

열압착 초음파 기법을 이용한 ACF 본딩기술 개발

Development of ACF bonding using Thermo-compression Ultrasonic Technique

정상원², *장태영¹, 윤원수², #김경수¹
 S.W. Joung², *T.Y. Jang¹, W.S. Yun², # K.S. Kim¹ (kyungsookim@kaist.ac.kr)
¹ KAIST 기계공학과, ² 한국산업기술대학교 기계공학과

Key words : Thermo-compression Ultrasonic bonding, ACF (anisotropic conductive film)

1. 서론

예전에는 단순히 한가지의 기능만 하던 전자기기가 기술이 발달하고 개인의 여가생활이 중요시 되고 있는 요즘에 들어서는 소비자의 이러한 성향으로 인하여 초소형화, 초경량화, 고성능화 되어 가고 있다. 이러한 추세로 인하여 핀 배치가 고밀도화 되고 이로 인하여 핀 피치는 더욱 좁아지고 있다. 따라서 전자부품 패키징은 BGA (Ball Grid Array), CSP (Chip Scale Packaging), MCM(Multi-Chip Module) 등으로 변하고 있다[1-3]. 고밀도로 부품이 실장되더라도 높은 기계적 신뢰성 및 높은 생산 수율, 접합부에서의 열응력에 대한 신뢰성 및 낮은 저항 등이 요구된다. 따라서 이러한 요구를 만족시키는 고밀도 부품을 생산하기 위해서는 새로운 칩 실장기술이 필요하다.

최근 대표적으로 널리 사용되는 칩 실장 기술로는 와이어 본딩 (Wire Bonding), TAB (Tape Automated Bonding), 플립칩 본딩 (Flip Chip Bonding)이 있다. 플립칩 본딩 같은 경우 현재 연구 및 응용이 활발히 이루어 지고 있는 방법으로 IC의 면적 내에서 접합이 이루어지므로 높은 입출력 핀 수, 낮은 접합저항, 낮은 제조비용, 소형화가 가능하다. 현재 플립칩 실장 기술이 대표적으로 사용되고 있는 분야로는 LCD 구동 IC, 카메라 모듈용 CIS(CMOS Image Sensor) 등이 있다.

현재 LCD 구동 IC 접합은 이중 금속간의 접합으로 ACF (Anisotropic Conductive Film)를 매개체로 열압착 (Thermo Compression) 방식을 이용하고 있다. 그러나 열압착 방식과 같은 경우 공정시간이 길다는 단점이 있다. 또한 기존의 열압착 방식을 이용할 경우 초기에 가해지는 높은 열로 인하여 FPCB같은 경우 많은 불량률을 보인다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 초음파를 이용한 공정이 선보이고 있다. 즉, 기존의 열압착 방식에 BLT (Bolted Langevin type Transducer)에 의해 발생한 초음파 진동에너지를 이용하는 방법이다. 그러나 이러한 방법에 대한 연구가 재료적인 해석에 초점이 맞추어져있고 공정장비의 확대 적용 측면에서는 연구가 미비하다. 따라서 본 연구에서는 초소형, 고밀도 칩의 플립칩 접합을 위한 열압착 초음파기술 개발을 목표로 한다.

이를 구현하기 위해 현재 ACF를 이용하여 열압착 방식으로 생산하고 있는 LCD 구동 IC의 실장에 열압착 초음파 방식을 적용해 본다. 열압착 초음파 방식을 적용한 실험 결과를 기존의 방식을 이용한 대조군과 비교해 봄으로써 이 기술이 기존의 방식을 대체할 수 있는 기술임을 보이고자 한다. 이를 위해 자체 제작한 초음파 본딩 기기를 이용하여 소형 액정용 LCD에 대해 접합 공정 실험을 수행한다. 수행한 결과를 통해 제시한 방법이 기존 방법에 비해 생산성을 향상 시킬 수 있음을 보인다. 마지막으로 실험결과를 바탕으로 열압착 초음파 기법에서 개선해야 할 점에 대해 고찰해 본다.

2. 열압착 초음파 접합 실험

본 연구에서는 열압착 초음파 접합 기술 평가를 위하여 휴대폰에 사용되고 있는 소형 LCD 구동 IC에 ACF를 매개체로 이용하여 이중금속간의 접합을 실험하였다. 일반적으로 동종 금속 사이에서는 초음파 접합 기술이 사용되고 있다. 이는 동종 금속 사이에서 마찰로 인하여 분자 (또는 원자)의 확산에 의하여 결합이 이루어지는 기술이다.

실제로 Au 같은 경우 용융온도가 1064℃이다. 따라서 용융시

킨 다음 접합하는 것은 사실상 불가능하다. Au 범프가 부착되어 있는 칩에 180℃에서 500ms동안 횡방향 초음파를 인가하였을 때 용융온도 보다 낮은 온도에서 보다 빠른 시간에 접합이 가능함을 보였다[4]. 그러나 우리가 실험하고자 하는 LCD Panel과 LCD driver IC 같은 경우는 Al 패드와 Au 범프로 구성되어 있다. 이처럼 이중금속간의 결합에서는 단순히 초음파 에너지만으로는 접합이 어렵다. 이와 같은 경우는 ACF라는 매개체를 이용한다.

