

靜電氣 災害豫防을 위한 除電服의 除電特性에 관한 研究
A Study on the Antistatic characteristics of Antistatic Garments for the Prevention
of Static Electricity Hazards

정 재 희*
Jae Hee Chung

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate electrostatic charge condition and possibility of electrostatic hazards in case of putting on synthetic smocks and antistatic garments for the purpose of prevention of electrostatic hazards due to a human body electrical charge.

It is shown in case of a synthetic smocks, electrostatic voltage by friction is about 2,900 (V), half life period is 12 second, and electrostatic charge is 1.4-1.8 (μC).

When putting on a synthetic smocks, electrostatic voltage is 2,500-2,800(V).

When putting on a jumper of chemical fiber, electrostatic voltage is 8,000(V).

It is, therefore, possible to cause a electrostatic hazards.

It is also shown in case of a antistatic garments, electrostatic voltage by friction is 87(V)-280(V) (washing 90 times), half life period is 3-5 second, and electrostatic charge is 0.24-0.28(μC) which is much lower than 0.6(μC) limitation of fire and explosion occurrence.

When putting on a antistatic garments, electrostatic voltage is 10(V)-125(V).

In conclusion, it is shown when putting on a antistatic garments it is possible to prevent a electrostatic hazards such as fire or explosion due to human body, to prevent a destruction of semiconductor elements and capacity decline, and to prevent a misoperation of automation facilities and semiconductor electric and electronic products.

I. 序 論

* 正會員 : 국립서울산업대학 산업안전공학과

산업현장에서 摩擦 등의 원인으로 발생하는 靜電氣는 대지와 의 사이에 대단히 큰 抵抗이 있을

경우에 축적되어 방전하므로써 여러가지 형태의 災害 및 生産障礙^{1) 2)}를 초래하고 있으며 이를 예방하기 위한 연구도 William Sornsak을 비롯한 많은 사람에게 의하여 연구되어 오고 있다.³⁾

靜電氣에 의한 災害중 첫번째 현상은 帶電된 靜電氣가 放電할 때에 그 정전에너지에 의하여 주변의 가연성가스, 증기 및 분진이 着火되므로써 발생하는 火災 및 暴發災害로 J. R. Smith 등에 의하여 연구되고 있다.^{4) 5)}

두번째 현상은 帶電된 靜電氣가 放電할 때 발생하는 電磁波에 의하여 반도체(IC등) 내부의 산화막(SiO₂)이나 전극 또는 접합면(P-N접합등) 등이 파괴되거나 성능의 저하를 초래하고,^{6), 7), 8)} 이들 반도체소자를 이용한 전자제품 즉, 컴퓨터, 자동화설비(P.C Control 설비), 로봇트, 전자교환기 등의 동작을 誘發하여^{9), 10)} 生産 및 品質에 나쁜 영향을 주는 것은 물론이고^{12), 13)} 事故를 발생하게 되고 이러한 현상을 예방하기 위한 연구는 Brandt 등에 의해 연구되었고,¹³⁾ 또한 靜電氣 災害를 방지하기 위한 재료에 관한 研究도 Flowers 등에 의하여 활발히 진행되고 있다.^{14), 15)}

그리고 세번째 현상은 염색가공 및 섬유제조업 등에서 靜電氣에 의한 火災 등의 發生을 防止하기 위한 生産공정의 제품 제조 속도의 감소로 인해 生産性 저하와 品質에 나쁜 영향을 미치고 있다.

네번째 현상은 人體에 전기적인 충격(電擊) 및 피부손상, 심지어는 스트레스 등을 통한 신경계통의 障害까지도 초래할 우려가 있다.¹⁶⁾

본 研究에서는 인체 및 작업복에 帶電되는 靜電氣로 인한 災害 豫防을 위하여 필요한 대책 및 靜電氣 帶電狀態의 감소와 除電效果의 지속성 등을 실험을 통하여 研究하므로써 人體 및 작업복에 帶電하는 靜電氣로 인한 火災 暴發과 半導體 素子の 破壞, 성능저하 및 誤動作 誘發 그리고 각종 生産 공정상에서의 生産성 저하 및 품질저하를 초래하고 인체에 직접적인 피부손상 등을 주는 靜電氣 災害를

豫防하고자 한다.

2. 理論的 배경

2-1. 靜電氣에 의한 火災 暴發

靜電氣가 帶電된 機械 設備나 기타 物體 및 物質의 靜電氣가 放電할시에 정전에너지에 의한 放電에너지가 주위의 가연성 또는 폭발성 물질의 최소화 에너지 보다 큰 경우는 着火하여 火災 暴發이 發生한다. 그러나 靜電에너지는 일반적으로 帶電電位나 帶電電荷量에 의해서 표현되나 帶電狀態가 같아도 帶電物體가 도체인 경우와 부도체인 경우에 각각 다른 特性을 나타낸다.

