

# COG(chip on glass) 구조에서 유리를 투과하는 레이저 조사 방식에 의한 area array type 패키지의 마운팅 공정

이종현, 김원용\*, 이용호, 김용석  
홍익대학교 신소재공학과  
\*(주)메카텍스

## Abstract

Chip-on-glass(COG) mounting of area array electronic packages was attempted by heating the rear surface of a contact pad film deposited on a glass substrate. The pads consisted of an adhesion(i.e. Cr or Ti) and a top coating layer(i.e. Ni or Cu) was heated by an UV laser beam transmitted through the glass substrate. The laser energy absorbed on the pad raised the temperature of a solder ball which is in physical contact with the pad, forming a reflowed solder bump. The effects of the adhesion and top coating layer on the laser reflow soldering were studied by measuring temperature profile of the ball during the laser heating process. The results were discussed based on the measurement of reflectivity of the adhesion layer. In addition, the microstructures of solder bumps and their mechanical properties were examined.

## 1. Introduction

최근 fine pitch interconnection을 위한 방법으로 ACF(anisotropically conductive film)를 사용한 chip-on-glass(COG) 또는 flex-to-glass 접합 기술이 점차 광범위하게 사용되고 있다. 그 대표적인 예가 liquid crystal display(LCD)의 제조에서 driver IC 또는 driver IC가 탑재된 tape-carrier packages(TCPs)와 LCD glass panel과의 ACF 접합 공정이다[1-4]. 이중 driver IC와 같은 칩을 LCD panel과 같은 glass에 직접 실장하는 COG 기술은 기본적으로 보다 빠른 전기적 반응 특성과 제품의 저가격화를 이룰 수 있을 뿐 아니라, 최근 display 분야에서의 고해상도 요구와 더 많은 수의 contact point들을 수용하기 위한 방법이 된다. 아울러 COG에서 glass와 유사한 Si chip의 열팽창계수는 TCP와 비교할 때 더욱 신뢰성 있는 접합을 이루게 되므로 이동 제품과 고발열 제품에서의 COG 사용은 더욱 빈번해지고 있다.

LCD를 이루는 액정과 편광자를 포함한 여러 재료의 열적 불안정성으로 인하여 LCD 디바이스는 120°C 이상의 고온에 노출되어질 수 없다. 그러나 전기적으로 낮은 전류 요구량으로 인하여 30-100의 높은 접촉 저항(contact resistance)이 허용될 수 있다. 이러한 이유들과 많은 전극들이 동시에 접합될 수 있다는 장점에 의하여 ACF는 LCD의 제조 공정에서 driver IC의 interconnection 재료로 계속적으로 사용되어져 왔다[1-5]. ACF를 사용한 일반적인 접합 조건은 선접합, 가접합, 최종접합으로 이루어진 3회의 접합 단계가 적용되어야 하며, 접합부에 최고 170-230°C의 온도와 20-50kg/cm<sup>2</sup>의 압력이 가해져야 하는 공정상의 번거로움을 가진다. 또한 폴리머의 수분 흡수와 접합부 피치 감소에 따라 전극당 개재되는 전도성 particle 수의 감소, reworkability의 불량과 같은 원천적인 단점을 가지고 있다.

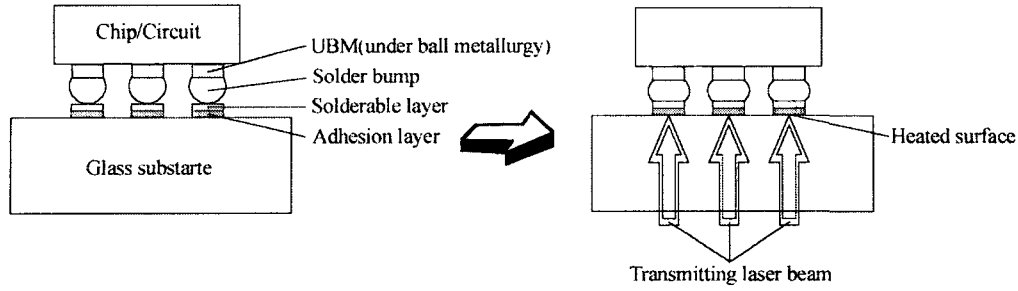


Fig. 1. Schematic illustration of COG mounting using a laser beam transmitting glass substrates.

