

# Micro Soldering의 프로세스와 그 신뢰성

신 영 의\*

## Micro Soldering Process and Its Reliability

Young-Eui Shin\*

### 1. 서 론

솔더링(soldering)의 定義는 접합재인 솔더(solder)를 이용하여 母材를 되도록 용융시키지 않고 母材間을 접합시키는 것이라 할 수 있다. 아울러 Micro soldering은 Micro 접합법의 한영역이며 접합 재료로서 solder를 이용한 것이다. 따라서 그 접합 원리는 soldering과 동일하지만 접합부위의 면적이 미세·미소하기 때문에 접합 대상부의 치수가 큰 경우에는 문제시되지 않았던 접합부의 용해량, 확산 두께, 변형량, 표면 장력이 접합성 및 접합 품질(초기접합 및 경시변화 등을 포함)에 영향을 미쳐 이러한 치수효과를 특별히 고려해야 할 부위에 적용되는 접합법이라 할 수 있다.

이러한 Micro soldering 기술의 응용은 주로 전자 제품에 이용되며, 특히 컴퓨터 정보 통신 기기의 접합·접속 기술의 중추적인 역할을 하고 있다. 아울러 이 분야는 일본, 미국이 선구적인 역할하고 있으며, 예를 들어 일본 전자 산업의 1994년도 생산액이 엔 高의 열쇠에 불구하고 민생용·산업용 전자 기기 및 전자 부품의 3부문에서 약 ¥30조(₩250조)에 달한 것으로 보면 그 규모 및 중요성을 알 수 있다. 이것은 기본적으로 반도체의 집적도가 높아진 것(LSI→VLSI→ULSI)과 아울러 소자를 접합 접속시키는 기술이 확보되었기 때문에 이루어진 결과라고 말할 수 있다.

따라서 본 기술 해설에서는 접합·접속 기술의

하나인 Micro soldering의 각종 프로세스 중에서도 특히 기본이 되는 리플로우 프로세스(reflow process)를 중심으로 기술하였으며 아울러 신뢰성의 제반 사항에 관하여 간략하게 기술하였다.

### 2. 전자 부품, 기기, 시스템의 접합·접속 계층

전자 부품, 기기, 각종 시스템의 접합 접속 단계는 일반적으로 다음의 4개의 계층으로 분류된다. 여기서 Micro soldering 기술은 제 3~4 계층에 해당된다고 할 수 있다.

- 제1계층: 반도체 칩 내부의 상호 접합·접속
- 제2계층: 반도체 칩 단자와 패키지의 도체(inner lead) 간의 접합·접속
- 제3계층: 패키지 부품등의 외부 리드(out lead)와 회로 기판과의 접합·접속
- 제4계층: 회로 기판의 상호 접합 접속에 의한 시스템의 구성

여기서 와이어 본딩(wire bonding)은 제 2 계층에 속하며 프린트 배선판의 전자 부품의 탑재는 제 3 계층에 속하고 여기에 따르는 접합 기술에는 여러 가지의 Micro 접합법이 이용되고 있다. Table 1에는 각종 Micro 접합법의 종류와 접합 원리를 나타내었다. Table 1의 각종 접합법에서 공통된 기본 사항은

\* 정회원, 중앙대학교 기계설계학과

**Table 1.** Micro Joining Methods and Joining Mechanism.

대표적인 마이크로 집합법	집합의 원리	집합 품질상의 현상 입열부족 ↔ 입열과다
공정압접 (共晶壓接)	반응층 형성 및 배출에 의한 固相 집합	부분적 반응층 형성 ↔ 재료 변형
솔더링 (Soldering)	Solder의 용융 및 모재와의 Wetting	Wetting 부족 ↔ Trapping
마이크로 저항 집합	통전 회로에서 발생하는 Joule 열에 의한 용융 또는 확산	부분 집합 ↔ 반응층의 취화 기관의 열적 열화
와이어 본딩 (Wire Bonding)	재료 간의 계면 슬립 (Interface Slip)에 의한 응착 및 확산	부분 집합 ↔ 변형 및 변질층
마이크로 빔 집합 (Micro Beam Joining)	고밀도 빔 열원에 의한 국부 용융	용융지의 부족 ↔ 변형 및 변질층

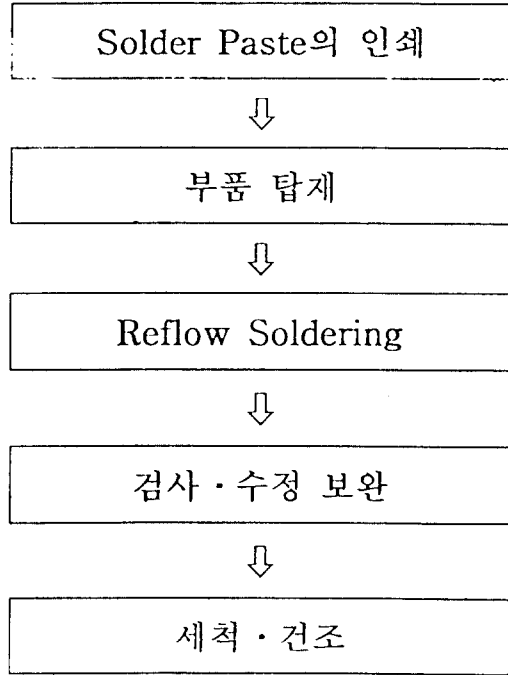
집합 강도의 저하, 집합부의 변형, 재료 기능의 저하 등이 있으며 이러한 사항들을 극복하기 위해서는 집합시에 있어서 입열량의 정밀한 제어가 요구된다.

### 3. Micro soldering의 프로세스

Micro soldering 프로세스는 Fig. 1에 보인 것처럼 대부분이 메탈 마스크를 이용하여 기관 상에 형성되어 있는 전극 패턴 위에 solder paste를 인쇄하여 solder paste의 점착성을 이용하여 부품을 정확하게 탑재 부착시킨 후에 리플로우 열원(reflow heat)에 의하여 일괄 soldering되는 것이 일반적이며, 여기서는 각각의 프로세스의 개요를 논하기로 하겠다.

