

# LSI 공장의 전자파 장애와 정전기 대책

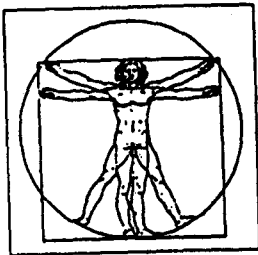
## 1. 전자파장애의 현상

### 1.1 주위 전자환경

#### (1) 방해계의 강도

방해원과 관측점과의 거리  $r$ 에 대해서 방해원을 거의 점으로 볼 수 있는 경우 공간 임피던스의 이론에 따라서 다음과 같이 된다.

$$\begin{array}{l}
 \left[ \begin{array}{l} \text{근접계} \\ \text{원방계} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{정전계} \\ \text{유도계} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{유도전계} \\ \text{유도자계} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \frac{1}{r^3} \\ \frac{1}{r^2} \\ \frac{1}{r} \end{array} \right.
 \end{array}$$



그런데 보통은 각 성분이 섞여있어서 예를 들면 계의 강도가  $\frac{1}{r^3}$ 에 비례하거나 한다.

#### (2) 송전선

근방에 특고압 송전선이 지나는 경우 송전선의 전선이나 애자로부터 발생하는 코로나잡음, 송전선에 타고 있던 전파가 전선이나 철탑에서 다시 복사되어 오는 잡음의 2종류가 있다. 그 방해의 상황은 전압에 따라서 달라진다. 대개 송전선으로부터 300~500 m 이내에서는 주로 500MHz 이하일때 상당한 문제가 발생하는 것으로 보면 좋다. 특히 주사형 전자현미경, 마이크로 어날라이저(micro analyzer) 등은 상이 변형되어 버려서 사용할 수 없게 되는 일이 많다. 크린룸을 매지와 절연하여 시일드(shield)해야한다.

철탑과 철탑의 중간에서는 수평편파가, 철탑의 근방에서는 수직편파가 강하게 관측된다. 즉 시일드실의 간격에 대해서 전자의

경우에는 수평방향의 슬리트 (slit)가 누설하기 쉽고 후자의 경우에는 수직방향의 슬리트가 누설하기 쉽다.

이와같은 전자환경은 LSI 공장에는 좋지 않다.

(3) 공중선

방송국이나 무선국의 매출력 안테나의 근방 수백  $m$  이내에서는 커다란 전자장해를 받을 염려가 있다. 특히 크린룸 실내의 기기의 반도체회로 등의 비직선부에 직접 침입한 전자계는 여기에서 불완전하기는 하지만 복조 (復調) 되어 출력단계에서 신호와 함께 증폭되어 특정부로 들어가서 오차로서 계측된다. 만일 전자임뮤니티가 낮은 기기가 있으면 IC나 LSI 등이 펑크나는 일도 있다. SSB (單側帶波 通信) 에 있어서도 가까이 에 파일러트 주파수에 가까운 잡음이 있거나 기기의 내부잡음 또는 그의 고조파가 파일러트주파에 가까운 경우에는 기기가 복조회로를 갖지 않아도 비직선부에서 복조되어 훌륭하게 수신된다. 따라서 이것이 오차로 나타난다.

톱링 (top ring) 형 안테나의 경우에는 수직편파가, 다이폴 (di pole, 雙極子) 안테나의 경우에는 수평편파가 강하게 관측된다.

대전력 송신용 공중선의 근방은 LSI공장의 입지로는 부적당하다.

(4) 근접계에서의 공진

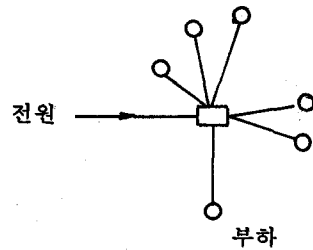
전술한것과 같은 경우에는 방해원으로부터 보아서 근접계로 들어가 버리는 일이 많다.

이때 공간 임피던스의 특이점 (변곡점, 극치등) 에서 공진 반공진을 일으켜서 한정된 공간영역에서 생각하지 못한 강한 계의 강도를 일으키는 일이 있다.

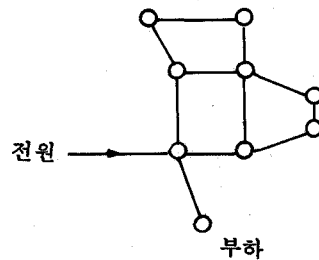
1.2 실내 전자환경

(1) 변압기

전원변압기는 배선에서의 저항손실을 최소화하기 위해서 건물의 중심부에 배치하는 것이 보통이지만 될 수 있는한 건물의 한쪽 구석에 설치하도록 해야한다. 자기시일드를 해도 수백~수  $m$  Gauß가 누설되어도 문제를 일으키는 일이 있기 때문이다. 특히 변압기의 주위에 가드판이나 수도관이 지나가면 이 누설자계는 훨씬 먼곳까지 전달된다.



(a) 좋은예



(b) 나쁜예 (루프를 만든다)

그림-1 전자장애를 생각한 전기배선

## (2) 전기배선에 의한 자계

콩크리트 슬라브등에 전기배선을 매입하는 경우 이로부터 발생하는 누설자계에 의해서 특정기동에 오차를 일으키는 일이 있다. 이것을 막으려면 콘딧드 (conduit) 배관은 후강 (厚鋼) 을 사용하고 반드시 구식의 나사 접속식으로 하고 8산 이상에 걸쳐서 불완전 나사부분을 조여서 접속한다. 프리커 튜브의 경우에는 될 수 있으면 접속부를 적게하고 접속부를 깊이 끼워둔다. 나사접속식 이외의 접속을 하지 말아야 한다. 이것이고 딜럭턴스로 되어 자기시일드 효과가 없어져 버리기 때문에 이 불연속부로부터의 누설 자속이 실내에 자계를 만들어서 각종 장애를 일으키기 때문이다. 이와같은 예는 반도체 시험실에 많다.

이것을 피하기 위해서는 배관의 이음을 나사접속식으로 하는 외에 바닥매입 배선을 피하고 천정매달기로 한다. 배선에는 될 수 있으면 전자 시일드 케이블을 사용해야 한다. 배선은 가능한한 루프를 만들지 않도록 해야 한다. 이때문에 그림 1과 같은 1점에서 분기하는 방식을 취한다.

## (3) 실내기기가 만드는 전자계

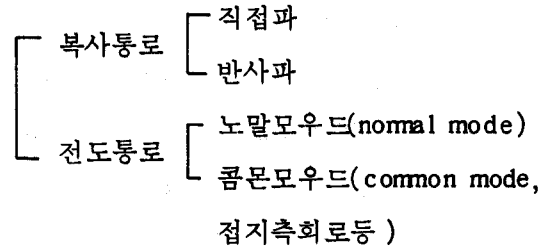
예를들면 퍼스널 컴퓨터의 앞에서 탁상계산기를 사용하면 CRT의 표시가 지워지는 일이 있다. 가해자측의 기기로는 가능한한 복사가 적은 것을 사용하고 피해자측의 기기로는 잡음에 의해서 오동작이 발생하지 않

는것을 사용하도록 노력하는 이외에 잡음에 강한 소프트웨어를 사용해야 한다. 예를들면 RAM은 최고 용량으로 사용하지 말거나  $24 = 2^3 \times 3 \text{ bit}$  를 사용하거나 또는 회로에 디지털 휠타를 조립하거나 한다.

## 2. 전자파 장애대책

### 2.1 방해전달 통로 (pass) 와 대책

방해전자계는 그림 2에 나타내는 통로에 의해서 전달된다.