한편 최근 LCD module의 품질과 신뢰성이 glass panel에 driver IC가 접합되는 방법에 의존하게 됨에 따라 COG 공정에서도 기존의 ACF를 사용한 contact 방법에 비하여 접합 재료와 접합 공정이 개선된 새로운 방안들이 요구되고 있다. 아울러 PDP(plasma display panel)와 같이 높은 전류의 사용을 요구하는 다른 flat panel display 제품에서의 적용이 가능한 접합 공정의 개발이 필요한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 상기 언급되었던 COG에서 ACF를 사용한 chip attachment 방법의 여러 단점을 극복하고자 ACF 대신 솔더를 사용하고, 레이저를 사용한 국부 가열에 의한 chip의 마운팅 공정을 고려해 보았다. 레이저 리플로우 솔더링은 일반적으로 레이저의 조사가 가능한 quad flat pack(QFP)과 같은 peripheral type 패키지의 마운팅 공정에서 사용되어져 왔으나, 본 연구에서 제안된 레이저 조사 방법은 Fig. 1과 같이 COG 구조에서 기판 재료로 사용되는 glass를 투과하여 glass 상부의 금속 패드를 조사, 가열하는 것으로, area array type package의 최종 접합 단계에서의 레이저 조사법은 지금까지 보고되지 않은 새로운 기술이다.

## 2. Experimental Procedures

본 연구에서는 먼저 spectrophotometer(Hitachi, Model:U-3501, Japan)를 사용하여 광의 파장에 따른 glass 및 금속 패드의 투과율과 반사율을 측정하여 glass를 투과하는 레이저의 적합 조건에 대해 논의해 보았다. 이후 레이저의 조사 시간 및 패드 금속의 종류에 따른 접합 계면 및 여러 조성 솔더의 미세구조 변화를 관찰하였다. 또한 접합부의 신뢰성을 평가하기 위하여 접합 솔더 범프의 간단한 진단 실험을 실시해 보았다.

glass 기판으로는 LCD의 glass panel로 사용되고 있는 Corning 1737 glass(aluminosilicate 조성)를 사용하였다. glass 기판은 트리클로로에틸렌, 아세톤, 메탄올, 2차 증류수의 순서로 초음파 세척하여 photolithography 공정으로  $600\mu\text{m}$  지름의 원형 trench를 형성한 뒤, Cr 또는 Ti의 adhesion layer( $0.15\mu\text{m}$ )와 Cu 또는 Ni의 solderable layer( $1\mu\text{m}$ )를 스퍼터링법으로 한 챔버내에서 연속적으로 증착하였다. 이후 lift-off 공정으로  $600\mu\text{m}$  지름의 원형 패드를 형성하였다. 본 연구에서는 area array 패키지의 마운팅과 유사한 조건으로 solderable layer 상에서 투과 레이저를 이용한 솔더볼의 reflow 접합 실험을 실시하였다. 사용한 레이저는 high power UV 레이저 (Model:T80-YHP40-355Q, Spectra-Physics, USA)였으며, 파장변조방식을 이용하여  $1064\text{nm}$ 의 기본 파장을 UV 대역인  $355\text{nm}$ 로 변조하여 사용하였다. 레이저 조사시의 파형은 CW(continuous wave)를 사용하였다. 솔더볼의 범핑(bumping) 실험 방법은 다음과 같다. Fig. 2와 같이 패드상에

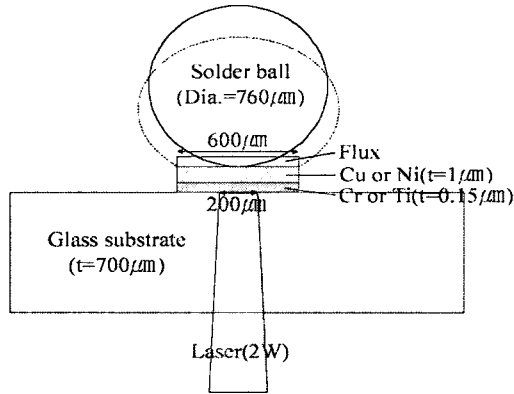


Fig. 2. Schematics of experimental setup of soldering using a laser beam transmitting glass substrates.

