

# 열초음파를 이용한 ACF COB(Chip-on-Board)접합 프로세스

송 용 · 임병승 · 정진식 · 김종민

## ACF COB Bonding Process using Thermosonic

Yong Song, Byung-Seung Yim, Jin-Sik Joung and Jong-Min Kim

### 1. 서 론

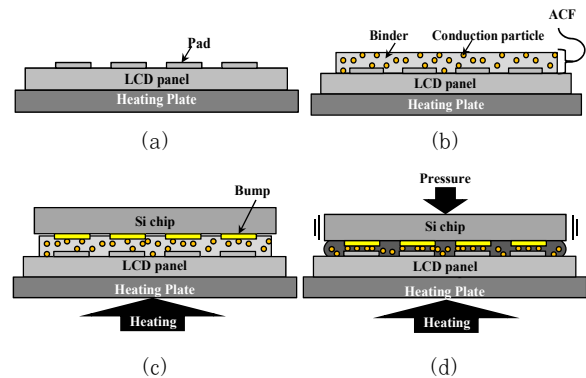
전자 패키징 접합 재료인 이방성 도전성 필름(Anisotropic conductive film: ACF)은 저온 프로세스가 가능하고, 친환경적이며 초 미세피치에 대한 대응력이 뛰어난 재료로써 LCD, PDP, OLED 등의 디스플레이 패널 글라스(Panel glass)나 연성회로기판(Flexible PCB)에 대한 구동 IC나 반도체 패키지 등의 접속에 필수적으로 사용되는 핵심 접합 소재이다<sup>1,2)</sup>. ACF에 의한 도전은 구동소자와 패널의 전극 사이에 공급된 ACF에 열과 압력을 가함으로써 바인더 내부의 도전 입자들이 물리적 접촉에 의해 도전 경로를 형성하는 방식으로 이루어진다. 현재 ACF의 접합은 압력과 온도를 주요 접합 인자로 하는 열 압착 방식(Thermo-compression bonding: TCB)이 적용되고 있으며 칩과 기판 간의 강한 접합을 얻기 위하여 높은 하중 및 온도, 그리고 긴 공정시간을 필요로 한다. 이와 같이 TCB방식에 의해 전자디바이스에 가해지는 과도한 열 및 압력은 접합계면에 대한 열응력을 발생시켜 접합 신뢰성에 악영향을 일으키며 전자 디바이스에 대한 손상을 발생시킬 수 있다<sup>3)</sup>.

본 연구에서는 이러한 TCB의 문제점을 보완하기 위하여 Fig. 1과 같은 초음파를 이용한 열 초음파 접합 방식(Thermosonic bonding: TSB)을 개발하였으며, Ni 도전입자를 포함하는 COB(Chip-on-Board) 용 ACF를 대상으로 한 TCB 및 TSB 접합을 시행하고 각각의 접합특성을 비교하여 초음파의 적용이 ACF의 접합 온도 및 공정시간에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다.

### 2. ACF를 이용한 초음파 접합 프로세스

#### 2.1 사용 재료 및 실험방법

실험에 사용된 ACF는 Table 1에 나타낸 바와 같이



**Fig. 1** Thermosonic bonding process, (a) Substrate fixing on the heating plate, (b) ACF pre-heating, (c) Chip alignment and pre-heating, and (d) Apply the heat, pressure and ultrasonic

**Table 1** The specifications of ACF

Items		Content
ACF	Thickness	25 μm
	Adhesive	Thermo-setting resin
	Conductive particle	Ni

25μm 두께의 에폭시 레진 필름 내부에 4μm의Ni 도전 입자가 분산되어있다. 실험에 사용된 Flip-chip은 3×3×0.67mm<sup>3</sup>의 실리콘으로 제작되었으며 chip의 중심부에 높이 12μm, 직경 100μm를 갖는 16개의 원형 Cu 단자가 피치간격 200μm로 정렬되어 있다. 하부 기판은 15×15×0.67mm<sup>3</sup>의 크기로 chip과 동일한 형상의 단자가 형성되어 있다. 초음파에 의한 접합 온도 및 공정시간의 단축 효과를 확인하기 위하여 ACF에 사용된TCB 접합조건은 ACF의 제작사에서 제시한 접합조건인 온도조건 180℃, 하중조건 6MPa, 접합시간 10초를 적용하였다.

