

논문 2010-6-32

## 전자부품의 정전파괴(ESD) 분석에 관한 연구

### A Study on Analysis of Electrostatics Destruction of Electronic Equipment

이두용\*

Du-Young Lee

요 약 정전기 발생에서 가장 직접적이고 주요인자는 주변 습도 상태이다. 대부분의 정전기 발생은 마찰에 의해 발생하는 마찰전기이며, 공기 중에 포함된 수분의 양에 따라 물체 주위에 하나의 얇은 전도 층을 형성하게 되어 발생하는 정전기 충전 전압을 물체 표면 전체에 흩어지게 하는 함수 역할을 하게 된다. 정전기 방전 현상은 순간적인 전압 상승을 야기하며 경우에 따라서는 아주 치명적인 손상을 입히게 된다. 무기체계의 조립, 취급, 수송, 저장의 과정에서 쉽게 나타날 수 있는 정전기 방전 현상을 미연에 방지하기 위한 방법을 설계 하고 분석 한다. 이러한 방법은 각종 무기체계 개발 관련자들의 정전기 방전 보호를 위한 설계 지침을 제시하며, 정전기에 대한 대책을 수립할 수 있도록 규정과 지원을 해 줄 수 있다.

**Abstract** The static electricity generated by friction of two objects is called frictional electricity. The main cause of troubles in electronic components for military and civil use as well as in military radar appliances is found mostly in parts like LSI memories, particularly when they lose information of function momentarily while in operation, which usually leads to a fatal cause of troubles in the equipment. Troubles occur if electric noise is caused by the spark effected from discharge of static electricity from the equipment that is used nearby.

**Key Words :** Electrostatics destruction, Capacitive, Impedance, LSI memories

#### I. 서 론

지구상의 많은 물질들은 그 입자를 더 이상 분리 할 수 없도록 매우 작은 입자로 되어 있으며, 이들은 쉴 새 없이 운동을 계속하고 있고, 종류가 다른 입자가 모여서 여러 가지 물질이 만들어 진다고 하는 것 등이 과학의 진보와 함께 그 실체가 명확하게 밝혀졌다.

원자 모델에는 정(+)전하를 갖는 원자핵(양자)과 주위를 끊임없이 돌고 있는 부 전하(-)를 가진 전자가 돌고 있으며, 이 원자의 총합은 0(영)이다. 그러나 분자나 원자 중에는 속박이 약한 전자들이 있다. 분자나 원자로 구성

되어 있는 물질을 다른 물질과 마찰시키면 속박이 약한 전자는 그 물질에서 뛰쳐나가기 쉬운 전자를 갖고 있으며, 이렇게 떨어져 나가기 쉬운 전자를 자유전자라고 하며, 이탈된 자유전자는 다른 물질로 옮겨 갈 수 가 있다. 그 결과 전자를 잃은 분자나 원자는 (+)로 대전되고 전자를 얻은 물질은 (-)로 대전한다. 마찰전기 즉 정전기는 이러한 물리 현상에 의해서 발생한다. 정전기는 직접 마찰에 의한 현상 이외에도 전계 내에 물질을 놓은 경우에도 발생하는 유도현상에 의한 경우도 있다<sup>1,2)</sup>.

그래서 원자번호 1번의 수소에서부터 원자번호 103번의 Lr(로렌슘)에 이르기 까지 원자번호와 같은 수의 전자가 원자 중에 분포되어 있다.

분포는 원자핵을 중심으로 몇 개의 궤도 위에 에너지가 낮은 순서의 전자부터 채워져 있으며 이 자유전자는

\*정회원, 호원대학교 국방기술학부  
접수일자 2010.11.3, 수정일자 2010.12.3  
게재확정일자 2010.12.15

금속에 많이 존재하고 절연물에는 매우 적게 존재한다. 이러한 작용이 미치는 공간을 전계 또는 전장이라고 하며, 전자의 과잉된 쪽을 “-”, 부족한 쪽을 “+” 전기가 대전하였다고 표현한다. 전자를 방출해 전자부족현상이 생긴 원자를 양이온이라 하고 과잉전자 현상이 생긴 원자를 음이온이라 한다.