RMA (rosin mildly activated) type flux (RMA-390DH3, Alphametals, USA)를 도포한 후, 760 μm의 솔더볼을 접촉시킨 다음 패드부에 포커싱(focussing)된 레이저를 수동으로 정렬하였다. 레이저의 포커싱 지름은 200 μm였으며, energy input rate는 2W였다. 사용한 솔더 조성은 상용 Sn-37(wt.%)Pb와 대표적인 Pb-free 솔더 조성인 Sn-3.5Ag 등이었다. reflow 접합시 솔더볼의 온도 변화를 관찰하기 위하여 솔더볼에 chromel/alumel thermocouple을 삽입한 후 조사 시간에 따른 온도 변화를 측정하였다. thermocouple이 삽입된 솔더볼은 100 μm 지름의 thermocouple의 tip 부분을 Au로 코팅한 다음 용융 솔더볼 내에 삽입한 뒤 응고시켜 제조하였다. 솔더볼이 범핑된 시편은 미세조직의 관찰을 위하여 접합부를 cross-section으로 마운팅한 후 최종적으로 0.1 μm의 알루미나 슬러리를 사용하여 폴리싱 하였다. 미세조직은 SEM/BEI (Model: S-2500C, Hitachi, Japan)를 통해 관찰하였으며, 계면 금속간 화합물층의 명확한 관찰을 위해서 2(vol.%)HNO<sub>3</sub>/1HCl/98ethanol의 etching solution을 사용하였다. 접합된 솔더 범프는 multifunction bondtester (Model: DAGE-2400, Dage Precision Industries, USA)를 사용하여 전단 실험하여 최대 강도값을 측정하였으며, SEM/BEI로 생성 파면을 조사하였다.

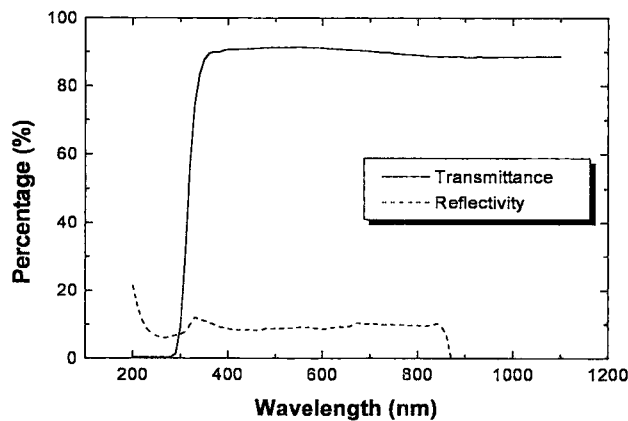


Fig. 3. Measurement of transmittance and reflectivity of the Corning 1737 glass.

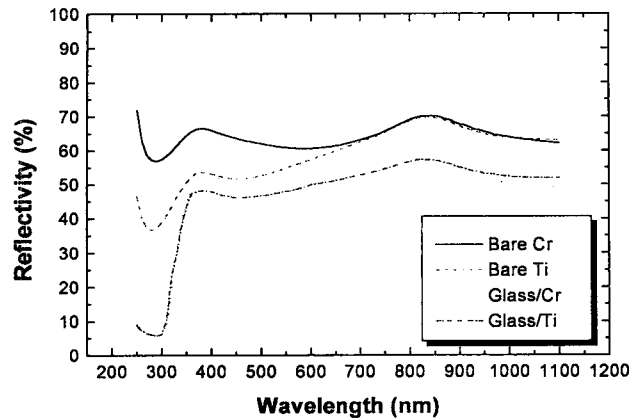


Fig. 4. Reflectivity of adhesion layers measured as a function of wavelength. Glass/Ti and glass/Cr represent the reflectivity measured through the glass.

