

# 靜電氣방지를 통한 品質向上

김 수 현

한국 3M (株) 電氣營業課長

## I. 서 론

과거 몇년동안 반도체 제조기술은 매우 빠르게 그리고 급진적으로 성장해 왔으며 갈수록 좁은 면적안에 보다 많은 회로를 넣어서 조그만 칩에 들어가는 회로 수는 더욱 더 많아지고 있으며, 이렇게 고밀도화 되는 반면에 소모전력은 낮아지고 있다. 그 결과로 이러한 반도체 부품들은 정전기에 더욱 민감해지고 있으며 정전기에 대한 대책이 필요하게 되었다.

오늘날 사용되고 있는 여러가지의 반도체에 대한 정전기 민감도를 보게되면 정전기로 인한 문제의 심각성을 쉽게 알수 있다. 「표1」에서 보게되는 정전기 민감도는 반도체를 사용하는 사람들과 반도체를 제조하는 회사에서 발표한 것으로 여기에 표시된 전압이나 그 이상의 전압에서 부품이 손상될 수 있다는 것을 보여주고 있다.

이 반도체 부품들은 단일 부품일때는 물론이지만 PCB 기판에 조립되어 있을때나 또는 완제품에 조립되어 있는 상태에서 정전기로 인하여 입을 수가 있으며 심할 경우에는 애프터 서비스를 하는 순간에도 손상을 입을 수가 있다. 즉 정전기로 인하여 반도체 부품, PCB기판 및 제품의 불량 발생율이 높아지게 되며 또한 양품으로 출하된 때에도 곧바로 고장을 일으켜서 수리를 해야하는 주요한 원인이 되고 있으며 따라서 원가를 상승시키는 결과를 초래하고 있다.

수록 정전기 제거 시스템을 도입하는 업체가 증가하고 있다.

사실 몇년전까지만 해도 정전기 문제는 고려되지 않았으나 반도체의 제조기술이 급속히 발전됨에 따라서 정전기로 인한 부품 및 제품의 손상이 대단히 큰 비중을 차지하게 되었다. 미국의 어느 반도체 제조회사에서 7개월동안 부품의 불량요인을 검토하여 분석한 결과 CMOS의 경우에 대부분이 정전기로 인한 불량이었다는 보고서를 발표한 것으로 보아도 앞으로는 불량감소 및 품질 향상을 위해서는 정전기에 대한 올바른 인식과 이에 대한 완전한 대책을 수립해야 할 것이다. 그런데 대부분의 경우 직접 눈에 보이지 않고 올바르게 인식을 하고 있지 못하기 때문에 정전기에 대한 대책을 전혀하고 있지 않거나 또는 대책을 한 경우에도 극히 부분적으로만 한정하여 사용하는 경우가 많은데 완전한 시스템을 갖추지 않을 경우에는 그 효과를 기대하기가 어렵게 된다. 왜냐하면 정전기는 언제, 어디서나 발생할 수 있으며 정전기를 발생시키는 것 중에서 가장 위험한 것은 사람 자신이기 때문에 부품이 입고되어 수입검사되는 시점부터 조립이 끝나고 제품으로 출하될 때까지 필요한 모든 곳에 완전한 대책을 갖추어 놓지 않으면 안 된다.

그리하여 최근에는 정전기로 인하여 발생하는 문제점이 중요한 사항으로 대두되고 있으며 갈

표 1 : 반도체 부품의 정전기 민감도

부 품	정전기 민감도(VOLT)
MOS FET	100 - 200
JFET	140 - 7,000
CMOS	250 - 3,000
SCHOTTKY DIODE	300 - 2,500
SCHOTTKY TTL	1,000 - 2,500
BIPOLAR TR	380 - 7,000
ECL HYBRID	500 - 1,500
SCR	680 - 1,000

완전한 정전기 제거 시스템을 갖추게 되면 불량률이 감소되고 품질향상 및 생산성 증가로 인하여 원가절감을 기할 수 있으며 빠른 시일내에 투자 금액을 회수할 수 있게 된다. 또한 일단 시스템을 갖추게 되면 거의 반 영구적으로 사용 가능 하기때문에 대단히 경제적인 투자가 될 것이다.

