

논문 2009-461E-3-5

초고밀도집적반도체 장비의 송풍형 정전기 제거 장치 개발

(Development of The System of Clearing Static Electricity with A Fan in the VLSI Device)

이종호*, 전성호*

(Chong-Ho Yi and Sung-Ho Jun)

요약

반도체 산업에서, 웨이퍼가 오염되는 불량률 원인의 70%는 웨이퍼 자체의 대전이다. 본 논문은 기존의 고전압을 이용한 코로나 방전식의 송풍형 정전기 제거장치를 개발하였다. 이 시스템은 방전 칩 세정 기능을 자동으로 구현하여 균형하게 이온을 방출하도록 하였고, 이온 방출 상태를 감지하여 최적의 이온량을 조절하도록 하였으며, Zigbee 통신모듈을 이용하여 전 시스템을 모니터링하도록 하였다.

Abstract

The reason of the contamination in the VLSI industry is the electric charge of the wafer itself. We develop the corona discharged system of clearing static electricity with a fan. This system has automatic cleaner of discharging electrode, check the state of ion, control a suitable amount of discharged ion, and monitor all state using Zigbee communication module.

Keywords : VLSI, wafer, corona discharge, zigbee

I. 서론

최근의 전자 산업, 반도체 산업, 디스플레이 산업, 이동통신 산업, 특수인쇄 산업, 필름 산업, 식품 산업분야에 걸쳐 제품의 경박단소(輕薄短小), 고직접화, 고선명화, 정밀화, 고품질화 및 높은 신뢰성을 요구하게 되었다. 또한 이들 산업분야의 제조공정은 청정 또는 무균에 가까운 클린룸(Clean Room)을 형성하기 위한 공기청정기술을 그 기반으로 한다. 그러나 클린룸에서 대전 물체가 존재하면 미세 먼지가 정전기력에 의해 흡입되

어 부착하기 때문에, 정전기는 오염의 원인이 된다.

일반적인 장해는 반도체 산업에 있어, 웨이퍼의 오염에 의한 불량률이 원인의 70%는 웨이퍼 자체의 대전이다. 특히 초고밀도집적 반도체(Ultra Large Scale Integrated circuit : ULSI), PDP(Plasma Display Panel) 및 TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display)의 제조에 있어서 절연 산화 막(SiO_2)이나 유리표면은 고절연체이기 때문에 정전기가 쉽게 대전한다. 이와 같은 과정에서 발생하는 정전기는 제품의 신뢰성을 현저히 저하시킬 뿐만 아니라 제품수율 저하의 직접적인 원인이 된다.

이에 고전압을 이용한 코로나 방전식 정전기 제거장치들을 제조 현장의 제조 공정 별로 설치를 하여 정전기를 제거 하고 있다. 개별적으로 설치된 정전기 제거장치들은 주기적으로 방전전극, 정전기 제거 기능 등을 관리 해 주어야만 대전 물체에 대하여 정전기를 효율적으로 제거 할 수 있다. 그러나 제조 현장의 특성상 무수

* 정회원, 인하공업전문대학 디지털전자과
(Department of Digital Electronics, Inha Technical College)

** 정회원, (주)테크라인
(Tech-Line Co.,LTD)

※ 이 논문은 2008학년도 인하공업전문대학 교내연구
비지원에 의하여 연구되었음

접수일자: 2009년3월13일, 수정완료일: 2009년9월9일

히 많은 제조 장치와 관련 설비를 관리하는 관리자로서는 관련 기술을 습득하고 관리하기에는 한계가 있다. 기존의 고전압을 이용한 코로나 방전식 정전기 제거장치에 정전기 제거 장치의 상태를 자체적으로 감시하여 무선으로 통합, 제어할 수 있는 송풍형 정전기 제거 장치의 필요성이 대두되게 되었다.