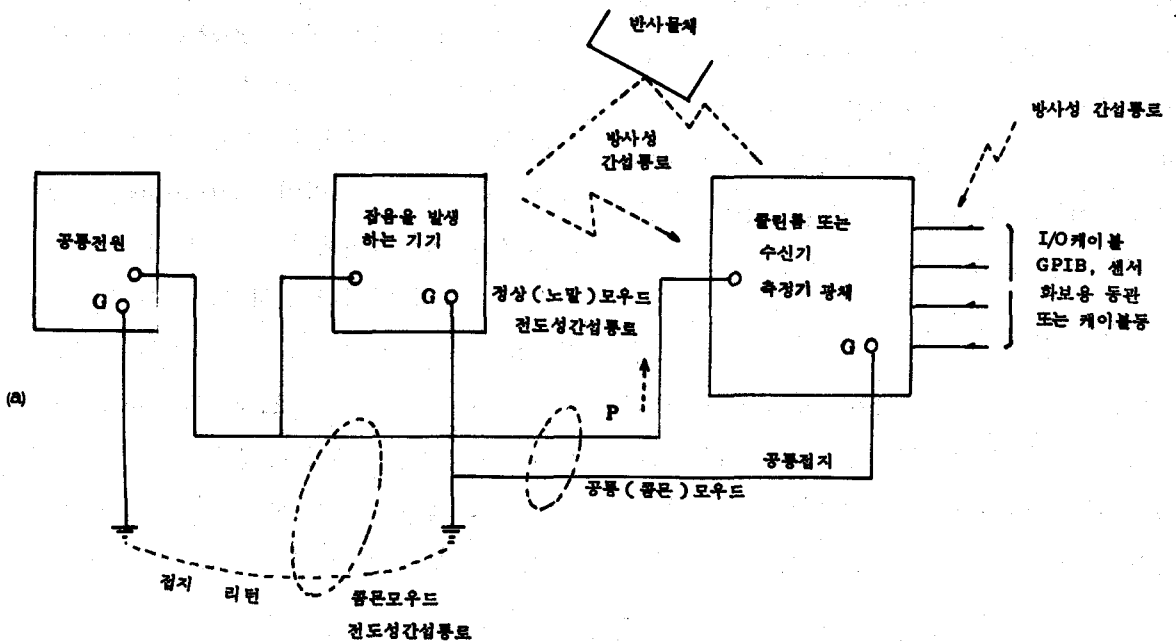


복사성 방해는 시일드실, 시일드 케이블 등에 의해서 해결한다. 이때 여러개의 시일드 케이블이 있을 때는 시일드층끼리가 루프를 만들지 않도록 접전 (接栓) 또는 단말 (端末) 의 곳에서 세공을 한다. 그의 한 예를 그림 3에 나타낸다. 크린룸을 시일드실로 하려면 시일드 바리어 (shield barrier) 를 접지로부터 절연해야 한다. 따라서 1점 접지를 하도록 하지만 접지선은 떼어둔다. 접지를 하면 전자시일드 효과는 M11-STD-285:NSA 65-5, -6:IEEE Recommended Practice 등에 의해서 측정할 때는 접지를 하지 않을 때와 의미가 있는 차이는 없는데 평면파법으로 측정할 때에는 접지를 하지 않을때보다 상당히 나빠진다. 직류와 고주파

의 경우에는 양상이 전혀 달라진다. 고주파적으로는 대지는 0전위는 아니다. 전자파는 대지로 숨어들고 접지극에서 포집되어 접지선을 통해서 시일드실내로 들어가는 것이다. ME관계 등에서 범규상 접지를 필요로 할 때에 접지선에 시일드 케이블을 사용하는 동시에 (시일드층은 접지극에 납땀하고 시일드실층은 개방) 접지용 윗타 또는 인덕터 (inductor)를 설치한다. 접지는 시일드에는 관계없이 오히려 해로우므로 절연이 시일드효과를 지배하는데에 주의해야 한다. 또한 시일드바리아에는 금속망은 현재의 전자환경에는 적용할 수 없으므로 금속박판이 사용된다. 동도금강판, 동과 강을 팩 롤 (pack roll) 한 박판은 대응주파수가 넓어서 시일드실로서나 광체 (筐體) 시일드로서나 추천할 수 있다. 자기시일드 바리아로서는 종래

고투자율의 판, 예를들면 파말로이가 사용되었으나 최근에는 자기시일드 효과는 [ 투자율 $\times$ 도전율]<sup>1/2</sup>에 비례하기 때문에 중투자율, 중도전율 합금쪽이 우수한 것이 알려져서 도전율은 좋지만 투자율은 상당히 낮은 합금 예를들면 Netic, Conetic 등이 사용되게 되었다.

전도통로에 대해서는 전원윗타, 신호용윗타 통신용윗타를 사용한다. 또는 효과는 떨어지지만 관통형 콘덴서를 사용하는 일이 있다. 윗타는 그림 4에 나타내는것 같이 시일드바리아에 밀접하게 설치하지 않으면 효과는 없다. 신호케이블등에서 윗타를 통하면 신호파형이 미적분되어 변형되어 버리는 경우에는 윗타 대신에 시페르토프(Sperrtopf)를 사용하면 효과가 있는 경우가 있다. 그림 4, 그림 5 참조



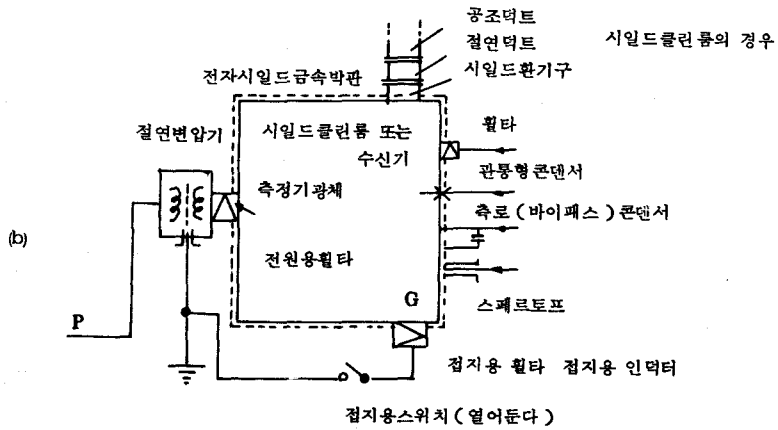
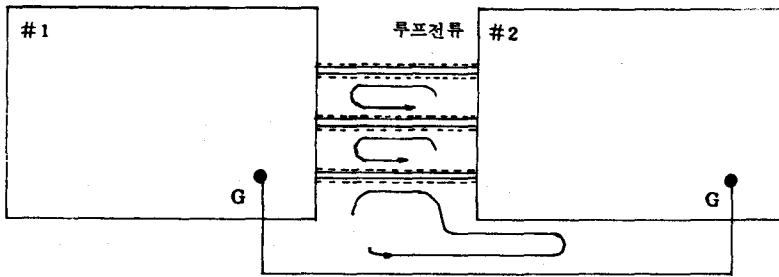
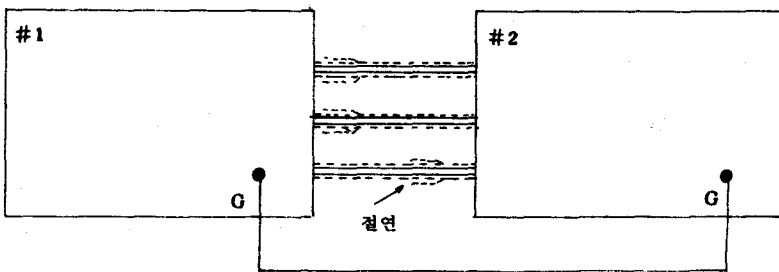


