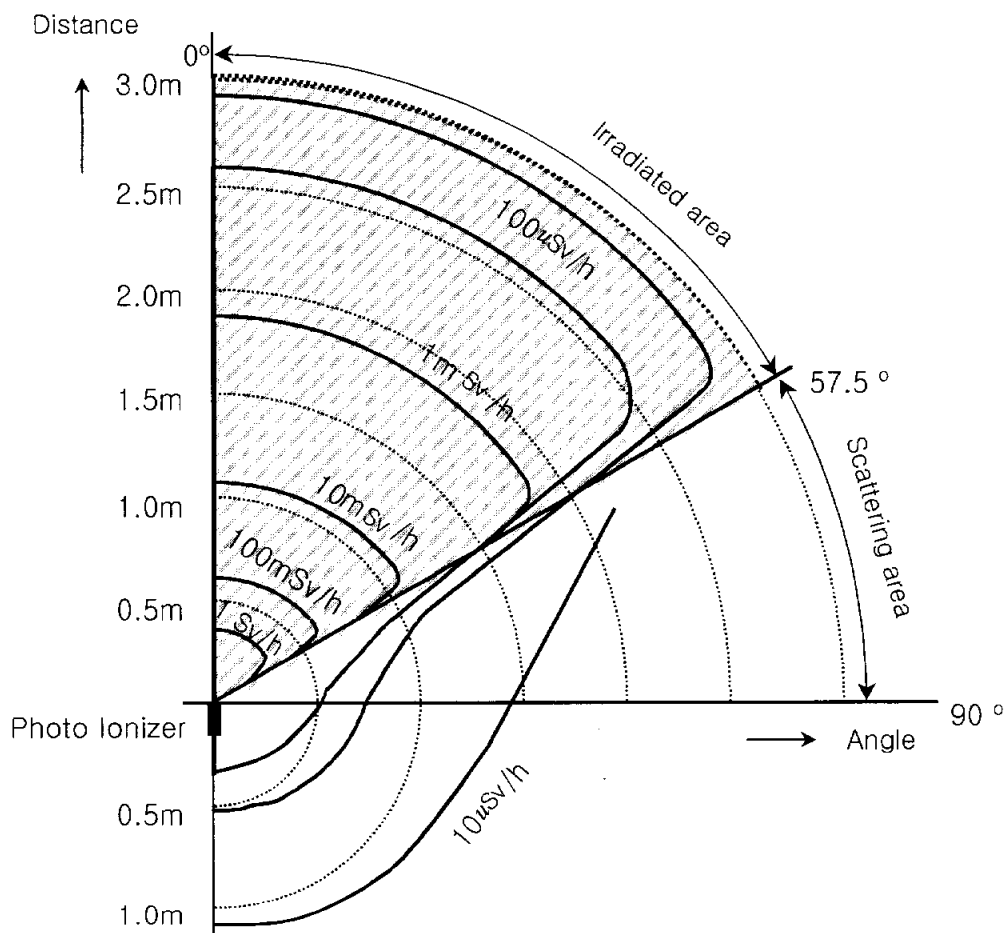


Fig. 13. Soft X-Ray distribution around photo ionizer

6. 결론

본 기류방출형 정전기제거장치는 연 X선원이 내장된 이온 발생부 및 이온방출부를 각각 스테인레스스틸(두께 : 1mm)와 알루미늄(두께 : 2mm)로 차폐하여 본질적으로 연 X선의 누설을 예방하였고, 별도의 차폐장치를 설치하지 않아도 되도록 하였다. 또한 이온기류방출형의 구조로 되어 있어서 반도체 및 LCD제조공정과 같이 협소한 장소에서의 정전기제거가 가능하였으며, 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 3Kg/cm^2 이상이면 정전기 감쇄시간을 25초 미만으로 유지할 수 있어, 실 적용 할 수 있음을 알 수 있었다.
5. 기류 방출형 정전기제거장치 자체가 연 X선 차폐구조로 되어 있기 때문에 설치 시 주변에 별도의 차폐방호설치를 설치할 필요가 없다.