가열이나 마찰 등에 의해 그림 1과 같이 전자를 방출하면 (+)전기가 대전된 상태가 된다<sup>[3,4]</sup>.

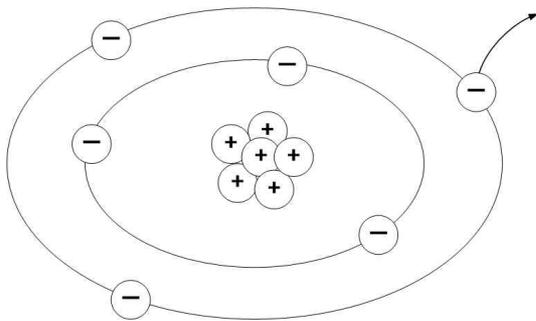


그림 1. 마찰, 가열 등에 의한 자유전자 방출  
Fig. 1. The free electron release with friction & heat

두 물체를 접촉하거나 마찰시키면 정전기가 발생하는데 이를 가리켜 마찰전기(그림 2)라고 부른다. 마찰전기 계열은 마찰전기 효과에 의해 물체 사이에 대전되는 정전기의 특성이 양전기 발생 순위부터 음전기 발생 순위로 나열하는데, 제일 윗부분에 열거한 물체는 두 물체에서 마찰전기가 발생했을 때 양전기에 대전된다는 의미를 갖는다<sup>[5,6]</sup>.

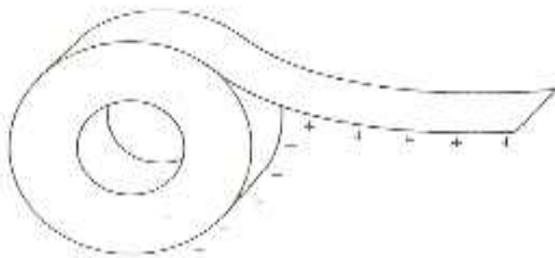


그림 2. 마찰전기의 발생  
Fig. 2. Generation of frictional electricity

마찰전기 계열의 순위는 일정하거나 반복되는 것이 아니며 더욱이 마찰전기 계열의 분리등급은 마찰전기 효과에 의해 만들어져 대전되는 전하의 크기를 필요성에

따라 표시하는 것은 아니다.

마찰전기 계열의 순위나 전하의 크기는 물체의 성질과 특성에 기인하는 것이나, 이러한 특성들은 온도, 환경, 상태 접촉면에 따라 다르다.

민수용과 군 전자 구성품 및 군 레이더 전자 장비의 주요고장 원인은 LSI 메모리와 같은 부품들에 나타나며 동작 중 정보를 잃어버리거나 순간적으로 기능을 상실하는 경우가 발생되어 치명적인 장비의 고장원인이 발생된다.

사용 장비의 가까운 곳에서 정전기 방전에 의한 스파크의 영향으로 전기적 잡음이 유기됨으로써 발생하게 되고 전기적 잡음은 전도나 방사에 의해 전자장비에 유입됨으로써 발생한다.

젯전기 방전이 가까운 곳에서 발생하거나 용량성 및 유도성 결합이 되어 있고, 정전기 방전체와 수신체의 임피던스의 차이에 따라 영향을 많이 받게 된다.

장비가 동작 중에는 정전기 방전전압이 유기되거나 전자회로에 신호레벨보다 큰 전류가 유기되면 일시적인 고장현상이 발생되므로 고 임피던스 회로의 신호레벨은 전압레벨이므로 용량결합의 경우에 영향을 받게 되며, 정전기 방전 유도전압에 의해 문제점의 원인이 발생하고, 저 임피던스 회로에서의 신호레벨은 전류수준이므로 유도결합의 경우 영향을 받게 되며, 정전기 방전 유도전류에 의해 문제점의 원인이 발생한다.

