

## 열초음파 접합 공정과 접합부의 신뢰성 평가에 관한 연구

### A Study on Thermosonic Bonding Process and Its Reliability Evaluation of Joints

신영의<sup>1,a</sup>, 박진석<sup>1</sup>, 손선익<sup>1</sup>  
(Young-eul Shin<sup>1,a</sup>, Jin-suk Pak<sup>1</sup>, and Sun-eik Son<sup>1</sup>)

#### Abstract

In this thesis, lateral thermosonic bonding with ACFs was investigated as a process to make high reliability joints for FPD fabrication. Conditions for thermosonic and thermocompression bonding with ACFs were determined and used to make specimens in a driving test jig for testing of bond reliability by thermal shock. The results showed that thermosonic bonding temperature of 199 °C and bonding time of 1s produced bonds with good reliability. Additionally, thermosonic bonding temperature and time were reduced and thermal shock test results compared to this proposed curing condition. It is concluded that thermosonic bonding with ACFs can be effectively applied to reduce bonding temperature and time compared with that of thermocompression bonding.

**Key Words** : Thermosonic bonding, Thermocompression bonding, Anisotropic, Conductive film, Flat panel display, Flip chip package, Thermal shock test

#### 1. 서론

전자산업계에서 고성능, 초소형, 고입출력단자에 대한 필요성이 증가함에 따라 많은 응용분야에 있어서 플립칩 패키지(Flip Chip Package)가 사용되고 있다. 플립칩 패키지의 경우, 기존의 와이어 본딩이나 TAB 본딩(Tape Automated Bonding)이 칩의 패드(Pad)가 기판에 수평적으로 연결되는데 반해 플립칩 본딩은 기판과 칩, 칩의 패드 부분으로서 마주보는 형태로 놓여져 수직적인 연결을 하게 됨으로써 접속 길이가 기존에 비해 매우 짧아져 인덕턴스(Inductance)를 극단적으로 작게 할 수 있고, 기존의 인터커넥션(Interconnection)이 칩의 가장자리만을 접속경로로 사용하는 페리퍼럴(Peripheral) 형태가 아닌 에어리어 어레이(Area array) 형태를 사용할 수 있기 때문에 입출력 단자

의 수를 높이면서 패드 사이의 간격을 넓게 할 수 있다. 현재 전기, 전자, 통신분야 산업에서 이런 고집적화된 플립칩 패키지의 고집적, 고신뢰성 패키징 체계의 요구가 급증하고 있다. 이에 따라 패키지의 신뢰성에 관한 연구도 많이 이루어지고 있다[1,2].

전자산업계에서 현재 가장 많은 발전을 하고 있는 휴대폰 시장의 경우 매년 소형화, 박형화, 고집적 다기능의 휴대폰이 출시되고 있고, 기계적인 신뢰도와 재료의 정밀도 및 청정도가 동시에 요구되고 있으며, 전자 회로를 보호하기 위하여 가급적 저온접합의 신뢰성을 확보하고, 생산성도 높여야 한다[3]. 칩과 기판간의 접합을 위하여 리플로우 솔더링(reflow soldering) 공정이 주로 사용되고 있으나 최근 납(Pb)의 사용이 규제되는 추세이므로 무연 솔더(Pb-free solder)에 대한 관심이 증가하고 있다. 솔더를 접합재료로 이용할 경우 반드시 접합 계면의 산화막 및 불순물을 제거하기 위해서 플럭스(Flux)를 사용하게 되는데 플럭스를 이용하게 될 경우, 플럭스 잔사에 의한 접합경도 저하 및 플럭스 세척과정에서 환경오염이 문제가 되고 있어 저온 접합 및 무플럭스 접합에 의한 청정접합

1. 중앙대학교 기계공학부  
(서울시 동작구 흑석동 221)  
a. Corresponding Author : shinyoun@cau.ac.kr  
접수일자 : 2009. 6. 16  
1차 심사 : 2009. 7. 15  
심사완료 : 2009. 7. 22

에 비등방성 도전성 필름(Anisotropic Conductive Film, ACF)이 많이 사용되고 있다[4,5].