2-1-1. 帶電物體가 導體인 경우

대전물체가 도체인 경우에는 放電이 發生할 때 거의 대부분의 電荷가 모두 放出된다. 따라서 축적되었던 정전에너지가 손실없이 주위 물질의 着火에 이용되었다고 보면, 주위 물질의 最少着火에너지 이상이 되는 경우에 火災 및 暴發이 발생하고, 이 에너지를 갖는 帶電電位 또는 帶電電荷量을 구할 수 있다.¹⁷⁾ 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \text{ [J]}$$

- 여기서 W : 정전에너지[J]
- C : 대전체의 정전용량(F)
- V : 대전전위(V)
- Q : 대전전하량(C)

여기서 帶電된 導體의 정전용량은 정전용량측정기에 의하여 실측할 수 있고, 帶電電位나 帶電電荷量은 대전전위측정기나 대전전하량 측정기로 부터 얻는 하나만 측정하면 火災·暴發이 발생할 수 있는 대전전위나 대전전하량의 한계치를 조사할 수 있다.

2-1-2. 대전물체가 부도체인 경우

대전물체가 부도체인 경우에는 放電이 發生하더라도 帶電된 모든 에너지가 전부 放出되는 것은 아니다. 따라서 火災·暴發에 대한 일반적인 지표는 얻을 수 없다. 그러나 30(KV) 정도로 대전되어 있는 帶電物體가 기중방전을 일으켰을 때 수백(μ J)의 放電에너지가 放出되어 착화원으로 되는 수가 있다.

따라서 이와같은 結果를 참고로한 火災, 暴發의 發生한계에는 다음과 같은 대전상태가 제시될 수 있다.

① 最少着火에너지가 수십(μ J)인 가연성 물질은 대전전위가 약 1(KV)이상이거나 대전전하밀도가 약 $1 \times 10^{-7}(C/m^2)$ 이상인 대전상태

② 最少着火에너지가 수백(μ J)인 가연성물질은 대전전위가 약 5(KV)이상이거나 대전전하밀도가 약 $1 \times 10^{-6}(C/m^2)$ 이상인 대전상태

③ 대전하고 있는 물체에 인체가 접근했을 때 전격을 느끼는 정도의 대전상태

④ 대전하고 있는 물체에 직경 30(mm)이상의 접지된 금속구를 접근시켰을 때 파괴음 및 발광을 동반하는 放電을 發生시키는 帶電상태

일반적으로 不導體인 경우에는 帶電電荷의 分布 및 帶電電位의 分布가 물체의 각 부분마다 모두 달라지므로 과거의 자료를 이용하거나 실측을 통한 靜電氣 發生 抑制 및 發生된 靜電氣의 누설, 제거를 위한 필요한 조치를 취하고 지속적인 감시에 의해 火災, 暴發의 發生을 防止하도록 노력해야 한다.

2-2. 반도체소자 및 제품의 靜電氣 災害

전자기기 제품의 고기능화나 輕薄短小化, 저소비 전력화의 배경에는 IC, LSI, VLSI 등의 반도체 집적화 기술의 진전에 의해 이루어 지고 있다. 이러한 고집적화, 미세화가 이루어 지는한 靜電氣 放電에 대한 耐壓이 저하하는 것은 필연적인 현상이다.

최근의 반도체소자는 기술혁신으로 구조가 간단

한 트랜지스터는 말할 것도 없고, 집적회로(IC)도 SSI에서 LSI까지 소자설계 및 層의 미세가공 등 제조기술의 진보와 맞추어 바이폴라형, MOS형, CMOS형, 여기에 혼합형 등의 각종 IC가 제품화되고 이 집적도가 계속적으로 증가된 제품이 시판되고 있다.

그러나 반도체소자의 미세화는 靜電氣放電(Electrostatic Discharge. 이후는 ESD로 표기한다) 내성이 약화되는 상관관계를 갖고 반도체 생산 공정상에서는 ESD에 의한 소자의 파괴 및 성능저하를 통한 收率저하 내지 품질저하를 초래하고 있으며,¹⁸⁾ 반도체소자를 이용한 電氣, 電子製品의 제조공정상에서의 ESD 障害를 초래하고 있다.^{20), 21)} 또한 이들의 반도체 소자를 이용하여 제조한 전기, 전자기기의 운용상에서 ESD에 의한 誤動作 誘發 및 事故發生이 컴퓨터, 로봇, 전자계산기 및 자동화 설비, 제어회로에서 발생하고 있다.²³⁾

2-2-1. 반도체소자의 ESD 파괴이론

현재의 반도체소자는 그 동작이론이나 파괴기구 등의 조건이 다르다.