파손을 유발하는 전압이나 전류치는 일시적 고장을 유발하는 값보다 1 내지 2배의 큰 값이 유기될 때 발생하며, 용량성 결합일 경우 심하게 나타나는데 정전기 방전이 직접회로에 결합하기 때문이다.

방사결합(Radiated Coupling)에 의한 정전기 영향을 통상적으로 일시적인 고장 현상만을 야기 시킨다. 정전기 방전에 의해 일시적 고장현상을 유발하는 전자부품들은 논리회로 계통의 소자들로서 NMOS, PMOS, CMOS, 저 전력 TTL 계열들이다<sup>[7,8]</sup>.

고 임피던스의 선형회로나 고 이득 입력회로는 장비 수준에서 RF 증폭기나 RF 전자부품들과 같이 정전기 방전 영향에 민감하다.

라디오 주파수 간섭에 대한 대책을 수립한 설계를 할 경우 정전기 방전에 의해 고전압 스파크 방전이 발생할 때 유발되는 파손으로부터 장비를 보호할 필요성과 목적이 있어야 한다.

### 1. 치명적 고장

장비가 동작 중에 정전기 방전에 의해 일시적인 고장 현상이 발생하면 장비는 언제든지 치명적인 고장을 유발할 수 있다.

정전기 방전에 의한 치명적인 고장발생은 사람이나 물체에 의한 방전, 고전압 스파크 방전에 의해 전자부품들에 전기적 과로 요인이 발생된다.

정전기 방전에 의해 영향을 받아 파손되는 전자부품들의 성능저하를 초래한 시간과 왜력 판단은 경험에 의해 판단할 수밖에 없다.

초기에 판단하기에 일시적 고장인 경우로 판단되더라도 정전기 영향을 받은 부품이 시간이 흐르면서 이런 원인에 의해 치명적인 고장으로 판단될 수 있는 경우가 존재하기 때문이다.

### 2. 치명적인 고장 메카니즘

정전기 방전 시 영향을 받아 전자 구성품들이 파손되는 대표적인 메카니즘은 열에 의한 2차 파괴, 금속용해, 절연체 파괴, 가스 아크 방전, 표면파괴, 용적파괴 등으로 구분될 수 있다. 열에 의한 2차 파괴, 금속용해 및 용적파괴 현상은 열에 의해 발생하는 현상이며, 절연체 파괴, 가스 아크 방출 및 표면 파괴 현상은 전압에 관련해 발생하는 현상이다. 이러한 모든 고장 메카니즘의 전자부품은 마이크로 전자소자나 반도체 소자임을 알 수 있다.

고장 메커니즘 중 금속용해나 가스 아크방출은 필름 저항에서 발생하며 용적파괴 메카니즘 현상은 압전 크리스탈에서 발생한다.

### 3. 열 영향에 의한 2차 파괴

반도체 구조물의 열에 의한 시간 함수는 정전기 방전 필스를 포함한 과도 전류 시간과 비교하면 일반적으로 크지만 열의 발산이 적어 높은 온도 하강 시 전자부품 또는 군에서 사용되는 레이더 주요부품들은 열에 의한 영향을 매우 심각하게 받아들여지게 된다.

접합온도는 물질이 녹는 온도에 도달할 수 있으므로, 열 반점(Hot spot)이 전개되면 그 결과로 접합점이 녹아 단락상태가 이루어지게 된다. 이러한 현상을 열 영향에 의한 2차 파괴라고 표현한다.

양극(P-N) 접합에서 접합점이 녹기 위해서는 접합점에 충분히 큰 외부전압이 인가되어야 하며 역 바이어스 상태에서 가해지는 외부 전압의 대부분이 부품 몸체에서

약간의 손실을 제외하고는 순간적으로 접합점을 통해 소모되고, 순 바이어스 상태에서는 접합점은 낮은 저항치만이 존재하며, 큰 전류가 흐를지라도 대부분의 전력은 부품의 몸체에서 소모되므로 순방향 바이어스 상태에서 접합점 단락이 이루어지기 위해서는 역방향 바이어스 상태보다 큰 전력소모가 필요하게 된다.