#### 3.1 Solder paste의 인쇄 공정

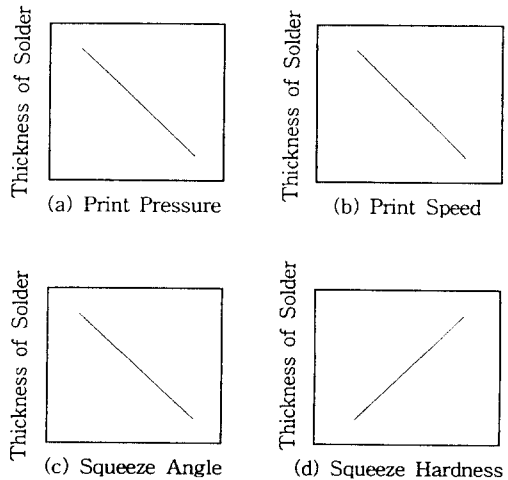
이 프로세스는 SMT(Surface Mount Technology)에서 첫번째 공정으로 양호한 집합 부위를 확보하기 위해서 상당히 중요한 프로세스이다. 인쇄는 마스크(mask)라 불리는 인쇄판 위에 solder를 공급하여 마스크 아래 부분에 기관(프린트 기관, 세라믹 기관)을 세트 고정시켜 스퀴즈(squeezer)로 마스크 상의 solder paste를 이동시키면서 마스크 상의 구멍으로 삽입시켜서 인쇄하도록 되어 있다. 특히 표면 탑재 기관에서는 리드 피치(lead pitch)가 미세화된 LSI, VLSI 부품이 탑재되는 경우가 많아 마스크 패턴의 설계 및 제작을 완벽하게 하여도 각종 solder의 종류에 따른 인쇄 조건(인쇄 압력, 인쇄 속도 등)이



**Fig. 1** Micro soldering process in surface mount technique.

부적당하면 solder paste 인쇄량의 과부족이 생겨 브리지(bridge)나 solder 부족의 불량을 발생시키게 된다.

따라서 표면 탑재 기관의 조립 품질의 향상을 피



**Fig. 2** Relation between print condition of solders and thickness of solders.

하고 높은 신뢰성을 갖는 soldering 접속 부위를 얻기 위해서는 각종 solder paste에 따른 인쇄 프로세스의 기술이 확립되어야 한다. Fig. 2는 solder paste의 인쇄 조건과 인쇄된 solder paste의 두께의 일반적인 경향을 나타낸 것이며 각각의 그림 중의 기술기는 solder paste의 물성치에 따라 차이를 갖는다.

### 3.2 부품 탑재 공정

기판 상에 solder paste를 3.1에서 기술했던 인쇄 방식으로 공급을 한 뒤 각종 부품(SOP, QFP, PLCC 등의 패키지 부품, conecter 및 전기 전자 소자)은 자동 장착기(mounter)에 의하여 solder paste 상에 탑재되는 공정을 말한다. 또한 이 공정에서 부품 탑재가 정확하게 이루어지지 못하면 solder bridge, manhattan 현상 등의 불량 요인을 야기시킬 수 있으므로 각별한 주의를 기울여야 한다. 특히 최근에 상품화 되는 QFP(Quard Flat Package)등의 부품의 다핀(multi-lead), 미세 피치(fine pitch)화 되는 부품의 소형화에 따라 탑재기에 대한 요구 사양도 까다롭게 되고 있는 추세이다.

따라서 이러한 요구에 대응하기 위하여 0.5mm 피치부터 0.3mm, 0.2mm 피치에 대응하는 고 분해능 인식 기능(High Resolution Recognized Function)을 갖는 CCD를 탑재기에 부착시키는 장비도 개발되고 있다. 또한 리드 오픈(lead open)의 검출에는 레이저(laser)의 파장을 이용하여 측정하는 장비도 개발되고 있다.

Fig. 3은 기판의 양면을 이용한 표면 탑재 프로세스의 예를 나타낸 것이다.

### 3.3 리플로우 솔더링(Reflow soldering)

인쇄된 solder paste를 가열시켜 플럭스(flux)를 난화·solder 분말을 용융시켜 기판 상의 전극 패턴 과를 기계적·전기적으로 접합·접속시키는 공정을 말한다. 리플로우 방식으로는 생산성 면에서 유리한 일괄 가열 방식이 주류를 이루고 있지만 soldering 부위 이외의 부분에 대한 열 영향을 고려할 경우에는 국부 가열 방식도 최근 들어 많이 이용되고 있는 추세에 있다. 여기에서는 각종 열원의 특성에 관하여 기술하였다.

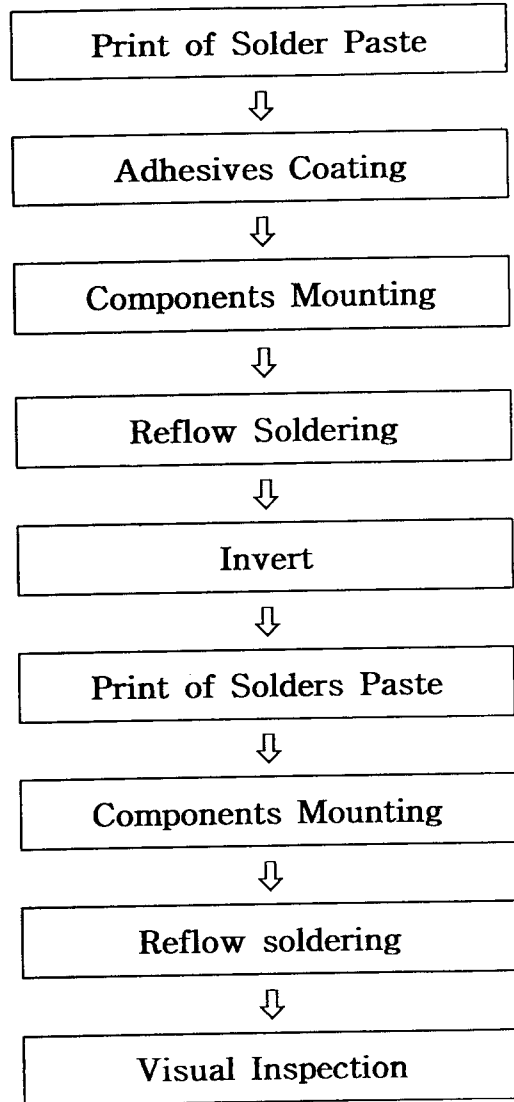


Fig. 3 Flow chart of surface mount process.

