

# 횡방향 열초음파 기법을 이용한 ACF 플립칩 본딩 특성 규명 Bonding Characteristics of Anisotropic Conductive Film (ACF) by Lateral Thermosonic Bonding Technology for Flip Chip Interconnection

\*하창완<sup>1</sup>, 장태영<sup>1</sup>, 윤원수<sup>2</sup>, #김경수<sup>1</sup>

\*C.W. Ha<sup>1</sup>, T.Y. Jang<sup>1</sup>, W.S. Yun<sup>1</sup>, #K.S. Kim(kyungsookim@kaist.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>KAIST 기계공학과, <sup>2</sup>한국산업기술대학교 기계공학과

Key words : Lateral Thermosonic Bonding, Anisotropic Conductive Film (ACF)

## 1. 서론

최근 들어 디지털 전자 제품이 초소형화, 초경량화, 고기능화가 됨에 따라 그 속에 들어가는 부품의 편 배치 또한 고밀도화 되고 있다. 따라서 이러한 고밀도 편 배열을 갖는 소형 부품의 실장을 위해서 새로운 실장 기술이 필수적이다. 예컨대, 플립칩 본딩에 기반을 둔 BGA(Ball Grid Array), CSP(Chip Scale Packaging)와 같은 기술이 대표적인 예이다 [1-2].

플립칩 실장 기술이 대표적으로 사용되고 분야로는 LCD 구동 IC 및 카메라 모듈용 CIS(CMOS Image Sensor) 접합이다. 플립칩 본딩을 위해서 열압착(TC: Thermo-Compress) 본딩이 실제 산업 현장에서 널리 사용되고 있다. 그러나 열압착 본딩을 이용할 경우 높은 공정 온도와 상대적으로 공정시간이 길다는 단점이 있다.

이러한 열압착 본딩의 단점을 해결하기 위해 초음파 진동 에너지를 이용한 공정이 각광받고 있다. 초음파를 이용한 공정의 대표적인 장점으로서는 저온 실장이 가능하다는 점이다 [3]. 이는 초음파 진동 에너지가 국부적인 영역에 순간적으로 열 에너지로 변하여 초기의 낮은 실장 온도를 보상해 줌으로써 가능하다 [4-6]. 또한 순간적인 높은 열에너지로 실장 시간 또한 획기적으로 단축시킬 수 있다 [7-8].

본 연구에서는 기존의 열압착 방식의 문제점 해결 대안으로 열초음파 방식에 대해 살펴본다. 실제 상용화되고 있는 LCD와 LCD 구동 IC를 ACF(Anisotropic Conductive Film)을 이용하여 열초음파 기법으로 실장한다. 공정이 진행되는 동안 ACF의 내부 온도를 직접 측정함으로써 진동에너지가 순간적으로 열에너지로 바뀔을 확인하고 순간적인 발생하는 높은 열로 인하여 공정시간이 획기적으로 단축될 수 있음을 보인다. 마지막으로 실험결과를 바탕으로 열초음파 접합 기술에서 개선해야 할 점에 대해 고찰해 본다.

## 2. 열압착 초음파 접합 실험

본 연구에서는 열초음파 접합 기술의 가능성을 살펴보기 위해 ACF를 매개체로 이용하여 휴대폰에 사용되는 소형 LCD 패널과 LCD 구동 IC를 실장하는 실험을 하였다. ACF는 에폭시 레진을 바탕으로 도전볼(Conductive particle)이 들어 있다. Fig.1은 열초음파 접합 기술을 이용하여 실장한 시편의 횡단면 사진이고, Table 1은 실험에 사용된 시편의 규격이다.

Table 1 Specification of specimen for experiment.

	Size	Property
LCD driver IC	24.2mm(w) x 2.2mm(l) x 0.5mm(t)	Si chip with Au bump
LCD panel	40.1mm(w) x 56.9mm(l) x 1.55mm(t)	Glass with Al coated pad
Bump	25μm(w) x 100μm(l)	Pitch : 50μm
Pad	25μm(w) x 130μm(l)	Pitch : 50μm
ACF	Base film	25±5μm(t)
	Conductive particle	4μm (diameter)
		Epoxy resin
		Ni/Au coated

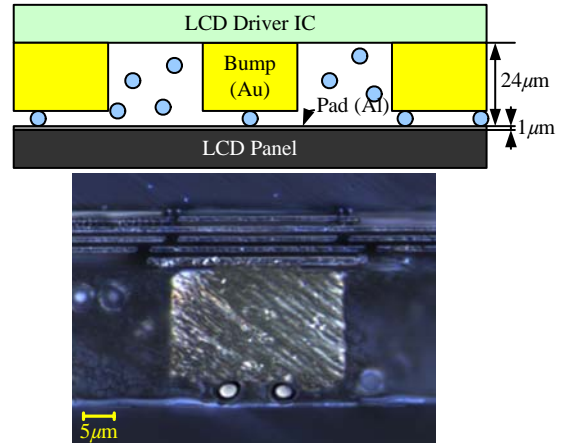


Fig.1 Cross sectional view of specimen.