① 바이폴라형 트랜지스터, IC, …… P-N접합 등의 열파괴

② Schottky-barrier형 다이오드, … 單體나 논리IC를 내장했기 때문에 ESD내성 약화

③ MOS형을 주요한 유니폴라형 …… 기본적인 SiO₂산화층의 절연파괴

일반적으로 P-N접합으로 구성되어 있는 반도체소자의 ESD의 등가회로는 Wunsch-Bell에 의하여 Fig.1과 같이 제시되었고, 이를 해석하면 ESD에 의한 電力密度와 필스폭의 관계가 1차원 해석 모델에 의한 理論과 實驗結果가 일치한다.

그러나 실제의 ESD破壞는 線狀局部破壞가 많고, 發熱部 面積을 어떻게 정하는나가 注意를 要한다. 또한 IC의 경우 다른 放電通路가 있기 때문에 이를 고려하여야 한다.

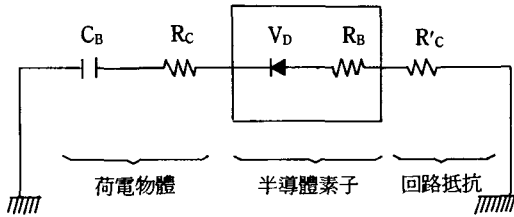


Fig.1 The equilibrium Circuit of ESD from body to Semiconductor devices.

반도체소자의 정전기破壊理論(Wunsch-Bell 이론)에 의하면²³⁾人體에 帶電된 정電氣의 放電에 의해 半導體製品으로 흐르는 電流는

$$i = i_{peak} \exp(-t/2) \dots\dots\dots (1)$$

$$i_{peak} = (V - V_0) / (R_C + R_B + R'_C)$$

$$= (R_C + R_B + R'_C) C_B$$

$$P/A = \sqrt{\pi k \rho C^p (T_m - T_i) t^{-1/2}} \dots\dots\dots (2)$$

P: 電力 A: 接합면적 K: 열전도도
e: 밀도 C_p: 비열 T_m: 불량 온도
T_i: 초기온도 t: 시간 V: 인체대전전위

2-2-2. 帶電과 반도체소자의 파괴

靜電氣가 放電할 때, 그 경로에 반도체소자가 있으면 靜電氣 破壞 및 특성 약화를 초래한다.²⁴⁾ Table1에서는 반도체소자의 형에 따른 靜電氣 破壞가 發生하는 下限電位를 表示했다.²⁵⁾

Table1. Susceptibility of electronic devices

소자명	下限電壓(V)
MOS FET	100~
Junction FET	140~
CMOS	250~
Schottky Diode TTL	300~
바이폴라 트랜지스터	380~
SCR	680~

2-2-3. 破壞모드

반도체 파괴모드는 Fig.2에 보여주는 바와 같이

절연파괴와 열파괴로 나누어지며, 破壞部分에 따른 접합파괴, 배선층파괴, 산화막파괴의 3종류로 나누어진다.

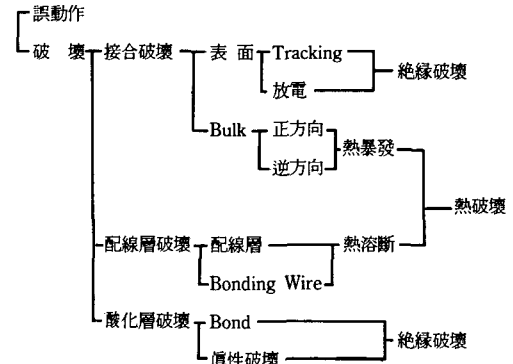


Fig.2 ESD damage mode of electronic devices

2-2-4. 주변 환경과 정전기

靜電氣 發生은 다루는 環境과 밀접한 관계가 있다.

요즈음 LSI 및 IC를 다루는 職場의 環境은 低濕度化 및 작업복, 가죽, 작업대 재료 및 사용 용기류 등의 고분자 재료화로 나아가고 있다.