그림-2 방해전자계의 전달동로와 그의대책

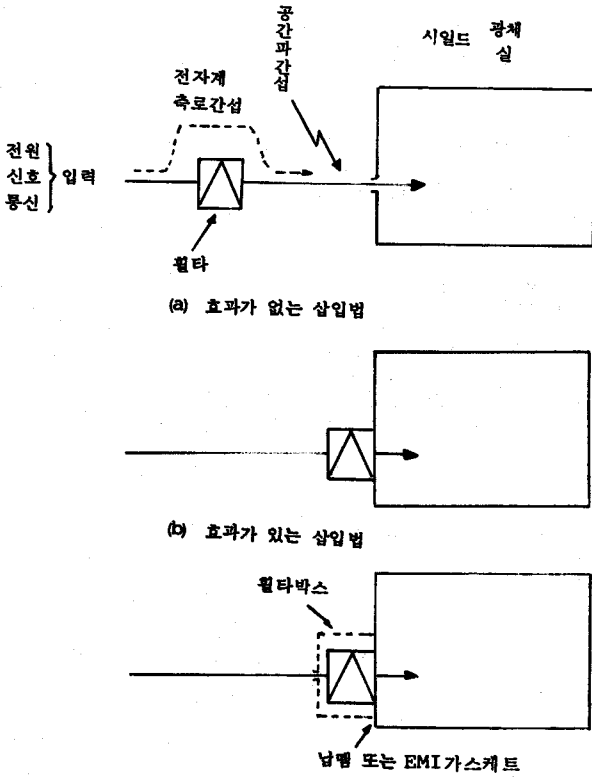


(a) 광채와 광채의 나쁜접속의 예  
(케이블의 시일드층을 통해서 루프를 형성하고 여기에 전류가 흘러서 유도장애를 일으킨다)



(b) 광채와 광채의 좋은 접속의 예  
(케이블의 시일드층을 중단시키고 절연하여 루프를 끊는다. 절연한 뒤에는 다시시일드층을 만들어서 시일드효과가 낮아지지 않도록 한다.)

그림-3 광채끼리의 시일드 케이블배선



(a) 효과가 없는 삼입법  
(b) 효과가 있는 삼입법  
(c) 가장 효과가 있는 삼입법  
그림-4 필터의 삼입방법

2.2 임뮤니티

임뮤니티는 전자방해에 대해서 얼마나 내성이 있는지를 계의 강도  $V/m$  또는 계의 강도레벨  $dB\mu V/m$ 로 나타낸것이다. 최근에는 평균적으로 보아서  $10 V/m (=140 dB\mu V/m)$ 가 요구되게 되었다. 외국에서는 민생기기의 경우에  $190 dB\mu V/m$ 가 요구되는 예도 있다. 현재도 군용기기의 경우에 MIL-STD-461B 관계에서는  $210 \sim 230 dB\mu V/m$ 나 되어 EMP/NEMPC 고고도 핵폭발에 따른 전

자펄스에 의한 폰지티브 녹아웃 (positive knockout 현상) 레벨의 임뮤니티가 요구된다.

임뮤니티시험은 TEM (티이이엠) 셀 (cell) 및 DIN-45 305 Teil 302에 의한 평행평판법이 사용되는 이외에 30MHz 이상에서는 옥외측정장, 전파반무향실내에서 역 1m법등으로 한다.

또한 에미션시험은 FCC에 의해서 보증 (Certificate) 된 옥외측정장 또는 허용 (Accept) 된 전파반무향실에서 한다. 이 두 가지 시험은 여러가지의 주파수에서 하지만 특히 컴퓨터의 시계주파수에 대해서는 반드시 해를 필요가 있다.

3. 정전기 장애

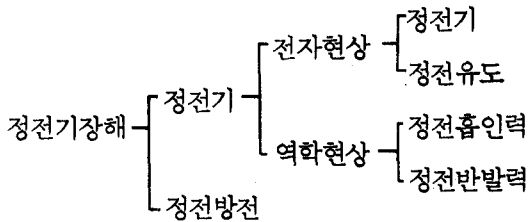
3.1 정전기의 발생

정전기의 발생기구에 대해서는 생략하지만 현상론적으로 보면 정전기의 발생은 2개의 물체의 접촉 또는 탈락에 의해서 나타난다. 이 2개의 물체는 같은것 끼리이면 한쪽이 유전체, 한쪽이 도전체이면 유전체끼리이면 도전체끼리이면 또는 이들이 기체, 액체, 고체이면 발생한다. 다만 금속체끼리인 경우에는 전자 또는 이온의 이동이 급속하게 되므로 관측이 곤란하기 때문에 옛날에는 금속체끼리는 정전기는 발생하지 않는 것으로 생각하였다. 그러나 스크류와 캡과의 사이 등에서 조건에 따라서는 정전기에 의한 불꽃방전을 볼 수 있다.

여기서 주의해야 할것은 마찰은 정전기발생의 충분조건이지 필요조건은 아니라는 것이다. 접촉이나 또는 탈락만이 필요조건이다. 소자(素子, element)를 막기만 하고 아무런 마찰을 필요로하지 않고 소자가 정전과괴되어 버리는 일이 있다. 마찰은 접촉과 탈락의 연속으로서 효율이 좋은 정전기 발생 방법이다.

### 3.2 정전기장해

정전기장해의 원인은 다음과 같이 분류할 수 있다.



정전기는 Electrostatic charge이고 정전방전은 Electrostatic discharge (ESD)로서 대책이 다르다.

정전계는 정전하 자신이 만든 계로서 계의 강도는  $\frac{1}{r^2}$ 에 비례하는 것이 특징이다. 여기서 r은 원(源)과 관측점과의 거리이다. 정전시일드에 의해서 해결할 수 있다.

정전유도는 계의 강도가  $\frac{1}{r^2}$ 에 비례하는 것으로서 릴레이의 오동작, 반도체소자의 파괴등의 원인으로 된다.

정전흡인력은 외부에서 인가된 정전계에 따라서 발생하는 것으로서 먼지의 흡인에 의한 오손, 미립자의 부착이나 미립자끼리의

응집, 가는 망이나 체 등의 막힘, 박편의 흡착이나 박리(剝離)곤란, 의류의 먼지부착 슬립의 권상(捲上), 지시계의 지침의 진동등의 이상을 일으킨다.

정전반발력은 미립자의 배합불능, 분체의 도장불능, 방적, 인쇄공장에서의 여러가지 문제를 일으킨다.

정전방전에 의한 장애로는 인체에대한 전기쇼크와 같은 생리현상이나 가스, 분진, 금속미분말등에 대한 착화 내지 폭발등과 같은 화학현상, 펄스성 잡음, 클릭잡음과 같은 전자현상에 의한 것이 있다. 그리고 잡음전자계는 근접계와 원방계로 구분된다. 전자는  $\frac{1}{r^2}$ 에 비례하고 후자는  $\frac{1}{r}$ 에 비례한다. LSI 제조공장에서는 인체의 정전기가 문제된다.

### 3.3 ESD와 EMI

정전방전 ESD와 전자방해 EMI를 각각 집합으로 생각하면 그의 차 집합은

$$[EMI] \cap [ESD] = \{x \mid x \in [EMI] \text{ 또한 } x \in [ESD]\} \dots \dots \dots (1)$$

그리고 이 차 집합에 주목하는 한 ESD에 의한 방해현상 및 대책은 EMI의 일부로서 취급된다. 그림 6 참조

### 3.4 임뮤니티

#### (1) 전자임뮤니티

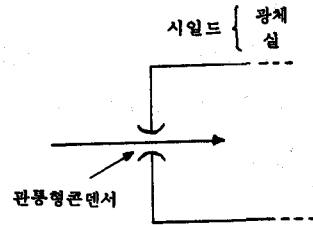
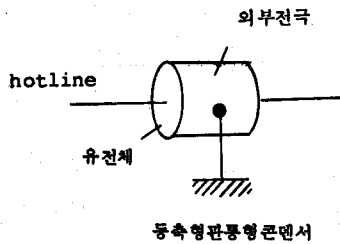
소자, 부품, 장치, 설비, 서브시스템(sub system), 시스템이 전자방해를 제거할 수

있는 능력 또는 전자기 내(耐)잡음감도를 전자임뮤니티 (Electromagnetic Immunity(英), die elektromagnetische Einstrahlungfestigkeit(獨))

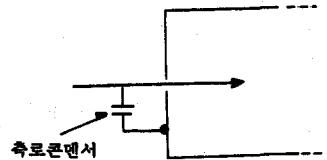
라고 한다. Immunity는 원래 면역성이라는 의미이다.

