

# ACF 탄성영역을 이용한 신뢰성 있는 횡방향 열초음파 본딩 기술 Reliable Bonding for Lateral Thermosonic Bonding Process with Elasticity of ACF

\*하창완<sup>1</sup>, 김경록<sup>1</sup>, 윤원수<sup>2</sup>, 박금생<sup>3</sup>, \*김경수<sup>1</sup>

\*C.W. Ha<sup>1</sup>, K.R. Kim<sup>1</sup>, W.S. Yun<sup>2</sup>, K.S. Park<sup>3</sup>, \*K.S. Kim(kyungsookim@kaist.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> KAIST 기계공학과, <sup>2</sup> 한국산업기술대학교 기계공학과, <sup>3</sup> ㈜여의시스템

Key words : Lateral Thermosonic Bonding, Anisotropic Conductive Film(ACF), Elasticity, Chip on Glass(COG)

## 1. 서론

오늘날 디지털 전자기기의 추세는 소비자의 요구를 반영하여 초소형화, 초경량화, 고기능화 되고 있다. 이에 따라 그 속에 들어가는 부품의 핀 배치 또한 고밀도화 되고 있다. 따라서 이러한 고밀도 핀 배열을 갖는 초소형 부품의 실장을 위해서는 새로운 전자 패키지(microelectronics package) 기술이 필수적인데 그 대표적인 예가 플립칩 본딩에 기반을 둔 BGA(Ball Grid Array), CSP(Chip Scale Packaging)와 같은 기술이다.

이러한 플립칩 본딩 기술 중 ACF(Anisotropic Conductive Film)을 이용한 접합 방법은 친환경 대체 재료인 무연 솔더를 이용한 기존의 방법에 비해 공정의 저온화, 프로세서의 간소화, 우수한 기계적/열적 안정성, 미세피치 대응, 솔더링이 불가능한 재료 및 폭넓은 재료에 사용이 가능하다는 장점 등을 가지고 있다. 이러한 이유에서 ACF를 이용한 플립칩 본딩은 카메라 모듈용 CIS(CMOS Image Sensor) 접합 및 노트북 또는 휴대폰에 들어가는 LCD 기관과 LCD 구동회로간의 접합 등에 널리 사용되고 있다[5].

기존의 ACF를 이용한 접합은 구동소자의 범프와 패드 사이에도 전성 입자가 고르게 분산된 ACF를 위치시키고 열과 압력을 가하면서 범프와 패드간의 전기적 통전 및 기관과 구동소자간의 기계적인 접합을 시키는 열압착 본딩(thermo-compression bonding)을 널리 사용하고 있다. 하지만 열압착 본딩은 공정온도가 높고 공정시간이 길다는 단점이 있다.

본 연구에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 기존의 열압착 본딩에 횡방향 초음파 진동을 가미한 횡방향 열초음파 본딩(lateral thermosonic bonding)을 소개하고 과도한 횡방향 진동으로 야기되는 기계적 손상을 예방하기 위한 횡방향 열초음파 본딩 공정에 대해 고찰해 본다.

## 2. 횡방향 열초음파 본딩

ACF를 이용한 횡방향 접합공정은 Fig. 1과 같이 열압착 공정에 횡방향 초음파와 진동 인가하여 국부적인 영역에 순간적으로 추가적인 열을 발생시키는 접합 방식이다. 횡방향 열초음파 공정을 이용하면 기존의 열압착 공정보다 더 낮은 온도에서 공정을 수행할 수 있기 때문에 저온공정이 가능하며, 저온공정에도 불구하고 국부적인 영역에 추가적인 열이 발생시킬 수 있으므로 공정시간을 단축시킬 수 있다.