II. 정전기가 電子産業에 미치는 問題点

정전기란 정지되어 있는 상태의 전하를 말하는 것으로 두 물체가 접촉했다 떨어지는 순간에 전자의 불균형 때문에 발생된다. 그 물체가 도전체이건 비도전체이건 관계없이 정전하가 유기되며 그 중에서 사람이 발생시키는 정전기가 가장 크고 또한 반도체 부품에 가장 위험하다.

「표 2」에서 보는 것처럼 인체에 대전되는 정전기는 최고 39,000볼트라는 높은 전압을 나타내고 있으며「표 1」의 정전기민감도와 비교해 보면 모든 반도체부품을 손상시킬 수 있는 아주 위험한 수준임을 곧바로 알 수 있다.

이러한 정전기가 전자산업에 미치는 문제점

표 2 : 인체에 대전되는 정전기 전압

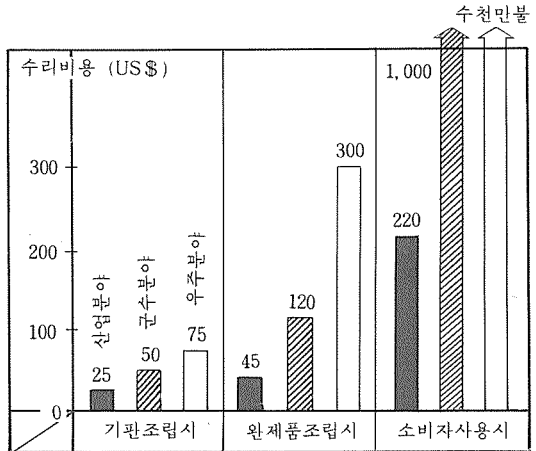
	보통	최고
카펫트 위를 걸을 때	12,000V	39,000V
타일 위를 걸을 때	4,000V	13,000V
의자에 앉아서 작업할 때	500V	3,000V

\* 자료 : WESTERN ELECTRIC Co., INC. (미국)

T. S. Speakman.

은 세가지로 나타낼 수 있다. 첫째는 먼지나 합성섬유의 흡착문제이며 둘째는 제품의 손상 그리고 마지막으로 제품의 오동작 및 성능 저하를 들 수 있다. 제품에 붙어 있는 먼지나 얼룩을 닦아낼 때 발생하는 정전기로 먼지 등이 다시 달라붙게 되어서 작업성이 떨어지는 경우가 많은데 이러한 점이 정전기때문에 발생하는 먼지나 합성섬유의 흡착문제다. 그리고 정전기에 민감한 부품의 파손 정도는 두가지로 이야기할 수 있다. 첫째는 완전히 파손되어 동작이 되지 않는 경우로 이 때에는 그 파손된 부품만 갈아끼우면 되기때문에 비용이 적게 든다. 그러나 두번째는 성능이 저하되거나 가끔 동작이 되지 않은 상태에서 불량으로 나타나지 않고 출하되는 경우로 써 이때에는 많은 비용이 소요된다. 왜냐하면 애프터 서비스를 하게 되거나 출하된 제품이 반품되어 올 경우에는 대단히 많은 비용이 소요되기 때문이다. 다음의 「그림」은 그 내용을 아주 잘 설명해주고 있다.

그림 1 : 반도체 부품의 수리비용 비교

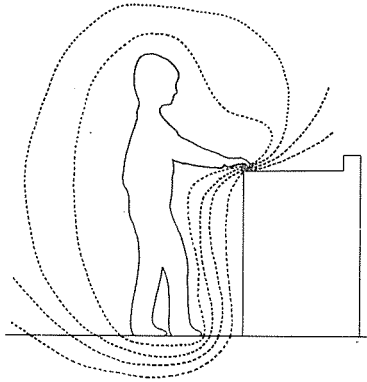


\* 자료 : COLASANTI, E. G. & G 회사. (미국)

일반적으로 반도체 부품은 그 특성에 따라서 두가지로 분류할 수 있다. 즉 전압 또는 전장에 민감한 부품과 전류에 민감한 부품으로 나눌 수 있다. 전압에 민감한 부품은 초과 전압이나 초과 전류에서 파손될 수 있으며 전류에 민감한

부품은 초과전류에 의해서 파손될 수 있다. 정전기에 대전된 사람이 작업대에 접근하여 방전하게 되면 「그림2」와 같은 전장을 형성한다.

