

## 분위기 압력 변화가 레이저 납땜의 유동성에 미치는 영향에 관한 연구

이백연\*

(논문접수일 2002. 3. 26, 심사완료일 2002. 8. 6)

A Study on the Effect of Environmental Pressure Change to the Laser Soldering Liquidity

Back-Youn Lee\*

### Abstract

The soldering is widely used installing the electronic element on circuit board in the common electronic device. Since the flux which improves the liquidity of solder make the electronic and chemical performance worse, the circuit board need to wash clearly. At present, however no-washing is required for the cost reduction, the chemical stability, and the protection of environment. In this research, the solder liquidity depending on the power density and the pulse width is comparatively analyzed by the diffusion area method for achieving the no-flux soldering.

**Key Words** : Soldering(납땜), Flux(용제), No-washing(무세정), Area Method(면적법)

### 1. 서론

전자기기는 가정용 전자제품에서 산업용 생산기계에 이르기까지 매우 다양한 종류가 사용되고 있으며, 점진적으로 소형, 경량화, 고성능, 다기능화로 나아가고 있어 현대생활을 쾌적하게 하고 있다. 소형, 경량화를 이루기 위해서는 전자부품 특히 반도체 장치의 고집적화가 요구되고 있으며 특히 납땜을 한 리드(lead)부의 소면적화와 고밀도화가 필요하게

된다<sup>(1-2)</sup>. 한편 전자기기의 사용분야가 우주, 자동차, 의료기기 등과 같이 신뢰성이 엄격히 요구되는 분야에서 광범위하게 사용되고 있으므로, 납땜 접합부의 신뢰성이 문제되고 있다. 납땜 부분은 온도(사이클), 응력(비틀림)등 각종 분위기에서 오랜시간 유지되어야 하는데 납땜 접합부는 이종 재료의 경계면을 갖고 있어 전기적, 기계적 스트레스를 받으므로 전기, 화학적으로 여러 가지 현상이 일어날 가능성이 높다. 특히 납땜의 유동성을 좋게 하기 위해서 사용되

\* 주저자, 조선이공대학 컴퓨터응용기계학부 (bylee@mail.chosun-c.ac.kr)  
주소: 501-744, 광주시 동구 서석동 290 Tel: 062-230-8234

는 용제(flux)가<sup>(3)</sup> 기판위에 남게되면 전기, 화학적 신뢰성이 저하되기 때문에 과거에는 프론으로 세정을 하였으나 자연환경 보전을 위해 프론의 사용은 금지되고, 대체 유기용제로 수세정 방법이 새롭게 시험되고 있다. 그러나 가격, 안정성, 환경오염 관점으로부터 무세정화를 위해 용제를 사용하지 않는 납땜에 관심이 많은데 용제를 사용하지 않는 납땜의 경우 기판의 동표면 산화를 억제하는 것이 매우 어렵다. 그래서 납땜 분위기의 산소농도를 낮추는 방법이 연구되고 있다. 본 연구는 고밀도 납땜을 하기 위해 가열원으로 용입양이 매우적고, 빔 모드(beam mode)가 우수하며 집광성이 좋아 마이크로 부품 용접에 사용되고 있는 저출력 YAG 레이저를 사용하였다<sup>(4-6)</sup>. 분위기 압력과 납땜 유동성의 관계를 검토하기 위해 압력을 변화 시켰을 때의 파워-밀도와 펄스 폭에 따른 납땜 유동성 평가를 확산 면적법에 의해 시행하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 레이저 가공장치와 시료

Fig. 1은 실험장치의 개략도이다. 레이저 발전기는 YAG 레이저 가공기를 사용하였으며 펄스 폭을 20 $\mu$ s ~ 20ms의 범위에서 1 $\mu$ s씩 설정 할 수 있어 미세가공에 적합하다. 집광렌즈는 초점거리 50mm를 사용하였다.