이와 같은 전자 패키징의 요구조건을 만족시키기 위하여 본 연구에서는 열초음파 접합을 이용한 접합 방법을 제안하였다. 현재 평판디스플레이(Flat Panel Displays, FPD)의 한 종류인 액정디스플레이(Liquid Crystal Displays, LCD) 접합에 가장 많이 사용하고 있는 열압착 접합을 응용하여 보다 빠른 접합 시간에 저온 접합을 가능하게 하기 위한 열초음파 접합의 접합성 및 신뢰성을 검토하였다.

## 2. 시편 및 실험 방법

### 2.1 시편

본 실험에서 사용된 플립칩 패키지의 접속부분 그림 1에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 시편은 24.03 mm×1.67 mm 규격의 1344 I/O(Input/Output)의 구동 IC를 사용하였다. 또한, 구동 IC에 15 μm 높이의 Au 범프(Bump)가 적용된 플립칩을 사용하였으며, Au 범프의 역할에 따라 FPD의 입력부와 출력부의 넓이가 다르게 적용되어 있다. 구동 IC를 접합하기 위한 FPD의 경우 2.2"의 면적에 pixel 크기는 0.046×0.139 mm, pixel 형식은 240×RGB×320 (RGB Stripe)방식을 사용하였다. 그림 2는 접합후의 형상으로 원형모양의 알갱이가 도전성접착제로 Au 범프가 접합될 FPD상의 패드는 두께 2 μm의 Al 박막으로 형성되어 있다. 또한, 구동 IC와 FPD상의 패드를 접합하기 위한 비등방성 도전성 필름은 그림 3과 같이 두께가 75 μm으로 도전성 입자가 있는 필름 부분은 두께가 25 μm이다. 도전성 입자의 지름은 4 μm으로 레진 입자에 Ni-Au가 도금되어 있고 Ni-Au 도금층 위에 절연층으로 구성되어 있으며, 앞서 기술한 시편을 이용하여 구동 IC상의 Au 범프와 FPD상의 Al 패드를 ACF를 이용하여 열압착 방식으로 접합실험을 수행하였다. 열압착 방식은 열과 압력을 이용하여 구동 IC, ACF

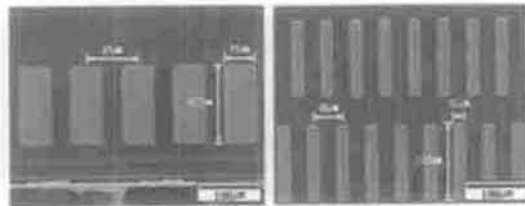


그림 1. FPD 플립칩 IC.  
Fig. 1. Image of FPD flip chip IC.

에 압력을 가하여 ACF의 도전 입자들의 절연층을 파괴 시키고 표면상에 드러난 Ni-Au를 이용해 도전이 된다.

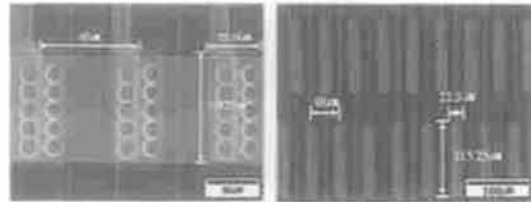


그림 2. FPD 접합 후.  
Fig. 2. Image of FPD after bonding.

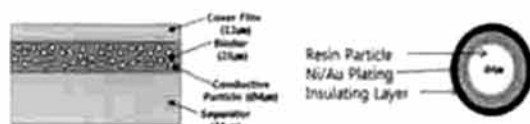


그림 3. ACF 및 도전입자 단면.  
Fig. 3. Cross section of ACF and Conductive particle.

즉, 접합시에 가하게 되는 열과 접합 시간에 의해 ACF가 경화되어 도전 입자와 구동 IC를 기계적, 전기적으로 접합하게 된다[6-8]. 한편, 열초음파 방식은 기존에 사용되고 있는 열압착 접합 공정 조건을 이용하여 기초 실험을 수행하였고[9], 열압착 접합의 기본적인 신뢰성을 확인하여 최종적으로 제안된 열초음파 접합 공정이 패키지 적용 가능성을 확인하기 위한 실험을 수행하였다.

### 2.2 실험 조건 및 접합 방법

열초음파 접합과 열압착 접합의 비교 실험을 통하여 열초음파 접합의 신뢰성을 확보하고자 각 실험의 조건을 표 1과 표 2와 같은 접합조건으로 각각 2번의 실험을 수행하였다.

표 1. 열압착 접합 조건.

Table 1. Thermocompression bonding condition.

