

# Power Supply의 製造 技術

朴 永 根  
(株)東亞電機 生産部

## I. 서 론

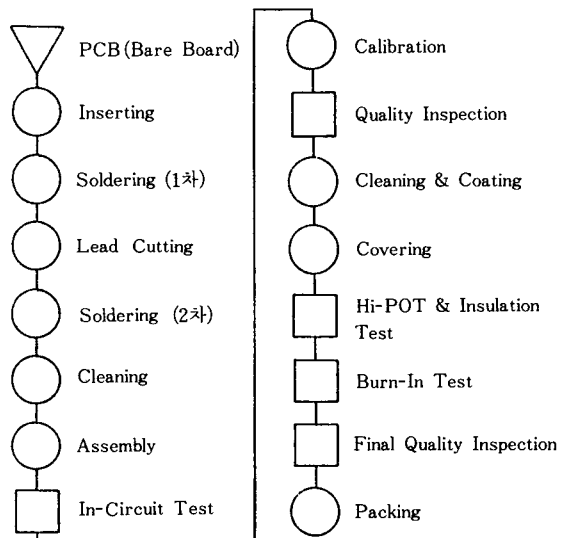
전원은 원래 전기의 근원이라는 뜻으로서 상용전원과 전지, 혹은 발전기를 가리키는 말이나 요즘에는 이러한 전원으로부터 공급된 전기에너지가 공해서 다른기기에 공급하는 장치도 전원이라고 부르고 있다. 현재 군수, 산업용이나 민수용에 사용되고 있는 중·대형컴퓨터나 OA기기, 통신기기, 가전기기에 이르기까지 각종의 전자기기가 제기능을 발휘하기 위해서는 안정적인 전원을 공급하여야 한다는 것은 주지의 사실이다. 바로 이러한 필요에 의해 탄생한 것이 전원공급장치(power supply)로 초기의 power supply는 단순히 AC 입력을 정류한 후 ripple을 filtering 하는 방식으로, 이때는 시스템회로의 일부로서 기능하였기 때문에 따라서 독자적인 산업으로서의 위치를 갖지는 못하였다. 그러나 인류의 보다 향상된 문화와 문명을 추구하는 끊임없는 노력은 전자기기에서도 기능의 다양화, 소형경량화, 고정도, 고신뢰성을 추구하게 되었고, 전산업에 걸쳐 새로운 기술개발을 통한 시스템의 발전이 비약적으로 진행되어 왔으며, power supply 분야도 예외는 아니었다. 복잡 다양해진 power supply를 전자기기 회로의 일부로서 취급하는 방식은 구성, 조립, 시험, 유지 및アフ터서비스 등의 과정에서 power supply를 전자기기의 하나의 부분품으로 취급하는 방식에 비해 비용면에서 현저히 불리해졌으며, 그로 인해 power supply는 하나의 독자적인 산업으로 출현하기 시작하였다.

1960년대에 들어서는 P. W. M 방식에 의한 SMPS (switched mode power supply)가 개발되어 크기, 중량, 효율등에 있어서 종래의 기술에 의한 power supply와는 비교가 되지 않는 power supply 기술의

일대혁신을 가져왔으며, 현재도 P. W. M 방식에 의한 SMPS가 주종을 이루고 있다.

차세대의 power supply는 SMPS의 단점을 보완한 resonant converter로서 미국에서는 이미 개발되어 일부 실용화 단계에 있으며 한국에서도 외국의 기술 도입없이 순수한 한국의 기술진에 의해 개발되었으나 실용화 하기에는 아직 이르며, resonant converter가 power supply 산업에서 주종기술로 부상하기 위해서는 극복해야 할 여러가지 문제점이 있다. 그러나 이러한 문제점들도 조만간 해결되어 수년 내에 resonant converter가 현재의 SMPS와 같이 상업용 power supply로서 광범위하게 사용되어질 것이 전망된다.

## II. Power Supply의 제조과정



### Ⅲ. 중요 공정의 제조기술

Power supply를 제조하는데 있어 어느것 하나 중요하지 않은 공정이 없으나 본고에서는 power supply 제조의 핵심기술인 soldering과 burn-in 및 공정상의 정전기 관리에 대해 중점적으로 설명하고자 한다.

#### 1. Soldering

##### 1) Soldering의 중요성

전자공업에서 일반적으로 이용되고 있는 접속방법에는 납땜접속, 감기접속, 압착접속, 용접접속등이 있는데 납땜접속이 작업도 가장 용이하고 비용도 싸며, 신뢰성도 높은 등의 이점이 있다. 이러한 이점으로 가정의 필수품은 물론 건축, 의료기기, 전기통신, 인공위성등 열거하면 수도 없을 만큼 넓은 범위에서 사용되고 있다.