Table 1은 레이저 가공기의 사양이고 Table 2는 63Pb-

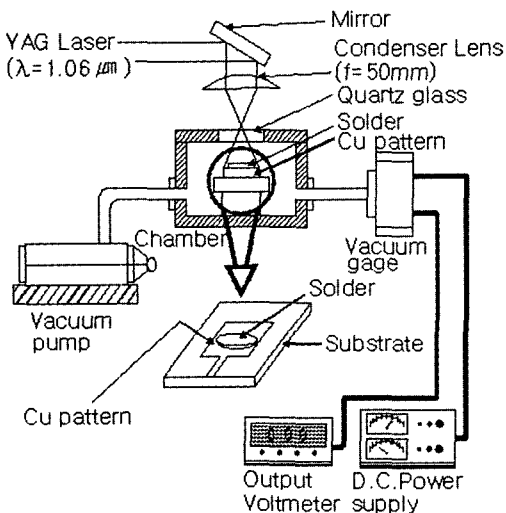


Fig. 1 System of experimental apparatus

37Sn 공정 납땜 박판의 화학성분을 보여준다. 시료는 페놀 기판위에 동판 □1.5mm에 납땜 박판(∅0.9mm, t0.1mm)을 붙여 사용했다. 납의 성분 및 물리적 성질은 Table 3과 같다.

동 표면의 오염 및 산화막을 제거하기 위하여 아세톤으로 초음파 세정을 하고 5%의 희유산에서 초음파 세정하였다.

Table 1 Specifications of YAG laser machine

항 목	사 양
발전광파장	1.06 $\mu$ m
빔 경	7mm
빔확산각	$\theta/2 = mrad$ 이하
발전소자	Nd+3YAG로드
램 프	프락슈램프
레이저출력	75J이상
펄스 폭	20 $\mu$ s ~ 20ms 가변(1 $\mu$ s step) 램프전압에 따라
파형제어	10pulse 연쇄방식 1~10pulse 선택가능. 단, 1회 shot 설정되고 토탈 pulse폭은 max20ms
주 파 수	1200PPS (램프전압, pulse폭 파형에 따라서)

Table 2 Chemical component of 63Pb-37Sn process soldering thin plate

화 학 성 분 (%)			
Sn	62.80	Zn	0.0003
Pb	37.18	Fe	trace
Sb	0.014	Al	trace
Cu	0.000	As	0.002
Bi	0.000	Cd	0.0002

Table 3 Physical properties of 63Pb-37Sn process soldering thin plate

물 리 적 성 질		
전기저항	$\mu \Omega \cdot m$	0.145
열전도도	$J/(m \cdot s \cdot K)$	49.8
비열	$J/g \cdot K$	150
열팽창계수	106/K	24
용점	$^{\circ}C$	183~184
밀도	$g/cm^3(20^{\circ}C)$	8.41
Young, s	103kg/mm	3.13

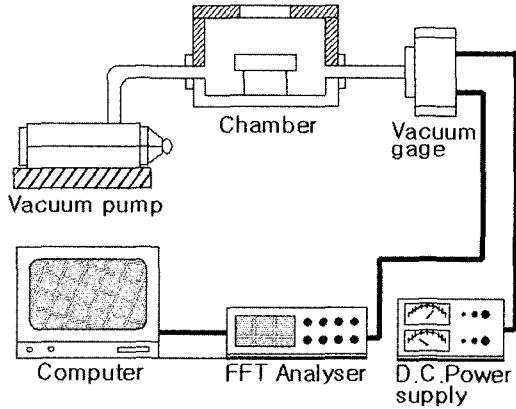


Fig. 2 System of environment press-controller

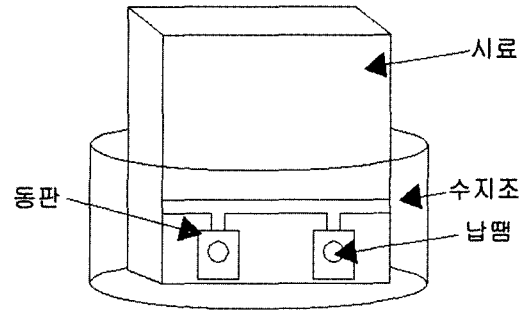


Fig. 3 Specimens polishing equipment

그후 동판에 남아 있는 희유산을 제거하기 위해 물로 초음파 세정을 하였다. 시료에는 3종류의 다른 펄스 폭(3, 7, 11 ms)의 레이저광을 조사하였다.