Thermocompression		Test1	Test2	Test3
Temperature	Setting (°C)	200	200	330
	Measurement (°C)	163	178	199
Pressure (Mpa)		3.038	3.038	3.038
Bonding	Time 1 (sec)	3	3	3
	Time 2 (sec)	1	1	1

표 2. 열초음파 접합 조건.

Table 2. Thermocompression bonding condition.

Thermosonic		Test1	Test2	Test3
Temperature	Setting (°C)	260	290	330
	Measurement (°C)	163	178	199
Pressure (Mpa)		3.038	3.038	3.038
Ultrasonic vibration (KHz)		40	40	40
Bonding Time 1 (sec)		3	3	3
Bonding Time 2 (sec)		1	1	1

열압착과 열초음파 접합 공정은 그림 4, 5와 같은 순서로 진행하였다.

Step 1 : ACF를 덮고 있는 보호 필름을 제거하고 FPD 유리 기판 (Glass substrate)의 Al 패드 위로 로딩.

Step 2 : ACF를 접합 과정에서 이동되는 현상을 방지하기 위하여 ACF를 가압한다. 가압 조건은 온도 90 °C, 압력 1.038 MPa에서 1초간 진행.

Step 3 : FPD 구동 플립칩 IC를 유리 기판 상의 Al 패드에 마이크로미터 및 초음파 접합기의 카메라를 통하여 위치를 정렬한다.

Step 4 : FPD 구동 플립칩 IC의 정렬 후, 본딩 툴 (Bonding tool)을 이용하여 열, 압력, 초음파 진동을 가해 본 접합을 실시한다.

Step 5 : 초음파 접합기의 본딩 툴이 FPD 구동 플립칩에서 떨어진 후 접합을 종료한다.

열압착 접합과 열초음파 접합의 공정이 거의 동일하지만 열초음파 접합의 경우 Step 4 에서의 접합 조건 중 초음파가 인가된다.

### 2.3 열충격 실험

본 실험에서는 정량화된 신뢰성 규격의 부재료 인해 FPD의 일종인 LCD 모듈 생산 업체의 규격을 이용하여 실시하였다. 전자 패키지에서 가장 문제가 되는 열적 신뢰성에 대해 규명하기 위해 열충격 시험을 실시하였다. 열충격 시험 조건은 최저 온도(Ts(min))와 최고온도(Ts(max))로 나뉘어져 있으며 고온지속구간, 고온에서 저온으로 이동하는 구간, 저온지속구간이 하나의 사이클로 구성되어 있다. 본 실험에서 사용한 온도 구간은 Ts(min) -30 °C, Ts(max)+80 °C로 설정하고, 1 cycle당 120분으로 총 10 cycle로 설정하였다.

### 2.4 도전 입자량과 사용 전류치

ACF를 이용한 전자 패키지 접합의 경우, 일반적인 솔더를 이용한 플립칩 접합보다 접촉 저항이 10배 이상 측정됨으로써 사용되는 전력량도 많아지게 된다[10-12]. 일반 솔더를 이용한 접합 면적

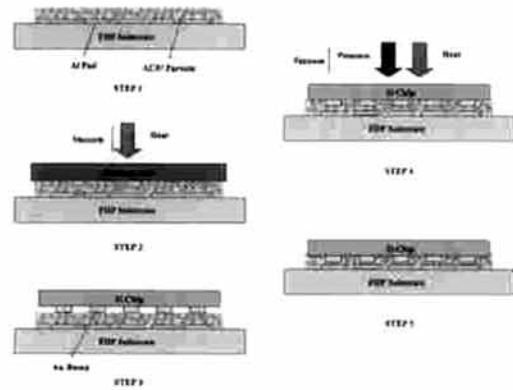


그림 4. 열압착 접합 공정.

Fig. 4. Thermocompression bonding process.

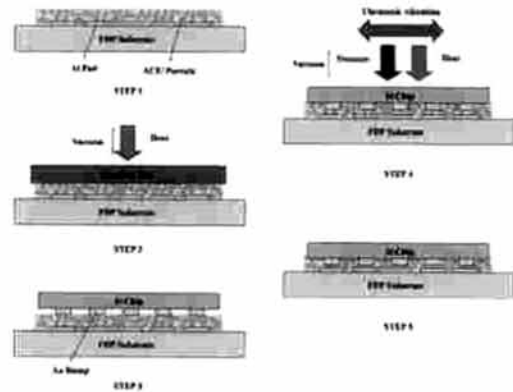


그림 5. 열초음파 접합 공정.