### 2.3. Results and Discussion

Fig. 3은 200-1100nm의 파장에 따른 aluminosilicate glass의 투과율(transmittance)과 반사율(reflectivity) 변화를 보여준다. aluminosilicate glass는 290nm 이하의 파장 영역에서는 빛을 투과시키지 않았지만 290-350nm의 파장 영역에서 빛의 투과율이 급격하게 증가하여 350nm의 파장 이상에서는 평균 약 90%의 투과율을 나타내었다. 반면 반사율은 200-860nm의 파장 범위에서 약 10% 정도로 일정하게 측정되었으나 그 이상의 파장 범위에서는 반사가 측정되지 않았다. 빛이 공기로부터 고상으로 진행될 때, 고상의 표면에 조사되는 빛의 강도( $I_0$ )는 투과( $I_T$ ), 흡수( $I_A$ ), 반사( $I_R$ )된 빛의 intensity 합과 같아야 한다. 따라서 290nm 이하의 파장대역에서 조사된 빛은 약 10%가 반사되고 나머지 약 90%가 glass에 흡수된 반면에, 350-860nm의 파장대역에서는 약 10%가 반사되고 나머지 약 90%가 glass를 투과하게 됨을 알 수 있다. 860-1100nm의 파장대역에서는 약 10%가 흡수되고 나머지 약 90%가 glass를 투과하게 된다. 따라서 glass에 영향을 주지 않으면서 glass를 통한 효과적인 빛의 투과를 유도하기 위해서는 350-860nm의 파장대역의 사용이 필요함을 알 수 있었다.

Fig. 4는 파장에 따른 Cr 및 Ti adhesion layer의 반사율 변화를 보여준다. 이 경우 직접 adhesion layer에 빛을 조사한 경우와 유리를 투과하여 adhesion layer에 빛을 조사한 경우의 2가지 조건에 대하여 측정을 실시하였다. 300-1100nm의 파장 범위에서 Cr은 대체적으로 일정한 반사율을 나타낸 반면, Ti는 파장대가 감소할수록 낮은 반사율을 보여 주었다. 금속에서의 빛의 투과율은 매우 미미함을 고려할 때, 100으로부터 반사율을 차감한 값이 파장에 따른 금속의 흡수율 값을 예상할 수 있다. 따라서 Ti adhesion layer의 사용시 300-700nm의 파장 범위에서 파장대가 낮을수록 높은 빛의 흡수율을 보여 주면서 Cr보다 높은 흡수율을 나타내었다. 유리를 투과하여 adhesion layer에 빛을 조사한 경우에서도 대체적으로 유리에 의한 반사량 또는 흡수량만큼 차감된 양만큼의 빛이 직접 adhesion layer에 빛을 조사한 경우와 유사한 경향을 보여 주다가 300nm 파장 부근에서 조사된 빛의 대부분이 유리에 흡수, 반사되는 결과를 나타내었다. 따라서 Fig. 2와

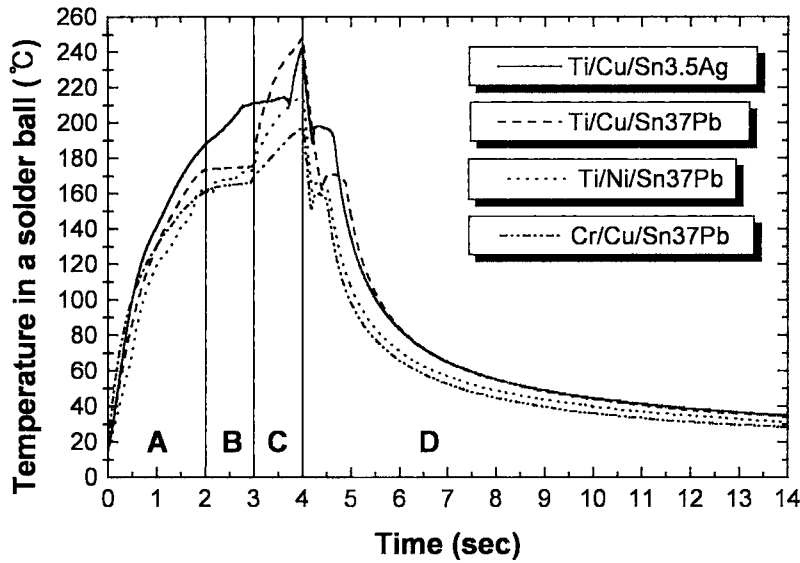


Fig. 5. Temperature profile of a solder ball placed on a Ti/Cu pad during the laser reflow soldering. The sample was heated for 4 seconds at a heat input rate of 2 watt.