실험은 Fig. 2와 같은 장치를 이용해 분위기 압력을 제어하였다. 성능을 개량하기 위해서 기존의 진공챔버 조사창 및 관측창에는 진공챔버와 석영유리 사이에 평형 패키징을 사용함으로써 틈새 영향으로 압력변화에 영향이 있었으나 기밀성을 향상시키기 위하여 깊이 1.0mm 폭2.0mm의 홈을 파고 O-링을 사용함으로써  $5 \times 10^{-2}$  Torr(6.7Pa)까지 압력제어가 가능하였다. 분위기 제어계의 도달압력은 진공챔버 내의 시간에 대한 압력의 변화를 FFT해석기에 의해 일정한 값이 유지되도록 하였다.

유동성의 평가는 조사 후 납땜면을 투영기에 의해 확대하여 드레싱 한 후 폐소곤으로 화상처리 하여 유동확산 납땜의 면적을 측정하여 그 크기를 비교하였다. 유동확산 된 납땜면의 단면을 관찰하기 위해 시료는 레이저 조사 후 수지용기에 넣고 습식 연마한 다음에 버프(buff)연마를 하였다.

## 2.2 시료의 연마

Fig. 3과 같이 시료를 수지용기 안에 넣고 입도 #80~#1500을 이용하여 납땜면의 중앙까지 연마하였다. 이때 연마면이 기우는 것을 막기 위해 시료가 항상 수직이 되도록 유지하였으며 물에 소량의 콤파운드를 첨가하여 단면을 정면처럼 만들었다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 4는 분위기 압력을 변화시킬 때 파워-밀도와 확산면적의 관계를 보여주고 있다. 그림에서 파워-밀도가 증가하면 납땜확산면적도 증가한다. 이와 같은 경향은 3종류의 다른 펄스 폭에 대해서도 확인되었으며, 이와 같이 확산면적은 파워-밀도의 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. Fig. 4(1)에서는 펄스 폭 7ms에서 파워-밀도가 일정한 경우, 결과는 반대로 얻어졌다. 대기압에서 유동확산면적이 1Torr 보다 크다는 것을 알 수 있다<sup>(7,8)</sup>. 이것은 레이저발진기로부터 조사되는 조사에너지가 불안정하기 때문이다. 또한, 기관의 동판이 적당한 세정조건이 아니므로 동표면의 산화막이 충분히 제거되지 않았기 때문이라고 생각된다. Fig. 5(1)~(6) 레이저 조사후의 납땜 표면형상 및 단면형상에서와 같이 저압력의 1Torr에서는 확산면적이 대기압에서 보다 크다는 것을 알 수 있다. 이것은 동표면이 대기중의 산소와 결합해서 산화물을 형성하기 때문이다.

Fig. 6은 펄스 폭 7ms 파워-밀도  $23\text{kW/cm}^2$  분위기 압력 1Torr와 대기압의 표면상태를 보여준다. 이 그림에 따르면 반복해서 파워-밀도를 증가시켰을 때 기관의 동이 떨어져 나감을 알 수 있다. 그러므로 납땜 및 동 표면의 한계 파워-밀도는  $23\text{kW/cm}^2$  정도임을 알 수 있다.

유동성의 정도를 나타내기 위해 접촉각이라는 개념이 사용된다. Fig. 7과 같이 개체위에 액적이 정지하고 있을 때 액적 외부와 개체 표면과 이루는 각도  $\theta$ 를 접촉각이라 부른다.  $\theta$ 가 작은 쪽이 유동성이 좋다. 전체가 유동이 없을 때  $\theta=180^\circ$ , 완전히 유동되었을 때  $\theta$ 는  $0^\circ$ 이다. 개체위의