Fig. 5. Thermosonic bonding process.

보다 작고, 접촉 저항이 크기 때문에 도전 및 데이터 전송을 위한 충분한 도전 입자량이 확보되어야 한다. 따라서 ACF 도전 입자량 확보 및 사용 전류치를 측정하였다.

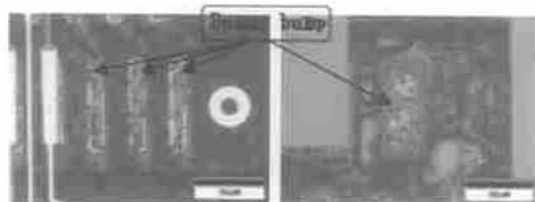


그림 6. Au 범프의 도전입자.

Fig. 6. Optical image of conductive particle on Au bump.

그림 6과 같은 방법으로 FPD 뒷면의 더미 범프 (Dummy bump) 관찰을 통하여 도전 입자 확보량을 측정하였다. 접합된 FPD의 뒷면의 더미 범프는 각 시편마다 Input 범프의 경우에는 4개, Output 범프는 12개가 존재하며 모든 더미 범프안에 확보된 도전 입자량을 측정하고 평균값을 각 시편당 확보된 도전 입자량으로 설정하였다. 확보된 도전 입자량뿐만 아니라 ACF의 경우, 확보된 도전 입자량에 따라 사용 전류량이 차이를 보이기 때문에 FPD 구동 시, 사용되는 전류량을 구동 시험기를 통하여 FPD의 적정 사용 전류량인 6 mA~8 mA로 규정을 근거로 하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 열압착 접합

열압착 접합 조건은 표 1과 같이 설정하여 실험을 실시하였다. 열압착 접합 후 구동 판명 지그를 통한 FPD 구동 여부를 확인한 결과 접합시간 3초의 조건에서는 Test1(163 °C), Test2(178 °C), Test3(199 °C) 모두 구동에 문제가 없는 것이 판명되었으나 접합시간을 1초의 조건을 주고 실험하였을 때 3가지 조건 모두 구동하지 않는 것을 확인하였다. 이 결과는 열압착 접합에 있어서 ACF 경화에 필요한 온도와 충분한 경화 시간을 필요하며, 1초라는 짧은 가열시간과 가열온도만으로는 접합이 불가능한 것을 확인하였다. 또한, 가열시간 3초로 접합하여 정상구동 한 시편의 신뢰성을 평가하기 위해 열충격 실험을 하기전의 단면 형상과 열충격 실험후의 단면형상을 그림 7과 그림 8에 나타내었다. 두 그림의 단면을 관찰한 결과 도전입자의 형태가 모두 소성변형 된 것을 확인하였고, 온도상승과 더불어 도전입자량도 증가하는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었다. 두 그림의 단면을 관찰한 결과 도전입자의 형태가 모두 소성변형 된 것을 확인하였고, 온도상승과 더불어 도전입자량도 증가하는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

#### 3.2 열초음파 접합

열초음파 접합 조건은 표 2와 같이 설정하여 실험을 실시하였다. 본문에서 언급한 것과 같이 초음파 접합과 열압착 접합의 비교 실험을 통하여 열초음파 접합의 신뢰성을 확보하고자 접합실험 후 구동 판명 지그 및 열충격 실험 역시 열압착 접합과 동일한 조건하에 접합성 및 열적 신뢰성을 평가 하였다. 열초음파 접합에 있어서 3초의 조건을

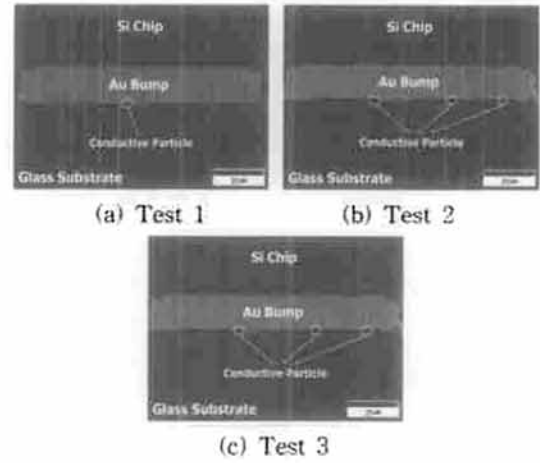


그림 7. 열압착 접합 후, Au 범프 단면부.  
Fig. 7. Cross section of Au bump after thermocompression bonding.