#### 3.3.1 일괄 리플로우 방식

##### (1) 적외선 가열 방식(IR : Infrared Reflow)

적외선의 복사 열을 이용하여 가열하는 방식으로로 장치가 비교적 간단한 특성을 갖고 있다. 적외선의 파장 및 가열 대상물의 색상 재질에 따라 흡수율이 다르므로 미소 부품등은 과열된단든지 일부 부품등의 그림자에 의하여 가려진 부위는 가열 부족 현상을 일으킬 수 있다. 따라서 이 방식은 가열 대상물의

크기 및 물리적 정수의 차이가 큰 경우에는 온도차가 비교적 크게 발생할 우려가 있다.

Fig. 4는 적외선 가열 방식의 개략도를 나타낸 것이다.

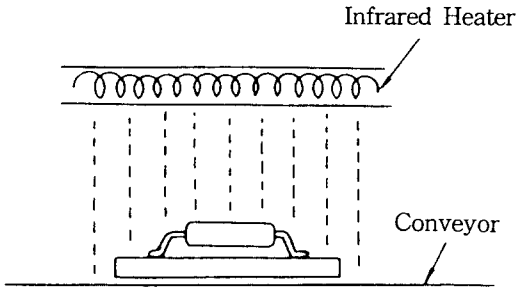


Fig. 4 Configuration of infrared reflow type.

(2) 기체 잠열 가열 방식(VPS : Vapor Phase Soldering)

이 방법은 Fig. 5에 보인 것처럼 불소계의 불활성 용제의 증기 분위기 중에서 증기의 응축 잠열을 이용하여 가열하는 방법이다. 이 방법은 가열 매체가 소정의 비점을 갖으며 기화 잠열이 큰 용제이므로 균일한 가열을 할 수 있다는 특징이 있다. 단 장비의 유지 문제와 용제의 소비에 따르는 비용이 문제가 된다.

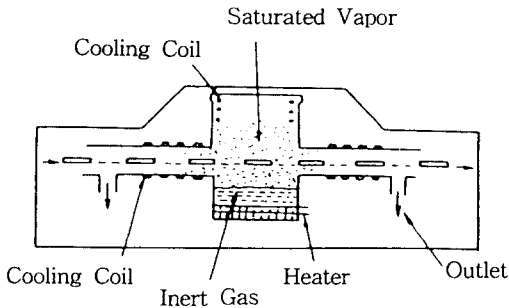


Fig. 5 Configuration of vapor phase soldering type.

(3) 열풍 가열 방식(Hot Air) 및 질소 리플로우 방식(N<sub>2</sub> Reflow)

이 방식은 Fig. 6에 보인 것처럼 공기를 가열 히터로 강제적으로 순환시켜 열풍부터의 열전달에 의하여 가열하는 방식이다. 열의 분포 균일성의 측면에서는 IR과 VPS 장비의 중간적인 위치에 있고 접합부의

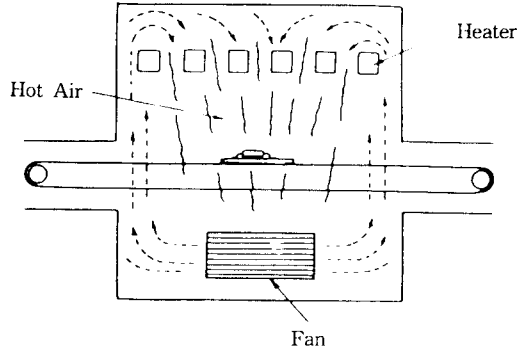


Fig. 6 Configuration of hot air type.

산화 정도는 VPS 방식보다 열악하기는 하나 설치·보수·유지비 측면에서는 유리한 측면을 갖고 있어 최근 몇년 간에 걸쳐서 급속히 보급되고 있는 방식이다. 또한 열풍 가열 방식에 N<sub>2</sub> 가스를 주입시켜 사용할 수 있는 장비도 개발되어 열풍 가열을 질소 분위기에서 리플로우(reflow)하는 방식도 보편화되고 있다. 특히 프레온 가스 사용으로 인한 오존층의 파괴 및 환경 차원에서 프레온 가스 대체물이 개발 세척 방법의 변경 등이 검토되어 활성력이 약한 低殘渣 플럭스(flux) 및 수용성 플럭스의 사용으로 인하여 질소 리플로우 솔더링(N<sub>2</sub> reflow soldering) 방식이 최근 들어 많은 검토가 되고 있다.

참고로 질소 리플로우 솔더링과 사용되는 플럭스 및 세척법과의 관련성을 Fig. 7에 나타내었다.

그림에서 보인 것처럼 N<sub>2</sub> reflow soldering의 궁극적인 목적은 無 세척에 있으나 현실적으로 활성력이 약한 플럭스를 이용하여 低殘渣化를 꾀하여 소재의 부식을 저지하고자 하는데 목적을 두고 있다.