그림1은 공정 실험을 위해 설계 제작된 열압착 초음파 본딩 기기를 보여주고 있다. 기기는 초음파 진동자와 진동자의 공진 주파수에 적합하게 설계된 혼, 발전회로로 구성되어 있다. 진동자의 경우는 40kHz 용 BLT 진동자 (일본 NTK 社)를 사용하였고 발전회로는 최대출력이 60W가 되도록 제작하였다. 초음파 혼의 경우는 40kHz용으로 단차식 혼 (stepped horn)에서 착안하여 제작하였으며 혼의 재질은 SKD-11이다. 또한 접합의 정밀도 향상을 위하여 Horn을 최대한 대칭적으로 설계하였으며 이를 통하여 측면에서의 진동(parasitic vibration)을 최소화 하려고 하였다[5]. 실험을 위해 세팅한 혼 튜팁의 직폭은 최대 ±4um로 설정하였다.

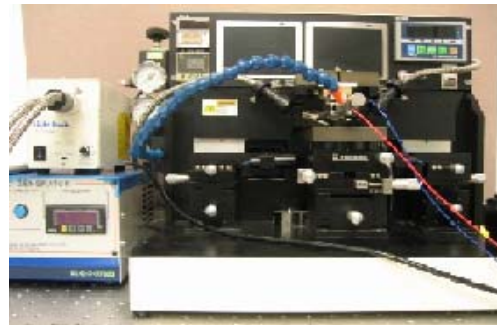


Fig1. Thermo-compression Ultrasonic Bonding System

실험에 사용한 LCD 시편과 구동 IC의 구성성분과 크기는 표1과 같다.

Table1. Specification of LCD Panel and LCD driver IC

LCD Panel	Al Pad Size : 31.96 × 79.85 (μm) Pitch : 67 μm
LCD driver IC	Au Bump size : 30.45 × 78.68 (μm) Pitch : 67 μm

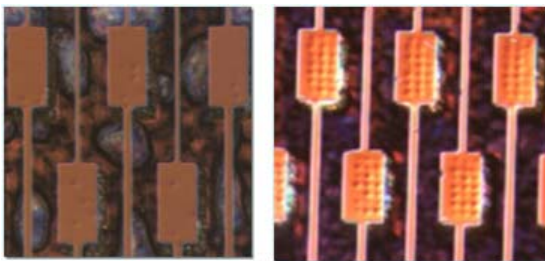
3. 실험 결과 및 고찰

본 실험에서는 기존에 쓰이고 있는 열압착 방식을 대조군으로 하여 새로이 제시된 열압착 초음파 접합 방법과 비교 실험 하였다. ACF는 HITACHI社 제품을 사용하였으며 권장 사용 조건은 170~180℃에서 압력을 가한 다음 15~20초 정도 유지하는 것이다. 열압착 실험에서 성능에 영향을 미치는 주요 인자는 접합 시간과 압력, 접합 온도이다. 본 실험에서 압력은 0.54MPa로 일정하게 유지하였고 접합 온도(230, 240, 250℃)와 시간(1.5, 3, 5초)에 변화를 주며 접합 실험을 수행하였다.

ACF 접합의 성능은 IC의 범프와 LCD Panel의 패드사이의 열이나 많은 도전불이 생성되었느냐에 따라 판단된다. 따라서

열압착 방식과 열압착 초음파 방식으로 실험한 시편을 현미경(Olympus BX-51)으로 압흔을 관찰하였다. 열압착 초음파 방식으로 실험한 시편에서 흔의 편평도로 인하여 Panel 우측 패드부위에서는 압흔이 관찰되지 않았다. 이는 횡방향 진동을 이용한 플립칩 본딩에서 나타나는 문제점으로 횡방향으로 진동을 가할 경우 칩과 기판의 상호 편평도(co-planarity)에 영향을 많이 받게 된다. 열압착 방식으로 시간을 1.5, 3, 5초 주었을 경우 전단력 실험 결과 적합하지 못한 것으로 판명되었다. 이는 ACF 제조사에서 권장한 것처럼 충분한 시간을 주지 못하여 ACF를 구성하고 있는 Epoxy가 충분히 경화될 열이 부족하였기 때문이다.