II. 본 론

1. 고전압을 이용한 코로나 방전식 정전기 제거장치

그림 1은 고전압을 이용한 코로나 방전식 정전기 제거장치의 동작원리를 나타낸 것이다. 텅스텐과 같은 세선형의 방전전극에 고전압을 인가하여 코로나 방전에 의해 전극주위의 기체가 전리되어 똑같은 양의 양 이온과 음 이온이 생성된다. 이때 생성된 양 또는 음 이온에 의해 대전물체를 중화할 수 있다.

이러한 원리로 코로나 방전식 정전기 제거 장치는 방전전극에 고전압의 인가되는 형식에 따라서 AC type, DC type 및 Pulsed DC type으로 구분된다.

AC type은 50/60 Hz의 주기로 양, 음의 이온을 발생시키고, 이온은 기류 중에서 혼재하면서 대전체에 도달하기 때문에 대전체에 도달하기 전에 일정의 비율로 이온 재결합율이 높아지게 된다. 따라서 대전체가 50mm 이하에서 균형된 정전기 제거 기능이 우수하다. DC type에서는 양 또는 음의 전극에 직류전압을 인가하기 때문에, 이온 풍이 생겨서 이온을 강하게 날려 보낼 수 있기 때문에 AC type 보다 이온의 재결합율이 낮지 않다. 그러나 전극간의 간격이 가까우면 전극 간에 스파크가 생기고, 너무 떨어지면 양, 음 이온이 독립적으

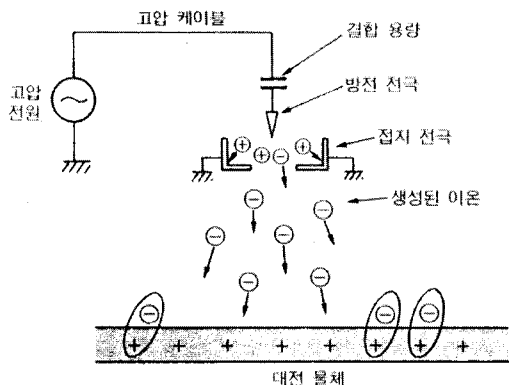


그림 1. 고전압을 이용한 코로나 방전식 정전기 제거 장치의 동작원리

Fig. 1. The corona discharged system of clearing static electricity using high voltage.

로 존재하는 영역, 즉 스폿(spot)이 생긴다.

Pulsed DC type에서는 근래의 정전기 제거 장치들이 채택하고 있는 형태로서, MICOM과 같은 제어부가 전압, 주파수, 듀티 비를 제어하여 고전압부의 출력을 제어한다. 이로써 주위 환경에 맞는 이온 방출을 할 수 있다.

코로나 방전식 정전기 제거 장치들은 사용 중에 세선형 방전 전극에 흡착된 미세먼지와 이로 인해 초기의 균형된 이온 방출기능이 현저히 떨어지게 되어 정전기 제거 장치의 기능이 떨어지게 된다. 관리자는 주기적으로 세선형 방전 전극을 세정하고, 균형된 이온 상태를 확인하여야 한다.

이러한 단점을 보완하기 위해 정전기 제거 장치의 방전 전극으로부터 이온 방출 상태를 센싱하여 전처리 및 신호 처리한다. 이 처리된 신호에 따라 이온 방출 상태를 표시한다. MICOM에서는 제어된 고전압을 조정하여 균형된 이온 방출을 유지 한다. 또한 RS-485와 같은 유선통신을 지원하는 정전기 제거 장치가 크린 룸과 같은 제조 공정에 설치 시 관련 케이블 포설에 많은 문제점을 가지고 있고, 많은 비용을 지불하여야 한다. 본 사업의 기술 과제에서는 ZigBee와 같은 무선 통신 기술을 이용하여 정전기 제거 장치의 상태와 제어가 손쉽게 가능하며 설치도 용이하고, 추가로 설치 시 관련 공정에 손쉽게 적용가능하다.

또한, 관리자도 하여금 제조현장에 동작 중인 정전기 제거 장치의 상태를 손쉽게 모니터링 가능하며, 이를 손쉽게 적용 가능하므로 제조 공정의 효율을 증대시킬 수 있다.