또한 soldering 전에 산화 피막을 제거하여도 가열로 인한 온도 상승과 더불어 산화 피막이 성장하여 wettability(젖음성)를 저하시키게 된다. 반면 N<sub>2</sub> 분위기 중에서의 가열을 하게 되면 가열 중에 산화가 억제되어 활성력이 낮은 flux의 사용이 가능하게 되어 기본적으로 flux가 殘渣하여도 부식성은 낮아진다. 이것이 N<sub>2</sub> reflow soldering 방식이 보급하게 된 또 하나의 이유이다.

따라서 N<sub>2</sub> reflow soldering 용 flux도 여러가지 다양한 제품이 개발되었고, 본 방식이 많은 보급<sup>1-4)</sup>을 하게 되었다.

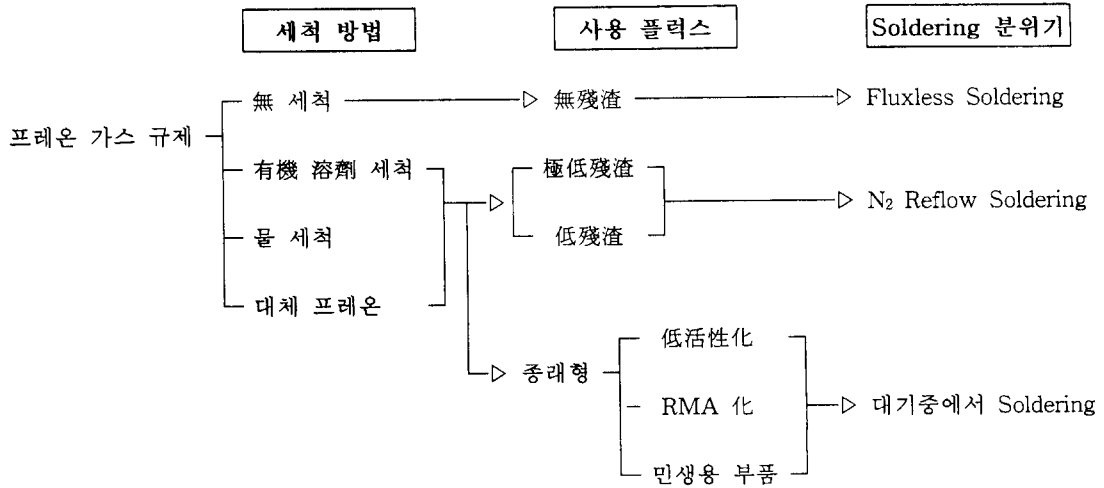


Fig. 7 Relation between cleaning methods with flux and soldering process.

3.3.2 국부 리플로우 방식

(1) 펄스 히트 방식(Pulses Heat Tip)

이 방식은 Fig. 8<sup>9)</sup>에 보인 것처럼 가열용 팁(tip)을 가열시켜 모재를 가압 가열하여 리플로우하는 방식이다. 이 방식의 특징은 가열 온도(tip 온도)를 가열 시간과 더불어 일정하게 제어할 수 있는 특징을 갖고 있다. 펄스 히트 타입도 마찬가지로 국부 가열 방식의

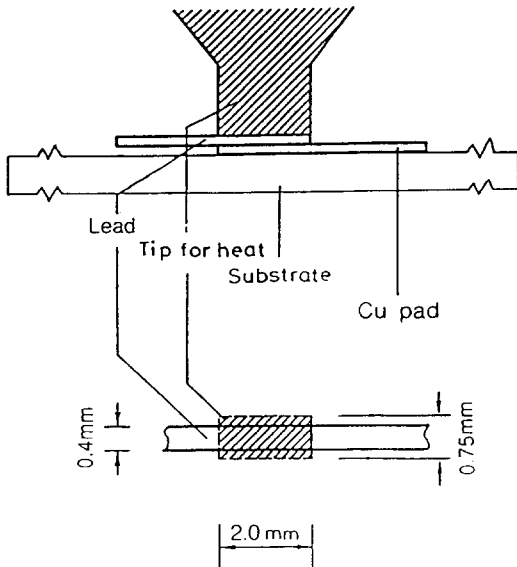


Fig. 8 Illustration of bonding method.

사용 용도는 열에 열악한 디바이스의 집합이나 집합 접속 부위의 불량으로 인한 보수 작업을 요구하는 경우 및 다핀(multi-lead), 미세 피치(fine pitch)의 집합 시에 이용되는 집합법이다.

특히 전자 부품의 배선 전극의 多點, 高密度化, 미세화 추세에 따른 회로의 1개 부분에 집합 불량 발생 시 이 보수 작업을 위하여 고온 가열을 하게 되면 기관 및 주변 소자의 손상을 입히는 경우가 된다. 따라서 이 방식을 이용하면 온도 상승을 꺼리는 유리나 금속의 접합부를 열적 손상을 주지 않고 접합이 가능하다. 또한 전극 팁(tip)을 모재의 형상과 리드 수에 맞추어 사용할 수가 있어 다점 동시 집합이 가능하다. 이 전극 팁의 재질은 기본적으로 용점이 높고, 고온 경도가 크고, 전기 저항 값이 큰 Mo, W 등이 사용된다.

(2) 핫 램 방식(Hot Ram)

펄스 히트 방식의 결점은 가열 부위의 길이가 50mm 이상으로 길어지면 길이 방향에 걸쳐 균일한 온도 분포를 얻는 것이 어렵게 된다. 따라서 이 결점을 보완하기 위하여 개발된 것이 핫 램 방식이다.

이 방식은 펄스 히트 방식의 전극 팁(tip) 대신에 핫 램(hot ram)을 이용한 것으로 이 핫 램은 가압 전에 원하는 온도로 가열되어 있다는 것이 펄스 히트 방식과 다른 점이다. 즉 펄스 히트 방식은 가압 후에 통전과 더불어 온도 상승되어 전극 팁이 상온으로 될 때까지 가압력을 유지할 수 있었으나 이 방식은 이 기능이 없다. 따라서 이 방식은 용융된 solder가 응고할 때

까지 별도의 가압용 판을 갖추고 있다.