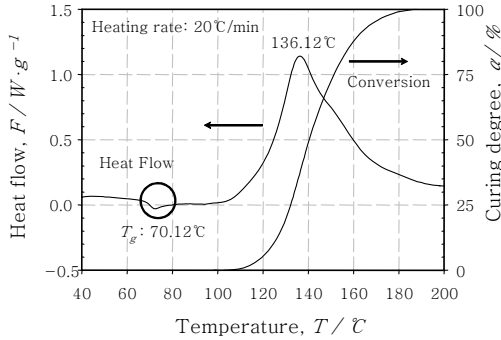


Fig. 2 DSC results for ACF at a heating rate of 20°C/min

Table 2 ACF flip-chip bonding condition

Thermo-compression bonding				
Temp. [ °C ]	180			
Bonding time [sec]	10			
Pressure [MPa]	6			
Thermosonic bonding				
	TSB 1	TSB 2	TSB 3	TSB 4
Temp. [ °C ]	180	180	160	160
Ultrasonic time [sec]	1	0.5	1	0.5
Pressure [MPa]	6			

또한 TSB의 접합조건을 선정하기 위하여 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 실험에 적용된 ACF에 대한 Dynamic DSC분석을 시행하여 온도에 따른 ACF의 경화도를 분석하였다. TSB 조건은 TCB와 동일한 온도조건에서 접합시간을 0.5초와 1초로 단축한 TSB 1, TSB 2 조건과 접합온도를 20°C 낮춘 160°C, 접합시간을 0.5초와 1초로 단축한 TSB 3, TSB 4 조건을 선정하였으며 접합조건은 Table 2에 나타내었다.

TSB접합을 위하여 세정이 완료된 하부 기판의 단자부에 ACF를 낮은 압력과 온도로 예비 접합하고 초음파 접합장비의 가열판에 하부기판을 고정한다. 하부 기판과 Flip-chip의 정렬을 완료한 후, 온도와 압력, 초음파를 인가하여 접합을 실시한다. 접합이 완료되면 각각의 접합 시편에 대한 전기저항 측정 및 전단테스트 (JESD22-B117A)를 통하여 전기적/기계적 접합 특성을 평가하고, 시편에 대한 단면가공을 시행하여 전자주사 현미경(SEM) 촬영을 통한 접합부의 도전경로 형상을 관찰한다.

Table 3 Material properties for finite element analysis

	Cu	Ni	Polymer
Modulus of Elasticity [GPa]	100	207	4.33
Poisson's Ratio	0.343	0.310	*
Density[g/cc]	8.93	8.88	1.71
Specific Heat[J/g °C]	0.385	0.460	*
Thermal conductivity [W/m K]	401	60.7	1.64
Thermal expansion [µm /m °C]	16.4	13.1	62.3

### 3. 유한요소 해석

#### 3.1 해석 조건

TSB 방식에 의한 접합 시에 초음파의 마찰에 의한 접합부의 국부적인 온도 상승효과를 알아보기 위하여 TSB 모델에 대한 유한요소 해석을 수행하였다. TSB ACF접합에 대한 해석의 용이성을 위해 모델을 단순화하여 50×15µm 크기의 Cu패드와 Cu범프, 지름 4µm의 도전성 입자(Ni) 그리고 40×4µm 크기의 Polymer로 구성된 2차원 해석 모델을 제작하였으며 해석에 사용된 각 재료의 물성을 Table 3에 나타내었다. 해석조건은 도전 입자 하나에 가해지는 압력을 계산하여 Cu 범프에 1MPa의 압력을 인가하였고, 온도조건은 실험 상황과 동일한 조건을 만들기 위하여 하부 Cu패드에 180°C의 온도를 가하여 주었다. 초음파 진동은 TSB 실험에서 적용된 조건과 동일한 진폭 2µm, 주파수 40kHz의 횡 방향 삼각파 변위를 입력하였다. 해석시간은 실험상에서 초음파가 인가된 1sec동안을 진행한 후 도전 입자와 Cu범프 사이의 상승 온도를 측정하였다.

