

# ACF 초음파 접합에 대한 유한요소 해석

## Finite element analysis for ACF Ultrasonic bonding

\*송용<sup>1</sup>, 임병승<sup>1</sup>, 전성호<sup>1</sup>, 신영의<sup>1</sup> 김종민<sup>#1</sup>

\*Y. Song<sup>1</sup>, B. S. Yim<sup>1</sup>, S. H. Jeon<sup>1</sup>, Y. E. Shin<sup>1</sup>, #J. M. Kim(0326kjm@cau.ac.kr)<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 중앙대학교 기계공학부

Key words : ACF(Anisotropic Conductive Adhesive), Ultrasonic Bonding, ABAQUS(v.6.7)

### 1. 서론

최근 들어 다양한 종류의 전자제품의 수요가 증가하면서 다양한 기능이 집적된 전자소자의 개발이 요구되고 있다. 그와 함께 전자 패키지(microelectronics package)기술의 중요성이 대두 되면서, 1970 년대의 삽입 실장 방식인 DIP(Dual In-line Package)에서 QFP(Quad Flat Package)로 대표되는 표면 실장 방식으로 발전 되었고, Lead type package(wire bonding)방식에서 제품의 소형화로 인한 칩 사이즈의 소형화, 고성능, 고밀도화에 대한 대응으로 인하여 Ball type package 로의 변화가 이루어 졌다. 이에 따라 최근 기술개발의 동향은 BGA(Ball Grid Array), CSP(Chip Scale Packaging), Flip Chip, MCM(Multi Chip Module)등이 활발히 연구 되고 있다.<sup>1,2)</sup>

이러한 전자 패키지에서의 표면 실장 접합기술 중 도전성 접착제를 이용한 접합방법은 친환경 대체 재료인 무연 솔더를 이용한 기존의 접합방법에 비해 공정의 저온화, 프로세스의 간이화, 솔더링이 불가능한 재료 및 폭넓은 재료에 사용이 가능하다는 장점 등을 가지고 있다.

이중 이방성 도전성 필름(Anisotropic Conductive Film: ACF)을 이용한 접합은 현재 대부분의 TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display) 구동회로 및 구동회로 실장에 사용되는 기술이다.<sup>3)</sup> ACF 접합은 구동소자의 범프와 패널의 전극 사이에 도전성 입자가 고르게 분산된 ACF 를 위치 시킨 후 하중과 열을 가하여 도전성 입자들이 범프와 전극 사이에 물려 도전 패스를 형성하며 접합되는 방식이다. 따라서 전체 프로세스가 간소하며 미세 도전입자에 의하여 초 미세피치 구현이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 하지만 기본적으로 접합공정 상에서 높은 하중을 필요로 하여 접합 시 압력에 의한 디바이스의 파손이 발생할 수 있고 열 압착(Thermo-compression) 접합 시 패드에 가해지는 높은 온도에 의해 디바이스에 대한 손상이 발생할 수 있어 접합온도 및 공정시간을 줄이기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 이러한 ACF 접합 시에 문제점으로 나타나는 높은 공정온도와 접합 공정시간의 개선을 위해 초음파를 이용한 열 초음파(Thermo-Sonic) 접합 공정에 대하여 알아보았다. 이를 위해 유한요소 프로그램(ABAQUS)을 이용하여 ACF 초음파 접합 공정에 대한 해석을 수행하고 초음파를 이용한 접합 시에 초음파의 마찰열에 의한 도전 입자의 국부적 온도 상승 효과를 알아보고 polymer 가 도전 입자의 온도 변화에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다.

### 2. ACF 열-초음파 접합 공정

ACF 열 초음파 접합 공정은 기존의 열 압착공정 상에 초음파를 인가하여 횡 방향의 진동에 의한 도전 입자와 전극 패드간의 마찰열을 발생시켜 국부적인 온도의 상승효과를 이용하여 접합을 수행하는 접합방식이다. 초음파의 진동으로 인하여 접합부의 국부적 온도상승을 얻을 수 있어 기존 열 압착공정보다 더 낮은 온도 조건에서 공정을 수행할 수 있기 때문에 저온 공정이 가능하며, 전체 공정시간도 더욱 단축시킬 수 있어 기존의 열 압착 공정보다 더욱 효율적이며 안정적인 공정이라 할 수 있다.

열 초음파 접합방식을 Fig. 1 에 나타내었다.