(3) 패러렐 갭 저항 방식(Parallel Gap Resistance) 이 방식은 스폿(spot) 용접 원리와 비슷하며 Fig. 9<sup>6)</sup>에 보인 것처럼 2개의 평행된 전극 팁(tip)을 사용하여 모재를 가압하게 되면 한 쪽의 팁으로부터 전류가 흘러 모재를 통하여 다른 쪽 전극 팁으로 전류가 흐르게 되어 있다. 발열 기구는 전기 저항이 큰 팁(Mo)의 고유 저항 및 팁과 모재 간의 접촉 저항에 의하여 발열하게 되어 있다. 이 접합법의 특징은 통전 시간이 극히 짧고(msec) 온도 상승 곡선의 경사도가 커 온도 제어가 어려운 특징이 있으며 접합 강도는 동일한 온도 조건 하에서는 다른 접합 방식보다 비교적 큰 특징을 갖는다.

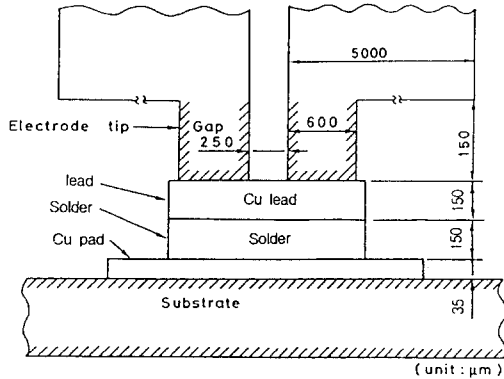


Fig. 9 Configuration of parallel gap resistance method.

(4) 레이저 리플로우 방식(Laser Reflow Soldering) 이 방식은 에너지 밀도가 높은 레이저 열원을 이용하여 솔더링하는 방식으로 CO<sub>2</sub> 레이저, YAG 레이저, 반도체 레이저 등이 이용되고 있다. 최초로 이용된 레이저는 CO<sub>2</sub>로서 주로 사용된 분야는 표면 탑재 용 디바이스 용 접합이나 하이브리드(Hybrid) IC의 제조 공정<sup>7)</sup>에 이용되어 왔다.

그러나 CO<sub>2</sub> 레이저의 특징은 파장(10.2μm)이 길어서 절연물에 대한 흡수율이 크고 solder 금속에 대한 반사율이 커 프린트 기판등의 모재에 손상을 입히게 되는 경우가 많았다. 이러한 CO<sub>2</sub> 레이저의 결점을 보완하기 위하여 개발된 것이 파장 1.06μm인 YAG(Yttrium- Aluminum-Garnet) 레이저로서 현재까지 레이저 광을 이용한 soldering 장치의 주류가 되었다.

이 방식의 특징은 비 접촉으로 soldering이 이루어

어지므로 모재 표면에 소성 변형을 일으키지 않으며 가열 시간도 비교적 짧아서(ms~sec) 접합 계면에서 형성되는 금속간 화합물의 성장 두께를 억제할 수 있는 특징을 갖는다.

이상 현재 사용되고 있는 국부 reflow soldering 방식에 대하여 간단하게 기술하였다. 이들의 장치는 일괄적으로 비교하여 어느 쪽이 우세하다고 단정지을 수는 없으며 모재의 크기, 형상, 접합부의 특징, 제품의 가격, 부가가치 등을 고려한 장비 가격을 비교하여 각종 국부 reflow soldering 방식을 선정하여야 할 것이다.

### 3.3.3 솔더링의 불량 및 대책

#### (1) 브릿지(bridge)

Bridge는 인접하는 리드 또는 전극 패턴이 solder로 연결되어 숏트(short)를 일으키는 현상으로 최근의 다핀(multi-lead) 미세 피치(fine pitch)의 추세에 따라 무엇보다도 큰 문제로 대두되고 있는 불량이다. Bridge 발생의 원인은 전극 패턴 상에 공급되는 solder paste의 과대 공급 및 물성치(점도, 치소 치수, 퍼짐성)와의 상관성에 있다. 예를 들어 공급된 solder paste의 퍼짐성이 소량인 경우에는 solder 용융시에 표면 장력에 의하여 용융된 solder가 전극 패턴 상으로 복귀하지만 초기 공급된 solder paste의 양이 과대하고 물성치와의 균형을 유지하지 못하면 표면 장력에 의하여 용융된 solder가 전극 패턴 상으로 복귀하지 못하고 bridge 현상을 발생하게 된다. Fig. 10에 브릿지의 모형을 나타내었으며 solder paste의 퍼짐 발생 프로세스는 인쇄 퍼짐, 탑재 퍼짐, 수정 퍼짐, 가열 퍼짐 등으로 진행된다.

#### (2) 솔더 볼(solder ball)

Solder ball은 Fig. 11에 보인 것처럼 예비 가열에 의하여 solder의 퍼짐이 생겨 회로 패턴부터 solder 입자가 이탈하므로써 발생하게 된다. 따라서 전극 패턴 마스크 설계 단계에서 극단적으로 solder의 퍼짐을 막을 수 있도록 고려하여야 한다. 또한 솔더 퍼짐이 없어도 다음과 같은 요인으로 solder ball이 발생하는 경우가 있으므로 solder paste의 선정과 공정 관리가 중요하다.

(a) 不政形 solder 입자나 10μm 이하의 미세 solder 입자를 내포하는 solder 표면적이 증대하다.