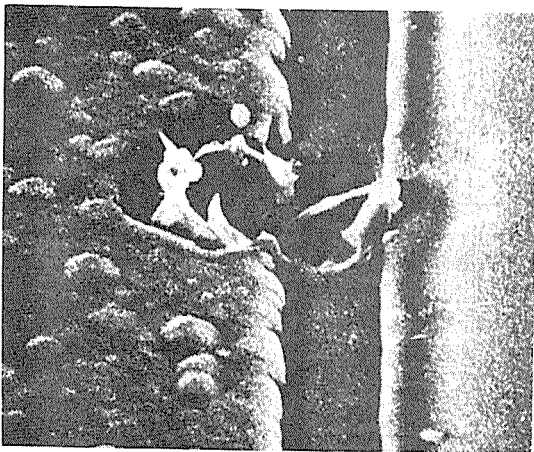
그림 2 : 정전기에 대전된 사람의 주위에 형성된 전장



그런데 MOS 부품은 전압이나 전장에 민감한 전형적인 부품으로 사람이 직접 손을 대지 않더라도 전장에 의해서 산화물 절연층이 쉽게 파손된다.

다음의 사진은 OP 앰프의 부품인 MOS 콘덴서를 전자주사 현미경으로 확대해서 찍은 사진으로 완전히 파손된 모습을 볼 수 있다. 그리고 이 MOS 부품은 사람이 직접 손을 댈때는 더 쉽게 파손될 수 있다.

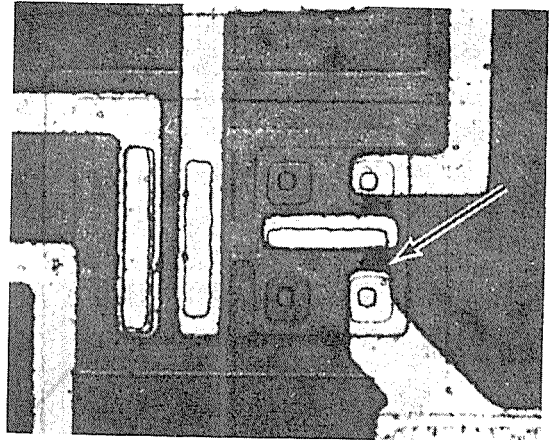
그림 3 : MOS 콘덴서의 확대사진 (4, 300배)



\* 자료 : A. TRIGONIS, JPL. (미국)

BIPOLAR 부품은 전류에 민감한 전형적인 부품으로 사람이 직접 손을 대어서 방전에 의한 전류가 발생할 경우에 부품이 파손된다. BIPOLAR의 JUNCTION 부위가 매우 작기 때문에 ( $10^{-6} \text{ cm}^2$ ) 아주 미소한 전류일지라도 JUNCTION 부위에서는 높은 전류 밀도를 형성하여 과열되고 녹아서 결국에는 파손된다. 「그림 4」는 TTL GATE의 입력 BIPOLAR TR에서 베이스와 에미터가 단락된 모습을 보여주고 있다.

그림 4 : TTL GATE의 입력 BIPOLAR TR에서 베이스와 에미터가 단락된 모습.



\* 자료 : S. E. ROSE, HONEYWELL (미국)

### Ⅲ. 정전기 방지대책 및 사례

반도체 부품을 정전기로부터 안전하게 보호하고 정전기로 인한 문제점들을 해결하기 위해서는 다음의 기본적인 규칙 2 가지를 지켜야 한다.