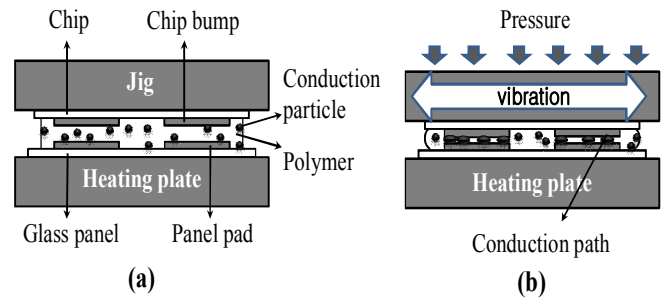


Fig. 1 mechanism of thermo-sonic bonding (a) Preparation of bonding process (b) Apply the heating, ultrasonic and pressure

### 3. 유한요소 해석

ACF 의 열 초음파 접합 공정은 상부와 하부의 전극 패드가 도전 입자와 접촉하고 열, 진동 및 압력으로 인하여 접합부를 형성하게 된다. 이때에 마찰에 의한 국부적인 온도 증가는 초음파 접합의 가장 핵심이 되는 접합 인자라 할 수 있다. 따라서 초음파의 적용에 의한 접합부의 온도 변화경향 파악은 초음파 접합의 매우 중요한 자료로 활용될 수 있다. 하지만 실험상에서는 접합부에서의 마찰에 의한 발열량을 정확히 측정 하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 유한 요소 프로그램(ABAQUS v6.7)을 이용한 초음파 해석 모델을 통하여 열 초음파 접합 시 초음파 적용에 의한 접합부의 온도변화를 알아보았다.

해석을 위해 모델링 된 초음파 해석 모델은 Fig. 2 에 나타낸 바와 같이 도전 입자, Cu 패드, polymer 의 세 가지 요소로 구성되며 해석의 편의를 위하여 2 차원으로 모델링 하여 해석을 수행하였다.

마찰열이 집중되는 도전 입자와 polymer 는 정확한 해석결과를 얻기 위하여 mesh 를 더욱 조밀(fine)하게 모델링 하였다. 해석 모델의 구성요소 중 Cu 패드와 범프는 등방성을 가지며 선형 탄성변형을 한다고 가정하였다. 또한 도전 입자와 polymer 는 비선형 소성변형을 한다고 가정하였으며 도전 입자의 성분은 Ni 로 선정하였다. 각 재료들의 물성치를 Table. 1 에 나타내었다.

해석에 적용된 하중 조건(Load condition)은 상부에서의 수직압력과 함께 횡 방향의 진동이 가해지도록 하였으며 수직 압력은 도전 입자 하나에 걸리는 압력을 계산하여 4MPa 을 가하였다. 해석에 적용된 초음파는 40kHz 의 횡파 진동을 갖는다. 진동을 주기 위해 좌우로 움직이는 변위 조건을 적용하였으며, 온도조건은 초음파에 의한 온도 변화만을 확인 하기 위하여 실온인 25 도로 설정하였다. 해석상의 경계 조건(Boundary condition)은 진동에 의하여 전체가 움직이는 것을 방지하기 위하여 하부에 위치하는 Cu 패드의 절점들에 대한 모든 자유도를 구속하여 하였다. 또한 도전 입자 상하부의 Cu 패드/범프와 만나는 부분에 contact 조건을 주었다.

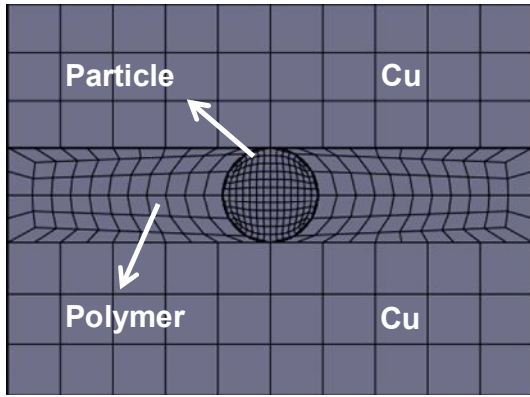


Fig. 2 Modeling of ultrasonic bonding model with polymer

Table. 1 Material properties

	Polymer	Particle(Ni)	Cu
E(GPa)	11	219	110
Poisson ratio	0.3	0.31	0.343
Specific heat (J/Kg °C)	300	460	385
Thermal Conductivity (W/m °C)	60	90.7	401

#### 4. 초음파 접합 해석 결과

본 연구는 유한요소 해석을 통해 초음파 진동으로 polymer, 도전성 입자의 온도상승을 알아보는 것이었다. 해석 결과 도전입자의 위쪽 부분과 polymer의 위쪽 부분에 국부적으로 응력이 집중되는 것을 Fig. 3을 통하여 확인 할 수 있었다. 이것은 위쪽 Cu 범프의 초음파 진동으로 인한 Cu 범프와 도전성 입자 간의 마찰력으로 응력이 집중되는 것으로 판단된다.