클린 룸 환경의 생산 설비 내, 생산 공정 중 발생하는 정전기를 제거하기 위해 고전압을 이용한 코로나 방전식 정전기 제거장치들을 제조 현장의 제조 공정 별로 설치를 하여 정전기를 제거 하고 있다. 개별적으로 설치된 정전기 제거 장치들은 주기적으로 방전전극, 정전기 제거 기능 등을 관리 해 주어야만 대전 물체에 대하여 정전기를 효율적으로 제거 할 수 있다. 그러나 제조 현장의 특성상 무수히 많은 제조 장치와 관련 설비를 관리하는 관리자로서는 관련 기술을 습득하고 관리하기에는 한계가 있다. 기존의 고전압을 이용한 코로나 방전식 정전기 제거장치에 정전기 제거 장치의 상태를 자체적으로 감시하여 무선으로 통합, 제어할 수 있는 송풍형 정전기 제거 장치가 필요하다.

이에 아래와 같은 기능을 가진 무선 송풍형 정전기

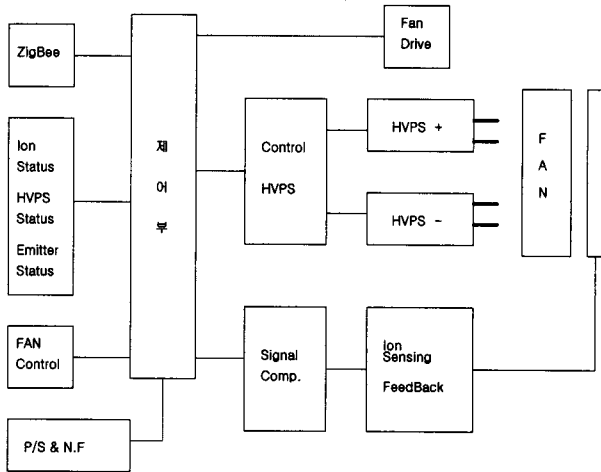


그림 2 시스템 블록도
Fig. 2. System block diagram.

제거 장치 개발을 목표로 한다.

- 균형된 이온 방출 기능을 가진 정전기 제거 장치.
- 기존 방전 침보다 2배 많이 장착할 수 있는 방전 구조의 정전기 제거 장치
- 방전 침을 세정할 수 있는 구조의 정전기 제거 장치
- 고전압 모듈을 MICOM에 의해 제어 가능한 정전기 제거 장치
- 이온 방출 상태를 감지하는 정전기 제거 장치.
- 무선통신 기능을 가진 정전기 제거 장치.

위 블록도는 무선 송풍형 정전기 장치의 시스템 구성을 보여주고 있다. 주요 구성은 제어부, 고전압 발생 제어부, 고전압 모듈+, 고전압 모듈-, 고전압에 의해 발생된 이온 센싱부, Fan 드라이브 및 제어부, 이온 상태 표시부, 전원 공급부, 무선 통신부, 기구부(고전압 방전 소켓, 방전침 세정)로 나누어진다.

주요 데이터 흐름은 고전압 발생 제어부에서 고전압 모듈+/-를 발생하여 풍부한 +/- 이온을 방사하면, 이온 센싱부에서 감지한 소 신호를 필터링, 증폭하고, 이를 +/- 기준 이온 비율로 설정한 기준 전압과 비교하는 연산기에 입력한다. 설정치 비율에 따라 증폭하여 아날로그 출력 값이 발생한다. 이 전압은 고전압 발생 제어부에 공급하여 출력 고전압 출력을 변화한다. 또한 이 값을 AD변환하여 제어부에 공급한다. 이 전압에 따라 현재의 이온 발생의 상태를 감지하여 출력된 전압에 따라 +이온이 많이 발생 했는지, -이온이 많이 발생했는지의 유무를 판정한다.