납땜접속은 일견 단순한 작업으로 누구라도 용이하게 할 수 있다. 그 결과 자칫하면 경시하는 경향이 있을 수 있는데 한개 한개의 전기부품의 신뢰성이 중요시 되어 취급할 수 있도록 납땜질도 동등의 가치를 가지고 취급하지 않으면 기기로서의 가치를 잃어버리는 결과를 가져올 수도 있다. 따라서 한점 한점의 납땜질이 열화를 만들지 않는 높은 신뢰도의 것을 바라다면 납땜질에 대한 인식을 높이고 정확한 작업을 원리원칙에 입각해서 실행하지 않으면 안된다.

##### 2) Print 기판의 납땜

Print 기판은 크게 양면 through-hole 기판과 단면 기판으로 분류할 수 있는데, 양면 through-hole 기판은 주로 산업용 및 전자통신용등의 고품질을 요하는 제품에 사용되며 이런 타입의 soldering은 SCS

표 1. SCS 방식

NO.	납땜공정	요 점
1	Fluxing	(1) Flux 도포시 부품에 침투되지 않도록 주의 (2) 필히 지정된 Flux를 사용하고 비중에 주의(적정비중 : 0.82~0.84) (3) Flux 온도는 40℃를 넘지 않도록 주의하고 오염정도에 유의
2	건조, 예열	건조 : Flux 중의 용제를 가열 증발시켜 피납땜표면의 산화물 제거 예열 : 1) 부품의 열충격 방지 2) Dipping time의 단축 3) 용융 납표면의 온도저하방지 온도 : 기판 표면온도는 90~100℃/분 정도가 적당
3	Soldering (1차)	(1) 납산화막을 매 DIP 마다 제거 (2) 납은 Sn 60~64%를 사용 (3) 납조의 온도는 230~250℃가 적당 (4) DIP time은 3~5초가 적당
4	냉각	(1) 납땜후 잔류열의 전도에 의한 부품열화 방지 (2) Cutting시 기판의 휨방지
5	Lead Cut	불필요한 리드를 일정한 길이로 절단
6	Fluxing	공정 1 과 동일
7	건조, 예열	공정 2와 동일
8	Soldering (2차)	(1) Cutting시 진동 및 응력에 의한 불량에 대해 보다 확실한 신뢰성을 얻기 위해 실시 (2) Cutting후 lead 끝의 산화방지 및 불충분 납땜부위의 보완
9	냉각	공정 4와 동일
10	세척	(1) Flux 잔사 제거로 절연열화 방지 (2) 세척제로는 보통 solvent, freon 등 불활성 액체가 많이 사용 (3) 세척방식은 초음파세척, spray 세척등을 사용

(solder-cut-solder)방식을 많이 쓰며, 단면기판은 주로 민생용에 사용되는데 이것은 부품 자동삽입기로 삽입 후(cut & clinch)2nd soldering 한번으로 끝내는 경우도 있다. Power supply는 고신뢰도를 요구하기 때문에 주로 양면 through-hole 기판에 SCS 방식을 많이 사용하는데 이 방식에서 유의해야할 것은 1차 soldering에서 완벽한 납땜이 되지 않으면 2차 soldering을 해도 좋은 납땜을 기대할 수 없다는 것이다. 납땜불량은 약 60%가 print 기판과 부품의 납땜성 문제로 발생하고 있는데 납땜불량이 발생하면, 수정 작업으로 인해 제조원가를 상승시킬 뿐 아니라 제품의 신뢰성을 저하시키게 되므로 완벽한 납땜(zero defect soldering)을 실시할 수 있는 기술 축적이 필요하다.

(1) Fulxing

Flux는 라틴어의 Fluere(flow)에서 유래된 단어로 땀납의 흐름을 돕는데 사용하고 있으며 모재와 땀납이 접합할 때 자기 스스로는 반응하지 않으면서 다른 물질의 반응을 촉진시켜 주는 촉매와 같은 역할을 한다.

- 땀납표면의 산화물을 제거해 주며 이 상태를 보존하여 금속의 재산화를 방지한다.

- 땀납의 표면장력을 저하시켜 퍼짐성을 좋게 한다. 즉, 납과 모재간의 접촉각을 적게하여 납이 퍼지는 방향으로 표면장력 평형에 영향을 주는 것을 말한다.

- 열매체로서 땀납과 모재간에 열을 전달시킴으로써 납땜을 원활하게 해준다.

(2) Pre-heating

Pre-heating의 목적은 부품에 대한 열충격과 print 기판의 변형을 방지하여 부품들에 대한 stress를 완화하고, flux중에 함유하는 여분의 휘발성분을 적당하게 기화 제거하며, 금속표면의 산화물 제거작용을 용이하게 하여 활성화하게 한다. 그러나 pre-heater의 적정가열 온도는 운반체의 속도와 print기판의 재질에 따라 다른데 일반적으로 페놀수지계의 기판은 약 90℃, 에폭시 수지계의 기판은 약 120℃의 온도로 관리하는 것이 적당하다.