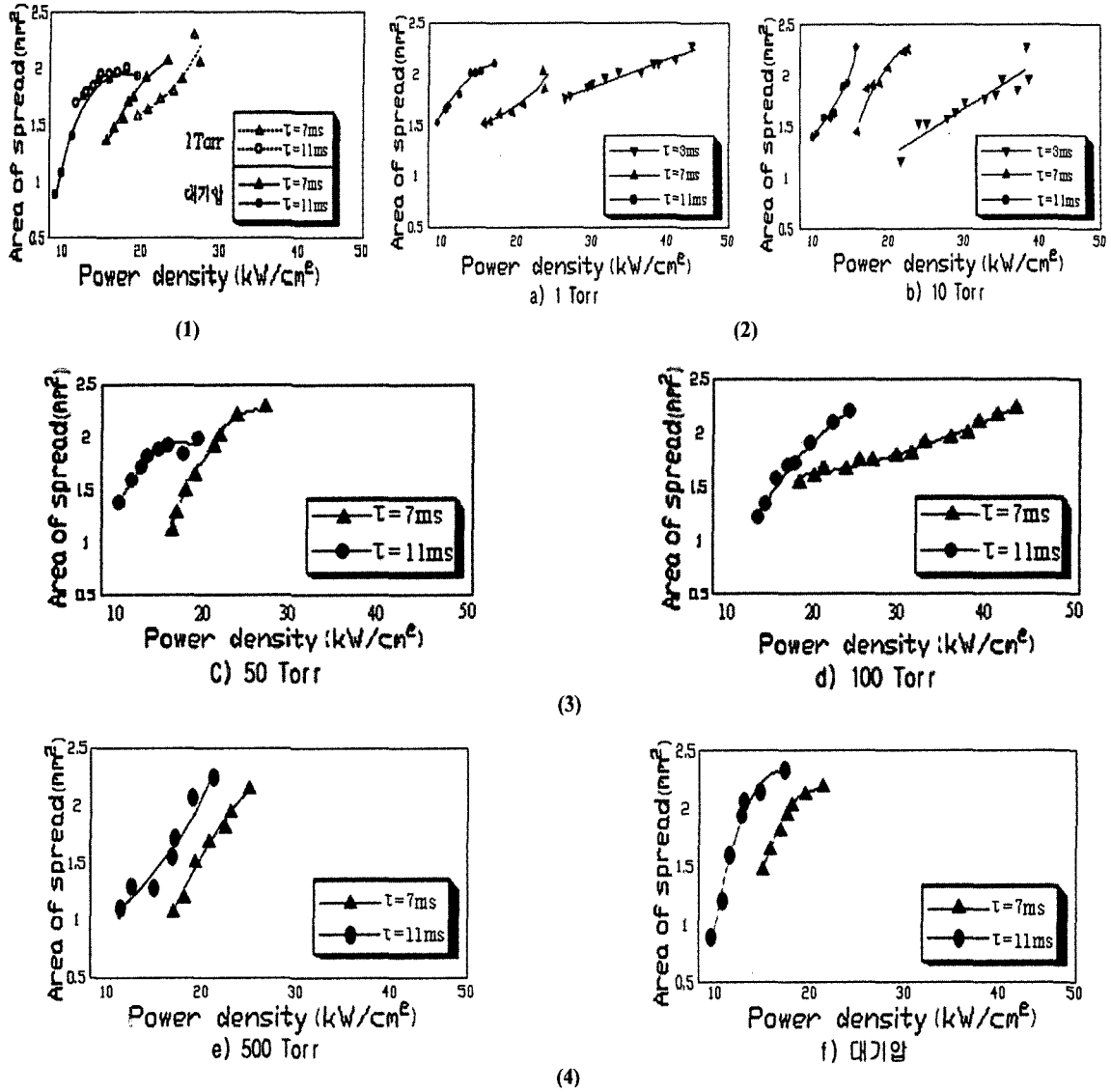


Fig. 4(1)~(4) Relation of power-density and diffusion area

액적이 정지하고 있을 때 식 (1)이 성립된다.

$$\gamma s = \gamma l \cos \theta + \gamma s l \quad (1)$$

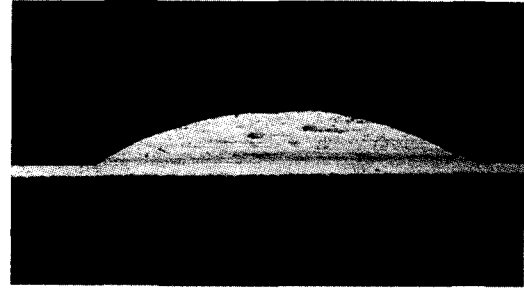
여기서,  $\gamma s$ 는 표면에너지,  $\gamma l$ 은 액체의 표면에너지,  $\gamma s l$ 은 개체·액체간의 계면에너지,  $\theta$ 는 접촉각이다.