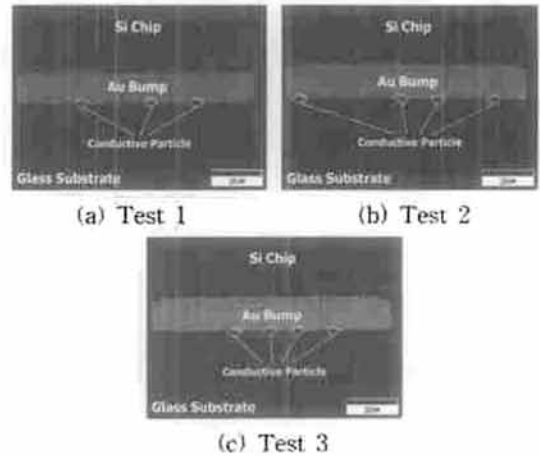


그림 8. 열충격 시험 후, Au 범프 단면부.  
Fig. 8. Cross section of Au bump after thermal shock test.

주어 실험한 시편은 열압착 접합과 같이 모두 구동하는 것을 확보 하였고, 1초의 비교적 짧은 가열 시간에서도 열압착 접합법과는 달리 모든 시편이 구동하였다. 하지만 열압착 접합 및 열초음파 접합은 신호의 분배 및 전원의 공급, 기계적 지지 등등 전기적인 구동부분의 접합방식이기 때문에 Gate Line 혹은 Data Line중 하나라도 안정되고 낮은 전류값을 확보하지 못하면 접합부의 온도상승으로 인해 장기적인 신뢰성에 악영향을 미치게 된다. 접

합실험결과, Test3(199 ℃)에서의 접합이 완벽하게 구동을 하였고 Test1(163 ℃), Test2(178 ℃)의 조건에서는 FPD상에 Gate Line과 Data Line의 약간의 불안정한 open현상을 확인 할 수 있었다. 신뢰성 확보와 불량률의 원인을 알아보기 위해 Test3 뿐만 아니라 다른 두 조건의 시편도 접합부를 단면 가공 후 관찰을 통하여도 도전입자의 변형형태를 확인하였다. 열충격 시험전의 접합부의 단면 형상과 시험 후의 단면형상을 그림 9와 그림 10에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 (a)Test1, (b)Test2, (c)Test3 모두 도전입자가 존재하며 소성 변형된 것을 알 수 있지만 그림 10에서 보여지는 것과 같이 (a)Test1, (b)Test2보다 높은 온도 (c)Test3에서의 열충격 시험 후 도전입자의 변형은 크게 달라지지 않았다. 하지만, (a)Test1, (b)Test2에서 보이는 도전입자는 부분적으로 변형이 되어 있음을 알 수 있다. 이 결과는 1초라는 비교적 짧은 시간과 낮은 온도로 인해 도전입자가 충분히 경화되지 못하는데 원인이 있다고 판단된다. 열압착 접합에서 접합조건시간 3초라는 시간은 ACF가 경화하기에 충분한 가열유지시간을 확보하여 접합되었다고 판단되며, 초음파 접합에 있어서 가열시간을 1초로 단축하여 접합이 가능했던 주요 요인은 초음파진동에 의해 발생하는 마찰에너지로 인해 국부적으로 계면상의 온도를 상승시켜 ACF가 경화하기에 충분한 온도로 상승시킨 효과와 초음파 진동으로 인한 계면상의 불순물을 제거함으로써 원만한 접합이 이루어졌다고 판단된다. 이 실험을 통해 열초음파 접합 방법이 열압착 접합방법보다 접합시간을 단축시킬 수 있다는 것을 실험을 통하여 확인하였고, 이 결과는 열초음파 접합방법을 통해 가열시간의 단축을 피함으로써 생산성향상에 기여할 수 있음을 확인하였다.