이렇게 검출된 상태는 무선 통신을 통하여 모니터링

PC로 전달되어 현재의 정전기 제거 상태를 감시한다. 또한, 고전압 인가식 정전기 제거 장치는 오랜 사용 하던 고전압 방전 침에 끝에 스파터링 현상에 의해 미세 먼지를 달라 붙는 단점을 가지고 있으며, 방전침의 일정한 이온 방출을 막는 역할을 한다.

고전압 인가식 정전기 제거 장치는 주기적 방전 침을 세정하는 관리가 필요하다.

이에, 이온 센싱부로부터 검출된 전압을 제어부에서 인식하여 Fan에 부착한 세정용 솔을 이용하여 방전 침 세정을 한다.

2. 세부 개발내용

2.1 균형된 이온 방출을 위한 기구 설계 및 제작

기존의 송풍형 정전기 제거 장치의 방전 침은 +/-를 각각 2개씩 사용하고 있다.

풍부한 이온 방출을 위해 Φ120 Fan 구조에 방전 침은 +/-를 각각 4개씩 장착할 수 있는 구조로 설계한다. 또한 기존의 방전 소켓 및 연결 방법에는 고전압을 절연하기 위해 절연 액을 사용한 몰딩 구조의 기구로 제작되었지만, 양산 조립 시 수율을 향상시키고자 방전 침 조립 방법과 고전압 케이블을 사용하여 몰딩 시 절연 액 비용과 제작 시간을 줄인다.

아래와 같이 그림 3은 균형된 이온 방출 방전 침 장착을 위한 기구 설계 도면이다.

기존의 고전압 인가식 송풍형 정전기 제거 장치는 오랜 시간 사용을 하면 고전압 방전 침 끝에 스파터링 현상에 의해 미세 먼지가 달라 붙는 단점을 가지고 있으며, 방전 침에서 일정한 이온 방출을 막는 역할을 한다. 이로 인해 송풍형 정전기 제거 장치가 대전 물체의

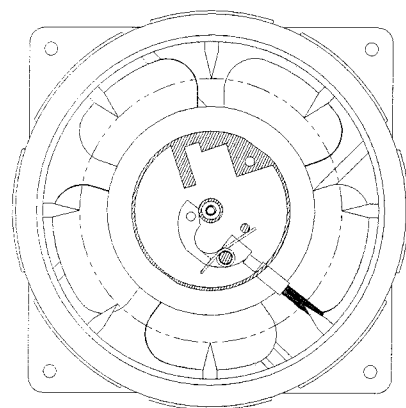


그림 3. 이온 방출 방전 침 기구 설계
Fig. 3. The design of discharged electrode.

전압을 증가시켜 문제가 발생되고 있다. 이를 방지하기 위해 고전압 인가식 송풍형 정전기 제거 장치는 주기적으로 방전 침을 세정하여야 한다. 이러한 기능을 구현하고자, 기구적 설계 기술과 이온 센싱 기술이 필요하다.

기구적 설계는 그림 4에 세정용 솔 기구 구조에서 세정용 솔이 힌지 블럭과 비틀림 코일 스프링과 결합되어 하우징 내 고정 축에 장착되며, 하우징은 팬과 결합하여 팬이 회전하게 되면 원심력에 의하여 힌지 블럭이 하우징 내부 벽면으로 기울게 되며 이로 인하여 솔은 방전 침과 분리되고 회전속도가 줄어들면 비틀림 코일 스프링에 의하여 솔이 다시 방전 침과 접촉하게 되어 청소가 이루어진다.

이온 센싱 설계는 Fan을 통해 흡입된 공기가 +/- 각각 4개씩의 방전 침들을 포함한 원형

구조의 이온 발생 영역으로 보내지면 +/- 이온으로 이온화 된다. 이온화된 공기는 Fan의 출구에 장착된 도전성으로 제작된 망을 통해 대전된 물체에 전달된다.