대부분 트랜지스터의 경우, 콜렉터-베이스 접합상태보다 낮은 전류 값에서 에미터-베이스 접합상태의 성능 저하가 이루어지게 됨을 알 수 있다. 이러한 이유는 에미터-베이스 접합점은 통상적으로 회로내의 다른 어떤 접합점보다 작은 면적을 가지기 때문이다. 역극성 신호가 입력되면 접합점을 파괴시킬 수 있는 전압이 인가되기 전까지는 미소전류(수 마이크로 암페어)가 흐르나, 전압 범위가 초과되면 전류 값은 증가하게 되고 접합점은 가열되어 그 결과 전류는 포화상태가 된다. 2차 파괴가 일어나는 상태에서 전류 값은 저항치가 감소함에 따라 갑자기 증가하게 되며 이때 접합점은 녹아서 파괴한다. 이러한 접합점 고장의 원인은 원하지 않는 외부 전압 즉 정전기 방전 전압에 의해서도 이루어진다.

그러므로, 라디오 주파수 간섭과 정전기에 대한 장해 대책을 수립한 설계를 할 경우 정전기 방전에 의해 고전압 스파크 방전이 발생할 때 유발되는 파손으로부터 장비를 보호할 필요성과 목적이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 전자부품의 정전파괴(ESD)에 대한 설명과 3장에서는 전자부품의 ESD 대해 분석 모델을 제시하고 4장에서는 분석결과, 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 전자부품의 정전파괴(ESD)

### 1. 정전파괴(ESD) 감수성

조립품이나 장비의 정전기 방전에 대한 감수성은 조립품이나 장비 내에 사용되는 전자부품들의 감수성과 직접적인 관련이 있다. 많은 전자부품들은 정전기가 발생하였을 때나 정전기 영향 내에 노출되면 파손되기 쉬운 감수성을 가지고 있다. ESDS 부품들은 정전기나 접지에 대해 부주의하다면 파손되기 쉽다.

전자부품들은 접지점에 연결편을 가지고 있으나 부품들이 조립된 부품들이나 장비들에 위치했을 때에도 ESD에 의해 전자부품들의 전원원이나 신호원은 파손될 수

있다. 정전기에 대한 감수성을 가진 전자 부품들로 구성된 조립품과 장비들은 전자부품이 가진 정전기 영향에 민감한 만큼 민감하게 반응한다.

조립품이나 장비 내에서 방지 회로의 결함은 그들 터미널들에 가해지는 정전기 방전 영향으로부터 약간의 보호는 가능하나 강한 정전기 방전 전압에 노출되거나 정전기에 충전된 물체에 직접 접촉이 이루어질 경우에는 취약성을 계속 가지고 있다.

### 2. 정전과피 감수성 영향

정전기 발생에서 가장 직접적이고 상태적인 관련이 깊은 주요인자는 주변 습도 환경상태이다. 직접회로 제조업자들의 보고된 자료에 따르면 봄철과 겨울철에 직접회로 소자들에 발생하는 고장률이 제일 높으며 컴퓨터 A/S 엔지니어들의 보고에 따르면 봄철과 겨울철에 제일 많은 컴퓨터 고장수리가 의뢰된다고 보고되고 있다.

그렇다면 왜 습도와 정전기 발생과 관련이 있는가? 대부분의 정전기 발생은 마찰에 의해 발생하는 마찰전기다.

공기 중에 포함된 수분의 양에 따라 물체와 물체가 서로 마찰될 때 두 물체 사이의 마찰계수를 변화시켜 주는 윤활의 역할을 하게 된다. 또한 습도 상태에 따라 작은 물방울들이 물체 주위에 하나의 얇은 전도 층을 형성하게 되어, 발생하는 정전기 충전 전압을 물체 표면 전체에 흩어지게 하는 함수 역할을 하게 된다.

몇 가지 종류의 바닥재와 상대습도 50%와 20% 상태 하에서 발생 가능한 정전기 발생 전압상태는 그림 3과 같다.