또한 ACF는 원래 열압착 접합방법을 이용하여 접합되도록 개발된 접합재료라는 것을 감안할 때 향후 열초음파 접합을 이용한 새로운 접합 재료의 개발이 요구된다. 이것을 통해 가열온도의 저온화 및 가열시간의 단축을 피함으로써 생산성 향상은 물론 미세접합부의 접합성 및 장기신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.3 도전 입자량 및 사용 전류치 분석

Au 범프의 도전에 이용되는 도전 입자의 수를 통해 시편을 관찰한 결과를 그림 9, 10에 나타내었다. ACF를 이용한 전자 패키지 접합의 경우, 범프와 단자 사이에 구속된 도전 입자 확보량은 접합부의 장기적 신뢰성에 크게 영향을 미친다.

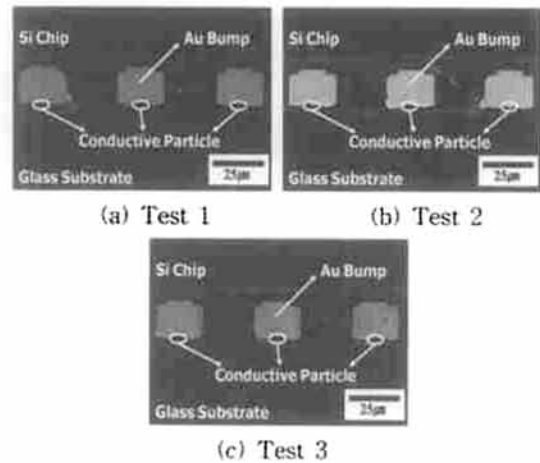


그림 9. 열초음파 접합 후, Au 범프 단면부.  
Fig. 9. Cross section of Au bump after thermosonic bonding.

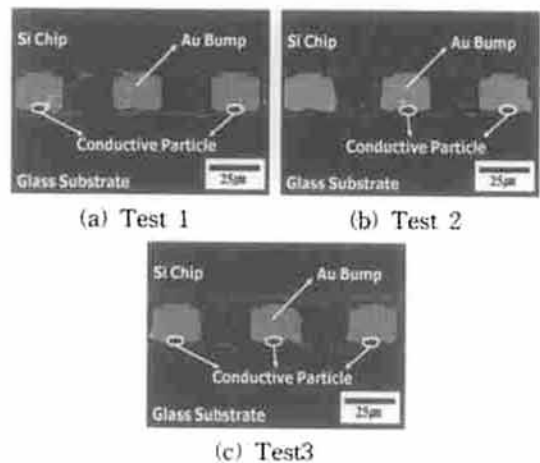


그림 10. 열충격 시험 후, Au 범프 단면부.  
Fig. 10. Cross section of Au bump after thermal shock test.

따라서 ACF 도전 입자 확보량 및 사용 전류량 측정을 위해 추가적인 분석을 하였다. 각 조건별 소비 전류량을 측정된 결과, 표 3과 같이 실험 조건 중 상대적으로 높은 접합 온도 조건에서 낮은 소비 전류로 구동됨을 확인하였다. 초음파진동에너지를 통해 ACF의 경화 온도를 빠르게 상승시키고 온도상승과 더불어 경화 수축 현상이 일어나게 되어 확보된 도전 입자의 물리적 결합이 크게 일어나 도전 입자량이 증가하게 된다. 그 결과, 접촉

표 3. FPD 사용 전류치.

Table 3. FPD consuming current.

Thermocompression		Test1	Test2	Test3
Temperature	Setting (°C)	260	290	330
	Measurement (°C)	163	178	199
Bonding Time (sec)		3	3	3
Input current (mA)		8	7	6
Output current (mA)		8	8	6
Thermocompression		Test1	Test2	Test3
Temperature	Setting (°C)	260	290	330
	Measurement (°C)	163	178	199
Bonding Time (sec)		1	1	1
Input current (mA)		8	7	6
Output current (mA)		8	8	6

표 4. 도전 입자 수.

Table 4. The number of conductive particle.