Fig.2는 실험에 사용되는 열초음파 본딩 장비이다. 본 기기는 초음파 진동자와 진동자의 공진 주파수에 맞춰진 혼과 초음파 발진회로로 구성되어 있다. 진동자는 40kHz 용 BLT 진동자(일본 NTK社)를 사용하였고 발진회로는 최대 출력이 60W가 되도록 제작되었다. 초음파 혼은 정밀 접합을 위해 기생진동(Parasitic vibration)이 최소화 되도록 대칭적으로 설계된 단차식 혼(Stepped horn)을 사용하였고, 혼의 길이는 진동자의 공진주파수에 맞춰 제작되었다.

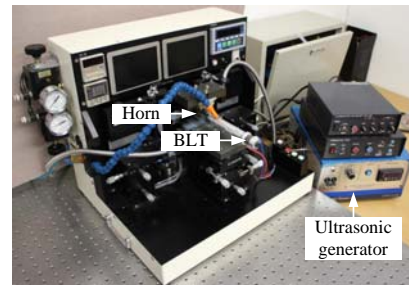


Fig.2 Thermosonic Bonder

## 3. 실험 결과 및 고찰

본 실험에서는 LCD 구동 IC 실장에 대해 기존의 방법인 열압착 방식과 본 연구에서 제안한 횡방향 열초음파 방식을 각각 적용해 보았다. 본딩이 진행되는 과정 동안 Fig.3과 같이 지름이 13μm인 Thermocouple(미국 Omega사)

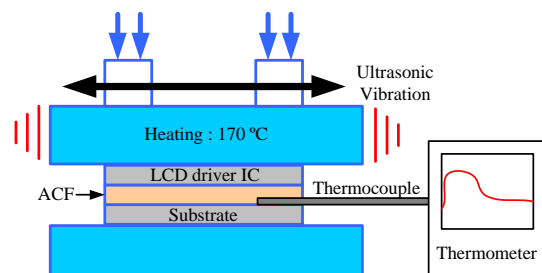


Fig.3 A schematic diagram of in-situ ACF temperature measurement

를 ACF 내부에 넣고 ACF 내부온도를 직접 측정하였다. 실험조건은 혼 본체 온도를 170°C로 하고 압력은 3MPa로 맞춰놓고 실험하였다.

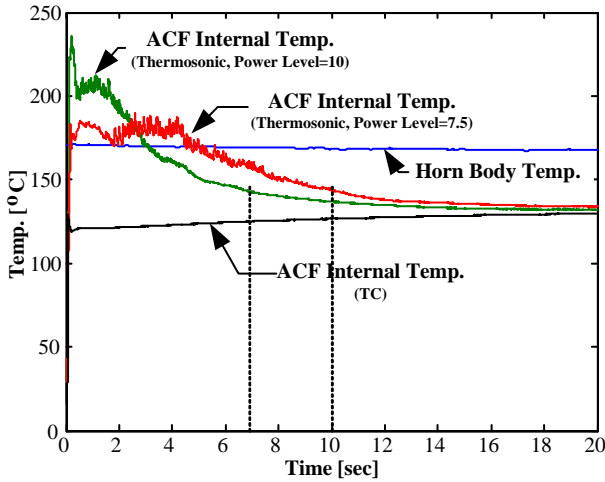


Fig.4 Temperature profile of TC / Thermosonic bonding

Fig.4는 열압착 본딩과 열초음파 본딩 시 ACF 내부온도를 나타낸다. 혼 본체 온도를 170°C로 맞춰두었지만 튜팁과 칩을 거쳐 열이 전달되는 과정에서 열 손실이 일어나 열압착 본딩 시 ACF 내부 열평형온도는 140°C 정도가 된다. 열초음파 본딩을 이용하면 초음파 진동에너지에 의해 동일한 실험조건에서 순간적으로 더 높은 ACF 온도를 얻을 수 있다. 또한 파워를 높일수록 열 발생량이 많아짐을 확인할 수 있다.

ACF가 경화가 진행됨에 따라 ACF는 점점 딱딱해진다. 즉 동일한 파워에서 ACF의 변형량은 경화가 진행될수록 줄어들게 되고 ACF의 변형에 의해 야기되는 열 발생 또한 작아져 ACF 내부 온도가 점점 떨어지다가 열압착 본딩의 정상상태 온도로 수렴함을 확인할 수 있다.