도전성 망으로 통과하는 일부 +/- 이온을 검지하여 Fan에 의해 전달되는 이온의 상태를 감시하게 된다. 검출된 미세한 소 신호는 1차적으로 필터링과 증폭을 한다. 증폭된 검출 전압과 +/- 기준 이온 전압과 비교하

는 연산기를 이용하여 설정치 비율에 따라 증폭하여 아날로그 출력 값이 발생한다. 이 전압은 고전압 발생 제어부에 공급하여 출력 고전압 출력을 변화한다. 또한 이 값을 AD변환하여 제어부에 공급한다. 이 전압에 따라 현재의 이온 발생의 상태를 감지하여 출력된 전압에 따라 +이온이 많이 발생 했는지, -이온이 많이 발생했는지의 유무를 판정하여 각각 상태를 Led를 통해 표시 한다.

이 판정에 근거로 방전 침의 세정 여부를 결정한다. 세정 시 고전압 출력을 제어함으로써 이상 고전압 방전을 방지 할 수 있다.

2.2 이온 방출의 상태 감지

이온 센싱 설계는 Fan을 통해 흡입된 공기가 +/- 각각 4개씩의 방전 침들을 포함한 원형 구조의 이온 발생 영역으로 보내지면 +/- 이온으로 이온화 된다. 이온화된 공기는 Fan의 출구에 장착된 도전성으로 제작된 망을 통해 대전된 물체에 전달된다.도전성 망으로 통과하는 일부 +/- 이온을 검지하여 Fan에 의해 전달되는 이온의 상태를 감시하게 된다. 검출된 미세한 소 신호는 1차적으로 필터링과 증폭을 한다. 증폭된 검출 전압과 +/- 기준 이온 전압과 비교하는 연산기를 이용하여 설정치 비율에 따라 증폭하여 아날로그 출력 값이 발생한다. 이 전압은 고전압 발생 제어부에 공급하여 출력 고전압 출력을 변화한다. 또한 이 값을 AD변환하여 제어부에 공급한다. 이 전압에 따라 현재의 이온 발생의 상태를 감지하여 출력된 전압에 따라 +이온이 많이 발생 했는지, -이온이 많이 발생했는지의 유무를 판정하여 각각 상태를 LED를 통해 표시한다.

이 판정에 근거로 방전 침의 세정 여부를 결정한다. 세정 시 고전압 출력을 제어함으로써 이상 고전압 방전을 방지 할 수 있다.

2.3 제어부

그림 5의 제어부는 고전압에 의해 생성된 +/- 이온의 상태를 감시 및 표시하고, 방전 침 세정시 고전압 제어부 출력을 오픈하여 출력으로부터 이상 방전 고전압 출력을 방지한다. 또한 Fan 구동을 제어함으로써 세정시 사용자가 수동으로 방전 침을 세정하지 않고, 알고리즘에 의해 자동적으로 방전 침을 세정할 수 있다.

Micom에서 제공하는 통신 포트를 활용하여 무선 통신 모듈인 지그비 모듈과 인터페이스 한다.

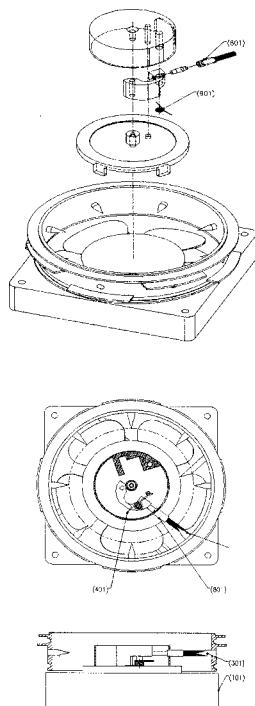


그림 4. 세정용 솔 기구 구조.
Fig. 4. The structure of cleaning brush.