Fest는 영어의 fast에 해당하고 굳다는 뜻이며 Festig는 견고도, Festi-

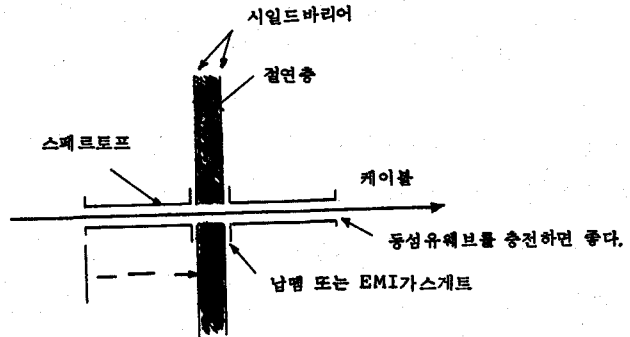
(a) 관통형콘덴서  
Feed Through Capacitor



(b) 축로콘덴서  
Bypass Condenser



(c) 스페르토프  
(2중시일드를 설치한예를 나타낸다.)  
Sperrtopf



(d) 웨이브가이드  
(2중시일드를 설치한예를 나타낸다.)  
Waveguide

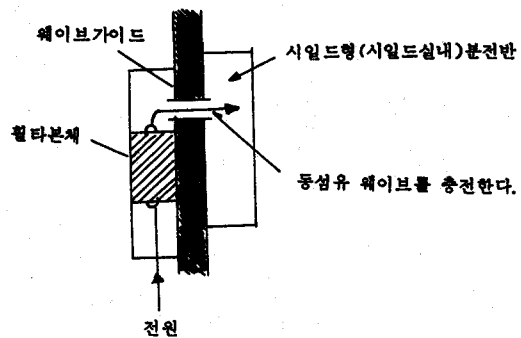


그림-5 보조적인 고주파 단락법



gkeit는 견고성이라는 뜻이다.

전자감수성 또는 전자서셉트어빌리티(Electromagnetic Susceptibility (英), die elektromagnetische Suszeptibilität oder Zugänglichkeit; Empfanglichkeit(獨))는 임뮤니티의 역관수가 되지만 역수는 아니다.

$$f(\text{susceptibility}) = f^{-1}(\text{Immunity}) \dots \dots \dots (2)$$

서셉트어빌리티가 좋으면 임뮤니티는 나쁘다. 구주계 및 일본에서는 임뮤니티가 주로 사용되고 미국에서는 서셉트어빌리티가 주로 사용된다.

서셉트어빌리티란 기기, 서브시스템, 시스템이 전자복사에 노출될때 희망하지 않는 응답이 나타나는 정도를 말한다.

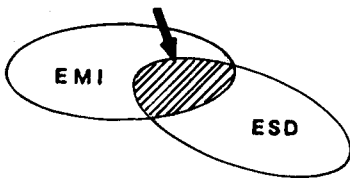


그림-6 ESD와 EMI

SAE J11 3a에 의하면

감수성	전도성 감수성	50 KHz ~ 100 MHz
		반복성 스파이크 (spike) 계의 퇴화, 부하의 급단 (急斷)
	복사성 감수성	자계 : 30Hz ~ 15KHz
		전계 : 14KHz ~ 200MHz 평면파계 : 200MHz ~ 1 GHz

(2) ESD 임뮤니티

ESD에서는 EMI와 같이 전도성 방해와 복사성 방해의 2가지 문제가 있다. 그러나 ESD고유의 문제와 임뮤니티 시험방법이 있으므로 간단하게 설명하기로 한다.

① 전도성방해

전원선 방해발생 시뮬레이터

- 펄스성 방해발생기 (Noise Simulator)
- S W C (Surge Withstand Capability) 시험기
- MIL-STD-461B CS06 스파이크 발생기
- 버스트 (burst) 시험기
- 우뢰서지 (surge) 발생기
- 링잉서지 (ringing surge) 발생기  
전원전압 순간차단
- Voltage Dip 발생기

② 복사성 방해

정전기 발생기

- 임펠러방식
- 콘덴서방식
- IEC방식 (案)

여기서 임펠러방식은 IBM에서 개발한것인데 일본에서는 이것이 보급되었다. IEC 방식의 안 (案)의 경우에는 유럽권에서는 +1.5KV의 방전시험이 제안되어 있으나 미국에서는 +1.5KV ~ +30KV의 시험을 규정 한 사내규격을 제정한 곳이 많다. 이것은 첫

째로 그 나라의 기상환경에 따른 것이다.

다음에 대표적인 각종 소자 (素子)나 디바이스 (device)의 ESD감수성의 예를 표1에 나타낸다.

3.5 반도체와 정전손상

반도체소자, 디바이스 전자부품의 소형화는 멈출곳을 알 수 없으나 특히 간격 (極間)이 좁은것은 정전계에 노출되거나 다른 장소에서 정전방전이 발생하거나 소자나 디바이스자신의 단자사이나 전극사이에서 정전방전이 발생하거나 하면 핑크나는 일이다. 1본의 핀이 정전기에 의해서 충전되고 다른 핀이 부동 (浮動) 접지로 되어있는 경우에도 손상을 받는 경우가 있다. 이것은 부동접지로 해 두어도 표유 (漂遊) 용량에 의해서 상당히 낮은 임피던스에서 샤시접

지되어 버리기 때문이다. 부동접지가 아니고 결선에 의해서 직접 샤시접지를 한 경우에는 손상은 매우 크게된다. 또한 절연체로 패키지 (Package)된 MOS-LSI가 후로팅 (floating)으로 두어져있는 경우에까지도 냉각제를 패키지에 스프레이하는 것 만으로 정전기를 발생하고 이것에 의해서 손상을 받는일이 있다. 따라서 이와같은 공정 및 수송시나 포장시에는 소자나 부품 등의 히드선은 기관의 도전체에 접지하여 둔다. 이를 위해서 션트 (shunt)클립이나 션트캡은 유용하다.

ESD에 의한 손상의 형태에는 다음과 같은 종류가 있다.

(1) 소프트손상

- 작동중의 정보의 이탈
- 에러 (error) 신호의 발생
- 장치기능의 일시적인 장애

(2) 하드손상

- 순간파괴
- 시한파괴

ESD에 노출될때에는 극히 작은 손상을 일으킬뿐이지만 서서히 진행해서 시스템에 가해질때 썸이나 조금뒤에 브레이크다운 (break down)에 이르는 것이다.

전자디바이스에 대한 정전손상은 예를들면 대전된 사람이 만지거나 하는것과 같은 대전된 도전체로부터 디바이스를 통해서 급

표 1. 각종소자 device의 ESD감수성

device	감수성
V MOS	30 ~ 1,800
MOS FET	100 ~ 200
GaAs FET	100 ~ 300
EP ROM	100
J FET	140 ~ 7,000
SAW	150 ~ 500
OP-AMP	190 ~ 2,500
C MOS	250 ~ 3,000
Schottky Diodes	300 ~ 2,500
Film Resistors (Thick, Thin)	300 ~ 3,000
Bipolar Transistors	380 ~ 7,000
ECL	500 ~ 1,500
SCR	680 ~ 1,000
Schottky TTL	1,000 ~ 2,500

속하게 방전하는 것에 의한 경우가 대부분이다.

방전은 디바이스의 작은 저항영역을 통해서 과도 대전류 서지로 되어 반도체재료의 과열을 일으켜서 용융시켜 버린다. 이 기구 (mechanism)는 주로 바이폴라 (bipolar) 디바이스와 박막저항체에 발생해서 손상을 계속시킨다. 디바이스를 통하는 방전전류의 통로는 디바이스를 플라스틱과 같은 절연체속에 넣어버리므로서 차단할수 있다. 만일 대전되더라도 플라스틱은 불량도체이므로 그의 에너지를 디바이스를 통해서 방전할 수는 없다.