(3) Soldering

Soldering 작업은 PCB의 재질과 회로구성, 동박두께, hole size 등의 여러 요인을 감안하여 특성에 맞는 pot 온도와 DIP time을 결정해야 하는데 어느 것 하나라도 적정하게 setting 되어 있지 않으면 고드름현상이 생기거나, bridge 현상, 냉납(외형만 납

땀)또는 PCB가 휘거나 뒤틀리게 되는 등의 납땜불량을 유발하게 된다. 또한 solder pot의 solder 교체 가 적절히 이루어지지 않아도 납땜불량이 발생하기 때문에 solder의 성분분석을 주기적으로 실시하여 pot의 solder를 교체해 주어야 하는데 일반적으로 solder 교체는 다음과 같은 기준에 의해 실시한다.

- 1일의 사용시간이 4시간 이내 - 6개월내
- 1일의 사용시간이 4시간 이상 - 3개월내
- Solder 분석결과 Cu가 0.3% 초과 - 즉시 교체
- Solder 분석결과 Al이 0.01% 초과 - 즉시 교체
- Solder 분석결과 Zn이 0.01% 초과 - 즉시 교체

표 2. 각국의 규격별 불순물 최대허용 기준치

규 격	불 순 물 (%)						
	Sb	Cu	Bi	Fe	Al	Zn	As
ASTM Spc.	0.12	0.08	0.25	0.02	0.005	0.005	0.02
Federal Spc.	0.2~0.5	0.08	0.25	0.02	0.005	0.005	0.03
JIS	0.30	0.05	0.10	0.03	0.005	0.005	0.03
BS	-	-	-	0.02	-	-	-
DIN	0.12	0.05	0.10	0.02	Al+Zn+ Cd:0.002		0.01
KS	0.50	0.30	0.10	0.01	0.01	0.01	0.10

(4) 냉각

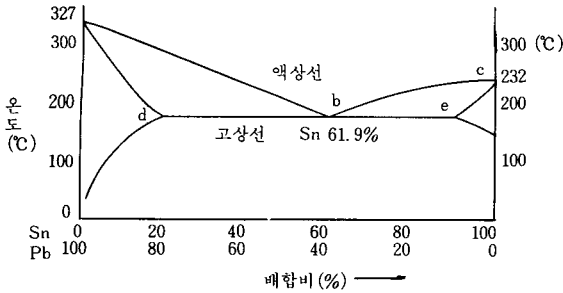
Print 기판에 흡수된 열량을 그대로 두면 print 기판이나, 전기, 전자부품을 열화시키므로 빨리 열을 방출하여야 하는데 기판의 온도가 고상선 이하로 되면 빨리 열을 냉각시켜야 한다.

(5) Laad cutting

리드절단 전에 먼저 print 기판의 휨교정이 정확히 되어 있는지, 절단기의 칼날조건등은 어떠한지 또한, 기판면으로부터 lead wire의 절단 길이는 지정된 길이 인지의 여부를 확인하여 조정한다. 절단길이는 접합부분의 강도를 유지하는 것과 함께 전기저항을 적게할 필요상 반드시 0.8mm 이상이 남도록 해야 한다. 절단날이 무디어지면 접합부에 진동을 주게 되며, 절단면이 깨끗하지 못하므로 품질관리상 blade 전용연마기를 이용하여 수시로 재연마하여 사용하는 것이 좋다.

(6) Cleaning

세척의 목적은 납땜후 기판상에 남아있는 flux 찌꺼기를 제거하여 제품 본래의 특성을 물리적, 화학적,



\* 상태도 - Sn과 Pb의 배합비(중량비)와 온도에 따라 금속의 상태가 어떻게 변하는가를 보인 것으로 그림에서 a는 Pb의 용융점(327°C)이고, c는 Sn의 용융점(232°C)이다. abc를 액상선, 또는 액상온도라 하며 어떠한 배합비의 solder도 이선을 경계로 해서 위는 액상이다. 또, adb, bec를 고상선이라고 하며 고상선의 온도는 Sn의 함유량이 19.5%에서 97.5% 사이에서는 변함없이 183.3°C를 유지한다.

그림 1. Sn-Pb계 solder 상태도

전기적 방해요인으로부터 보호하는데 있다. Flux 찌꺼기가 기판상에 남아 그대로 굳은 상태에서 기판에 충격을 받으면 flux가 떨어지면서 기판의 회로(pattern)를 잘라놓는 경우가 생기거나 lead를 부식시키게 되므로 기판상에 남아있는 잔류물을 깨끗이 제거해야 한다.

3) SMC(surface mounted components)의 soldering

(1) 개요

전자기기의 경박단소화, 고기능, 고신뢰성등의 사회적 needs에 의해 종래 삽입부품의 패턴부착 방식에서 주류를 이루고 있던 담금(DIP)방식이 chip 삽입부품 혼재용의 flow 방식등을 거쳐 고밀도에 적응하는 reflow 방식으로 변천해 왔다. Reflow 방식은 부품 assembly 전에 paste 상의 납(cream solder)을 print 또는 dispenser를 사용하여 기판상에 공급하고 그 위에 부품을 올려놓고 가열하여 cream solder를 녹여서 접합시키는 방식의 총칭이다.