혼 본체 온도가 170°C 일 때, 열압착 본딩으로 경화가 완료되는데 필요한 시간은 시차주사열량계(DSC: Differential Scanning Calorimetry)를 이용한 온도에 따른 경화도 관계를 통해 알 수 있다. Fig.5는 ACF가 등온일 때 시간에 따른 경화도 관계를 나타내는 그래프이다. ACF 온도가 130°C 일 때 경화가 완료되는데 필요한 시간은 40 초 정도임을 확인할 수 있다. 즉 위의 실험조건에서 열압착 방식을 이용하면 공정시간이 대략 40 초 정도가 걸린다. 하지만 열초음파 방법을 이용하면 공정시간을 획기적으로 단축할 수 있음을 Fig.4를 통해 확인할 수 있다. 경화가 완료됨에 따라 열 발생이 줄어들고 정상상태 온도로 수렴한다. Table 2에서 확인할 수 있듯이, 경화가 끝나서 ACF 내부온도가 지속적으로 감소하는 시점을 확인해보면 파워 레벨이 10 일 때에는 7 초, 파워 레벨이 7.5 일 때에는 10 초 정도에서 경화가

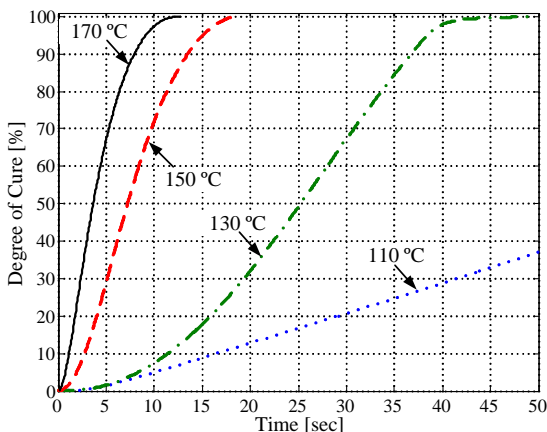


Fig.5 Isothermal cures of ACFs at various curing temperatures.

Table 2 Bonding time for full curing & saving time.

	Power level	Bonding time [sec]	Saving time [sec]
TC bonding	-	40	-
Thermosonic bonding	7.5	10	30
	10	7	33

완료됨을 확인 할 수 있다. 결국 열초음파와 접합 기술을 이용하면 낮은 공정온도에서 공정시간을 획기적으로 단축시킬 수 있다.

본 실험을 통하여 열초음파와 접합 기술이 현재 사용되고 있는 열압착 방식을 대체할 수 있는 효과적인 기술임을 확인할 수 있었다. 그러나 열압착 초음파 방식에도 극복해야 할 문제점이 있다. 횡방향 초음파 진동을 이용할 때 문제점으로 지적되는 것으로 칩과 기판의 상호평탄도이다. 만일 평탄도가 어긋날 경우 균일한 열 발생을 기대하기 힘들다. 또한 진동을 이용하기 때문에 접합 시 정렬에 문제점이 발생할 가능성이 크다. 이러한 문제점은 앞으로 해결해야 할 과제로 남아있다.

4. 결론

본 실험을 통하여 LCD 구동 IC와 같이 ACF를 이용하는 접합에서 열초음파 방식이 기존 방식보다 이점이 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 초음파와 에너지를 이용할 경우 동일한 실험조건에서 실장시간은 획기적으로 줄어들음을 확인할 수 있었다. 이는 ACF의 에폭시가 점탄성 물질이기 때문에 가능하다. 즉, 초음파와 진동이 에폭시에 전달되어 열이 발생했기 때문이다. 이로 인해 낮은 온도에서 짧은 시간에 실장이 가능한 것이다. 그러나 초음파 가진 시 접합부 정렬의 정확도와 칩과 기판의 상호 평탄도는 해결해야 할 과제로 남아있다.

후기

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

참고문헌

1. B. Vandeveld, E. Beyne, "Improved thermal fatigue reliability for flip chip assemblies using redistribution techniques", IEEE Transaction on Advanced Packaging, vol.23, no.2, pp.239-246, 2000
2. P. Garrou, "Wafer level chip scale packaging(WL-CSP) : an overview", IEEE Transaction on Advanced Packaging, Vol23, no.2, pp.198-205, 2000
3. K.W. Lee, H.J. Kim, I. Kim, K.W. Paik, "Ultrasonic anisotropic conductive film (ACFs) bonding of flexible substrates on organic rigid boards at room temperature", Proc. Conf. on 2007 Electronic Components and Technology, pp.480-486.
4. E. Sancaktar, "Polymer adhesion by ultrasonic welding", Journal of Adhesion Science and Technology, Vol.13, no.2, pp.179-201, 1999
5. C.J. Nonhof, G.A. Luiten, "Estimates for process conditions during the ultrasonic welding of thermoplastics", Polymer Engineering and Science, Vol.36, no.9, pp.1177-1183, 1996.
6. S.S. Volkov, "Technological special features of ultrasound welding polymer films", Welding International, Vol.15, no.3, pp.243-248, 2001.
7. K.W. Lee, H.J. Kim, M.J. Yim, K.W. Paik, "Curing and bonding behaviors of anisotropic conductive films (ACFs) by ultrasonic vibration for flip chip interconnection", Proc. Conf. on 56<sup>th</sup> Electronic Components and Technology, pp.918-923, 2006.
8. 정상원,윤원수,김경수, "LCD 구동 IC의 실장을 위한 초음파 ACF 접합 기술", 제어,자동화,시스템공학논문지,Vol.14,no.6, p.543-547