참고문헌

- (1) 富岡秀起 : クリーンテクノロジー, Oct., P. 19, 1997
- (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, 謝国平, 金光映, 第7回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, p.17, 1998
- (5) 阪田総一郎, 岡田孝夫, 第7回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集 p.21, 1998
- (6) 江見 準 : '88クリーンテクノロジーシンポジウム予稿集, p.3~11, 1988
- (7) 鈴木政典, 山路幸郎 : 空気清浄, May, P. 48, 1989
- (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, June, P. 18, 1992
- (9) 中江 茂 : エアロゾル研究, Feb., P. 111, 1987
- (10) 鈴木政典, クリーンテクノロジー, Jan., P. 31, 1992
- (11) 鈴木政典, 佐藤朋且, 鋒 治幸, 石川昌義 : 月刊ディスプレイ, Nov., P. 39, 2000
- (12) 한국원자력 안전기술원 조근우, ICRP 60과 방사선 방호의 요점
- (13) 장순홍, 백원필, 원자력 안전(개정판) 청문각, 1999
- (14) 나성호, 허정옥, 한국 원자력 안전 기술원 보고서, 1994

ABSTRACT

A study on Development of Ionized Air Nozzle Type Ionizer

Dept. of Safety Engineering Graduate School of
Industry Pukyong National University

Hoon-kyu Park

It is a well known fact that the micro-semiconductor is a central part of the 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 and administration.

Therefore the purpose of this study is to first, prevent the yield depreciation and damage of products, and second, protect the worker from accidental electrostatic discharge during semiconductor and LCD manufacture.

The soft x-ray Ionizer is a type of electrostatic reducer device. It protects against electrostatic discharge in the cleaning room

environment and is a necessary environmental factor during semiconductor and LCD production. The positive aspects of the soft x-ray are its shorter time and wider angle of exposure. But the negative aspect of the soft x-ray is its need for several shielding of protection from the harmful x-ray exposure.

I studied the development of the Air Nozzle-type Ionizer because I wanted to amend and refine some problems. For example, I examined the electrostatic reduce device of a soft x-ray type and discovered the ion did not go inside well. I also wanted workers to be free from danger.

An Air Nozzle-type Ionizer is comprised of soft x-ray radiation and ionized air production. Air is injected through the nozzle after being ionized from radiation. It supplies air keeping the same pressure into the end foundation of ion production.

The soft x-ray is the structure which radiates ionized air through the nozzle (21 holes) having micro holes of the ionizable radiation after ionizing the inside air by the ion production.

A worker does not need a cover to protect against x-rays and the Air Nozzle-type Ionizer is easy to set up and is more effective at eliminating electrostatic. The result is the following:

1. It is possible to remove the electrostatic in a small room during semiconductor and LCD production.

2. The soft x-ray ionizes the air that ozone and dust from the electrode will not happen, unlike if we had used an electric discharge electrode like the Corona discharge type Ionizer.

3. The ion current as the distance of the setting up device is 1~3nA similar to the Corona discharge type ionizer

4. The Air Nozzle-type Ionizer is practical to use when the air pressure is over 3Kg/cm², and the attenuation is less 20 seconds.

5. There is no need to set up another shielding protection because the Air Nozzle-type Ionizer uses a soft x-ray set up inside house.

감사의 말씀

본 논문이 완성되기까지 참된 학문의 자세와 방향을 지도해 주시고, 더 큰 사랑과 가르침으로 돌보아 주신 이동훈 지도 교수님께 깊이 감사드리며, 바쁘신 중에서도 본 논문의 심사를 맡으시면서 좋은 논문이 되도록 조언과 격려를 아끼지 않으셨던 목연수 교수님, 최재욱 교수님께 감사드립니다. 또한 본 과정을 마치기까지 언제나 따뜻한 격려와 정성어린 관심으로 지켜봐 주신 이내우 교수님, 박외철 교수님, 장성록 교수님, 권오현 교수님, 고성석 교수님께 머리 숙여 감사를 드립니다.

그리고 논문이 작성되기 까지 회사의 바쁜 업무 중에서도 정확한 실험을 위해 애써준 (주)선재하이테크의 윤효영 씨를 비롯한 회사의 모든 직원들과 원고 편집을 위해 늦은 밤까지 같이 수고했던 전기 실험실의 심충한씨 등 후배들과 여러 면으로 도움을 준 학과 사무실 이종빈, 고정찬, 배동철 선생님에게도 지면을 빌어 감사의 마음을 전합니다.

만학도로서 학업과 회사생활의 병행이 결코 쉽지만 않았지만 어느것 하나 충실하지 못했던 점이 아쉬움으로 남으며 저 자신의 부족함을 깊이 깨닫는 기회가 되었다고 생각되며 보람 또한 크다고 여기며, 앞으로 이런 기회가 다시 주어진다면 더욱더 열심히 할 것이라 생각 또한 해봅니다.

늘어 막에 학교 다닌다고 의아해 하던 아내와 아들 준석이 준모에게 가끔 즐거운 시간을 함께 하지 못했던 점 미안하게 여기며, 충분히 이해해준 덕분에 오늘이 있었다고 생각하며 이 기쁨을 전합니다.

2003년 06월

박 훈 규 드림