선행 연구결과를 살펴보면 본딩이 진행되는 동안의 ACF의 내부온도 측정을 통해 횡방향 진동에 의한 추가적인 열 발생이 일어남을 확인하였고[4], 이를 통해 저온 공정에도 불구하고

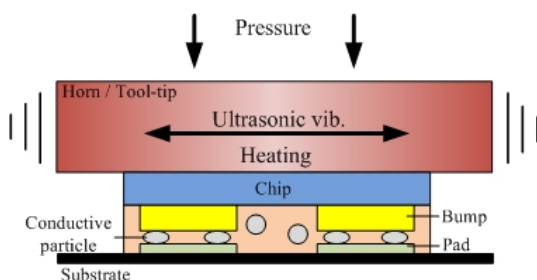


Fig. 1 Schematic of lateral thermosonic bonding.

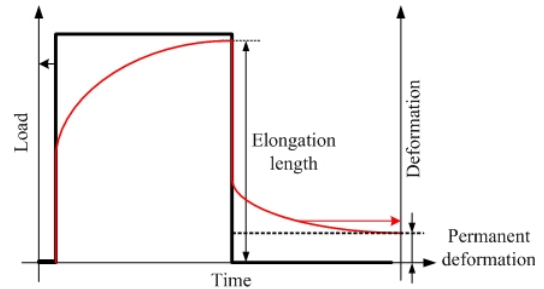


Fig 2. A typical behavior of viscoelastic material under creep-recovery test.

공정시간을 단축시킬 수 있음을 밝혔다. 또한 전도성 실험과 전단력 실험, 흡습 실험을 통하여 공정시간을 단축함에도 불구하고 기계적/전기적 신뢰성은 기존의 열압착 본딩과 비슷한 수준을 보임을 확인하였다[1-3].

하지만 횡방향 열초음파 본딩 사용 시 신뢰성 있는 접합을 위해 허용되는 진폭의 범위, 즉 기계적인 손상을 주지 않는 진폭의 범위에 대한 고찰이 이루어지지 선행되지 않았기 때문에 진폭 선정에 대한 막연함을 앓고 있었다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 신뢰성 있는 횡방향 열초음파 본딩을 위한 진폭 범위와 이를 이용한 공정에 대해 고찰해 본다.

## 3. ACF의 탄성 영역을 이용한 횡방향 열초음파 공정

횡방향 열초음파 본딩 시 기계적인 손상을 주지 않는 진폭의 범위는 ACF의 탄성영역을 통해 규명할 수 있다. ACF의 탄성영역을 빠르게 이해하기 위해서는 우선적으로 ACF의 재료적 특성을 알아야 한다. ACF를 구성하는 예폭시는 열경화성 물질이면서 점탄성 물질이다. 열경화성 물질이기 때문에 경화가 진행됨에 따라 탄성영역이 바뀐다는 것을 예상할 수 있고, 점탄성 물질이기 때문에 점탄성 물질의 물성치를 확인 하는 Creep-Recovery Test를 이용하여 탄성영역을 규명한다.

Creep-Recovery Test는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 일정시간 동안 하중을 가했다가 하중을 제거하면서 물질의 변형과 복원상태를 확인하는 실험이다[6]. 변형량이 작을 때에는 완벽한 복원이 일어나지만 변형량이 클 때에는 Fig.2와 같이 소성변형이 일어나게 된다. 본 연구에서는 ACF의 경화도에 따른 탄성영역을 알아보기 위해 경화도가 다른 시편(10,30,50,70,90%)을 제작하여 Creep-Recovery Test를 수행하였다.

Fig. 3 (a)와 (b)는 경화도가 10%와 90% 일 때의 Creep-recovery Test 실험 결과이다. 실험 결과에서 확인 할 수 있듯이 비슷한 변형량에 대해 경화도가 작을 때에는 소성변형이 두드러진 반면 경화도가 높을 때에는 소성변형이 거의 일어나지 않음을 확인 할 수 있다.