초음파가 0.05 초 동안 가해졌을 때의 polymer와 도전성 입자의 온도분포를 Fig. 4에 나타내었다. 도전입자와 polymer, Cu 범프의 온도가 차이가 나는 것을 확인 할 수 있었다. 위 부분들 중 도전입자 부분의 온도가 가장 낮았으며 도전입자는 0.05 초 동안 약 1.8 도의 온도가 상승하는 것을 Fig. 4에서 확인 할 수 있다.

또한, 도전성 입자의 열이 polymer로 전달되어 도전성 입자보다 polymer가 더 높은 온도를 나타내는 것을 확인 할 수 있었다.

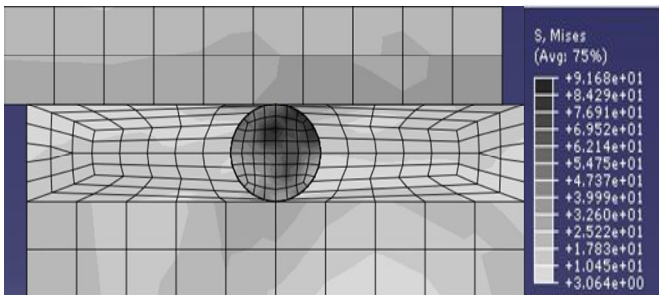


Fig. 3 S, Mises Stress for ultrasonic bonding model

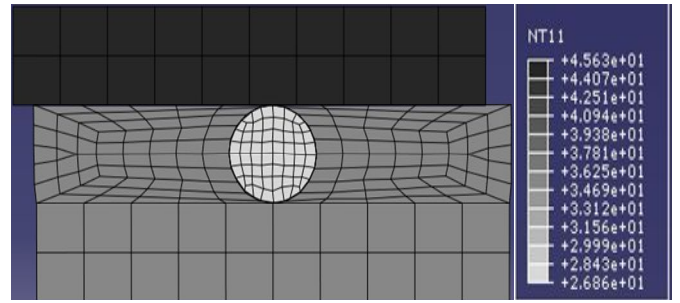


Fig. 4 Temperature for ultrasonic bonding model

#### 5. 결론

본 연구는 기존의 ACF를 이용한 열 압착 접합 공정의 단점인 높은 온도와 긴 공정 시간을 개선 할 수 있는 열 초음파 접합방법에 대하여 기술하였다. 그리고 유한요소 해석 프로그램을 이용하여 초음파의 진동에 의한 도전 입자의 온도 상승을 확인 하였다. 또한 도전 입자의 온도상승이 polymer의 온도변화에 미치는 영향도 확인 하였다. 해석결과 도전 입자와 Cu 범프 사이의 접촉면에서 가장 큰 응력이 나타났으며, 초음파의 마찰열에 의하여 도전성 입자와 polymer의 온도 상승이 일어났고 도전성 입자는 0.05 초 동안 약 1.8 도가 상승하는 것으로 해석되었다. 그리고, 온도가 상승된 도전입자와 polymer의 접촉으로 인하여 열 전달이 발생하여 polymer의 온도가 상승되는 것을 확인 할 수 있었다.

이러한 해석결과를 통해 초음파의 마찰에 의한 도전입자의 온도상승을 확인하였고 이러한 도전입자의 온도상승은 polymer가 낮은 온도에서 더욱 빠르게 경화할 수 있는 조건을 제공할 수 있을 것이다. 이러한 데이터들은 초음파를 이용한 접합에서의 예상 온도를 제시해주어 실험조건을 설정하는 데에 도움을 제공할 수 있다.

해석결과를 통하여 열 초음파 접합방식은 열 압착 공정보다 빠르고 더욱 안정적인 공정임을 확인할 수 있었고, 앞으로 더욱 유망한 ACF 접합 공정으로 발전될 것이라 기대할 수 있다.

#### 후기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10890)의 지원으로 수행되었으며 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

#### 참고문헌

1. I. Anjoh, A. Nishimura and S. Eguchi: "Advanced IC Package for the Future Applications", IEEE Transaction on Electron Devices, 45-3, 743-752, 1998
2. N. Shinnadurai: "Reliability of New Packaging Concepts", Microelectronics Reliability, 40, 1073-1080, 2000
3. M. Katayama : "TFT-LCD technology", Thin Solid Film, 341,140-147,1999