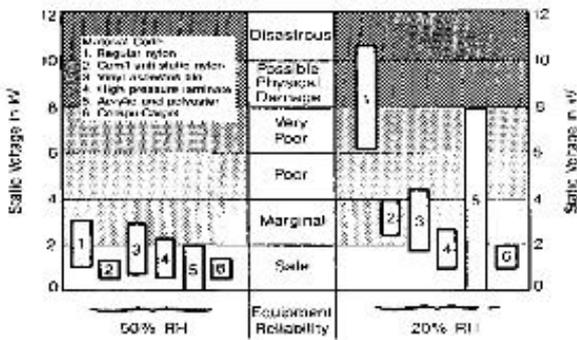


그림 3. 습도대 바닥재에 따른 정전기 발생전압  
Fig. 3. The static electricity voltage with humidity & flooring materials

가장 정전기를 발생시키는 악 요인이 되는 바닥재는

나이론류이며, 상대습도 50% 상태 하에서도 정전기 전압은 1~3Kv를 유지하고 있으므로 이 상태 하에서는 사람이 집적회로나 PCB 기판을 직접 만지는 경우 파괴시킬 수 있는 충분한 여건이 된다.

나이론류의 바닥재 주변 상대습도가 20% 정도가 되면 발생 가능한 정전기 전압은 6~11Kv가 되므로 상당히 심각한 문제가 발생한다. 가장 우려하는 경우는 나무 바닥재에 실리콘 왁스처리를 하는 경우 인체에 발생 가능한 정전기는 20Kv를 넘는다고 보고되어 있다. 이러한 경우 상대습도 20% 이한인 경우보다 더욱 심각한 상태이다.

따라서, 전자제품이나 생산 공장 주변의 상대습도 분포상태에 따른 정전기 대책수립이 필요하게 된다. 외부 상대습도와 관련된 내부 상대습도의 관계식은 다음과 같다.

$$RH_2(T_2) = RH_1(T_1) \times \frac{T_2}{T_1} e^{C(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1})} \quad (1)$$

RH<sub>1</sub> : 외부온도 T<sub>1</sub> 일 때 상대습도

RH<sub>2</sub> : 온도 T<sub>2</sub> 일 때 상대습도

T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> : 온도 (Kelvin)

C : 상수, 5,370 (-20°C ~ +70°C)

인체에 의해 발생하는 정전기는 신체부위와 상황에 따라 “+”와 “-” 정전기 전압이 발생한다.

### III. 분석 환경

장비를 개발하기 전 장비의 개발 규격을 확정시키기 위해서는 ESD에 관련된 통제 프로그램 계획을 수립하여야 한다. 장비가 운용 환경 내에서 운용 발생 가능한 모든 정전기 방전 환경에서 정상 동작을 하기 위한 전자부품의 선정, 정전기 방전 보호회로 설계, 장비의 하우징 설계 등 일련의 모든 계획이 포함된다. 전기기폭장치와 관련된 부품이나 조립체는 MIL-STD-331 "Fuze and Fuze Components, Environmental and Performance Test for"를 참고하면 된다.

이 계획서에는 ESD 통제 프로그램에 대한 임무, 활동과 ESD 영향을 받는 품목에 대한 방지 절차가 포함되어

야 하며, 임무와 활동을 책임질 수 있는 조직을 규정하고, ESD 통제 프로그램에 사용될 안내서 및 지침서 목록이 포함되어야 한다.

일반장비에 대한 ESD 시험규정은 IEEE, IEC(International Electro technical Commission), ANSI, ECMA(European Computer Manufacturers Association)에서 각각 규정하고 있으나 서로의 규제차가 약간씩 다르다.

현재 군용장비가 아닌 일반 부품 및 장비의 ESD시험은 세계적으로 IEC 801-2 규격을 적용하고 있는 실정이다. IEC 801-2는 1984년에 처음 발간되었으나, 최초규격 적용에 인체 ESD 전류파형 정의에 대한 문제가 있어서 1985년 이를 정의하였다.