따라서 정전기 파괴를 防止하기 위해서는 각각의 단계 및 작업과 대상에 따라 여러가지 對策이 必

Table2. Protection against ESD from works

작업구분	대상				
	작업자	설비기기	작업대	물질이송	溫度
운송·보관(공정·창고)	○	○	○	○	○
單品取扱(검량·검사)	○	-	○	○	○
入加工(자동기포함)	○	○	○	-	○
加工(자동기포함)	○	○	○	-	○
조립·검사(자동기포함)	○	○	○	-	○
수리(서비스포함)	○	○	○	○	○

要하고 Table2에 구체적인 대책이 필요한 작업과 대상을 나타냈다.^{26), 27)}

2-2-5. 반도체소자 및 전기, 전자기기의 靜電氣 災害 對策

1) 作業者

① 제전복의 착용

폴리에스테르 100%의 옷감에 15(mm) 간격으로 직경 50(μm)의 導電性 纖維를 짜넣은 천을 이용한 작업복이다.²⁸⁾ 이것은 세탁(40회)에 의하여 제전성능이 약화되는 것이 적어야 한다.

② 정전화의 착용

제전복을 착용하고도 약 50~300(V)의 靜電氣가 남는다. 따라서 人體의 帶電된 정전기를 신발바닥을 통하여 大地로 누설시키는 정전화를 착용한다.

③ Wrist Strap,²⁸⁾ 대전방지 장갑의 사용

직접 LSI, IC에 접촉하는 작업에서는 리이드 단자를 더럽히지 않도록 하기 위한 장갑, finger sack을 사용하고, 대부분의 절연물은 대전방지품으로 바꾼다. 또한 Wrist Strap은 저항치 접지코드의 굴곡강도 등을 고려 굴곡강도 15만회와 동시에 저항치($10^6 \Omega$)가 안정적으로 보증할 수 있는 것으로 한다.

(2) 설비기

① 자동화기기 등의 기계류, 측정기류, 치공구 등에 대해서는 접지한다.

② 帶電되는 절연물체에는 제전기를 사용한다.³⁰⁾

③ 작업대는 접지된 정전매트를 사용한다.³¹⁾

④ 실내 분위기를 이온화 한다.^{32), 33)}

3. 實驗

작업자가 입은 작업복에서 帶電되는 靜電氣에 의한 火災 및 반도체소자, 전기·전자기기 등의 破壞, 성능저하 및 誤動作 誘發 등에 의한 생산장애 및 품질저하를 방지하여야 하는 장소에서 착용하는 제전복의 정전기 특성을 조사하기 위하여 다음의

전기적 특성을 측정하였다.

3-1. 마찰에 의한 대전전압

시험편은 제전복((주)코롱, 이하 모든 제전복도 동일함)과 일반작업복(T/C, 폴리에칠렌 65%, 면 35%)을 4(cm)×8(cm) 크기의 것으로 經緯 방향으로 각각 6매 채취하고 규정된 마찰포로 나일론 직물을 나비 2.5(cm), 길이 약 16(cm)의 크기로 6매 채취한다.

시험은 마찰대전전압 측정기, 오실로스코프, 기록계를 접속시키고 제전된 나일론 마찰포를 소정의 위치에 부착하고 900gf{4,930N}의 荷重을 건다. 시험편 부착들의 1개소에 시험편 1매를 표면이 마찰면이 되도록 Fig.3과 같이 부착하고 제전한다.

그리고 회전드럼을 회전시키면서 시험편을 마찰시키고, 마찰 개시로 부터 60초후의 대전전압(V)을 측정한다. 시험편과 마찰포를 바꾸고, 經緯방향 각각 3매의 시험편에 대하여 측정하였다(시험법 KSK 0555B).

본 실험에서는 일반적으로 제전복은 사용중에 지속적으로 제전성능을 유지해야 하므로 이를 시험하기 위하여 세탁횟수를 10회에서 90회까지 증가시키면서 각각의 상태의 帶電電位를 측정하였다.

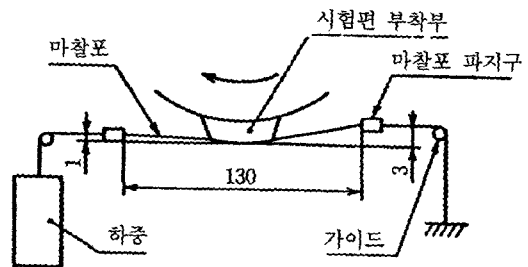


Fig.3 Schematic diagram of the experimental apparatus

3-2. 반감기

반감기 조사를 위한 시험편은 4.5(cm)×4.5(cm) 크기의 일반작업복(T/C)과 제전복 시편으로 방향은 임의로 하여 5매를 준비한다.