그러나 대전된 절연체는 전계를 발생하므로 만일 시일드 (shield, 차폐) 되어있지 않은 절연체를 사용하면 디바이스에 손상을 준다. 이와같은 디바이스는 “전계감수성 (sensitive)”라고 한다. 그런데 오늘날 사용되는 최근의 마이크로 일렉트로닉스 (micro electronics)와 직접회로는 대부분이 전계감수성이다. 1970년 이래 MOS 직접회로가 발전을 거듭하고 있으나 MOS 구조를 갖는 디바이스는 정전손상에 대해서 사람이 느끼지 못할 정도의 레벨에서 까지도 아주 민감한 것이 알려졌다. 이와같은 디바이스는  $10^9 \Omega$  이상의 높은 입력저항을 갖고 있기 때문에 어떤 과도전류도 되해야 하는 것이다. 그러나 최근 고장의 기구는 금속화된 게이트 (gate) 밑의 산화물 절연층의 절연파괴라는 것이 알려졌다. 그

렇지만 MOS 디바이스의 정전기 서셉터어빌리티는 실리콘 게이트를 금속게이트로 바꾸면 4~5배나 상승한다고 한다.

만일 대전된 도체가 디바이스의 리드 (lead)에 접촉하면 도체의 전하는 디바이스 텡으로 이행되어 아주 높은 전계를 만든다. 절연층이 브레이크다운된후 도체의 전하는 유기 (誘起) 내부전류에 가해져서 도전통로를 가열하여 간간히 금속부분을 용융시킨다. MOS FET에 있어서의 반도체 기반층의 게이트단락은 이와같이 해서 일어난다.

2개의 도전성부분이 얇은 절연체를 거쳐서 분리되어 있는 것과 같은 디바이스는 정전기에 의한 전계에 대해서 큰 약점을 갖는다. 오퍼레이팅 앰플리파이어 (operating amplifier)에 있어서의 디스크 리드 콘덴서 및 절연층에 의해서 분리되어 있는 어저스트먼트 (adjustment) 층속의 2분의 금속화라인사이의 영역을 예로 들수있다. 이 영역은 간간히 Metallization Crossover라고 한다. 이것은 단지 소용량 콘덴서로 생각하면 좋다. 이와같은 Crossover는 바이폴라와 MOS IC와의 양쪽에 존재한다. 오퍼레이팅 앰플리파이어의 1 텡 MOS 콘덴서는 패키지의 편에 직접 접속되어 있기 때문에 이 편에 정전기가 인가되면 콘덴서의 유전체는 브레이크다운을 잘 일으킨다. 바이폴라의 디지털 디바이스의 경우에도 다이오드 및 결합의 퇴화에 의해서 파괴를 일으킨다. 특히 쇼트키 (scho-

ttky) TTL은 표준 TTL에 비해서 약  $\frac{1}{4}$ 의 에너지로 브레이크다운된다.

표 2. 정전기 서셉터빌리티의 스텝시홀드전압

device	품목번호	열화 스텝시홀드 전압(kv)
Schottky Diode	1N5711	0.3
RF Transistor	2N2857	1.5
C MOS NOR Gate	TR4000	1.0
TTL NAND Gate	7400	1.5
	74S00	1.0
	74LS00	1.0
OP-AMP	LM101	0.75
ECL OR/NOR Gate	10518	1.5
N Channel MOS FET	2N3631	0.1
N Channel J FET	2N5524	3.0
1K C MOS RAM	0518	0.75
1K N MOS ROM	2401	0.75

표 2에 1.5 KΩ, 117.5 pF의 직렬회로에서 인체를 시뮬레이트할때의 시험에 있어서의 서셉터빌리티의 스텝시홀드(threshold) 전압을 나타낸다.

에 있다. 그리고 이 정전기의 발생으로부터 소멸의 과정에서 여러가지 형태를 거쳐서 결과적으로 장해를 일으킨다.

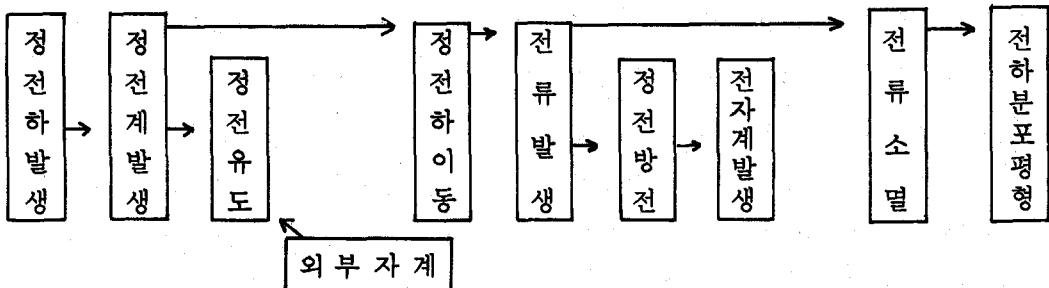
그리고 정전기장해의 정도는 정전기의 양 정전기 발생에서 소멸까지의 시정수에 따라서 결정된다. 다시말하면 전하량과 그때의 시간적특성에 따라서 정전기 장해 방지 대책을 평가할 수 있다.

4. 정전기 장해 대책

4.1 정전기 장해 방지대책의 평가

(1) 평가요소

정전기가 일으키는 장해의 원인은 정전하



(2) 정전기방지 규격

① F S

Federal Test Method standard  
No. 101 C, Method 4046

② M I L

MIL-B-81705B, Barrier Materi-  
als, Flexible, Electrostatic -  
Free, Heat Sealable, 15, August,  
1974

③ N F P A

National Fire Protection A-  
ssociation, Code 56 - Standard  
for The Use of Insulation Antis-  
tatics(1973), para, 466. Antista-  
tic Accessories and Testing.

④ E I A

Electronic Industries Asso-  
ciation Interim Standard, p.  
N. 1525. Packaging Material St-  
andards for Protection of E-  
lectrostatic Sensitive Devi-  
ces

⑤ D O D - H D B K - 263

Electrostatic Discharge Co-  
ntrol Handbook for Protection  
of Electrical and Electronic  
parts, Assemblies, and Equipm-  
ent(Excluding Electrically-  
Initiated Explosive Devices)  
2, May, 1969.

⑥ 정전기 안전지침

노동성 산업안전연구소 1978 년 10 월

(3) ESD 시험 지표 ( 指標, parameter)

① 인체모델

종래 그림 7(a)에 나타내는 것과 같은 R  
C 직렬회로가 인체에 대한 ESD 기본모델  
로서 사용되어 왔다. IEC가 추천하는 인  
체모델도 여기에 준하는 것이다. 이것을 그  
림 7(b)에 나타낸다. 최근에는 고밀도 실  
장 ( 實裝 ) 이 발전되고 있는 중이어서 Ga-  
As, SOS, 세라믹기판이 급속하게 발달하  
였다. 그리고 ESD현상의 시험감도를 상승  
시키기 위해서 각종의 복합인체 모델이 개  
발되었다. 그림 7(c)에 다중펄스에 대응하  
는 모델 그리고 그림 7(d)에 펄스입상 ( 立  
上 ) 과 오버슈트 ( over shoot ) 를 포함하  
는 확장다중펄스에 대한 회로를 부가한 모델을  
나타낸다.

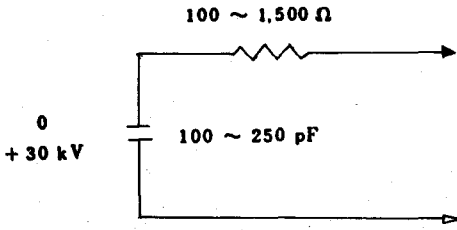
② 최고 시험전압

현재 IEC는 15 ~ 30KV를 권장하고 있다.  
IEC TC 65/WG4는 최저 15 KV로 되어  
있다. 문헌에는 25 ~ 30 KV가 많이 나타  
난다.