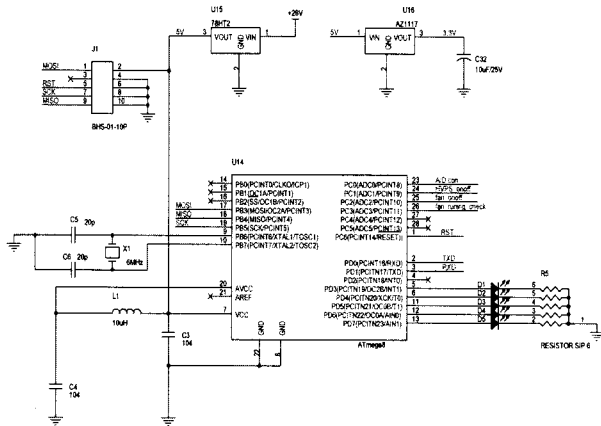


그림 5. 제어 회로부
Fig. 5. The part of the control circuit.

2.4 무선 통신 구현

저전력, 저가격, 사용의 편리성을 가진 근거리 무선네트워크의 대표적 기술 중의 하나로 IEEE 802.15.4 표준의 PHY층과 MAC층을 기반으로 상위 프로토콜과 응용을 규격화한 기술로 원격제어 및 관리의 응용에 적합한 홈 오토메이션 등의 적용되며, 유비쿼터스 센서 네트워크 환경 구축에 중추적 역할을 담당할 기술이다.

ZigBee는 WPAN의 국제표준 중의 하나로 무선이 갖는 장점 뿐만 아니라 구조까지 간단해서 크기가 작으며 설계가 쉽고 개발비용도 적게 든다. 저 전력인 반면 통신은 매우 안정적이다.

최근 홈 네트워크와 유비쿼터스에 대한 관심이 높아지면서 저속의 수십 미터 이내 근거리 ZigBee 통신이 크게 주목 받고 있다.

ZigBee를 표준화 할 때 응용의 초점을 원격검침, 원격제어 또는 원격 모니터링에만 집중하므로 현재 대단한 인기를 얻고 있다. ZigBee의 최적 응용 분야는 어떤 곳일까? 전송이 가끔씩 이루어지는 전문용어로 말하면 듀티 사이클(duty cycle)이 낮은 저속통신의 응용 분야이다. 따라서 ZigBee의 응용 분야로는 디지털 홈 구현, 빌딩자동화, 공장자동화 등의 유비쿼터스 환경의 구현이다. ZigBee 표준을 준수하는 기기들 간에는 서로 통신할 수 있어 네트워크를 구성하여 운용할 수 있는 상호 운용성을 제공하는 것이 표준의 근본 취지이다. 예로서 가정의 전등제어, 가전제품, TV, 냉 난방, 문의 개폐, 보안 등을 하나의 네트워크로 통합할 수 있다.

III. 실험 및 결과

정전기 제거 성능은 EOS/ESD Association Standard (3.1-1991) 규정에 준한 측정기(Charge plate monitor, 이하 CPM trek社 156A)로 Decay time과 Ion Balance를 측정하여 정전기 제거 장치의 성능을 평가할 수 있다. Decay time은 CPM의 측정 Plate에 ± 1000Vdc을 충전시킨 후, 정전기 제거 장치를 일정 거리별(300mm etc)에서 동작 시켰을 때 ± 100Vdc 이하로 떨어지는 시간이고, Ion Balance는 측정 Plate에 정전 제거 장치를 일정 거리별(300mm etc)에서 동작 시켰을 때 ± 0Vdc에 근접하도록 성능을 말한다.

거리가 300mm일때의 ± Decay time에 대한 실험 데이터는 그림 6, 7과 같다.

거리가 300mm일때의 Ion balance에 대한 실험 데이터는 그림 8과 같다. 또한, 그림 9는 거리별 Decay time과 Ion balance의 제전 성능을 정리한 결과이다.

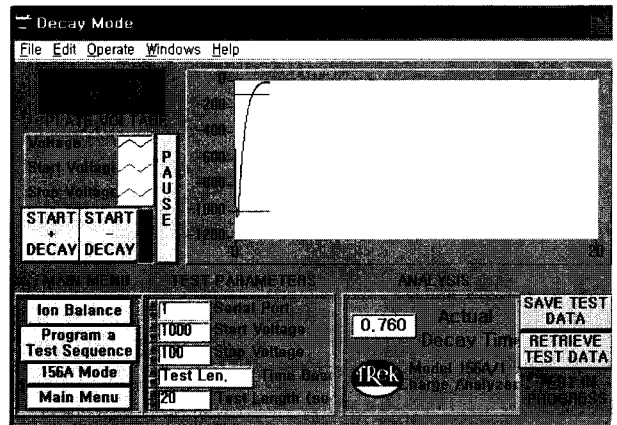


그림 6. + 감쇠 시간
Fig. 6. Plus decay time.