산화물은 표면에너지가 낮고 안정되기 때문에 용융된 납 뿔이 접촉해도 유동이 잘 일어나지 않는다. 그러나 압력을

낮추어 분위기의 산소 농도를 낮게 하므로서 산화가 억제되어 동 표면에너지가 크게된다. 그러므로 저압에서도 납뿔의 유동이 양호하다는 것을 알 수 있다. 따라서 대기중에서도 양호한 유동성을 얻을 수 있다고 생각한다. 대기압 중에서 확산 면적이 1Torr보다 크게되는 것을 알 수 있다. 이것은 레이저 발진기로부터 조사된 조사에너지가 불안정하기 때문이며 또한, 동 표면의 산화막이 충분히 제거되지 않았기 때문이라고 생각된다.

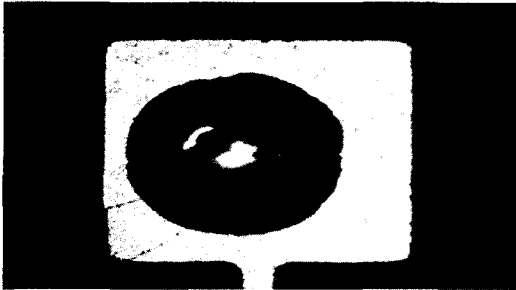


(a) 표면형상

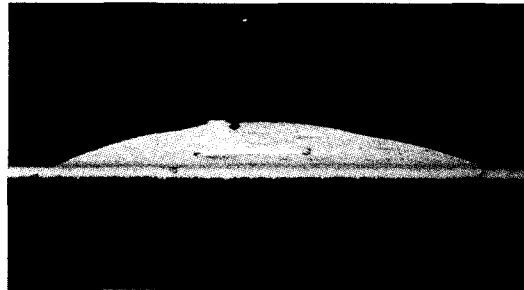


(b) 단면형상

(1)Environment Pressure=1Torr, Power-density=14kW/cm<sup>2</sup>

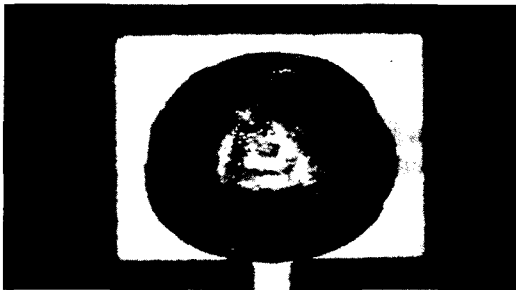


(a) 표면형상



(b) 단면형상

(2)Environment Pressure=1Torr, Power-density=15kW/cm<sup>2</sup>



(a) 표면형상

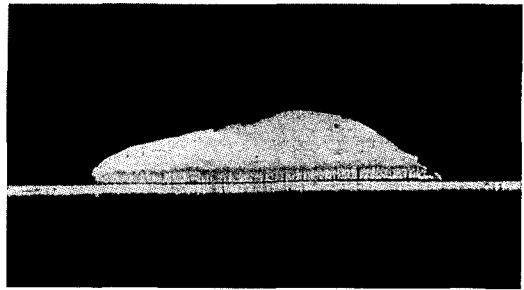


(b) 단면형상

(3)Environment Pressure=1Torr, Power-density=17kW/cm<sup>2</sup>

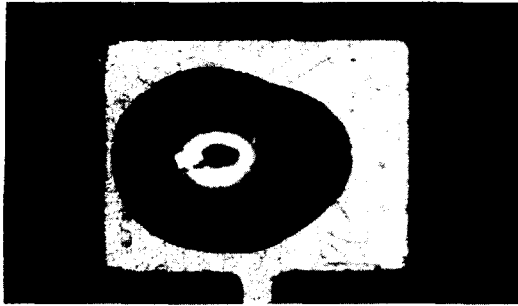


(a) 표면형상

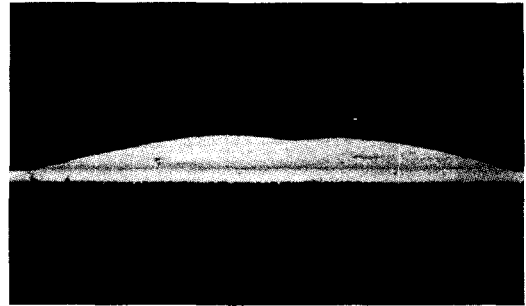


(b) 단면형상

(4)Environment Pressure=대기압, Power-density=14kW/cm<sup>2</sup>



(a) 표면형상

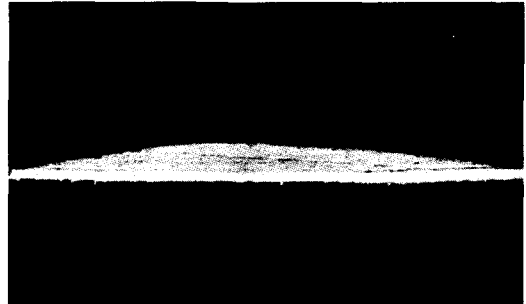


(b) 단면형상

(5) Environment Pressure=대기압, Power-density=15kW/cm<sup>2</sup>



(a) 표면형상



(b) 단면형상

(6) Environment Pressure=대기압, Power-density=17kW/cm<sup>2</sup>

Fig. 5(1)~(6) Soldering surface and section shape after laser irradiation



(a) 1 Torr



(b) 대기압

Fig. 6 Soldering surface shape after laser irradiation

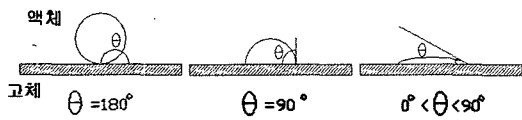


Fig. 7 Solution and contact angle