3의 결과를 동시에 고려할 경우 glass를 투과하는 레이저의 효과적인 조사를 위해서는 약 350nm 부근의 파장을 가지는 레이저를 사용이 필요함을 알 수 있었다. 본 연구에서 사용된 355nm 파장의 레이저 조사시 glass에서의 투과율은 88.73%, Ti 및 Cr adhesion layer에서의 흡수율은 각각 48.36 %와 34.56%로 계산되었다.

Fig. 5는 4초간의 레이저 조사 동안 솔더 및 패드의 종류에 따라 솔더볼 중심부에서 측정된 온도 변화 결과를 보여준다. 측정된 시간-온도 곡선은 크게 A, B, C, D의 네가지 영역으로 구분될 수 있었다. A 영역은 급격한 온도 상승 영역으로 유리를 투과한 레이저가 패드를 이루는 Cr 또는 Ti adhesion layer에 흡수되어 패드를 가열하고, 그 발열이 플럭스를 통하여 솔더볼에 계속적으로 전해지고 있는 상태를 의미하며 약 2초간 진행됨을 보여주고 있다. Ni에 비하여 Cu solderable layer의 사용시 약간 빠른 온도 상승 속도는 Cu의 보다 빠른 열전도도에 기인한 것으로 판단된다. B 영역에 이르면 솔더볼 중심부에서의 온도 상승은 급속도로 지체되면서 거의 일정하게 유지되고 있음을 보여 주는데, 이는 패드에 인접합 솔더볼의 표면에서부터 부분적인 용융이 일어나기 때문으로 판단된다. 즉, 패드에 인접합 솔더볼의 표면에서부터 부분적인 용융이 발생하면 용융 잠열에 의하여 솔더에서의 온도 상승은 억제되게 된다. C 영역에 들어서게 되면 솔더볼 중심부의 온도가 다시 급격하게 상승하게 되는데, Ti adhesion layer의 사용 조건과 Cu solderable layer의 사용 조건일수록 보다 빠른 온도 증가 속도가 관찰되었다. 이는 Ti가 Cr보다 높은 흡수율을 나타냈던 앞서의 결과와 잘 일치한다. 솔더의 젖음 속도는 Ni보다 Cu solderable layer에서, Sn-3.5Ag보다 Sn-37Pb 조성 솔더에서 보다 빠른 것으로 알려지고 있는데, 솔더의 젖음 시간을 고려할 때 B 영역 후반부에서부터 솔더의 젖음이 시작되어 부분적으로 패드와 솔더의 직접적인 열전달이 시작되

Table 1. Time required for bump formation of Sn-37Pb and Sn-3.5Ag solder balls on different contact pad materials. The solder ball diameter was 760 $\mu$ m.

| Radiation time(sec) |          | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------|----------|---|---|---|---|
| Pad                 | Solder   |   |   |   |   |
| Cr/Cu               | Sn-37Pb  | × | × | ○ | ○ |
|                     | Sn-3.5Ag | × | × | × | ○ |
| Ti/Cu               | Sn-37Pb  | × | × | ○ | ○ |
|                     | Sn-3.5Ag | × | × | ○ | ○ |
| Cr/Ni               | Sn-37Pb  | × | × | △ | ○ |
|                     | Sn-3.5Ag | × | × | × | ○ |
| Ti/Ni               | Sn-37Pb  | × | × | ○ | ○ |
|                     | Sn-3.5Ag | × | × | ○ | ○ |