### 4. 실험결과 및 결론

#### 4.1 ACF의 전기저항 측정 및 접합특성 평가

Table 1에서 나타낸 접합조건인 TCB, TSB 2, TCB 4에 의해 접합이 완료된 Flip-chip 시편에 대한 단면가공 SEM 촬영 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 그림에서 나타낸 바와 같이 TCB의 접합조건보다 공정시간을 0.5초로 단축한 TSB 2와 공정온도를 20°C 더 낮게 설정하고, 공정시간을 0.5초로 단축한 TSB 4의 도전경로 형상이 TCB에서 나타난 도전경로의 형상보

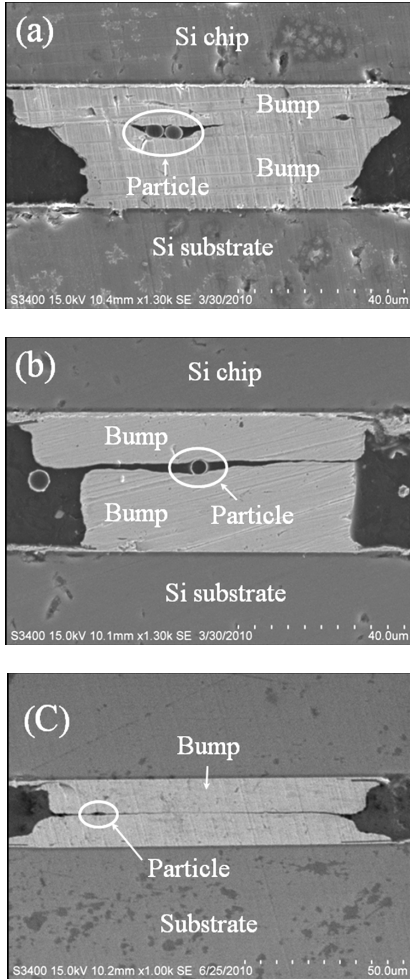


Fig. 3 SEM micrograph of flip-chip assembly with (a) TCB and (b) TSB-2 and (c) TSB-4

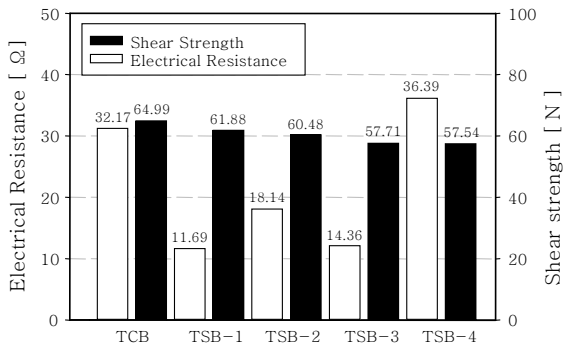


Fig. 4 Electrical resistance and shear strength of the flip chip for TCB and TSB bonding.

다 더욱 양호하고 안정적인 것을 확인할 수 있다.

각각의 접합시편에 대한 전기 저항 측정 및 전단테스트 측정 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 전기 저항 측정 결과에서 TCB에 의해 접합된 시편에서는 31.27±6.05Ω의 높은 전기 저항이 나타난 반면 초음파를 인가한 TSB1~3에서는 TCB 시편에서 나타난 전기 저항의

절반 이하의 저항을 나타내어 초음파 인가에 의해 ACF접합부의 전기적 특성이 향상 되었음을 확인할 수 있다. TSB 4의 경우, TCB의 전기 저항과 비슷한 수준의 전기 저항을 나타내는 것을 확인할 수 있으나, TCB의 접합조건에 비해 낮은 공정온도와 짧은 공정시간에서 시행된 접합이라는 것을 감안하면 초음파의 영향이 접합특성 향상에 도움을 주었음을 확인할 수 있다.

전단 테스트 결과에서는 TCB에서 가장 큰 전단 강도 값이 나타났으며, TSB 1, TSB 2에서는 TCB접합의 전단 강도와 비슷한 전단강도를 나타내어 초음파에 의한 공정시간 단축 효과를 확인할 수 있었다. 그리고 TSB 3, TSB 4에서는 비교적 낮은 강도를 나타내었으나 그 감소폭이 작아 공정온도 및 시간 감소의 가능성을 확인할 수 있었다.