시험은 반감기 측정기와 싱크로스코프 또는 기록계를 접속시키고 인가전압을 (+)10,000(V) 인가하고, 인가부의 침전극의 선단으로부터 회전반의 면까지 거리를 20(mm), 수전부의 전극판에서 회전반의 면까지 거리를 15(mm)로 각각 조절한다. 시험편 1매를 표면이 위로 되도록 부착물에 부착하여 제전한다. 회전반을 회전시키면서 10,000(V)의 인가를 개시하여 30초후에 인가를 끝낸다. 그 상태로 회전반을 회전시키면서 大地電壓이 반으로 감소할 때까지의 시간(초)을 측정하고 나머지 4매의 시험편도 같은 방법으로 측정한다(KSK 0555 A법).

3-3. 마찰에 의한 帶電電荷量

일반작업복(T/C)과 제전복의 帶電電荷量 측정은 日本의 日本化學纖維檢査協會에 의뢰하여 JIS-T 8118-1983의 시험법에 의하여 측정하였다.

3-4. 작업복 착용시 인체의 대전

일반작업복 및 제전복을 착용하고 작업할 경우의 작업복 및 人體의 帶電狀態를 조사하기 위하여 일반작업복(T/C)과 제전복을 착용하고 시험작업복의 전면 최하단을 양손으로 각각 붙잡고 좌우 교대로 각 5회씩 10회 동안 마찰시킨다.

마찰은 작업복을 잡은 부분을 전후로 강하게 잡아 당겨 작업복의 등부분과 內衣가 마찰되도록 하는 제전복의 간시험법에 의하였고, 대전전위는 대전전위 측정기에 의하여 측정하였다.

3-5. 작업복과 접지고리(Wrist Strap)를 착용하였을 때의 대전

인체에 작업복과 발에 접지고리를 착용하고 바닥은 도전성 타일로 전도성을 갖는 상태로 실온이

65°C 인 실내에서 化學纖維의 잠바를 입은 상태와 제전복을 착용하였을 때의 靜電氣 帶電狀態를 대전전위 측정기를 측정하였다.

4. 結果 및 考察

4-1. 마찰에 의한 대전전압

일반작업복과 제전복의 마찰 대전전압을 측정된 결과는 Table3과 Fig.4와 같이 나타났는데 일반작업복은 약 3(KV)의 帶電電壓을 발생하여 火災 暴發의 着火原이 가능하고, 반도체 소자의 破壞 및 성능저하를 초래할 수 있으며 반도체소자를 이용한 전기·전자제품 등의 誤動作을 통한 생산장애 및

Table3. Static charge Voltage compare synthetic smocks and Antistatic garments (KSK 0555B법) (20°C /40%RH)

작업복 종류	세탁횟수 대전전압 시편번호	10회	50회	70회	90회
		대전전압(V)			
일 반 작 업 복	1	1420			
	2	3800			
	3	4200			
	4	4700			
	5	1640			
	6	1620			
	평균	2987			
제 전 복	1	62	100	212	184
	2	82	138	204	188
	3	49	86	192	204
	4	94	168	352	368
	5	108	196	200	296
	6	128	240	372	440
	평균	87.2	155	255	280

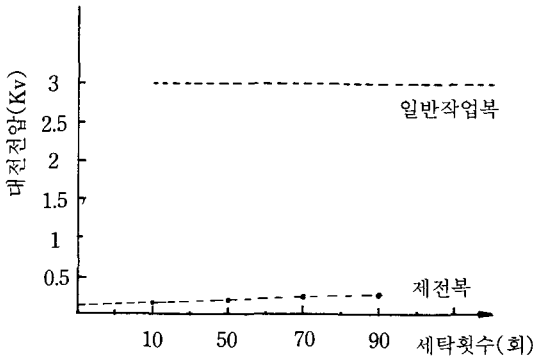


Fig.4 Electrostatic charge compare synthetic smockes and antistatic garments (시험법 KSK 0555B법)

事故를 誘發할 수 있음을 보여 주고 있다.

그러나 제전복은 87.2(V)(10회 세탁)에서 280(V)(90회 세탁)의 범위의 대전전압을 나타 내는데 帶電電壓이 280(V) 이하이면 인체 및 작업복의 靜電氣 帶電으로 인한 화재·폭발의 가능성은 없고, MOS-FET나 Junction FET를 제외한 大部分의 半導體 素子は 성능저하나 破壞가 발생되지 않는다.

그리고 半導體 素子를 이용한 공장 자동화 설비(P. C control)나 컴퓨터, 전자교환기, 로봇, 필름 및 TV산업이나, 인쇄·섬유산업 등의 人體 및 작업복에 이한 靜電氣 火災를 豫防할 수 있다.

일반작업복에서 세탁횟수 50~90(회)의 帶電電位를 측정하지 않은 것은 일반적으로 일반작업복은 帶電電位가 세탁횟수에 영향을 받지 않기 때문이다.