- 규칙 1. 정전기에 민감한 모든 부품은 정전기가 완전히 제거되어 있는 정전기에 안전한 곳에서 취급한다.
- 규칙 2. 정전기에 민감한 모든 부품은 보관이나 이동을 할때는 정전기가 완전히 차폐되는 차폐용기를 사용한다.

#### ■ 규칙1. 정전기에 안전한 작업장.

정전기에 민감한 모든 부품은 정전기가 완전히 제거되어 있는 정전기에 안전한 곳에서 취급

해야 한다. 그런데 정전기를 완전히 제거한다는 기본 개념은 정전기 발생을 방지하고, 발생되어 있는 정전기를 재빨리 없애는 것이다. 정전기의 제거방법은 도전체일 경우와 비도전체일 경우가 각각 다르다. 도전체일 경우에는 접지를 시켜서 정전기를 제거할 수 있으나 비도전체일 경우에는 접지가 되지 않기 때문에 이온화된 공기로 중화를 시켜야 한다.

### 1) 도전체

작업장에서 필요한 정전기 제거 제품으로는 FLOOR MAT TABLE MAT 및 WRIST STRAP 이 있는데 여기에는 일정한 저항치가 있어서 반도체 부품에 영향을 주기전에 정전기를 없애줄 뿐만 아니라 역전류를 방지하여 인체에 전혀 해가 없도록 되어 있어야 한다.

#### (1) WRIST STRAP (손목 끈)

사람을 접지시켜 정전하를 빨리(0.1초 이내) 그리고 지속적으로 드레인시켜서 작업자에게서 발생된 정전기를 제거한다.

#### (2) FLOOR MAT (바닥 매트)

작업장에 접근하는 사람에게서 발생된 정전기를 제거한다. 또한 작업자가 손목 끈을 매는 것을 잊을 경우에도 안전하게 보호한다.

#### (3) TABLE MAT (작업대 매트)

작업대 위에 있는 도전성 물체에서 발생된 정전기를 접지시킨다.

표 3 : 정전기에 안전하기 위한 허용 저항치 및 방전시간

	최 소	최 대	방전시간
WRIST STRA	1 Megohm	10Megohms	0.1초이내
FLOOR MAT	1 Megohm	1,000Megohm s	1초이내
TABLE MAT	1 Megohm	1,000Megohm s	1초이내

### 2) 비도전체

작업장에서 비도전성 물체에 발생된 정전기는 접지되지 않기 때문에 전리공기 송풍기를 사용하여 공기를 이온화시키고 이온화된 양 이온과 음 이온을 지속적으로 공급하여 줌으로써 비도전성 물체에 발생되어 있는 정전기를 중화시켜주게 된다.

## ■ 규칙2. 정전기 차폐용기

정전기에 민감한 부품을 보관 또는 이동할 때는 정전기가 완전히 차폐되는 차폐용기를 사용해야 한다. 정전기 방지를 위한 포장 재료를 선택하기 위해서는 다음의 두가지 사항을 고려해야 한다.

첫째 마찰에 의해서 발생하는 정전하로부터 부품의 손상을 방지할 수 있어야 하며, 둘째 정전하가 방전할 때 발생하는 정전장을 완전히 차폐시킬 수 있어야 한다. 이렇게 정전하와 정전장으로부터 부품을 보호하기 위해서는 모든 포장재료는 도전성 재질이어야 한다. 마찰로 인하여 정전하가 발생할 경우 이 정전하는 도전성 용기의 전 표면에 신속히 분산되어 등전위를 형성하고 정전압차이로 인한 부품의 손상을 방지하고, 접지가 되면 정전하는 드레인되어 없어진다. 또한 도전성 재질이기 때문에 FARADAY CAGE 를 형성함으로써 외부에서 발생된 정전장이 전혀 침투하지 못하여 부품의 손상을 방지할 수 있으며 이러한 용기로는 다음과 같은 것들이 있다.

#### (1) 정전기 차폐 포장 백

수만 볼트의 높은 정전압으로부터 백안에 들어있는 부품이나 기판을 보호하기 위해서는 백의 최대 표면 고유저항이  $10^4$  ohms/in<sup>2</sup> 이어야 한다.