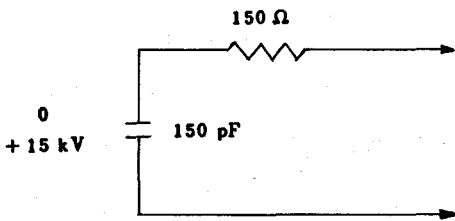
③ 시험전압 극성

ESD는 양극성 모두 발생한다. 그리고 오  
퍼레이팅 앰플리파이어와 같은 바이폴라 직  
적회로에서는 양쪽의 극성에 센시티브 ( 감  
수성 ) 이다. IEC의 안은 유니폴라에 대해  
서 (+) 출력전압을 결정하고 있는 것이지만  
바이폴라의 경우 (+), (-) 양극성의 과전

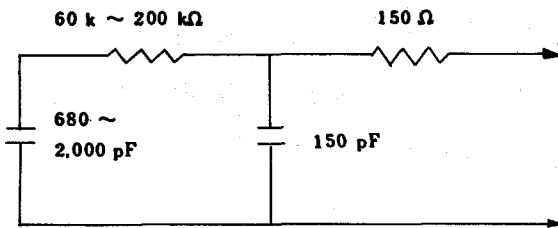
시험이 요구되게 되는것은 피하기 어렵다고 생각된다.



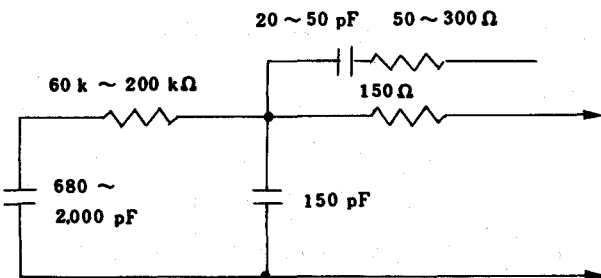
(a) 인체에 대한 기본모델



(b) IEC권장인체모델



(c) 다중펄스에 대한 인체모델



(d) 펄스입상과 오버뉴트플 포함하는 확장다중 펄스에 대한 인체모델

그림-7 ESD에 대한 인체모델

④ 단일쇼트 (shot) 와 반복펄스

현재는 단일쇼트로 과전 (課電) 하고 있으나 앞으로는 반복펄스를 인가하는 경향을 나타내고 있다. 이런 경우에는 EUT에 있어서의 ESD감도와 내부 타이밍 사이클의 관계의 점검을 통계적으로 처리하여 둘 필요가 있다. 그러나 이 통계량을 얻으려면 적어도 수백회의 시험을 해야한다. 만일 극치분포로서 취급해야 하는 경우에는 수천회 내지 수만회의 시험이 필요하게 되어 실용적이 못된다. 또한 시험율 (rate) 이 너무 크면 평균전력을 넘는 기회가 많아져서 디바이스를 손상시킬 가능성이 증가 한다. IEC의 시험반복율은 20 발 4 초인데 대부분의 경우 너무 크다는 비판이 있다.

(4) 정전기 측정기, 시험기

정전기에 관한 물리적인 측정기로는 다음과 같은 것이 있다. ESD가 원방계에 들어가는 경우에는 일반적인 EMI의 측정과 같게된다.

정전전압계 정전전위계 (Electrostatic Locator, Static Event Detector)

정전전하량 측정기 (Nanocoulomb Meter) (파라데이 컵 사용)

정전전압 감쇄특성 측정기 (Static Decay Meter)

감쇄시간

- { MIL..... 2 초
- { NFPA..... 0.5 초

정전 방전시험시스템 ( ESD Test System, ESD Simulator )

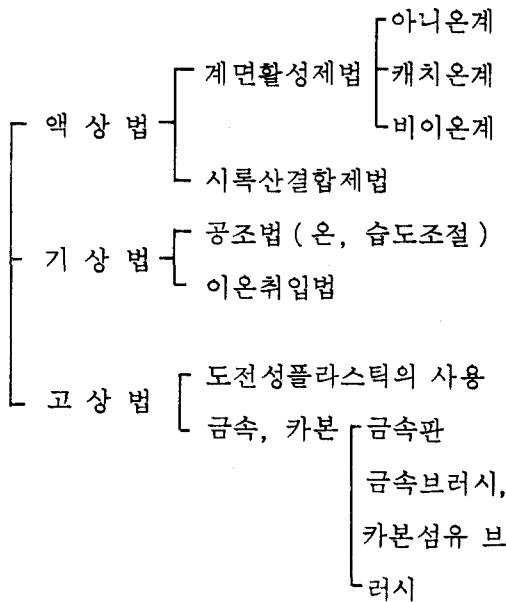
ESD검출기

일본유니백, 三基전자개발의 것등(그림 8)

#### 4.2 정전기장해 대책

##### (1) 대전방지법

클린룸내의 바닥, 작업대, 공구, 인체, 제품, 운반설비 및 제품이 대전되지 않도록 하기위한 방법으로서 다음과 같은것이 있다.



정전기의 발생은 재료의 표면뿐만이 아니고 두께도 관계된다. 즉 체적효과가 문제가 된다. 클린룸내에서 정전기를 발생단계에서 방지하는것은 불가능에 가깝다. 따라서 바닥이나 작업대의 테이블 매트, 의자카바, 신발등에 도전율이 낮은 재료를 사용해서 발생한 정전하를 급속하게 확산시켜 버리거나 (고상법) 또는 약제를 사용해서 공기중의 이온을 이용해서 정전하를 중화하여 버리거나

(액상법) 또는 이온발생기에 의해서 발생하는 이온을 취입해서 정전하를 중화시키면 좋다. (기상법)

클린룸 또는 클린벤치상의 공기의 상대습도를 최적조건으로 하는것도 기상법의 하나이다. 이것을 그림 9에 나타낸다. 전파흡수체를 설치한 실(室)에서는 24시간×365일 공조를 해야한다.

이중 시록기산 결합제는 중합도를 조절함으로써 표면을 굳게하거나 연하게 할 수 있으나 반도체 제조의 경우에는 Si가 불순물로서 들어갈 위험성이 있으므로 용도에 제한이 있다. 액상일때는 약간의 냄새(異臭)도 있으나 건조와 동시에 소실된다. 비교적 중합도가 높은 시록기산 결합제는 표면을 평활하게 하는 작용이 있으므로 클린룸의 바닥등에 도포하면 신발이나 운반차 바퀴와의 마찰을 감소시키므로써 정전기의 발생 그 자체를 감소시키는 부차적인 효과도 기대할 수 있다. 계면활성제중 스테디 사이드는 30년에 가까운 실적을 갖고 있는데 스페이스 셔틀에 사용된 가장 효과있는 정전기 액상 중화제로서 알려져 있다. 군용으로 미국에서 개발된 것이지만 특히 반도체 제조용 클린룸에는 없어서는 안될 것으로 되어있다. 무독시험을 비롯해서 가장 데이터가 갖추어져 있고 식품등의 포장공업에도 많이 사용된다.

다만 고무의 소련(素練)이나 롤런(ro-ll 練), 비닐등의 롤런등에서 발생하는

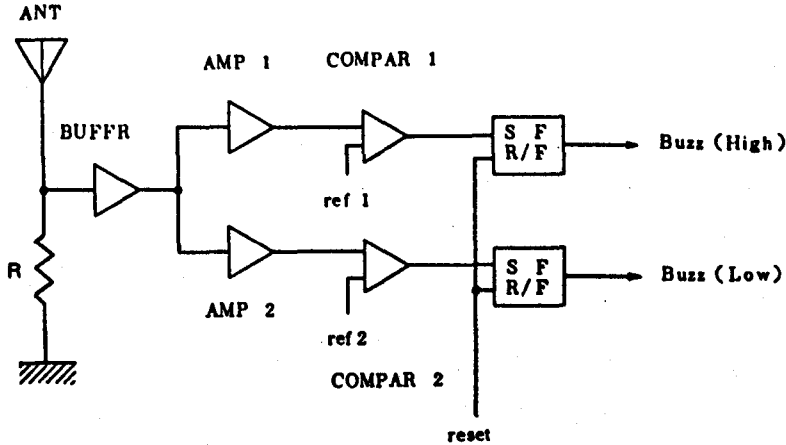


그림 - 8 일본유니팩 / 삼기전자 ESD검출기

정전하에 의한 ESD는 액상법은 함께 혼련되어 버리기 때문에 사용할 수 없다. 이와 같은 때에는 이온화된 공기를 취입해서 기상증화에 의한다. 만일 도전브러시를 사용할 수 있으면 이것에 의한다. 도전브러시는 금속 또는 카본의 지지틀위에 금속섬유 또는 카본섬유를 일정한 간격으로 심을것이다. 일반적으로 카본섬유 브러시의 쪽이 금속섬유 브러시보다 안정하에 좋은 결과를 준다.