\* ×: no bonding on pad, △: partial solder bumping, ○: complete bump formation

고, C 영역의 문턱 부근에 이르러서야 solderable layer 전체 부분으로 솔더의 젖음이 상당히 진행되어 패드와 솔더의 직접적인 열전달로 인하여 솔더 중심부에서의 급속한 온도 상승이 관찰된 것으로 파악된다. 솔더 중심부에서의 온도 상승은 조사 시간인 4초까지 계속적으로 진행되었으며, 피크온도는 Ti/Cu의 경우 248 $^{\circ}$ C, Ti/Ni의 경우 214 $^{\circ}$ C, Cr/Cu의 경우 198 $^{\circ}$ C로 측정되었다. 이후 D 영역에 접어들면서 솔더 중심부는 급속히 냉각되었다. Sn-3.5Ag 솔더의 사용 경우에는 상대적으로 높은 용점에 의하여 약 2.7초까지 A 영역이 유지되었으며, 피크 온도는 241 $^{\circ}$ C로 관찰되었으나 전체적인 곡선의 경향은 Sn-37Pb 솔더볼의 사용 조건과 유사하였다.

Table 1은 패드 및 솔더 종류와 레이저 조사 시간 변화에 따른 솔더볼의 접합 여부 변화를 보여준다. 대체적으로 약 3초 이상의 레이저 조사 시간이 필요하였으며, 공정 Sn-37Pb 조성에 비하여 용점이 높은 공정 Sn-3.5Ag 솔더볼의 사용시 보다 긴 레이저 조사 시간이 필요함을 알 수 있었다. 또한 앞서 언급된 바와 같이 Cr보다 레이저의 흡수율이 우수한 Ti adhesion layer의 사용시 보다 이른 시간에 솔더의 접합이 일어남을 관찰할 수 있었으며, Ni 보다 Cu solderable layer의 사용시 보다 빠른 시간에 솔더의 접합이 일어나는 경향을 보여 주었다.

glass 기판을 투과하는 레이저 조사법을 통하여 여러 종류의 패드상에 형성된 솔더 접합 계면부의 미세구조 관찰 결과는 다음과 같았다. 3-4초의 레이저 조사에 의한 솔더 접합부 형성 과정에서 불과 1 $\mu$ m 두께의 Cu 또는 Ni solderable layer가 크게 손상되지 않았음을 확인할 수 있었다. reflow 솔더링 과정에서 Cu 또는 Ni solderable layer 상에서 생성, 성장된 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 또는 Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub> 금속간 화합물층의 두께는 각각 0.2-0.5 $\mu$ m와 0.1-0.4 $\mu$ m를 나타내었다. 반면 동일 시편에 일반적인 리플로우 온도 profile을 적용하여 솔더링한 경우에는 1 $\mu$ m 두께의 모든 Cu solderable layer가 솔더와 반응하여 금속간 화합물층이 존재하지 않는 접합부 계면이 관찰되었다. 이는 기계적, 전기적으로 솔더 접합부의 불량을 의미하게 된다. 이와 유사한 결과는 K. N. Tu에 의해서도 관찰되었는데[6-8], 궁극적으로 solderable layer의 체적에 비하여 솔더의 체적이 지나치게 큰 상태에서 리플로우 솔더링을 수행하여 솔더의 용융동안 solderable layer가 용융 솔더 내로 용해, 고용되었기 때문이다. 205 $^{\circ}$ C의 용융 Sn-40Pb 솔더에서 Cu의 용해 속도는 약 0.05 $\mu$ m/sec로 알려져 있는데[9], 일

반적인 reflow 온도 profile에서의 솔더의 용융 구간이 약 30-90초임을 고려할 때 속도론적으로 1  $\mu\text{m}$  두께의 Cu solderable layer의 완전한 용해를 가능하게 한다. 그러나 레이저 조사법을 통하여 솔더 접합부를 형성할 경우 솔더의 용융 시간이 매우 짧기 때문에 solderable layer의 손상을 최소화 할 수 있었다.