#### 4.2 유한요소 해석 결과

ACF에 의해 접합된 Flip-chip 패키지에 대한 초음파 해석 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 결과에서 알 수 있듯이 초음파가 1sec동안 인가되었을 때에 Flip-chip 패키지의 온도 분포는 Cu범프와 도전성 입자의 접촉계면에서 국부적으로 온도가 상승되어 최대 61.6°C가 증가된 241.6°C를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이는 횡축 방향의 초음파 진동에 의한 접촉계면에서의 마찰로 인하여 온도상승이 발생하는 것으로 판단된다.

#### 5. 결 론

본 연구에서는 기존의 ACF를 이용한 TCB 공정의 단점인 높은 온도와 긴 공정 시간을 개선할 수 있는 TSB 방법을 이용한 ACF Flip-chip 접합을 기술하였다. 초음파 진동을 이용한 ACF Flip-chip 접합에 의하여 chip과 기판 사이에서는 양호한 형상의 도전경로가 형성되었으며, 이로 인하여 초음파 인가 시 TCB 공정과 비교하여 더욱 좋은 전기저항을 나타내는 것을 확인하였다. 전단테스트 결과에서도 TCB 공정과 비교하

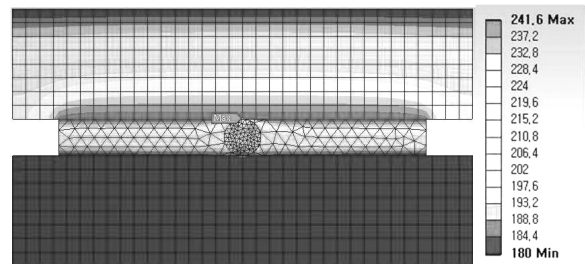


Fig. 5 Analysis result for thermosonic bonding

여 큰 차이를 보이지 않는 것을 확인하였다. TSB 에 대한 유한요소 해석을 실시하여 초음파의 마찰에 기인한 도전입자와 범프 사이의 국부적 온도상승을 확인할 수 있었다. 이러한 결과들을 통하여 TSB 방법은 초음파에 의한 국부적 온도 상승에 의하여 접합온도와 접합 시간을 단축시킬 수 있다는 결론을 얻을 수 있으며 기존의 TCB 방식의 문제점을 개선할 수 있는 차세대 ACF 접합 방법이라 할 수 있다.

### 후 기

본 연구 2010년도 기반구축(핵심)사업의 지원을 받아 수행된 연구(10890)입니다.

### 참 고 문 헌

1. D. Wojcieciechowski, J. Vanfleteren, E. Reese and H.-W. Hagedorn, "Electro-Conductive Adhesives for High Density Package and Flip-chip Interconnections", *Microelectronics Reliability*, 40, 1215-1226, 2000
2. M.C. Choi, Y.K. Kim and C.S. Ha. "Polymers for Flexible Displays: From Material Selection to Device Applications", *Progress in Polymer Science*, 33, 581-630, 2008
3. C.L. Chuang, Q.A. Liao, H.T. Li, S.J. Liao and G.S. Huang. "Increasing the Bonding Strength of Chip on Flex Substrates using Thermosonic Flip-chip Bonding Process with Nonconductive Paste", *Microelectronic Engineering*, 87, 624-630, 2010



- 송 용
- 1982년생
- 중앙대학교 기계공학부 석사과정
- 마이크로시스템 패키징
- e-mail : diablo000@nate.com



- 정진식
- 1982년생
- 중앙대학교 기계공학부 석사과정
- 마이크로시스템 패키징
- e-mail : alkjsdfg@naver.com



- 임병승
- 1977년생
- 중앙대학교 기계공학부 박사과정
- 마이크로시스템 패키징
- e-mail : deuxyim@hanmail.net



- 김종민
- 1972년생
- 중앙대학교 기계공학부 부교수
- 마이크로시스템 패키징
- e-mail : 0326kjm@cau.ac.kr