각 경화도별 변형량에 따른 소성변형 경향을 확인해 보기 위해 다양한 변형량에 따른 Creep-Recovery Test를 수행하였다. 그 결과 Fig. 3 (c)와 같이 동일한 변형량에 대해 경화도가 증가함에 따라 소성변형이 줄어들음을 확인 할 수 있었다. 이는 경화도가 증가함에 따라 탄성영역이 발달함을 의미한다. 경화도에 따라 소성변형이 거의 일어나지 않는 범위, 즉 탄성영역을 그려보면 Fig. 4와 같이 경화도가 증가함에 따라 탄성영역이

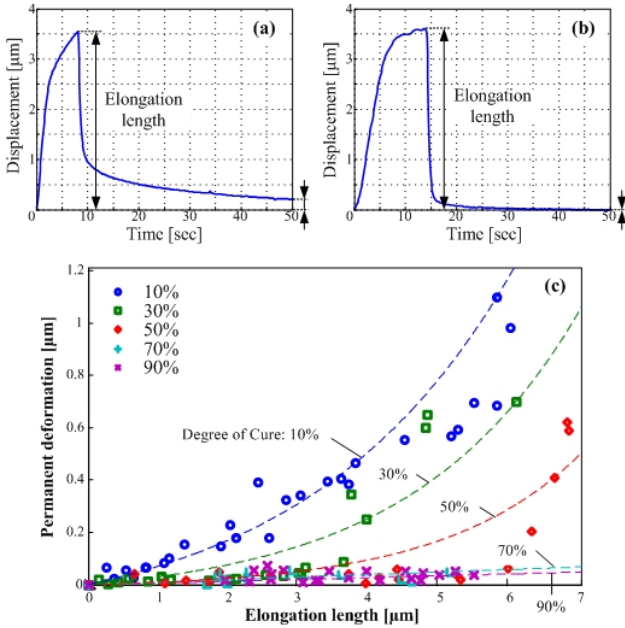


Fig. 3 Experimental results of creep-recovery test, (a) degree of cure=10%, (b) degree of cure=90%, (c) trend of elongation length and permanent deformation.

증가함을 확인 할 수 있다.

얻어진 탄성영역을 이용하여 새로운 횡방향 열초음파 본딩 공정을 제안한다. 기존의 횡방향 열초음파 본딩 공정 (Fig.4 Case 1)은 탄성영역에 대한 고려 없이 ACF 경화 초기부터 횡방향 초음파 진동을 이용하지만 제안한 공정은 Fig. 4, Case 2와 같이 ACF의 탄성영역이 충분히 발달하지 않았을 때에는 횡방향 초음파 진동을 가진 하지 않고 열과 압력만을 이용해서 공정을 진행하다가 경화도가 증가하여 탄성영역이 충분히 발달한 이후 횡방향 초음파 진동을 인가하는 방식이다. 제안한 방법을 이용하면 ACF의 소성변형을 막을 수 있어 잔류응력과 같은 기계적인 손상으로부터 ACF 접합성능을 보호할 수 있다.

제안한 방법(Case2)을 탄성영역을 고려하지 않는 방법 (Case1)과 비교해서 실험해 보면, 접합 신뢰성을 확보하는 것 외에도 횡방향 열초음파 본딩에서 문제가 되었던 횡방향 진동으로 인해 야기되는 범프와 패드간의 정렬이 틀어지는 문제 (mis-alignment)도 해결할 수 있음을 확인 할 수 있었다. Fig.5은 ACF의 탄성영역을 고려하지 않은 횡방향 열초음파 본딩(Case 1)과 제안한 방법(Case 2)을 사용했을 때의 접합 상태를 보여준다.