이 방식에는 기판 전체를 가열하는 적외선 방식(IR방식), VPS 방식(vapor phase soldering 방식), 열풍방식(hot air 방식), 일부분만 가열하는 laser 방식 등이 있다.

(2) Adhesive

Adhesive는 flow soldering의 경우 PCB 위에서

SMC를 부착하기 위해 일시적으로 사용된다. 이것은 heat curing type과 자외선 curing type으로 구별되며, 사용 방법은 여러가지가 있으나 높은 효율성을 얻을 수 있는 dispenser 법이 주로 쓰인다.

(3) Pattern design

· SMC와 SMC 사이의 거리는 solder bridge 현상을 막기 위하여 일반적으로 0.5mm 또는 그 이상이어야 한다.

· Solder land의 좌우 size는 반드시 같아야 한다. 만약 land size가 다를 경우 soldering 되는 양이 다르게 되고, 이런 상태로 식힐 경우 좌우의 팽창수축 계수가 달라져 이로 인해 SMC에 crack이 생길 우려가 있다.

· Solder land 방향은 soldering 방향과 일치선 상에 있어야 한다.

(4) Soldering의 수작업 순서(ceramic capacitor의 경우)

i) Ceramic capacitor는 soldering을 하기 전에 100~150°C의 열로 2~3분 정도 예열되어야 한다.

ii) 사용하는 soldering iron은 20W 또는 그 이상이어야 하고 tip의 지름이 3mm 이하이어야 한다.

iii) 210~240°C에서 약 5초정도 soldering 한다.

iv) Soldering iron으로 가열할 때는 반드시 PCB 상의 동판을 가열하고 ceramic capacitor에는 직접적인 열을 가하지 않도록 주의한다.

v) Soldering 후에는 상온에 보관한다.

(5) Removal

SMC를 제거할 때는 SMC 몸체를 핀셋과 같은 집게를 이용하여 비틀어서 PCB로부터 제거시키는데 이때 SMC 양끝을 soldering iron으로 가열한다. 그러나 보다 효과적인 방법으로는 spot heater를 사용하거나 가열공기를 이용하여 SMC를 제거하는데 후자는 소형장비를 사용하기 때문에 전자보다 편리하지만 가격이 비싸다. 그 밖에 cream 형태의 특수한 화학약품을 사용해 SMC를 제거시키는 방법도 있다.

(6) Cleaning

Soldering이 끝난 PCB는 곧바로 세척하여야 하는데, flux 등으로 인하여 SMC 사이에 부식이 생기게 된다. 그로인해 SMC 사이에, 또는 회로 사이에 저항이 발생될 뿐만 아니라 미관상 좋지 않다.

세척은 물로하는 방법과 TMC 등으로 하는 방법이 있는데 현재의 주류는 환경오염등을 고려하여 수용성 flux를 사용, 물로 세척하는 방법이 많이 쓰인다(수용성 flue 사용시 반드시 10분 이내에 세척).

## 2. Burn-In Test

### 1) 개요

전자부품이나 조립품은 운용초기에 고장발생율이 높게 나타나며 이는 일반적으로 다음과 같은 bathtub 곡선으로 설명한다.

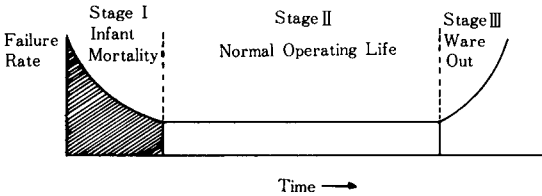


그림 2. Bathtub curve

만약 반도체류가 design과 제조과정에서 결함이 없다면 거의 무한한 수명을 가질 수 있다고 보며 8개월 경과후에도 기능이 남아있는 대부분의 전자부품은 30년 또는 그 이상까지 기능이 남아있을 높은 확률을 가지고 있다. 즉, design이나 제조과정상의 결함은 8개월 내에 거의 고장이 난다는 것인데 이러한 초기고장을 가능한 제거하여 주는 것이 필요하다. 그렇게 하기 위해서 가장 좋은 방법은 생산공장에서 제품의 초기고장이 제거될 때까지 운용한 후 수요자에게 공급하는 것이지만 이는 공장내에서 장기적 운용시간이 필요하게 되어 현실적으로 불가능한 방법이라 할 수 있겠다. 따라서 초기 8개월내에 고장날 부품을 결정하기 위해 가속시험을 하게 되는데, 가장 일반적이고도 경제적인 방법이 burn-in-test이다.

Burn-in test를 실시하는 목적은 infant mortality에서 높은 빈도로 발생하는 초기고장을 짧은 시간내에 screen out하기 위한 기간과 온도를 simulate해서 가장 경제적인 조건을 설정하기 위함이다.