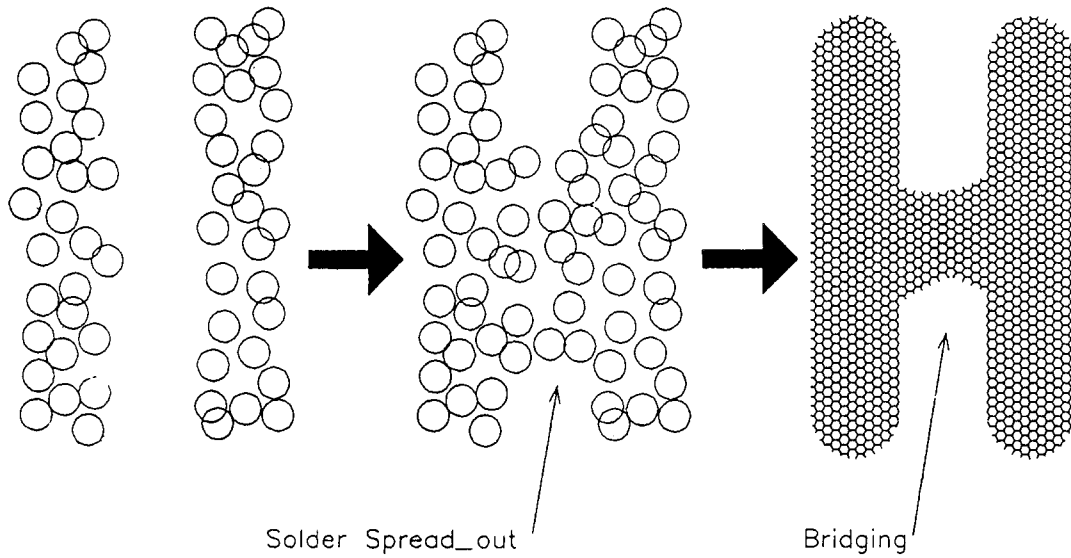


Fig. 10 Process of solder bridging.

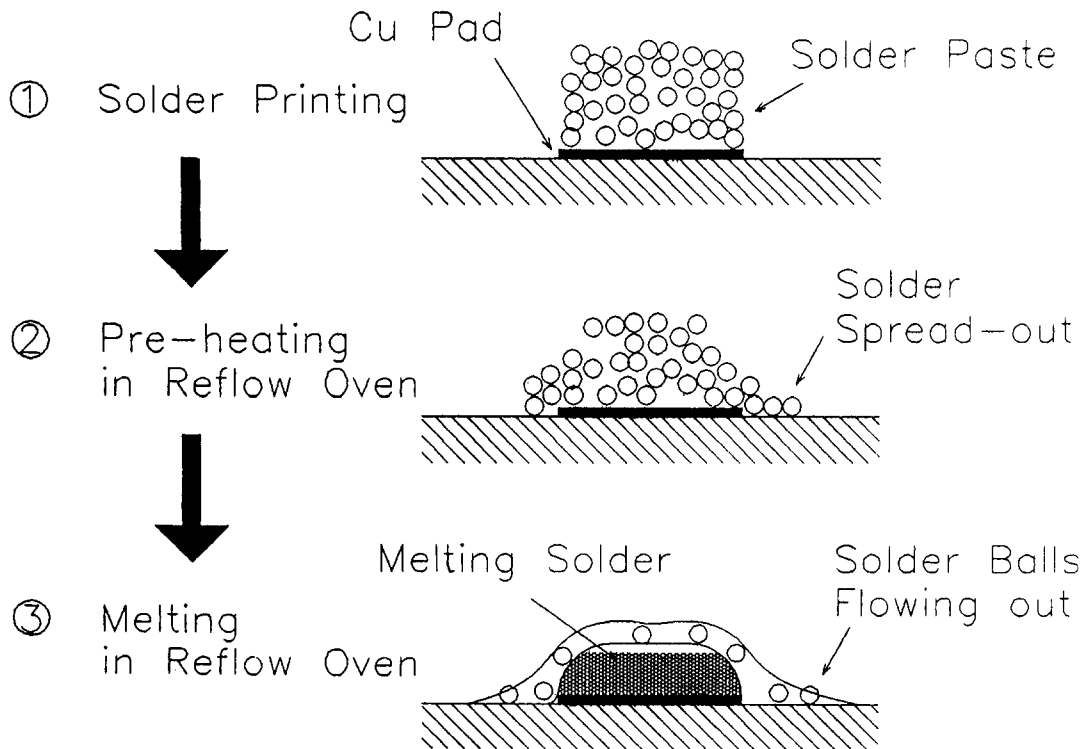


Fig. 11 Process of solder balls.

(b) Flux의 활성력이 약한 경우 solder 입자 및 전극 패턴 상의 산화 피막 제거가 충분하지 않다.

(c) Solder paste의 관리의 부주의로 흡수율이 높아진다.

(3) 맨하탄(Manhattan)

디바이스(칩, 저항, 콘덴서 등)의 소형화가 진행됨에 따라 발생 빈도가 높아진 불량 중의 하나가 맨하탄 현상이다. 특히 핸드폰(hand phone)에 들어가는 부품(1.0×0.5mm)의 소형 박형화에 따라 불량률의 빈도가 높아지고 있다. 이 현상은 부품 탑재시의 위치 정도의 오차와 좌우 전극 패턴간의 solder 용융 타이밍의 차가 겹쳐서 좌우 전극에 작용하는 모멘트의 불균형에 의하여 발생하게 된다. Fig. 12에 맨하탄 형상에 영향을 미치는 각 모멘트를 나타내었다.

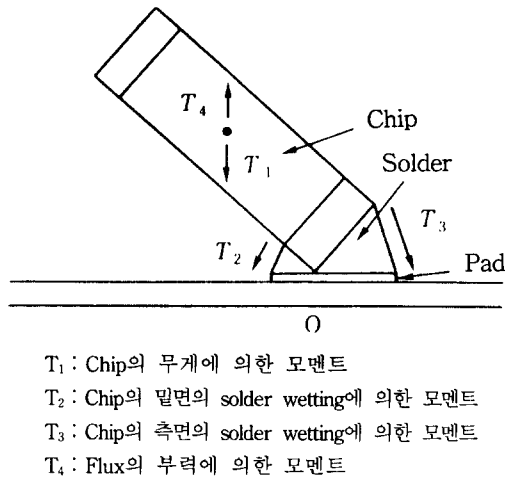


Fig. 12 Moments of affected manhattan phenomenon.