4-2. 반감기의 특성

일반적으로 絶緣體에 發生한 靜電氣는 일정장소에 축적되었다가 점차 소멸되는데 처음 帶電값의 50%로 감소되는데 걸리는 시간을 그 물체에 대한 반감기라 하고, 이 값은 帶電體의 고유저항 또는 유전율이 큰 물질일수록 대전상태가 오래 지속된

다.

일반작업복과 제전복의 반감기 측정 결과는 Table 4에서 보여주는 바와 같이 제전복의 반감기가 일반작업복의 반에 해당하는 6(초)에서 3(초)의 범위에 있어 비교적 安定되고 빠른 시간안에 帶電된 靜電氣가 完化됨을 알 수 있다.

Table1.4 Half life period compare synthetic smocks and antistatic garments

(20°C /40%RH)

세탁횟수	10회	30회	50회	70회	
작업복의 종류					
일반작업복	12(초)				
제 전 복	6(초)	5(초)	5(초)	3(초)	

본 실험에서도 일반작업복에 대해서는 세탁횟수 30회에서 70회 까지를 구별하여 측정하지 않았다.

4-3. 마찰에 의한 帶電電荷量

인체 정전용량은 90(PF)로서 인체 靜電氣가 3,000(V)이상이 되면 전기적 충격을 받게된다. 이때 발생하는 放電에너지는 0.4(mJ)로서 가연성 혼합

Fig.5 Electrostatic charge compare synthetic smockes and antistatic garments

구 분	대전전하량	방전에너지
JIS규정	0.6μ C	2mJ
T/C작업복	1.4~1.8μ C	10.8~14.0mJ
T/R작업복	2~3μ C	22~50mJ
일본제전복 (Selgurd)	0.4~0.5μ C	0.8~1.30mJ
제전복 (코오롱)	0.24~0.5μ C	0.32~0.44mJ

물의 인화원이 된다. 이를 근거하여 1983. 12. 1 일본에서는 JIS-T8118(Japan Industry Standard)로 법제화 시켰고 작업복 1벌당 기준치를 0.6(μC) 이하로 설정하였다. 많은 시험결과 작업복의 帶電電荷량이 0.6(μC)이하가 되면 火災 暴發의 가능성이 희박한 것으로 제시되고 있다.

일반작업복과 제전복의 대전전하량을 측정한 결과는 Table5에 나타내었다.

위의 측정결과에서 일반작업복(T/C)은 帶電량이 1.4~1.8(μC)으로 火災·暴發의 발생 한계치인 0.6(μC)를 훨씬 초과하므로 화재 폭발의 가능성이 있는 事業場에서의 사용이 부적합한 것으로 나타났고 제전복은 0.24~0.28(μC)으로 나타나 火災 暴發의 한계치 보다 상당히 낮으므로 제전복을 이용할 경우에는 靜電氣로 인한 火災 暴發의 가능성은 없는 것으로 나타났다.

4-4. 작업복 및 인체의 帶電

인체에 일반작업복(T/C)과 제전복을 착용하였을 경우의 靜電氣 帶電電位는 Table6에서 보여주는 바와 같이 일반작업복의 경우 약 2800(V)에서 3700(V)의 범위를 나타내고 있고, 건조할 경우는 12,000(V)까지 대전이 가능하므로³⁴⁾ 火災 暴發을 일으킬 수 있다. 특히 半導體 素子の 파괴, 전기·전자기기

Table6. Electrostatic charge compare synthetic smocks and antistatic garments

(21°C /81%)

측정횟수	일반작업복		제 전 복	
	작업복	인 체	작업복	인 체
1	2500(V)	125(V)	125(V)	125(V)
2	2800(V)	125(V)	125(V)	125(V)
3	2800(V)	250(V)	125(V)	125(V)
4	2700(V)	250(V)	125(V)	125(V)

및 자동화 설비의 誤動作 誘發 등이 충분히 가능함을 보여주고 있다.

그러나 제전복 着用시 작업복의 帶電電壓은 약 125(V)이고, 人體의 대전전압도 약 125(V)범위에 있어 火災 暴發 및 半導體와 관련 제품, 설비에서의 靜電氣 災害와 기타 産業에서의 靜電氣 災害로 인한 생산 공정의 가동 속도 저하를 통한 生産性 低下를 豫防할 수 있음을 보여 준다.