제안한 방법(Case 2)은 탄성영역을 고려하지 않는 횡방향 열초음파 본딩(Case 1)에 비해 공정시간 면에서는 다소 느리지만 기존의 열압착 본딩에 비해서는 공정시간을 획기적으로 단축시킬 뿐 아니라 동시에 횡방향 열초음파 본딩의 접합 신뢰성과

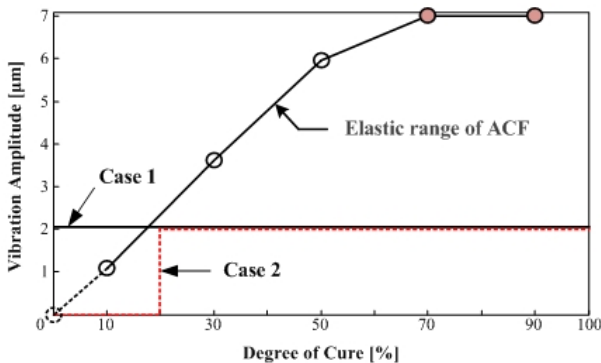


Fig 4. Bonding method (Case 1: without consideration of elastic region, Case 2: with consideration of elastic region)

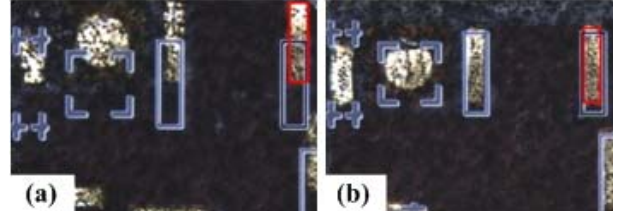


Fig. 5 Experimental results, (a) Case 1, (b) Case 2.

횡방향 진동으로 인해 야기되는 정렬이 틀어지는 문제를 해결할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

본 연구를 통하여 경화도에 따른 ACF의 탄성영역을 알아보고 이를 이용하여 횡방향 열초음파 본딩의 접합 신뢰성을 확보하는 공정에 대해 알아보았다. 제안한 공정은 접합 신뢰성 뿐만 아니라 정렬문제도 개선 할 수 있음을 밝혔다. 그러나 아직 횡방향 열초음파 본딩을 상용화하기 위해서는 해결해야 할 과제가 있다. 횡방향 열초음파 본딩에서 균일한 열 발생을 얻기 위해서는 칩과 기판간의 상호평탄도(co-planarity)가 필수적이며, 이는 앞으로 해결할 과제로 남아있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 신뢰성 있는 횡방향 열초음파 본딩 기술 개발을 위해 가진 할 수 있는 진폭의 범위, 즉 경화도에 따른 ACF의 탄성영역에 대한 고찰과 이를 이용한 수정된 횡방향 열초음파 본딩 공정을 제안하였다. 이는 ACF의 소성변형과 같은 기계적인 손상으로 부터 ACF의 접합성능을 보호 할 수 있다. 제안한 방법은 또한 횡방향 열초음파 본딩에서 문제가 되었던 정렬문제도 해결함을 실험을 통해 확인 할 수 있었다.

#### 후기

본 연구는 산업자원부 중기거점기술개발사업(CCM 인라인 조립장비개발), 지식경제부 전라기술인력양성사업 및 교육인적자원부 BK21 지원으로 연구되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 정상원, 윤원수, 김경수, "LCD 구동 IC 실장을 위한 초음파 ACF 접합 기술", 제어·자동화·시스템공학논문집, Vol.14, no.6, pp.543-547.
2. Tae-Young Jang, Won-Su Yun, Soo-Hyun Kim, Kyung-Soo Kim, "Using Ultrasonic Energy for Reducing ACF Bonding Process Time", 33<sup>rd</sup> International Electronics Manufacturing Technology Conference, 2008.
3. 하창완, 장태영, 윤원수, 김경수, "횡방향 열초음파 기법을 이용한 ACF 플립칩 본딩 특성 규명", 한국정밀공학회 2009년도 춘계학술대회.
4. Jong-Min Kim, "전자 패키징에서의 도전성 접착제 기술 동향", 대한용접, 접합학회지, 25권, pp.31-36, 2007.
5. M. Chanda, S.K. Roy, "Plastic Technology Handbook", CRC press, 2007.
6. White F. M. "Fluid Mechanics 5<sup>th</sup>", McGraw-Hill, 2004.