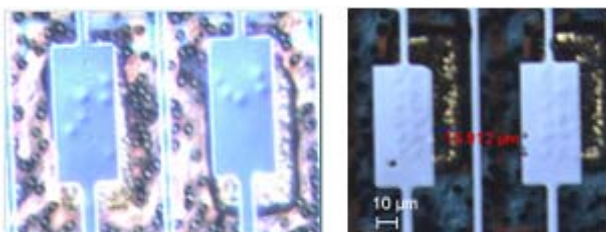
열압착 초음파 방식을 사용해 접합 시간을 3초로 하였을 경우 전단력 실험 결과 기준에 양산되고 있는 제품의 전단력 (48kgf)과 비슷한 수치 (50kgf)가 나옴을 확인할 수 있었다. 또한 생성된 도전볼의 개수를 확인하여 보았다. 그림2는 패드위에 생성된 도전볼이다. 열압착 초음파 방식인 경우 열압착 방식에 비하여 보다 많은 도전볼이 형성되었음을 확인할 수 있었다. 또한 한가지 특이한 현상은 많은 경우 패드 위의 도전볼이 일렬로 형태를 유지하고 있었다는 점이다. 이로 인하여 패드위의 도전볼의 밀도가 높아짐을 확인할 수 있었다. 그러나 아직 정확한 이론적 해석은 나오지 못한 상황이고 차후 이에 대해 보다 심도있는 연구가 필요하다고 본다.



(a) TC bonding (b) TCU bonding

Fig 2 The result comparison of ACF bonding using TC (thermo-compression) and TCU(thermo-compression ultrasonic) Bonding Technique. (0.54MPa, 240℃, 5sec)

본 실험을 통하여 열압착 초음파 접합기술이 현재 사용되고 있는 열압착 방식을 대체할 수 있는 효과적인 기술임을 확인할 수 있었다. 짧은 시간에 충분한 도전볼의 생성 및 전단강도 형성을 확인할 수 있었다. 그러나 열압착 초음파 방식에도 극복해야 할 문제점이 있다. 횡방향 초음파 진동을 이용할 때 문제점으로 지적되는 것으로 칩과 기판의 상호편평도이다. 만일 편평도가 약간이라도 어긋나 있을 경우 본 실험에서도 관찰되었듯이 도전볼이 형성되지 않는다. 또한 미세 진동을 가하지만 패드 또한 수μm size이기 때문에 접합시 정렬에 문제가 발생되었다. 이로 인하여 핀 피치 간격이 보다 작을 경우 문제가 발생할 수 있다.



(a) TC bonding (b) TCU bonding

Fig 3 Comparison of Alignment accuracy.

Table 2 Number of conductive balls by bonding conditions.

Bonding Conditions		TC bonding	TCU bonding	
0.54 MPa	1.5sec	230℃	4.4	10.6
		240℃	4	13
		250℃	4.6	18
	3 sec	230℃	6.4	15.4
		240℃	5.2	13.8
		250℃	5.6	16
	5sec	230℃	8.8	18.6
		240℃	5.8	18.8
		250℃	6	18

4. 결론

본 실험을 통하여 LCD 구동 IC 경우처럼 ACF를 이용하는 접합에서 열압착 초음파 방식이 기존 방식보다 이점이 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 초음파 에너지를 이용할 경우 실장 시간은 획기적으로 줄어들고 도전볼은 더 많이 생성됨을 확인할 수 있었다. 이는 ACF의 Epoxy가 점탄성을 가지는 물질이므로 여기에 초음파 진동을 가함으로 마찰열이 발생하였기 때문이다. 이러한 현상을 이용하면 ACF의 권장 시간뿐만 아니라 온도 또한 보다 낮은 예열 온도를 가하여도 기존 방식과 비슷한 결과가 나올 것으로 예상된다. 낮은 예열 온도로 접합을 할 경우 실장 중에 열이 미치는 영향을 최소화 할 수 있으므로 불량률과 같은 초기 높은 예열 온도로 인한 부작용을 최소화 할 수 있을 것이다. 그러나 초음파 가진시 접합부 정렬의 정확도와 칩과 기판의 상호 편평도는 해결해야 할 과제로 남아있다.

후기

본 연구는 산업자원부 중기거점기술개발사업 (CCM 인라인조립장비개발) 및 교육인적자원부 BK21 지원으로 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Vandeveld, B. ; Beyne, E. "Improved thermal fatigue reliability for flip chip assemblies using redistribution techniques", IEEE transactions on advanced packaging, vol.23 no2,pp.239-246, 2000
2. P. Garrou, "Wafer level chip scale packaging(WL-CSP): An overview," IEEE Transactions on Advanced Packaging, vol. 23, no.2, pp.198-205, 2000.
3. P. Elenius, S. Barrett, and T. Goodman, "Ultra CSPTM- A wafer level package,"IEEE Transactions on Advanced Packaging, vol. 23, no.2, pp.220-226, 2000
4. T. McLaren, S.Y Kang, W. Zhang, T.H Ju, Y.C. Lee "Thermosonic bonding of an optical transceiver based on an 8 x 8 vertical cavity surface emitting laser array",IEEE transactions on components, packaging, and manufacturing technology. Part B, Advanced, vol. 20, no2, pp. 152-160,1997
5. Aijun Song, Han Lei, Han-Xiong Li, "Experimental identification of parasitic vibrations on ultrasonic bonding transducer",IEEE High Density Microsystem Design and Packaging and Component Failure Analysis, HDP'06, pp. 78-81, 2006.