Burn-in test를 실시함에 있어 burn-in time은 온도와 밀접한 상관관계를 가지고 있는데 매 25°C 상승에 따라 test time을 1/2로 줄일 수 있다. 즉, (25°C에서 8개월 test) = (50°C에서 4개월 test) = (75°C에서 2개월 test) = (150°C에서 1주일 test)이다.

그런데 aging test를 burn-in test와 혼돈하는 경우가 있는데 burn-in test는 infant mortality를 가급적 짧게 하기 위해 고온에서 test하여 screen out하는 것을 말하며, aging test는 보다 낮은 온도에서

test 하는 것인데, 보통 기기운전에 따른 최대온도로 장시간(1,000 시간 또는 그이상)에 걸쳐 test하는 것을 말한다.

### 2) Power supply의 burn-in

Power supply의 burn-in은 조립공정을 완료한 후 출하전에 실시하는데, burn-in 조건은 보통 제조사측에서 기준을 정해 실시하지만, 수요자 요구사항에 의해 정해지는 경우도 있다. 일반적으로 power supply의 burn-in(board level)은 60°C에서 24시간 실시한다. Burn-in test시 나타난 불량내역을 원인별로 집계해 본 결과 기기 디자이너의 빈약한 디자인과 부품불량이 주원인이었으며, 특히 능동소자의 불량이 높게 나타나고 있다. Power supply의 발전추세를 고려해 볼 때 능동소자의 고장을 제거하는 것이 power supply의 초기고장을 제거하는 지름길임을 알 수 있다. 그런데 제조회사에서 burn-in을 실시했음에도 불구하고 이 단계에서 검출되지 못한 잠재불량이 시스템에 장착되어 나타나거나 field에 나가 초기 가동중에 고장이 나게 되는데 이는 power supply 제조회사의 burn-in 조건이 불충분했기 때문으로 burn-in 조건을 강화할 필요가 있다. 그러나 고장률을 감소시키기 위해 burn-in 조건을 강화할 경우 시스템에 가해지는 stress가 커져서 시스템 수명을 감소시키거나 burn-in 비용이 증가하게 된다. 따라서 신뢰성에 대한 경제성을 고려한다면 제조자는 infant mortality 불량을 제거하기 위해 가급적 짧은 시간동안에 burn-in을 실시함으로써 비용을 최적화(optimal)할 수 있는 모델의 설정이 필요하다.

## IV. 정전기 관리

### 1. 개요

Power supply 제조공정에서 정전기의 관리는 품질, 보증차원에서 실시해야 할 중요한 항목이다. 사람 또는 장비가 움직이거나, 액체나 기체가 흐를 때에는 늘 정전기가 발생하는데 이렇게 발생된 정전기는 작업현장에서 작업자들을 순간적으로 깜짝깜짝 놀라게 하거나, 부품에 damage를 주어 고장을 유발하는 등 심할때는 폭발하여 인명을 살상하거나 화재의 원인이 되기도 한다. 특히, 근래들어 집적회로기술의 발달과 더불어 패턴이 얇아지고, 동작전압이 낮아짐으로써 취약성은 점점 커지고 있으며, 이러한 민감부품이 들어가는 전기·전자조립품이나 시스템도 마찬가지이다.

15,000V 이하의 정전압에 대해 취약성을 보이는 부품을 민감품목이라 하는데 미국 국방성에서는 전압범위에 따라 다음과 같이 세가지 등급으로 구분하고 있다.

- 등급 1 : 0 < 민감도 < 1,000V
- 등급 2 : 1,000V < 민감도 < 4,000V
- 등급 3 : 4,000V < 민감도 < 15,000V

표 3. 등급별 민감부품의 종류

등급	대 표 적 인 부 품
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>· C, D, N, P와 VMOS 및 보호회로가 없거나, 민감도가 등급 1인 보호회로를 사용한 기타 MOS</li> <li>· SAW(surface acoustic wave)부품</li> <li>· 보호회로가 없는 MOS capacitor를 사용한 OP Amp.</li> <li>· JFET</li> <li>· 100°C의 주위온도에서 <math>I_b &lt; 0.75A</math>인 SCR</li> <li>· 정밀전압 레귤레이터회로(0.5% 이하의 정류범위)</li> <li>· 1GHz 이상의 초고주파 반도체</li> <li>· 0.1% 이하의 오차와 0.05W 보다 큰 thin 필름저항</li> <li>· 0.1% 보다 큰 오차와 0.05W 이하인 thin 필름저항</li> <li>· 보호회로가 없거나 등급1의 보호회로를 가진 micro processor 와 memory를 포함한 LSI</li> <li>· 등급 1의 부품을 사용한 hybrid</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 민감도가 등급2인 보호회로를 사용한 모든 MOS</li> <li>· Schottky diode</li> <li>· 정밀저항 net-work</li> <li>· 전달지연시간이 <math>1ns</math> 이하인 ECL</li> <li>· TTL</li> <li>· 민감도가 등급2인 보호회로를 가진 MOS capacitor를 사용한 OP Amp.</li> <li>· 민감도가 등급 2인 보호회로를 사용한 LSI</li> <li>· 등급 2의 부품을 사용한 hybrid</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 저전력 chopper 저항</li> <li>· 저항칩</li> <li>· Zener를 제외한 1W이하의 소신호 diode</li> <li>· 범용 실리콘 정류 diode 및 fast recovery diode</li> <li>· 25°C에서 5W이하인 소전력 silicon transistor</li> <li>· 등급 1과 등급 2가 아닌 기타 극소회로</li> <li>· 압전 크리스탈</li> <li>· 등급 3의 부품을 사용한 hybrid</li> </ul>