클린룸의 바닥을 도전성 비닐파일등으로 마감(仕上)할 때에는 바탕에 두께 0.036mm, 폭 25mm정도의 전해동박 테이프를 300mm정도의 피치로 중횡으로 흘리고 격자점을 남뎌해서 도전매트릭스를 형성하여 두면 아주 효과가 있다. 카페트를 깔때는 여기에 스테인레스섬유나 알루미늄섬유를 짜 넣은것도 시판되고 있다. 중요부분에만 접지선을 접속한 도전성 바닥재(floor mat)를 사용하는 일도 있다.

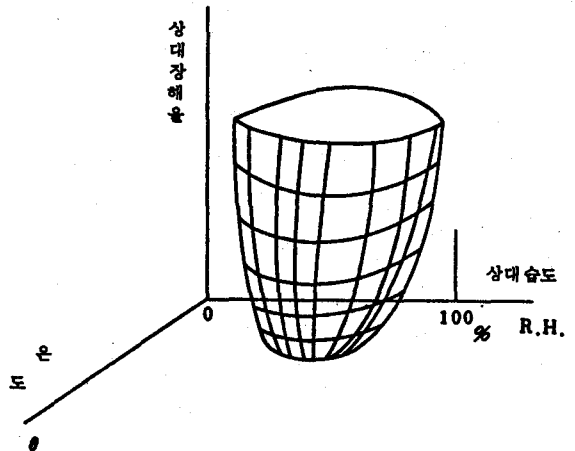


그림 - 9 온도, 상대습도와 상대장해율

이외에 작업대용으로서 도전성 플라스틱 매트,리스트 스트랩, 의자카바, 에프롱, 소매(서랍)카바, 팔뚝(arm)카바등이 사용된다. 작업복 관계에서는 제전복(制電服)이라고 부르기도 하는 작업복, 작업모, 작업장갑, 삭스(socks) 셔츠등이 운반관계에서는 시일드백, 트레이(tray)등이 사용된다. 이들은 도전성 플라스틱으로 만들거나 카본섬유를 혼방하거나 또는 보통의 텍스타



일에 계면활성제를 합침시킨것 등으로 만들고 있다. 카본섬유는 모노 필라멘트로서 합성섬유와 연사(撚絲)하거나 동시방적하거나 하는 이외에 카본 모노 필라멘트를 수지로 짠 섬유가 듀폰사에서 개발되었고 일본에서도 6개회사가 같은 아이디어로 만들고 있다. 베어스 폴리머는 6-10 나일론, 아크릴 폴리에스테르 등인데 이들의 일부는 흰 도전성섬유로 알려져 있다.

또한 시일드효과를 거의 기대할 수 없는 도전성 플라스틱이 정전기 대책으로서 유용하다는데에 주의해야 한다.

## (2) 의(擬) 시일드

예를들면 그림 10 (a)와 같이 대전체 A가 예를들면 반도체 칩 B에 가까워질때 B는 심한 전계에 노출되어 파괴되어 버리는 일이 있다. 이때 A와 B의 중간에 금속판을 삽입하면 전계는 그림 10 (b)와같이 되고 B에 가해지는 전계강도는 평균화되어 적어져서 정전손상으로부터 보호된다. 이때 금속판 M은 샴시에 접속되지 않고 부동(浮動)되어 있다. 이런 의미에서 의시일드(Pseudo Shield)라고 한다. 간단하고 효과가 큰 정전기 대책으로서 근년에 많이 사용되게 되었다.

## (3) 자계와의 교대작용

자계의 존재하에서는 정전하는 전류로서 유실되기 어렵게 되고 지두관수적으로 누적되어 버린다. 광체(筐體)의 냉각팬 모터

전원변압기등으로 부터의 누설자속은 자기시일드를 함으로서 가능한한 막아야 한다.

## (4) 접지

정전기대책으로서 샴시에 저임피던스로 접지하는것은 필요하고 효과가 있다. 그러나 이 샴시를 대지에 접속하는것은 경우에 따라서는 이것이 전자장해의 원인으로 되는일이 많다. 대지에 접지를 하는 경우에는 광체, 클린룸등을 대지에 대해서 충분히 고주파절연해서 1점 접지를 하지않으면 안된다. 다중접지로 하면 이익보다도 해가 많다.

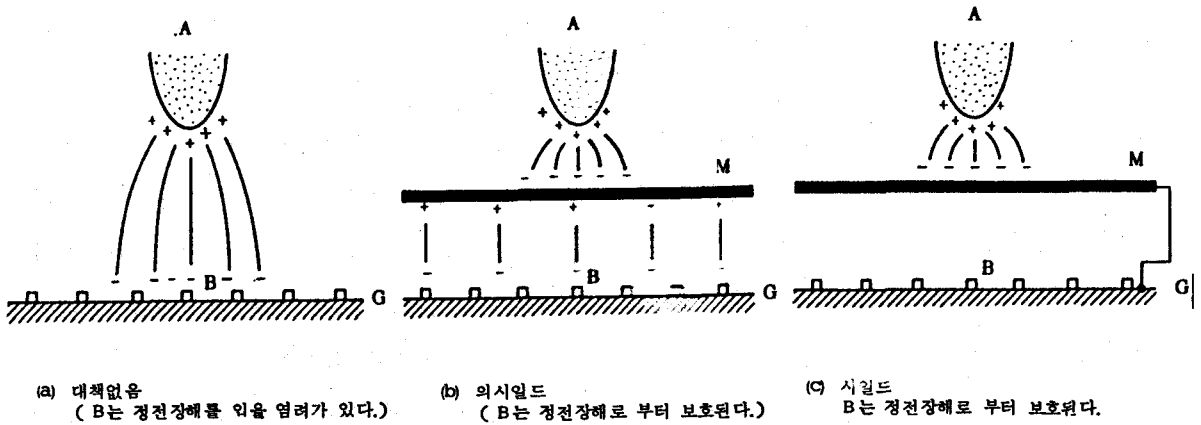
접지는 정전기대책으로서 본질적인것이 아니고 제한된 조건하에서 밖에 효과가 없고 오히려 접지를 함으로서 접지극으로부터 전자파(계)가 침입해서 시일드효과를 낮추어서 전자장해의 원인이 되는일이 많으므로 충분히 음미하고 나서가 아니면 해서는 안된다.

정전기대책으로서 본질적인것은 이온중화법인데 모든 경우에 유효하고 접지를 전혀 필요로 하지 않는다는 것에 주의해야 한다. LSI 공장으로서 바닥 이외에 콘베이어등에 이 방법을 추천하고 싶다.