#### 4. 결론

본 연구는 분위기 압력과 납땜의 유동성 관계를 검토할 목적으로 분위기 압력 제어계의 개량 및 성능시험을 하였다. 분위기 압력과 납땜의 유동성을 검토하기 위해 압력을

변화할 때 파워-밀도와 펄스 폭에 따른 유동성 평가를 확산 면적법을 이용해 실시한 결과는 다음과 같다.

- (1) 개량후의 분위기 제어계의 도달압력 시험에서 진공 챔버는 1~760 Torr 사이의 분위기(압력 제어)가 가능하다는 것을 확인하였다.
- (2) 파워-밀도의 증가에 따라 납땜의 유동 확산면적도 증가하므로, 납땜의 유동성은 파워-밀도의 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.
- (3) 대기압에서도 분위기 압력이 낮은 상태와 같은 형태의 유동성을 얻을 수 있었다. 그러므로 대기중에서도 용제(flux)를 사용하지 않아도 납땜이 가능하다는 것을 알 수 있다.

### 후 기

이 논문은 2000년도 조선이공대학 연구비의 지원을 받아 연구되었음.

### 참 고 문 헌

- (1) 日本溶接協會, 標準Micro soldering 技術, 日刊工業新聞社, 1992.
- (2) 竹本正, 佐藤了平, 高信賴度 Micro soldering 技術, 工業調査會, 1991.
- (3) 염영하, 기계공작법, 동명사, pp.245, 1994.
- (4) Yukio kyusho, Masaru Yonekawa, THG-YAG Laser drilling of micro-uia holes in copper-laminated polyimide film, Laser 熱加工研究會論文集(JLPS) Vol. 5, pp. 139~147, 1998.
- (5) Kozo YASUDA, Mikio MURO, High performance Laser welding Technology for Heavy Industries, Vol. 27, No. 10, pp. 665, 1999.
- (6) Hyoung shik kang, A Study on the welding characteristics of Nd, YAG Laser for Thin stainless sheets, Jou, of Korea soc. of Mechanical Technology, Vol. 2(2), pp.49, 2000.
- (7) Li cheng hai, Development of Monitoring Technique for Evaluation of Laser Welding Quality, 千葉大學修士論文, 910, 2001.
- (8) Shigo Sudoh, Micro-joining of small copper wire with Nd, YAG Laser Beam, 千葉大學修士論文, pp. 10~20, 2001.