유리를 투과하는 레이저 조사 공정의 또 하나의 장점은 접합부의 최종 미세구조를 제어할 수 있다는 것이다. 레이저 조사에 의한 접합부 조직의 미세화와 균질화는 궁극적으로 접합부의 신뢰도를 향상시킬 수 있다. 일 예로 최근 분산강화 효과로 솔더의 강도를 향상시켜 솔더 접합부의 신뢰성을 향상시키기 위한  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  석출상 함유 복합 솔더 조성의 경우, 일반적인 리플로우 솔더링시  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  석출상들이 급격히 coarsening되면서 평균 3-5 $\mu\text{m}$  이상의 크기로 성장하여 석출 강화에 의한 솔더의 강도 향상보다 솔더의 연성 감소가 더 지배적으로 작용하면서 실제 솔더 접합부의 사용 환경과 가장 유사한 low cycle fatigue시 공정 Sn-37Pb보다 오히려 이른 파단 특성을 나타내는 것으로 보고되었다[10]. 따라서  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  석출상 함유 복합 솔더의 low cycle fatigue 특성을 보다 향상시키기 위해서는 보다 향상된 솔더의 강도 및 연성에 의한 솔더의 인성(toughness)을 증가시켜야 하며, 이는 최종 솔더 접합부에서의  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  석출상 및 기지 솔더 결정립의 미세화를 통해 가능해질 수 있다. 유리를 투과하는 레이저 조사법에 의한 접합된 Sn-34.3Pb-2.9Cu 및 Sn-3.4Ag-3Cu 조성 복합 솔더볼의 미세구조의 관찰 결과, 두 경우 모두에서 평균 1 $\mu\text{m}$  크기의  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 가 비교적 균일하게 분산되어 있음을 알 수 있다. 따라서 유리를 투과하는 레이저 조사법에 의하여 상기와 같이 미세한  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  석출상과 기지의 결정립으로 이루어진 최종 솔더 접합부 조직은 보다 우수한 접합부 신뢰성을 나타낼 것으로 예상된다. 저융점 Pb-free 솔더 조성인 Sn-3.5Ag-8Bi(solidus=174 $^\circ\text{C}$ ) 합금 솔더볼의 경우에서도 일반적인 리플로우 솔더링한 경우와 레이저 조사법에 의하여 리플로우 솔더링한 경우에서 큰 미세조직의 차이가 관찰되었다. 이 조성의 솔더는 용고시 매우 미세한 순수 Bi을 석출시키게 되는데, 일반적인 리플로우 솔더링시 이 Bi 석출상은 매우 불균일하게 분포하게 된다. 반면에 유리를 투과하는 레이저 조사법에 의하여 리플로우 솔더링한 경우에서 Bi 석출상이 비교적 균일하게 분포함을 관찰할 수 있었다. 이러한 석출상의 균일한 분포는 열팽창 계수 차이에 의한 솔더 접합부에서의 불균일한 변형을 억제시켜 접합부의 신뢰성을 보다 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

리플로우 시간의 관점에서 솔더 또는 QFP(quad plat package)의 리드(lead)에 직접적으로 레이저를 조사하는 일반적인 레이저 솔더링은 40-800msec의 매우 짧은 시간 이내에 완료된다. 그러나 유리를 투과하는 레이저를 통한 UBM의 가열 방법은 솔더의 접합기구가 가열된 패드로부터 플럭스, 솔더로의 열전달에 의존하는 간접 가열방식에 의하므로 최소 약 3초 가량의 시간이 소모됨을 확인할 수 있었다. 즉, 600 $\mu\text{m}$  지름의 패드 면적에 비하여 상대적인 플럭스와 솔더의 체적이 크므로 플럭스의 기화와 솔더의 용융 잠열을 고려할 때 솔더볼 전체를 용융시키기까지는 상당한 시간이 소모되게 된다. 따라서 접합 전 솔더와 패드면의 접촉 상태가 접합 시간에 크게 영향을 미치는 것으로 파악하여 솔더의 접합 시간을 보다 단축시키기 위한 방법으로 디스크 형태의 솔더를 적용해 보았다. 지름 약 840 $\mu\text{m}$ , 두께 약 420 $\mu\text{m}$ 의 솔더 디스크의 사용 조건에서 측정된 솔더 중심부의 온도 변화 측정 결과는 레이저 흡수율이 적은 Cr adhesion layer와 솔더의 젖음속도가 느린 Ni solderable layer의 사용 조건임에도 불구하고 상기 언급된 A 영역이 약 1초로 짧아지면서 약 2초만에 솔더 접합부가 형성됨을 나타내어, 끝이 평평한 솔더 범프의 적용시 접합 시간은 최소 1