2. 정전기 방전모델

부품에 손상을 주거나 고장을 일으킬 수 있는 정전기방전을 모델화 함으로써 정전기 방전이 어떻게 발생하는 가를 이해하고, 그에 따른 적절한 보호대책을 마련한다.

1) 인체모델(human-body model)

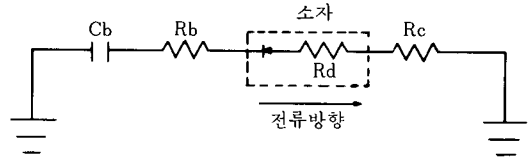
의자에서 일어난다거나 작업현장을 걸어다니는 등의 가벼운 움직임만으로도 사람은 15,000V 또는 그 이상의 정전압을 발생시킨다. 이와 같이 대전된 사람이 작업장에서 부품을 만지게 되면 몸에 축적되어 있던 전기적인 에너지가 부품에 직접 전달되거나 부품을 통해 접지로 빠져나가게 되는데, 대부분 이 정도의 에너지라면 소자의 parameter가 열화되거나 소자의 p-n접합부(junction)가 녹게 된다. 가령 인체의 등가저항을  $1,500\Omega$ , 등가용량을  $100pF$ 으로 하고, 정전압  $2,000V$ 로 대전되었다고 가정하면, 이 때 인체에 축적되는 에너지는

$$E = 1/2 \times CV^2 \text{에서}$$

$$E = 1/2 \times 100 \times 10^{-12} \times (2000)^2$$

$$= 0.2mJ \text{이 된다.}$$

이 에너지가  $\mu s$  이하의 짧은 시간동안 가해지면 평균전력은 수KW가 되므로 실리콘 물체를 녹일 정도가 된다.



Cb:인체용량  
Rb:인체저항  
Rd:소자저항  
Rc:접지와와의 접촉저항

그림 3. 인체모델의 등가회로

2) 대전소자 모델(charged device model)

이 모델은 소자의 lead frame과 다른 도전로(conductive path)위에 대전되어 있던 전하가 짧은 시간 내에 한 pin을 통해 방전될 때를 가정한 것으로서 DIP 타입의 부품 튜브에서 부품을 꺼낼 때 부품을 미끄러진다거나, 조립공정에서 소자가 작업대 표면을 따라 이동하는 경우가 이에 해당한다. 대전된 소자를 PCB(printed circuit board)에 삽입한다거나 다른 행위에 의해 금속부분에 있던 전하가 접지를 통해 방전되면 접합부, 유전층 및 방전로상의 소자가 파괴된다. 소자가 접지와 연결될 때에는 보통 가장자리에 있는 pin이 먼저 닿게 되므로 대부분의 소자는 양끝

pin의 손상으로 망가진다. 소자가 접지되어 정전기 방전이 일어나는 동안 방출되는 에너지의 크기와 소자에 손상을 주는 임계값(threshold)은 소자 package의 용량에 가장 큰 영향을 받는다. 따라서 접지근처에 놓여있던 대전 소자가 접지로부터 떨어지게 되면, 소자에 축적되는 에너지와 전위를 증가시키는 결과가 되므로 접지 가까이에서 다시 방전이 일어날 경우 소자는 훨씬 큰 손상을 받게된다. 이 모델은 인체모델에 비해 소자가 축적할 수 있는 에너지 용량은 작지만 방전시간이 훨씬 더 짧기 때문에 전력밀도의 크기가 소자를 손상시킬 수 있는 임계값을 넘게 된다.