그런데 일반적으로 많이 사용되는 Anti-static (반정전기) 백은 표면 고유저항이  $10^{12}$  ohms/in<sup>2</sup> 로 대단히 높아서 비도전체가 되어 FARADAY CAGE 를 형성하지 못한다. 따라서 Anti-Static 백은 백 그 자체로는 정전기를 발생하지 않지만 외부에서 발생된 정전장(field) 을 차폐시키지 못하므로 정전기를 막는데 전혀 효과가 없다. 그러므로 정전장도 차폐시킬 수 있는 차폐 백을 사용해야 한다.

#### (2) 운반상자

부품이나 기판을 보관 및 이동하기 위한 운반상자는 체적 도전성 제품으로 최대고유 저항이

300 ohm-cm 이어야 한다.

(3) DIP 튜브

IC의 포장을 위한 DIP 튜브는 체적 도전성 제품으로 최대고유 저항이 300ohm-cm 이어야 한다.

(4) PCB EDGE PROTECTOR

도전성 재질로 기판의 EDGE 부위에 끼워서 기판위의 모든 부품들을 등전위로 만들어서 각 부품의 전위차 때문에 발생하는 방전을 방지하고 외부의 정전기로부터 부품들을 보호해준다. 또한 기판의 EDGE를 완전히 커버하기 때문에 기판의 EDGE에 테이프를 붙이지 않고 곧바로 납땜을 할 수 있다. 따라서 테이프를 붙이고 때어내는 공정이 없어지고 불량률이 감소되어 원가 절감이 가능하다.

(5) 도전성 스폰지

체적 도전성인 스폰지로 IC를 꼽아두고 사용하거나 제품 포장용으로도 사용할 수 있으며 전기적 및 물리적인 보호를 해준다.

IV. 결 론

정전기는 사람이 있는 곳이면 언제 어디서나 발생되며 직접 눈에 보이지 않기 때문에 정전기에 민감한 반도체부품에 여러가지로 피해를 주고 있다. 그 결과로 귀중한 외화를 낭비하는 주요한 원인이 되고 있으며 생산성을 저하시켜 원가를 상승시키는 요인이 되고 있다. 그리고 제품으로 출하된 후에 곧바로 고장을 일으켜서 고객의 기업에 대한 이미지를 손상시키게 되면 이에 대한 손실은 막대할 것이며 이것을 회복하

기 위해서는 많은 노력을 기울여야 할 것이다.

반도체의 불량 중에서 원인을 알 수 없는 불량 의 대부분은 정전기 때문이며 정전기로부터 제품과 부품을 보호하기 위해서는 근원적인 대책이 필요하고 그렇게하기 위해서는 정전기를 사전에 없애주는 것이 가장 바람직하다. 따라서 완전한 정전기 제거 시스템을 갖추어야만 기대한 효과를 달성할 수 있으며 뭔가를 점검 시킬 수 있다. 그리고 관련되는 모든 사람을 대상으로 정전기에 관한 교육을 실시하여 항상 주의를 하도록 해야한다.

參考資料

1. Don Yenni.  
"Basic Electrical Considerations in the Design of a Static-Safe Work Environment": Presented at 1979 Nepcon/West Conference, Anaheim, Calif.
2. Argyris C. Trigonis.  
"Electrostatic Discharge in Microcircuits Detection and Protection Techniques" 1975, Jet Propulsion Laboratory
3. Donald M. Yenni Jr., & James R. Huntsman.  
"Quality Through Static Damage Prevention" Presented at 35th Annual Quality Congress, San Francisco, California, 1981
4. James R. Huntsman, Donald M. Yenni, Jr., & Gerald E. Mueller "Fundamental Requirements for Static Protective Containers" Presented at 1980 Nepcon/West Conference, Anaheim, Calif.
5. E. R. Freeman & J. R. Beall.  
"Control of Electrostatic Discharge Damage to Semiconductors" 1974, IEEE