초 가량이 빨라질 수 있음을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 범핑된 솔더 범프의 끝이 디스크 형상으로 평평하다면 자체가 큰 specific heat 값을 가지는 플럭스의 개재량이 감소하면서 열의 소모가 감소되는 동시에 열전달 속도가 느린 플럭스를 통한 열전달 거리가 감소하여 접합시간이 빨라질 것으로 예상된다. 끝이 평평한 솔더 범프는 리플로우 범핑된 칩을 glass와 같은 non-wettable 재료에 올려놓은 뒤 리플로우 함으로써 제조할 수 있다.

솔더 접합부의 접합 상태를 파악하고자 4초간의 레이저 조사에 의하여 접합된 솔더 범프의 전단 실험을 실시하였다. 이 경우 접합 계면부에 응력이 잘 전해지도록 shear tool을 지면에서 10 $\mu$ m만 띄운 뒤 200 $\mu$ m/sec의 속도로 shear tool을 이동시켰다[11]. 전단 실험 후 파면의 관찰 결과 모든 경우에서 유리와 adhesion layer 사이에서 파면이 관찰되었으며 부분적으로 잔존하는 adhesion layer와 국부적으로 깨어진 glass 표면이 관찰되었다. 따라서 전단 실험시 측정된 최대전단강도값은 솔더의 종류와는 관계가 없었으며, Cr adhesion layer 사용시에는 5.39-6.37N, Ti adhesion layer 사용시에는 5.69-7.06N 정도의 전단 강도가 측정되어 Ti adhesion layer의 사용시 다소 높은 강도를 나타내었다. 이는 솔더에서 파면이 생성되는 경우의 약 60% 수준이다[11].

실제 area array type 패키지의 마운팅시에는 조사 레이저의 pulsation을 통한 패드부의 point-to-point connection 방법과 한 패키지 내의 모든 패드를 동시에 조사하는 simultaneous connection 방법이 고려될 수 있으나, 패드의 피치가 매우 미세한 최근의 동향에서는 용융 솔더에 의한 self-aligning 효과를 이용할 수 있는 후자가 보다 바람직한 것으로 예상된다.

## References

- [1] A. Rolf, O. Andreas, M. Gerald, Z. Elke, and R. Herbert, IEEE Trans. Compon. and Package Technol.(C), 20, 95 (1997).
- [2] K. Helge and L. Johan, IEEE Trans. Compon. and Package Technol.(A), 21, 208 (1998).
- [3] R. Joshi, Microelectronics J., 29, 343 (1998).
- [4] H. Nishida, K. Sakamoto, H. Ogawa, and H. Ogawa, IBM J. Res. Develop., 42, 517 (1998).
- [5] Y. Gotoh and I. Watanabe, *Advances in Electronic Packaging*, ed. E. Suhir, M. Shiraton, and Y. C. Lee (ASME, NY, 1997), 19-1, p. 161.
- [6] A. A. Liu, H. K. Kim, and K. N. Tu, J. Appl. Phys., 80, 2774 (1996).
- [7] G. Z. Pan, A. A. Liu, H. K. Kim, K. N. Tu, and P. A. Totta, Appl. Phys. Lett., 71, 2946 (1997).
- [8] D. W. Zheng, Z. Y. Jia, C. Y. Liu, W. Wen, and K. N. Tu, J. Mater. Res., 13, 1103 (1998).
- [9] R. J. K. Wassink, *Soldering in Electronics*, 2nd ed. (Electrochemical Publications Ltd., Ayr, Scotland, 1989).
- [10] S. M. L. Sastry, D. R. Frear, G. Kuo, and K. L. Jerina, in *The Mechanics of solder Alloy Wetting and Spreading*, ed. F. G. Yost, F. M. Hosking and D. R. Frear (New York: Van Nostrand Reinhold, 1993), p. 299.
- [11] J. -H. Lee, D. -J. Park, J. -T. Moon, Y. -H. Lee, D. -H. Shin, and Y. -S Kim, J. Electron. Mater., 29(10), 1264 (2000).