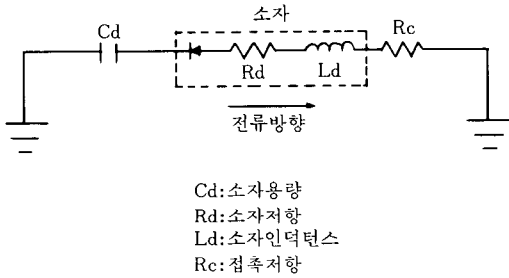


그림 4. 대전소자 모델의 등가회로

### 3) 정전계 유도모델 (field induced model)

대전된 모든 물체는 그 주위에 정전계 (electrostatic field)를 형성하는데 이 정전계 내에 gate 구조의 MOS 소자가 들어가면 유도전위 (induced potential)가 발생한다. 정전계의 강도가 매우 큰 경우 소자를 정전계에 접근시키면 소자의 유전층이 견딜 수 있는 전위보다 큰 전위가 걸려 유전층이 파괴되고 소자가 손상을 입게 된다. 그러나 실제로 이러한 경우는 드물고, 소자가 정전계속에 들어가면 앞에서 설명한 바와 같이 유도에 의해 전하가 정전계 방향으로 재배치되고 그 상태에서 접지되면 소자의 금속 부분에 있던 유도전하들이 접지로 흐르면서 정전기 방전이 일어난다. 이때 정전기 방전이 일어난 소자의 비금속부분을 잡고 정전계 밖으로 꺼내면 이 소자는 대전소자 모델과 같은 방법으로 재차 방전을 일으키게 된다. 이 모델은 대전되어 있는 plastic bin 이나 tray에 소자를 넣는다거나 PCB 조립공정에서 부품을 집을 때 주로 발생한다.

### 3. 정전기 방전에 의한 고장형태

정전기 방전이 일어났을 때 발생할 수 있는 고장으로서는 크게 파괴고장과 비파괴고장이 있다. Upset failure(또는 soft failure)로 불리는 비파괴고장은 시스템 운용중에 가지고 있던 정보를 잃어버리거나 순간적으로 본래의 기능을 발휘하지 못하는 형태로 나타나는데 hard-ware 적으로는 아무런 손상이 없고 시스템을 reset 시키거나 정전기 방전이 사라지면 정상으로 복구된다. 이러한 고장은 시스템 근처에서 정전기방전으로 인한 spark에 의해 전자기부사(electromagnetic radiation)가 발생하는 경우, 정전기 방전 필스와 유도성 또는 용량성 결합이 되는 경우, 정전기 방전이 신호계통을 통해 일어나는 경우에 발생하며, 이로 인해 만들어진 오류신호(error signal)를 시스템이 검출함으로써 순간적인 고장이 발생한다. 소자에 hard-ware적인 손상을 주거나 소자를 망가뜨리는 파괴고장(hard failure)에는 열파괴, 절연파괴, 배선막용융 등이 있다. 열파괴는 보통 개별(discrete) 반도체 소자와 bipolar 집적회로에 나타나며, 절연파괴는 개별 MOS와 MOS 집적회로에서, 그리고 배선막용융은 bipolar와 MOS를 사용하는 모든 집적회로에 나타난다. 실험결과에 따르면 bipolar는 고장의 90%가 접합부파괴이고, 나머지가 배선막 용융 때문이며, MOS는 고장의 63%가 배선막 용융이고 나머지가 절연파괴에 의한 것임이 밝혀졌다.

정전기 방전에 의한 고장중 전체의 90%를 차지하면서도 외관상이나 동작상으로는 고장 판별이 불가능한 고장형태로서 잠재고장이 있다. 이 고장이 발생하면 소자 내부에 부분적인 흠이나 구멍이 생기는데, 각종 전기적인 parameter 들도 정상소자와 같은 값을 가지면서 정상소자와 같이 동작하므로 고장으로 보기힘드나, 계속적인 정전기방전을 받게되면 소자의 민감도전압이 점차 낮아져 어느 순간에는 소자가 파괴되어 버린다. 이 고장이 파괴고장보다 치명적인 이유는 주어진 소자 또는 시스템이 언제 고장날지를 예측할 수 없을 뿐만 아니라 제품의 신뢰성이 떨어진다는 측면에서 피해는 막대해질 수 있다.

### 4. 정전기의 관리

정전기의 발생을 막거나 발생하는 정전기를 모두 소멸시킬 수는 없지만 체계적이고 효율적인 관리 절차를 마련하여 잘 활용하면 정전기로 인해 입는 피해를 최소화할 수 있다. 정전기를 효율적으로 관리하기 위해서는 설계, 제조, 공정, 조립, 검사,

시험, 재작업, 수리, 보수, 포장, 적재, 설치 및 운용에 이르기까지 제품에 관련된 모든 부서들 간에 협력이 이루어져야 하며 품질관리부서나 품질보증 부서를 중심으로 각 부서장의 책임하에 관리되도록 하여야 한다.

1) 정전기로부터 작업자 보호

정전기 방전 보호구역이나 작업대에서 작업할 경우에는 전기적인 충격으로부터 작업자를 보호해 주어야 한다. 인체가 전기로부터 받는 충격은 전압보다 전류에 의해 결정되는데, 몸속에 흐르는 전류의 양, 경로 및 지속시간이 중요한 요소가 된다.

표 4. 인체에 미치는 전류의 영향

전 류 (mA)		영 향
교류 (60Hz)	직 류	
0-1	0-4	감 지
1-4	4-15	놀 람
4-24	15-80	반 사
24-40	80-160	근육억제
40-100	160-300	호흡장애
100이상	300 이상	치명적 영향

인체에 치명적인 전류를 흐르도록 하는 전압은 인체의 저항, 접촉상태, 전류의 통과경로에 따라 달라지며 전류가 인체에 미치는 영향은 표 4와 같다. 그렇지만 약한 전류라도 심장이나 폐와 같이 인체의 중요부위를 통과하는 경우에는 치명적인 영향을 미칠 수 있으므로 접지시 이를 충분히 고려해 주어야 한다.