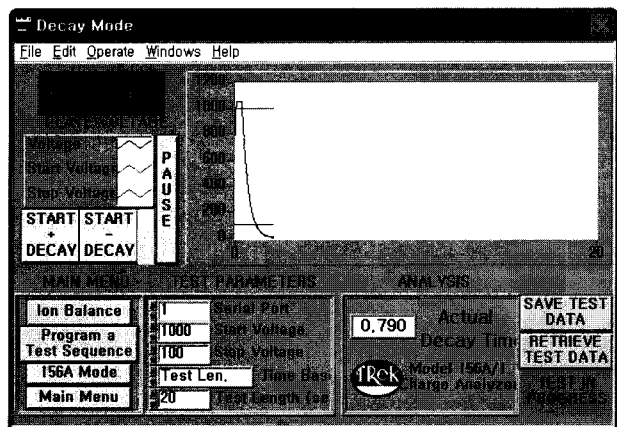


그림 7. - 감쇠시간
Fig. 7. Minus decay time.

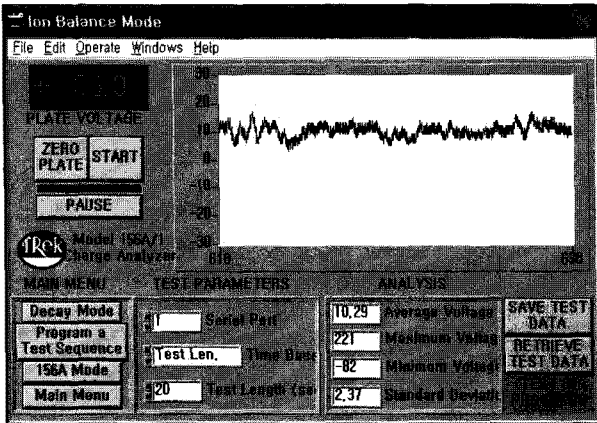


그림 8. 이온 발란스
Fig. 8. Ion balance.

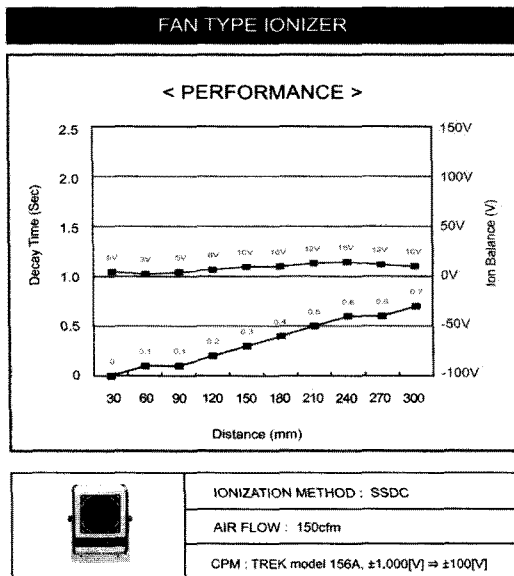


그림 9. 거리별 제전 성능
Fig. 9. Performance per distance.

표 1. 외국 제품과의 비교

Table 1. The comparison of foreign-produced device.