(4)보이드(void)

Solder 접합부의 내부에 형성되는 空洞으로 발생 메카니즘은 기본적으로 2가지로 분류할 수 있다. 첫번째는 solder와 모재(리드) 계면 근방에서 형성되는 커켄달(kirkendall) void이다. 두번째는 flux 중의 기화 성분이 잔류함으로써 발생하는 void이며, 그 크기는 첫번째의 에 비해 큰 경우가 많다(수 $\mu\text{m}$ ~수백 $\mu\text{m}$ ). 또한 kirkendall void는 확산 반응에 의하여 발생하므로 보관 시간 사용 환경(온도)에 따라 형성 성장을 예측할 수 있으나 solder paste 내부의 잔류 가스에 의한 void의 생성을 억제하기 위해서는 flux

성분의 선택 및 가열 냉각의 온도 프로파일의 관리가 무엇보다도 중요하다.

(5) 젖음성(wetting) 불량

젖음성 불량의 원인은 재료 표면의 오염 및 산화 피막에 있다. 또한 일괄 리플로우 시에 가열 부족으로 발생하는 경우도 있으며 이것은 열용량이 큰 부품의 온도 상승이 불충분하여 발생하게 된다. 따라서 열원의 선정도 포함해서 균일한 가열을 확보하는 것이 중요하다. 또한 활성력이 좋은 flux를 사용함에 따라 재료 표면의 산화 피막을 포함한 오염층을 제거할 수 있으나 활성력이 높은 RA 타입이나 무기산 타입의 flux는 세척시에 프레온 가스를 사용해야 하므로 無 세척화의 추세에 맞지 않은 방법이다.

3.4 세 척

Soldering 후 flux 殘渣가 기판 상에 남게 되면 사용환경에 따라서는 그것이 부식이나 마이그레이션(migration)의 원인이 된다. 1990년까지는 세척제로서 프레온 가스가 주종을 이루고 있었지만 오존층의 파괴의 문제로 부각되어 규제되었다. 따라서 프레온 가스의 대체 방안으로서 현재 추진 검토되고 있는 것은 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 수용성 flux → 물로 세척
- (2) 로진(rosin) flux + 알카리 용액 → 물로 세척
- (3) 알콜 계열 용제에 의한 세척
- (4) 無 세척

특히 (4) 항목의 無 세척은 soldering 후의 flux의 잔사가 적어 무세척으로 장기간 신뢰성의 문제가 되지않는 solder paste의 개발이 진행 중(미국, 일본)이다. 이것은 수지성분이 적은 RMA타입의 flux를 사용하기 때문에 solder paste의 젖음성(wettability)을 떨어진다. 따라서 이타입의 solder paste를 이용하여 soldering할 경우에는  $N_2$  reflow 방식을 이용하는 것이 바람직하다고 할 수있다.  $N_2$  reflow 방식을 이용하여 산소농도와 젖음성과의 관계를 측정된 결과를 Fig. 13<sup>8)</sup>에 나타내었다.



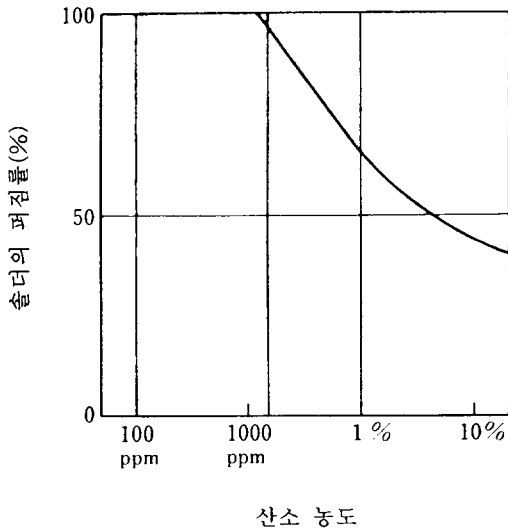


Fig. 13 Relation between wettability and oxygen concentration.

#### 4. 솔더 접합부(Solder Joint)의 신뢰성

Solder 접합부의 신뢰성은 경년 변화에 따른 문제로 크게 5가지로 분류할 수 있다.

- (1) 온도 사이클에 의한 피로(fatigue)파괴
- (2) 高温 상태에서의 확산 열화
- (3) 마이그레이션(migration)에 의한 회로의 단락
- (4) 위스커(whiskers)에 의한 회로의 쇼트
- (5) Flux 殘渣에 의한 부식

이상의 5가지 항목이 solder 접합부의 신뢰성 상 문제되고 있는 사항이고 이중에서 경박 탄소화 추세에 따라 특히 문제화되고 있는 것이 (1), (3)의 항목이다. (1)의 열 피로에 관한 연구는 Sn-Pb solder paste를 이용한 보고<sup>9,10)</sup>도 있지만 solder 접합부의 형상(solder fillet 형성)에 따라 응력·변형률의 분포가 달라지므로 파괴 메카니즘이 복잡할 뿐더러 solder 재료의 조성의 영향도 받기때문에 이론 해석이 상당히 어렵다. 아울러 최근 들어 환경 오염 작업 환경 차원에서 비납 solder(lead free)<sup>11)</sup> 재료의 개발에 박차를 가해 일부 상품화 되고 있어 비납 solder에 대비한 solder 접합부의 신뢰성 문제도 대두하고 있는 실정이다. 이러한 solder 접합부의 열

피로 해석은 접합부에서 발생하는 최대 전단 변형  $\epsilon_{max}$ 를 파라미터로 한 Manson-Coffin에 의한 저 사이클 피로 수명식을 이용하여 열 피로 수명(N)을 구하고 있다. Fig. 14<sup>12)</sup>는 solder 접합부의 열 피로 파단의 형상을 나타낸 것으로 사이클 수와 더불어 접합부의 응력 변형률이 축적되어 균열이 시작되어 최종적으로 파단까지 이르게 되는 것을 보여 주고 있다. 따라서 열 피로 수명(Nf)을 연장시킬 수 있는 접합부의 형상 및 재료의 선정의 검토가 무엇보다도 중요하다고 할 수 있겠다. 한편 피로 다음으로 문제시 되고 있는 것은 (3)의 migration이다. 이 migration은 경박 미세 피치화에 따른 솔더 접합부에 높은 電界 強度가 발생하여 고온 다습 하에서 생성한 금속 이온이 음극 측에서 석출하여 양극 측에 수지 모양으로 성장하여 단락하는 것을 말한다. 마이그레이션에 의한 단락 수명(N<sub>m</sub>)은 다음 수식으로 표기할 수 있다.