4-5. 작업복과 접지고리 착용시 대전

작업복을 착용하고 동시에 접지고리를 착용한 경우와 착용하지 않은 경우의 대전전위는 Table7에 나타난 바와 같이 化學纖維잠바를 착용시는 8(KV)의 대전전압이 나타나 정전에너지가 2.88(mJ)로 火災 暴發의 한계에너지 0.6(mJ)을 훨씬 상회하므로 火災 暴發의 분위기에서의 착용이 부적합한 것으로 나타났고, 제전복의 대전전위는 0.01(KV)로 정전 에너지는 4.5×10⁻³(mJ)로 火災 暴發의 기준보다 현저하게 낮게 나타나 危險 분위기 내에서의 人體의 靜電氣에 의한 火災 暴發을 豫防할 수 있다.

Table.7 Electrostatic charge compare smocks with smocks and Wrist Strap(65°C)

	작업자의 복장		접지고리 착용 여부	작업복상의 앞섵 열고 대전전위 측정(KV)
	상 의	하 의		
1	화학섬유잠바	일반 작업복	미착용	8
2	제전복	제전복	미착용	0.05~0.1
3	제전복	제전복	착 용	0.01

5. 結 論

人體의 靜電氣 帶電에 의한 火災 暴發을 豫防하고

半導體素子の 제조 및 취급과정에서 발생하는 반도체소자의 破壞 및 性能低下와 반도체소자를 이용한 전기·전자기기 및 자동화 제어회로의 誤動作에 의한 생산장애 및 품질저하와 事故發生을 예방하고, 일부 섬유제품 등의 생산공정에서 靜電氣 災害에 의한 생산속도의 저하를 통한 生産性 低下를 防止하기 위하여 작업복의 조건에 따른 대전상태를 조사한 결과 다음과 같은 結果가 나타났다.

1) 마찰에 의한 대전전압이 일반작업복은 약 2,900(V)이고 제전복은 87(V)에서 280(V)(90회 세탁)로 나타났다.

2) 대전된 靜電氣의 반감기는 일반작업복의 경우 12(초)이고 제전복은 3~5(초)로 나타났다.

3) 마찰에 의한 대전전하량은 일반작업복(T/C)의 경우는 $1.4\sim 1.8(\mu C)$ 이고 제전복은 $0.24\sim 0.28(\mu C)$ 로 나타났다.

4) 작업복 착용시 대전전압은 일반작업복의 경우 2,500~2,800(V)로 나타났고 제전복은 125(V)로 나타났다.

5) 화학섬유잠바를 착용시 대전전압은 8,000(V)이고 제전복 착용시 대전전압은 100(V)이고, 제전복과 접지고리를 동시에 착용한 경우는 대전전위가 10(V)로 정전에너지가 $4.5\times 10^{-3}(mJ)$ 로 나타났다.

본 實驗을 통하여 일반작업복은 火災 暴發의 危險성이 있는 장소에서는 인체 및 작업복에 帶電된 靜電氣의 放電에 의하여 火災 暴發을 일으킬 우려가 있는 것으로 나타났고, 제전복인 경우에는 靜電氣에 의한 火災 暴發의 발생한계인 $0.6(mJ)$ 보다 훨씬 작은 $0.28(mJ)$ 에서 $4.5\times 10^{-3}(mJ)$ 의 정전 에너지를 나타내어 제전복 착용시 작업자에 의한 火災 暴發의 危險성은 없는 것으로 나타났다.

그리고 半導體素子の 破壞 및 性能低下를 豫防하기 위한 측면에서는 CMOS나 Schottky 다이오드, 바이폴라 트랜지스터 등의 IC인 경우에는 靜電氣 破壞 한계전압이 250(V)이상이므로 제전복의 대전 전압 100~125(V)에서는 정전기 파괴가 발생하지

않은 것으로 나타났고, MOS FET나 Junction FET 등은 정전과피 한계전압이 100(V)이상이므로 제전복을 着用하고 人體의 對策으로 Wrist Strap를 병용하면 半導體素子の 靜電氣 破壞를 예방할 수 있는 것으로 나타났고, 結果적으로 반도체소자를 이용한 컴퓨터, 전자교환기, 로봇 및 자동화설비의 제어 회로에 정전기에 의한 전자과장해로 발생하는 誤動作에 의한 생산장애 및 事故를 防止할 수 있고, 纖維製品 등의 産業에서 靜電氣 災害로 인한 生産性 低下를 防止할 수 있는 것으로 나타났다.

앞으로 人體의 靜電氣 對策에서 Wrist Strap를 이용할 수 없는 이동작업자에 대한 對策으로 Wrist Strap대신에 대전방지용 靜電靴의 사용이 가능한데 이러한 경우의 특성과 일부 半導體素子の 靜電氣 장에특성에 대한 구체적인 研究를 통하여 半導體 産業에서의 收率向上과 품질향상에 관한 研究가 이루어져야 한다고 사료된다.