평가항목 (주요성능 Spec ¹⁾)	단위	비중 ²⁾ (%)	세계최고 수준 (보유국/보유기업)	개발된 시스템	평가방법 ³⁾
1. 정전기제거 시간	sec	25	≈0.7S (d=300mm)	0.7S	CPM 장비
2. 잔류 정전기	V	25	±5V(d=300mm)	± 10V	
3. 통신 모듈	data	10	유선 통신	무선 통신	Zigbee 통신 모듈 에뮬레이터
4. 고전압 제어	V	5	DC 전압	펄스DC 전압	고전압 프로브
5. 이상 감지 센싱	종	15	grill, 정전기 센서	grill	Digital OSC
6. 방전 전극 갯수	ea	5	+; 4ea, -; 4ea	+; 4ea, -; 4ea	방전 전극 갯수
7. 인터페이스 종류	종	5	3종	3종	HV, Ion 상태, 외부EX

IV. 결 론

코로나 방전식 정전기 제거 장치들은 사용 중에 세션형 방전 전극에 흡착된 미세먼지와 이로 인해 초기의 균형된 이온 방출기능이 현저히 떨어지게 되어 정전기 제거 장치의 기능이 떨어지게 된다. 관리자는 주기적으로 세션형 방전 전극을 세정하고, 균형된 이온 상태를 확인하여야 한다.

이러한 단점을 보완하기 위해 정전기 제거 장치의 방전 전극으로부터 이온 방출 상태를 센싱하여 전처리 및 신호 처리한다. 이 처리된 신호에 따라 이온 방출 상태를 표시한다. MICOM에서는 제어된 고전압을 조정하여 균형된 이온 방출을 유지 한다. 또한 RS-485와 같은 유선통신을 지원하는 정전기 제거 장치가 크린 룸과 같은 제조 공정에 설치 시 관련 케이블 포설에 많은 문제점을 가지고 있고, 많은 비용을 지불하여야 한다. 본 사업의 기술 과제에서는 ZigBee와 같은 무선 통신 기술을 이용하여 정전기 제거 장치의 상태와 제어가 손쉽게 가능하며 설치도 용이하고, 추가로 설치 시 관련 공정에 손쉽게 적용가능하다.

또한, 관리자로 하여금 제조현장에 동작 중인 정전기 제거 장치의 상태를 손쉽게 모니터링 가능하며, 이를 손쉽게 적용 가능하므로 제조 공정의 효율을 증대 시킨다. 아래와 같은 목표로 개발된 무선 송풍형 정전기 제거 장치의 기술적 성과이다.

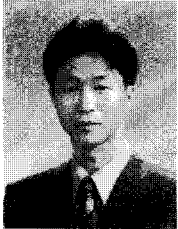
1. 균형된 이온 방출 기능을 구현으로 정전기 제거 능력이 향상.
2. 이온 방출 상태를 사용자들에게 표시함으로써 관리 향상.
3. 이온 방출 상태를 감지하여 기능을 구현하여 최적의 정전기 제거.
4. 방전 칩 세정 기능을 자동으로 구현.
5. 무선통신 기능을 구현 함으로써 기존의 정전기 제거 장치에 기술 적용.
6. 모니터링 프로그램을 통해 손쉽게 적용 및 관리할 수 있는 시스템 구축 요소 개발 가능

참 고 문 헌

- [1] 이원석, 이상희, 이종호, 이세훈, 구자일, "USN 실무", 복두출판사, 2009.
- [2] 김정태, "고전압이론과 응용", 교우사, 2001.

- [3] 김두현외, “정전기 안전”, 동화기술, 2001.
- [4] 二澤 正行, “Guide for ESD control management 工業調査會, 2004.
- [5] “KS C IEC 61340-5-1, 5-2 해설집” 산업 자원부 기술표준원, 2006.

— 저 자 소 개 —



이 종 호(정회원)
 1994년 9월~2009년 9월 현재
 인하공업전문대학
 디지털 전자과 정교수
 <주관심분야 : 신호처리>



전 성 호(정회원)
 1994년~현재 (주) 테크라인 대표
 이사.
 2001년~현재 (주) 테크라인 부설
 세정기술연구소 소장.

<주관심분야 : 반도체, 최첨단 전자산업의 정전기 제거장치개발, 미세 이물 제거용 특수 고분자 소재개발, 부유 파티클 카운터 개발, 초정밀 기구설계>