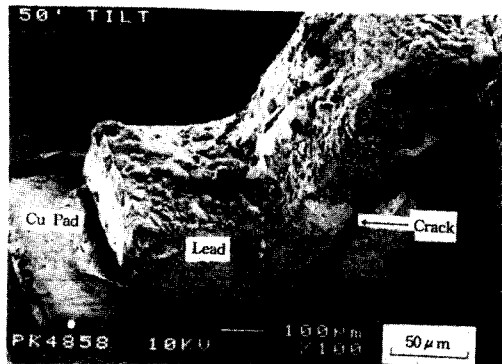


Fig. 14 Fatigue fracture of solder joints.

$$N_m = CE^{-m}H^{-n} \exp(Q/KT)$$

여기서, C는 상수, m, n은 지수, Q는 활성화에너지, K는 Boltzman 상수(8.62×10<sup>-5</sup> eV/K), E는 전계 강도, H는 습도, T는 절대 온도이다. Fig. 15는 각종 기판 상의 Ag 도체를 이용하여 전계 강도에 의한 migration 수명을 나타낸 것으로 70℃ 89% RH에서 약 5V/mm의 전계 강도가 인계되었을 때 그 수명은 약 500 시간으로 단락하여 치명적인 결과를 초래할 수 있음을 알 수가 있다. 이와 아울러 Sn/Pb 계열의 solder 표면에 수분이 응착하는 경우는 수백 sec~수천 sec 정도로 간단히 단락하게 되므로 사용 환경에 따라 각별히 주의를 기울여야 한다.

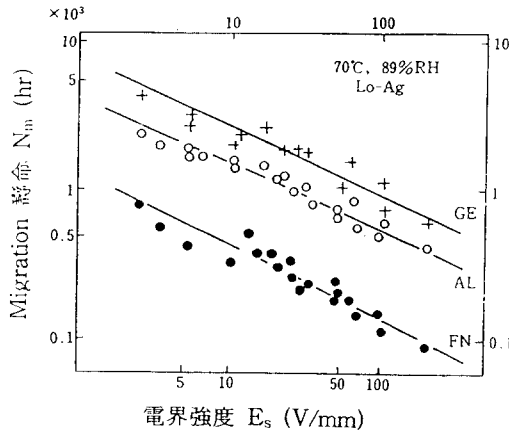


Fig. 15 Relation between Nm and electric field intensity.

### 5. Micro Soldering의 금후 과제

Micro Soldering의 프로세스를 리플로우 프로세스를 중심으로 기술하였다. 금후 접합·접속부 치수의 한계를 초월한 접합 공학 및 기술 개발이 요구되며 이러한 미세 접합부의 치수의 소형화 이외에도 전자 기기 및 부품의 금후 발전을 지원하기 위해서는 다음과 같은 과제에 관하여 연구 개발의 성과를 올릴 필요가 있다.

- (1) 접합 반응층의 치수 및 성질의 제어
- (2) 접합 재료 공급량의 제어
- (3) 접합 계면의 분석 기술
- (4) 부품 치수 및 위치 결정의 제어 기술
- (5) 저온 접합 기술 및 보수 기술
- (6) 소재의 국산화 및 신소재 이용 기술
- (7) 평가 기술의 확립

### 참 고 문 헌

- 1) M. Fenner : Soldering & Surface Mount Tec., No. 13 (1993), pp.56.
- 2) P. A. Jeager : Soldering & Surface Mount Tec., No. 13 (1993), pp.51.
- 3) W. Leske and J. Koch : Soldering & Surface Mount Tec., No. 10 (1992), pp.42.
- 4) Electric Pack. & Prod., November(1991), pp.118.
- 5) 신영의 : 열원 형태에 의한 전자 재료의 접합성에 관한 연구, 대한용접학회 논문집, 제12권, 제4호 (1994), pp.458-464.
- 6) 辛永議 : Micro Parallel Gap 接合法による接合部の發熱分布と接合パラメータ意義, 日本銲接學會 論文集 Vol. 10, No. 1 (1992) pp.144-149.
- 7) P. U. Chang : Experimental Investigation of Laser Beam Soldering, Welding Journal, Vol. 65, No. 10, (1986), pp.33-41.
- 8) 木幡 : 窒素リフロー-用低残渣ソルダペーストの諸特性, 第10回 日本マイクロ接合研究委員會 ソルダリング分科會資料, (1991), MJ-S-54-91.
- 9) 佐藤 : 電子回路の對するPb-Sn系合金微細接合部の熱疲勞, 日本金屬學會論文 講演集, Vol. 11 (1988) pp.58-63.
- 10) W. Engelmaier : Elect. Pack. and Prod., Apr., 58 (1983).
- 11) 日經 BP : 電子機器からハンダリの鉛を追放, 日經エレクトロニクス, (1995), pp.91-107.
- 12) 신영의 : Fe-Ni 합금 클래드 리드 프레임을 이용한 전자 재료 접합부의 품질 향상과 그 신뢰성, 대한용접학회 논문집, 제13권, 제2호 (1995), pp.122-128.