2) 접지방범

(1) 시험장비 및 공구의 접지

정전기방전 보호구역의 전자시험장비와 공구의 외부 표면 및 차폐부분은 정상운용시 동일한 접지전위를 갖도록 설계하여야 한다. 또한 시험장비나 공구를 플러그나 단자등으로 전원에 연결할 때에는 접지핀이 제일 먼저 접속되도록 하고, 분리할 때에도 가장 나중에 빠지도록 하여야 한다. 접지경로가 병렬로 되는 경우에는 접지와 사람사이의 등가저항이 작아져 인체에 위험한 수준의 전류가 흐를 수 있으므로 각별히 주의하여야 한다.

(2) 작업대의 접지

작업대는 고전압회로를 취급할 때 생길 수 있는 위험을 사전에 방지할 수 있도록 안전전류 레벨인 5mA이하로 soft 접지를 해주어야 한다. 작업대의 표면은 먼저 정전기방전 보호재로 표면처리를 한뒤 접지케이블을 사용하여 접지해야 하는데, 작업대 표면과 정전기방전 보호재를 연결할 때에는 나사 밑에 직경이 약 2.5cm 되는 금속제 평와셔를 삽입한다. 다음으로 접지 케이블의 한단자를 와셔와 나사 사이에 끼우고 다른쪽 단자를 접지와 연결한다. 만약 이때 사용하는 정전기방전 보호재가 melamine적층인 경우에는 접지케이블을 연결할 나사는 도전성이 큰 보호재의 내층까지 삽입한다.

3) 접지시 고려사항

- 접지케이블과 저항은 큰 전류를 흘릴 수 있는 대용량의 것이어야 하지만 정전기만 제거하고자 할 경우에는 1/2W 정도의 저항이면 충분하다.
- 접지케이블을 접속할 때에는 도중에 단락이 생기지 않도록 영구 접속한다.
- 접지한 작업자에게 가해질 수 있는 최대전압 source와 가능한 병렬경로를 모두 감안하여 인체에 흐르는 전류가 5mA 이하가 되도록 비교적 큰 저항 (1MΩ)으로 접지시킨다.

· 접지케이블과 접속재료는 작업자의 실수로 절단되는 일이 없도록 충분한 기계적 강도를 가진 것을 선택한다.

· 발생하는 정전기의 소멸용으로 사용하는 작업대 커버, 바닥매트, 접지띠 및 정전기방전 보호구역은 적당한 전류제한용 저항을 사용하여 접지한다.

· 민감부품을 이동할 때 사용하는 이동용 상자, 홀더, 컨테이너는 서로 본딩 해주어야 한다.

· 접지의 저항값은 정전기 방전시 감쇠시간의 영향을 받게되므로 감쇠시간이 정전기의 발생속도 이하가 되도록 저항값을 선택한다.

V. 결 언


본고에서는 power supply 제조의 핵심기술인 soldering, burn-in 및 정전기에 대한 개략적인 제조기술을 소개하였다. 전자기기의 급속한 발전은 power supply 에서도 소형경량화, 다양화 및 고신뢰성을 요구하게 되었고 이에 따라 제조기술면에서도 많은 발전이 진행되어 왔다. 그러나 power supply가 시스템에 장착되어 field에 나가 발생하는 불량률이 제조단



계에서 발생하는 불량률보다 높게 나타난다는 것은 제조단계에서 초기 불량요인을 적절히 제거하지 못하고 있거나, 정전기에 의한 잠재적 불량요인을 내재한 채 제품화되기 때문으로 이에 대한 지속적인 연구가 필요하며, 또한 전원(power)의 안정적인 공급 기술이 전자기기의 품질을 결정짓는 바로미터 임을 간과해서는 안될 것이다.

#### 參 考 文 獻

[1] Finn Jensen & Niels Erik Petersen, "An Engineering Approach to the Design and Analysis of Burn-in Procedures," A Wiley-Interscience Publication, 1988.

- [2] (株)東亞電機, "Switched Mode Power Supply," 1989.
- [3] 日特機電, "납땜기술실무," 1990.
- [4] 日刊工業新聞社, "電子機器のハンダ付作業," 1989.
- [5] 한국전기통신공사, "品質標準書," 1989.
- [6] (주)첨단, "전자기술," 1990. 9
- [7] 품질보증, "전자교환기 고온시험에 대한 고찰," 1988. 12 

#### 筆 者 紹 介



朴 永 根

1956年 12月 28日生

1987年 2月 경희대학교 산업공학과 졸업

1986年 11月~현재 (株)東亞電機 生産部 係長

주관심분야: 경제성을 고려한 Optimal Burn-In 조건 및 제조공정상의 정전기 관리