#### IV. 분석 결과

초 LSI 제조 환경에서의 제조 환경은 수율 및 신뢰성에 많은 영향을 미치는 인자 중의 하나이다. 온도, 습도, 먼지농도, 미진동, 정전기, 자장변동, 공기 중에 포함된 원자-분자 불순물 등 제어해야 할 많은 불안정 요소가 있었다. 초 LSI의 제조비용 절감, 원료에 대한 수율 및 신뢰성 향상은 저비용으로 얼마만큼 고수준의 환경을 달성하는가에 좌우된다 해도 과언이 아니다. 이러한 환경요소 중에서 정전기 발생 문제는 제조 시 원료에 대한 수율 및 신뢰성 향상에 가장 많은 영향을 미치는 장애 요인 중의 하나이다.

정전기의 발생 과정은 두 가지로 분류된다. 물질의 접촉 분리 과정에서 생기는 마찰 대전과 이온주입 공정 등에 있어서 생기는 외부로부터의 전하 공급에 의한 대전이다. 전자는 일반적으로 알려져 있는 정전기 발생 원인이며, 웨이퍼 및 액정 글래스 기판 반송계의 기판대전은 모두 여기에 속한다. 한편 후자는 제조 공정 장치 내의 특수한 공정에서 생기는 대전이다. 정전기 발생에 의한 장애로써는 정전기력에 의한 부유입자부착, 정전기 방전에 의한 소자 파괴 및 전자 노이즈 장애, 대전물체 주변에 생기는 전계에 의한 전자 및 이온궤도장애 등이 있다. 기판 반송계에서는 전자의 두 가지 장애가 문제된다. 이와 같은 장애를 방지하기 위한 대전방지대책기술은 아직 완전하지 않지만, 상당한 수준에 있다고 할 수 있다. 특히 마찰대전에서는 정전기제거(=정전기의 중화)에 필요한

이온 및 전자를 빛의 대조로 생성시키는 기술이 개발되고, 공기 중은 물론 진공분위기의 장치 내에서도 단기간에 거의 완전히 정전기를 제거할 수 있게 되었다.

##### 1. 대전체 정전기 발생과 세척

마찰대전은 두 물체의(고체끼리 및 고체와 액체 간) 접촉 분리과정에서 전하분극에 의해 생긴다(주: 액체 간에 생기는 액정대전은 마찰대전과는 다르게 분류된다). 전도성 물체 예를 들면 금속끼리 접촉 분리하는 경우, 대전전위가 거의 0V가 되는 것은 두 물체 사이에 접촉부가 있어 분리 시에 생긴 전하가 중화되기 때문이다. 순수한 금속 및 반도체의 대전은 이론적으로 상당히 밝혀졌다. 그러나 대전전위가 높아지고 문제시 되는 절연물질의 대전 메커니즘에 대해서는 아직 이론적인 해석에 이르지 못하고 있다. 실험적으로 조사된 대전극성을 나타내는 대전의 예가 전부이다. 반도체나 액정 디스플레이 제조 공정의 세척 시나 장치 등을 이송할 때 발생하는 대전은 모두 마찰대전이다. 호텔의 문이나 차의 문에 접촉할 때 “찌릿”하고 느끼는 것은 보행 시에 신발과 바닥과의 사이에서 발생한 정전기가 인체를 사이에 두고 접지되어 있는 문의 손잡이를 통해 방전되기 때문이다.

최근에는 클린룸의 건축 재료로 전도성이 있는 재료를 이용함으로써 클린룸의 대전전위를 상당히 낮출 수 있게 되었다. 그러나 Si 웨이퍼는 금속오염이 적고 내약품성이 있는 절연물질로 취급되므로, 웨이퍼의 대전전위는 상당히 높아지고 있다. 또한 액정 디스플레이의 유리기판은 기판 자체가 절연체이므로 전도성 물체를 사용하여도 대전은 피할 수 없음을 알 수 있다.