## 5. LSI공장과 EMI, ESD

### 5.1 LSI 공장의 입지조건

LSI 제조공장으로서는 전자환경이 고요한것이 좋다. 따라서 특별고압 송전선에서 적어도 500 m~1 km 이상 떨어져 있을 것, 방



송국 안테나나 군의 무선통신 안테나등에서 적어도 몇 km 이상 떨어져 있을것, 철도 및 공항에서 몇 km 이상 떨어져 있을것이 필요하다. 그러나 특고송전선이 통과하는 곳은 땅 값이 싸고 공업단지는 대부분은 이점이 고려되어 있지 않으므로 공장을 건설하는 경우에는 일단 전계강도 및 잡음 전계강도를 측정해서 판정하면 좋다. 특히 특고송전선은 송전용량을 증가시키기 위해서 첩탑을 높게 하고 승압하는 경우가 많으므로 주의해야 한다. 라디오방송용 안테나는 대부분은 튜링안테나를 사용한다. 현재 방송하고 있는 주파수가 하나라도 몇년뒤에 분파기를 설치하여 몇개 주파수의 방송을 개시하는 일이 있으므로 좁은 대역의 휠타등으로 공진형의 대책을 세우면 그때가 되어서 많은 액수의 비용을 강요당하는 일이 있다. 또한 뒷날 출력을 증가시키는 일이 있으므로 이와같은 안테나의 근방은 피하는것이 좋다. 예를들면

공중선출력 500 kw의 튜링 안테나로부터 1 km 떨어진 지점에서는 전계강도는 10V/m, 전계강도 레벨로 140 dB $\mu$ V/m를 넘어버린다. RC조의 건물에서는 실내는 이보다 몇 데시벨 낮아지지만 창문옆 및 철근이나 접지된 금속구조체의 부근에서는 전계강도는 그다지 낮아지지 않는다. 고주파의 경우에는 직류와 달라서 접지를 한 금속체는 결코 0전위는 아니고 대지측을 0전위로 해서 다른 부분은 고주파적으로 고전위로 된다. 즉 접지형 공중선으로서 동작한다. 시령이나 출입구 모퉁이도 또한 공중선효과를 나타낸다. 창문의 샷시는 아주 좋은 루프안테나로서 동작한다. 샷시는 보통 철근과 몇군데에서 용접되어 직류적으로는 대지전위지만 고주파의 경우에는 전혀 양상이 달라진다. 현재 CISPR에서 전자천칭의 전자임뮤니티를 10 V/m로 하는것이 심의되고 있다. LSI의 반제품으로부터 제품까지 이와같은

환경에서는 매일밤 임뮤니티시험을 연속해서 하고 있는것과 같은 것이다. 따라서 클린룸은 대지와 절연하고 1 점접지를 한것과 같은 전자시일드실로 할 필요가 있다. 그위에 철도 또는 궤도에서 현재는 디젤차가 달린다고 해도 언제 전철화될는지 알 수 없으므로 이점도 고려해야 한다. 전철과 재래철도로 둘러싸인 델타지대등은 가장 나쁘다고 할 수 있다. 여기에 최근의 SCR 제어형 전차는 특히 전파잡음 레벨이 높다. 고속도로의 근방도 피하는 것이 좋다. 디젤트럭은 플러그잡음이 없는 대신에 보기로부터 커다란 전파잡음을 낸다. 또한 트럭의 CB무선이 트래픽신호를 오동작시킨 예도 있다. 골프카트등으로, 사용되는 전기자동차도 현재의 상태로는 상당히 큰 잡음을 발생한다.

따라서 공장자신의 수신설비는 될수있으면 공장부지의 한구석에 독립하여 설치하고 여기에서 지하케이블에 의해서 공장건물내의 수전실까지 보내 주는것이 좋다.

### 5.2 방해대책의 순서

EMC의 상투수단으로서 가장 효과가 있고 그위에 값이 싼것부터 대책을 강구하여 나간다. 어떤 연구소는 NHK의 라디오 송신안테나의 가까이에 있었는데 측정기가 정밀하게 되는데 따라서 전파방해에 의한 오차가 발생하기때문에 연구소내에 많은 시일드실을 만들것을 계획하였다. 그러나 결국 시일드실을 만들지 않고 이웃 지역의 전자환경이 좋은곳으로 이전한 일이 있다. 이쪽

이 싸기때문이다. 전자시일드는 결코 싼것이 아니다. EMC의 최후의 수단인데 필요악이라고까지 할 수 있다. 시일드실에서 가장 비용이 많이 드는것은 대지와 절연하는 것이다. 그리고 이것이 전자시일드 효과를 결정한다. 접지가 범규상 필요한 경우에는 여기서 1 점접지를 한다. 필요하지 않으면 접지선은 떼어내고 부동(浮動)상태로 하여둔다. 고주파는 대지로 숨어들어 접지점

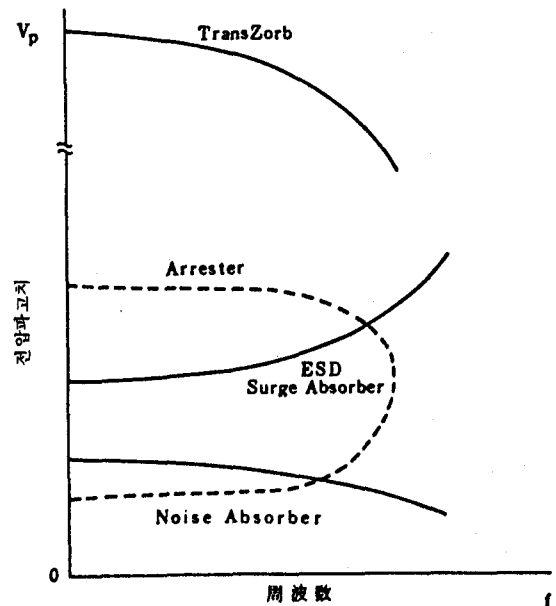


그림 - 11 ESD에 의한 펄스파고치에 대한 보호대책

을 통해서 시일드실내로 침입한다는 것은 앞에서 설명한대로이다.

다음에 실내에서 전파잡음을 발생하는 것 예를들면 SCR조광기라든가 접선을 단속하는것, 위상제어를 하는것 등을 사용하지 않아야 한다. 청량음료수등의 자동판매기는 될

— 참 고 문 헌 —

수 있으면 식당이라든지 로비에 설치하고 여기에 노이즈필타를 설치하면 좋다. 규모가 큰 전도선 잡음을 내는곳이 많다.

이 다음에 할것은 전도성 전자잡음의 대책이다. 그리고 커다란 퍼시브한 잡음이 예기되는 경우에는 그림 11에 나타내는것 같이 주파수와 헬스파고치의 크기에 따른 소자를 절연변압기의 전단에 삽입하여 두고 또한 제어다이오드와 같은것은 손상된 경우에 즉시 교환할 수 있도록 하여둔다.

이상으로도 아직 문제가 남는 경우에는 방사성잡음의 대책을 해야 한다.

이와 달리 크린룸내의 문제로서 정전기대책을 병행해서 해야한다. 여기에는 도전성 플라스틱·타일 또는 룡리움등을 바닥에 까는 것이 효과적이지만 이미 설치된 바닥등의 경우에는 스타디 사이드의 모프셋기가 효과적이다. 반영구적이라고 하지만 최저 2~3개월은 효과가 지속된다. LSI제품 또는 반제품을 수납하는 도전성 플라스틱포대에 대해서는 충분히 검토하지 않으면 문제가 있는 것이 시판되고 있으므로 주의해야 한다.

콘테이너도 같다. 카본블랙만을 배합한 것은 기계적인 강도가 낮고 효과도 적다. 독일에서는 WAGER Faltbehälter가 주로 사용된다. 이것은 절첩식(折疊式)이다.

- 1) 友野理平, 關康雄欄: 電磁波シールドの基礎, (株)シーエムシー, 昭和 59年.
- 2) 提捨男他: 帶電防止と電磁遮蔽の實際技術, (株)シーエムシー, 昭和 59年.
- 3) 關康雄: 電波吸收體と電波暗室, (株)シーエムシー, 昭和 60年.
- 4) 荒木庸夫監修: 電子磁器のノイズ對策, (株)日本工業技術センター, 昭和 58年.
- 5) 荒木庸夫他: <改訂版>ノイズ誤動作對策實踐講座, (株)トリケップス昭和 59年.
- 6) 關康雄他: ノイズイミュニティーテスト法と向上對策, (株)トリケップス, 59年.
- 7) IEC- 435, Sécurité des matériels de traitement de L'information, Publication 435 Deuxième édition, CEI, 1983.