6. 參考文獻

- 1) H. R. Edwards, M. C. Underwood, Ignition of powder/Air Mixtures by Discharges of Static Electricity, J. Electrostatics, 15, 123(1984).
- 2) Elliotts. Kanter, Curing Static Electricity, Radio-Electronics, 44(1984).
- 3) William Sonsak, Are you Also a Victim of ESD, Evaluation Eng., 20(1979), 8.
- 4) L. Ptasinski, Identification of Hazards Caused by Static Electricity in Dust Chambers, J. Electrostatics, 17, 313(1985).
- 5) J. R. Smith, Experimental and Numerical Investigation of Field Conditions Associated with the Transport of Low-Conductivity Liquids and Powders, IEE Proceedings, 130-7, 369(1983).
- 6) G. F. de Voil, Coping with the Effects of Static

- on Static Sensitive Devices, The Executive Engineer, 59-5, 15(1979).
- 7) George R. Berbaco, Julian E. Price, CMOS Static Protection, Electronic Eng., 55(1979).
 - 8) Burton A. Unger, How not to 'Zap' a Circuit, Bell Laboratories Record, 123(1982).
 - 9) Peter M. Green, Static Electricity, Canadian Data systems, 62(1987), 2.
 - 10) George R. Berbaco, Static Electricity can be Easily Controlled, The office, 124(1984), 9.
 - 11) Gordon T. Baumgartner, Michal T. Brandt, Conductive Flooring and How It Works, Evaluation Engo, 66(1980), 5, 6.
 - 12) Richard C. Johnson, Robert a. bauach, A Company's Approach to the Reduction of ESD/EDS in the Consumer Electronics Manufacturing Environment, Evaluation Eng. 50(1985), 9.
 - 13) Jack, Stephen A. Halperin, Static Electricity in The Production Environment, Insulation/Circuits, 15(1981), 2.
 - 14) T Flowers, T Watkins, D Blevi, Static-Free Plastics, New Electronics, 30(1982), 11.
 - 15) William R. Kratochvil, Static Electricity : Hidden Enemy of Production, Electronics, 21(1985), 5.
 - 16) Edward H. Russell, Static Safe Work surfaces and Personnel Safety Update, Evaluation Eng., 90(1986), 9.
 - 17) 靜電氣學會編, 靜電氣 Hand Book, 765(1986).
 - 18) Ed Rauch, Prevention of ESD Damage During the Manufacture of Time delay Relays, Evaluation Eng., 82(1982), 8.
 - 19) Stephen A. Halperin, Topical Antistatic Primer, 56(1979), 10.
 - 20) Spyros A. Vrachnas, Guide lines for Performing ESD Control Program Evaluations, Evaluation Eng., 100(1988), 6.
 - 21) Matt marhefka, Effective Static Protection : An All-or-Nothing Endeavor, 72(1984), 2.
 - 22) TS Mcleod, G Johnso, The Protection of data Processing Equipment against Static Electricity Discharge, Systems Technology, 31, 15(1979), 4.
 - 23) 藤江明雄, 半導體 素子の 靜電氣防止對策에 대한 구체적 사례, 1(1989).
 - 24) Dallas Erickson, Antistatic Equipment and Technigues, Electronic Packaging and Production, 74(1978), 2.
 - 25) George Berbaco, ESD Floor Protection Systems for Clean Room Envrionments, Evaluation Eng., 96(1984), 6.
 - 26) Keith R. Gaspard, C. Fred Mykkanen, Standardization Key to Winning ESD Battle, Evaluation Eng., 78(1980).
 - 27) G. W. Lee, Moving Static, Electronic Technology, 14, 210(1980), 10.
 - 28) Scott Sheldon, Methods for Controlling Static Electricity on Employes, Insulation/Circuit, 25(1982), 11.
 - 29) David R. Blinde, C. Fred Mykkanen, Determination of Appropriate Ground Strap Resistance Values, Evaluation Eng., 72(1988), 4.
 - 30) Jerry R. Giuliano, ESD Program Nets Large Financial Gains, Evaluation Eng., 26(1986), 12.
 - 31) John L. Remington, Harnessing Electrostatic Discharge in the Store zoon and Pre-Assembly, Evaluation Eng. 62(1985), 1.
 - 32) Rollin McCraty, Room Ionization Reduces Static Damage, Electronics, 25(1985), 5.
 - 33) Rollin McCraty, Open-Air Ionization : Winning the War Against ESD, Evaluation Eng., 78(1983), 3.
 - 34) 정재희, 윤양배, 이규현, 정전기에 의한 재해 방지대책, 성한산업 289(1990).