##### 2. 전자부품, 조립품, 장비의 감수성

많은 전자부품들은 정전기가 발생하였을 때나 정전기 영향 내에 노출되면 파손되기 쉬운 감수성을 가지고 있다. ESDS 부품들은 정전기나 접지에 대해 부주의 하다면 파손되기 쉽다.

전자부품들은 접지점에 연결핀을 가지고 있으나 부품들이 조립된 부품들이나 장비들에 위치했을 때에도 ESD에 의해 전자부품들의 전원이나 신호원은 파손될 수 있다.

군 장비 전자 구성품의 규정한 표를 보면 MIL-STD-1688에서 규정한 전자부품들의 정전기전압 영향 등급별 범위는 표 1과 같다.

표 1. 전자부품들의 정전기 영향전압에 따른 분류  
Table 1. The classification of electronic component with static electricity voltage

감응 범위	부품 형태
Class - 1 (0~1,999 Volts)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Microwave Device (Schottky Barrier Diodes, point Contact Diodes, other Detector Diodes &gt; 1GHz)</li> <li>- Discrete MOSFET Devices</li> <li>- Surface Acoustic Wave(SAW) Devices</li> <li>- Junction Field Effect Transistors (JFETs)</li> <li>- Charged Coupled Devices(CCDs)</li> <li>- Precision Voltage Regulator Diodes (Line or Load Voltage Regulation &lt; 0.5%)</li> <li>- Operational Amplifiers(OP Amps)</li> <li>- Thin Film Resistors</li> <li>- ICs</li> <li>- Hybrids Utilizing Class 1 parts</li> <li>- Very High Speed ICs(VHS IC)</li> <li>- SCRs with <math>I_o &lt; 0.175A</math> at 100°C ambient</li> </ul>
Class - 2 (2,000~3,999 Volts)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discrete MOSFET Devices</li> <li>- Junction Field Effect Transistors (JFETs)</li> <li>- Operational Amplifiers(OP Amps)</li> <li>- ICs</li> <li>- Very High Speed ICs(VHS IC)</li> <li>- Precision Resistor Networks (Type RZ)</li> <li>- Hybrids Utilizing Class 2 parts</li> <li>- Low power Bipolar TR, PT <math>\leq 100mW</math> with <math>I_c &lt; 100mA</math></li> </ul>
Class - 3 (4,000~15,999 Volts)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discrete MOSFET Devices</li> <li>- Junction Field Effect Transistors (JFETs)</li> <li>- Operational Amplifiers(OP Amps)</li> <li>- ICs</li> <li>- Very High Speed ICs(VHS IC)</li> <li>- All other Microcircuits not included in Class 1 or Class 2.</li> <li>- Small Signal Diodes with Power &lt; 1W or <math>I_o &lt; 1A</math></li> <li>- General Purpose Silicon Rectifiers</li> <li>- SCRs with <math>I_o &gt; 0.175A</math></li> <li>- Low Power Bipolar TR. with 350mW PT &gt; 100mW with 400mA &gt; <math>I_c &lt; 100mA</math></li> <li>- Optoelectronic Devices (LEDs, Phototransistors, Opto Couplers)</li> <li>- Resistor Chips</li> <li>- Hybrids Utilizing Class 3 parts</li> <li>- Piezoelectric Crystals</li> </ul>

### V. 결론

인체 및 다른 전도성 물질로 구성된 물체들은 전기, 전자기적 모델링을 하게 되면 저항, 인덕터 및 캐패시터의 직, 병렬 연결회로로 표현 될 수 있다.

따라서, 마찰 및 방전 등의 요인으로 인해 생성된 전하

가 인체 및 장비에 충전되게 되며 이와 같이 전하로 충전된 인체 및 장비가 다른 물체에 접촉하는 순간 충전된 전하가 순간적으로 방전되는 현상을 정전기 방전이라고 한다.

이와 같은 정전기 방전 현상은 순간적인 전압상승을 야기 시키며 경우에 따라서는 아주 치명적인 손상을 입히게 된다.

사무실이나 산업체 환경에서 인체에 발생 가능한 정전기 발전량은 25kvolt 정도이며, 소형화된 각종 전자부품들은 이러한 정전기 방전에 의해 파손 될 수 있는 확률이 매우 높으며, 특히 많은 집적회로 부품들은 1~30kvolt의 적은 정전기 방전에도 쉽게 파괴된다.

헬기나 이와 유사한 회전익 비행체에서는 엔진으로부터 방출되는 이온에 의해 정전기가 발생되며 날개를 분리할 때 마찰전기가 발생되는데 이때 발생하는 정전기는 100pF 캐패시터에 300kvolt의 전하를 충전한 것과 같은 양의 전기이다.

이와 같이 정전기 방전 현상은 무기체계의 조립, 취급, 수송, 저장의 과정에서 쉽게 나타날 수 있는 현상일뿐더러, 언제든 치명적인 문제를 야기 시킬 수 있는 여건을 갖추고 있다.

따라서, 언제 발생할지 눈으로 확인할 수 없는 이러한 현상을 미연에 방지하기 위한 설계를 개발 초부터 고려함이 마땅하며, 각종 무기체계 개발 관련자들의 정전기 방전 보호를 위한 기본 교육 및 설계 지침을 제시하는 것도 바람직하다고 여겨진다.

특히 군용 전자장비의 조립, 제작, 수리를 전문으로 하는 업체나 부대에서는 정전기에 대한 대책을 수립할 수 있도록 규정과 지원을 해주어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] P. Richman, G. Weil, W. Boxleitner. "ESD Simulator Tip Voltage at the instant of Test", IEEE Symposium, July, 1990
- [2] Geoff weil, "Survey of Furniture ESD", 9th EMC Symposium, March, 1991
- [3] Warren Boxleitner, "ESD Testing of Equipment Matures", Review and Current Status Proc. of the IEEE Industrial Application Society Meeting,

July, 1990

- [4] Warren Boxleitner, "Frequency of Occurrence of ESD to Information Processing Equipment", 1989 EMC EXPO. Feb, 1990
- [5] P.Richman, "Process Report on a Different Kind of ESD Standard", 8th EMC Symposium, 1989
- [6] Technical Staff of Keytek, "Testing for Pulsed EMI Immunity", Keytek, 1992
- [7] Technical Staff of Keytek, "Designing for Immunity to Pulsed EMI", Keytek, 1992
- [8] Masamitsu Honda, Yoshimi Ogura, "Electrostatic Spark Discharges- Three Factors are Critical", EOS/ESD Symposium Proceedings, 1984
- [9] P. R. Bossard, R. G. Chemelli, B. A. Unger, "ESD Damage Triboelectrically Charged IC Pins", EOS/ESD Symposium Proceeding, 1984
- [10] 中材康宣, "정전기대책 기술 세미나", 한국 정전기연구회, 1988
- [11] MIL-HDBK-263A, "Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical and Electronic Parts", Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices) (Metric), May, 1980
- [12] MIL-STD-1686, "Electrostatic Discharge Control Program for Protection of Electrical and Electronic Parts", Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices) (Metric), 1988
- [13] MIL-STD-331A, "Fuze and Fuze Components", Environmental and Performance Tests for, 1989
- [14] Michel Mardiguian, "Electrostatic Discharge", Interference Control Technologies, Inc. 1986
- [15] 우형주, 이윤중, "최신 전자기학", 문운당, 1966

저자 소개

이 두 용(정회원)



- 2005년 한국기술교육대학원(공학석사)
- 2009년 서울벤처대학원(공학박사)
- 2006년 미국 스탠포드 나노기술전문과정 수료
- 2009년 육군정비장 전자자유도레이다정비관

• 2009년 호원대학교 국방과학기술대학 교수

<주관심분야 : RFID/USN 기술, 반도체소자, 이동무선통신, 신소재, 특수소재응용>

※ 본 연구 논문은 호원대학교 교내학술 연구비 지원에 의해 수행 되었음.