Thermocompression		Test1	Test2	Test3
Temperature	Setting (°C)	260	290	330
	Measurement (°C)	163	178	199
Bonding Time (sec)		3	3	3
particle numbers	Input bump	30	34	42
	Output bump	9	11	14
Thermocompression		Test1	Test2	Test3
Temperature	Setting (°C)	260	290	330
	Measurement (°C)	163	178	199
Bonding Time (sec)		1	1	1
particle numbers	Input bump	25	30	38
	Output bump	8	10	13

저항이 감소하여 소비 전류치가 낮은 것으로 판단된다[10,13,14]. 표 4에서 도전 입자량을 측정한 결과, 상대적으로 높은 접합 온도 조건에서 더 많은 도전 입자가 확보된 것을 알 수 있다. 따라서 FPD 구동 플립칩 IC의 범프가 확보한 도전 입자량이 많아짐에 따라 적은 소비 전류량을 보이고 있으며 열초음파 접합 역시 상대적으로 높은 온도의 실험 조건에서 낮은 소비 전류 및 더 많은 도전 입자가 확보된 것을 알 수 있다. 열초음파 접합의 경우, 낮은 접합 온도 및 상대적으로 짧은 접합 시간(1초)으로 인해 ACF가 충분히 경화되지 못하고 그에 따라 경화 수축이 충분히 일어나지 못해 물리적으로 보유하게 된 도전입자량이 적은 것으로 판단된다. 즉, 본 실험 결과를 통하여 상대적으로 높은 온도에서 접합할 경우, ACF의 빠른 경화 온도로 도달하고 도전입자의 많은 경화 수축으로 인해 도전 입자가 Au 범프와 Al 패드 사이에 상대적으로 많이 결합 하므로 접촉저항 감소로 인해 낮은

소비전류치로도 구동됨을 알 수 있다. 표 3, 4에서 보여 지는 것과 같이 열초음파 접합 시편에 도전 입자량 개수와 소비전류치가 측정된다는 것은 열 압착 접합시간 보다 짧은 접합시간(3초에서 1초)에 낮은 온도에서도 구동이 가능하다고 할 수 있다. 하지만 소비전류치의 기준한계 8 mA 보다 높은 수치와 도전입자량의 짧은 경화·시간으로 인해 FPD 상에 불안정함을 보이고 있지만, 표 3, 4에서 보여지는 열압착 접합 시편과 열초음파 접합 시편에서 나타나는 도전입자량이나 소비 전류치를 비교 하였을 때 3가지 시험조건에 대하여 큰 차이를 보이고 있지 않고 있으며, 2가지 접합방법에 대한 적정접합조건을 확보 할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 ACF를 이용한 FPD 열초음파 접합 방법을 제시하였다. 열초음파 접합 조건은 열압착 접합 조건과 비교 검토하여 열초음파 접합 조건을 설정하고, FPD의 구동 신뢰성을 열충격시험을 통하여 확인하였다. 본연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 열압착 접합의 경우, 접합 시간 3초이상, 접합 압력 3.038 MPa, 접합 온도 160~200 °C의 온도영역이 적정 접합온도라는 것을 실험을 통해 확인하였다.
- 2) 초음파 열압착의 경우, 접합시간은 1초, 접합압력이 3.038 MPa, 접합온도는 199 °C인 온도 접합 조건이 적정 접합 조건이라는 것을 실험을 통하여 확인하였으며, 열압착 접합조건보다 접합시간을 3초에서 1초로 단축시킬 수 있었다.
- 3) 상대적으로 접합 온도가 높은 조건일수록 도전 입자의 확보량이 늘어남에 따라 구동 전류가 낮아진다는 것을 확인하였다.
- 4) 열압착 접합 조건에 있어서 3초 이상의 접합 시간에는 문제가 없지만 3초 이내의 접합시간에는 구동하지 않는 문제점이 나타났으며, 열초음파 접합의 경우 접합조건을 1초로 주었을 때 199 °C의 온도 조건의 시편만이 완벽한 구동성 및 신뢰성이 확인되었다.
- 5) 저온(150 °C이하)에서 짧은 시간(1초이하)의 접합을 위한 저온과 고속접합 고신뢰성을 실현하기 위하여 신접합 공정에 대한 연구와 함께 경화온도 및 시간을 제어하는 초음파용 신접합재료 개발의 필요성을 본 실험을 통해 유도할 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 2008년에 중앙대학교 학술연구비의 지원을 받아 수행된 연구입니다. 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

- [1] T. Chung and G. Haskell, "Trends in microelectronics packaging and interconnection, semiconductor electronics", Proc. ICSE, p. A1, 1996.
- [2] S. Y. Kim, T. S. Oh, W. J. Lee, and Y. H. Kim, "Low temperature and ultra fine pitch joints using non-conductive adhesives for flip chip technology", Proc. ICEPT, p. 414, 2006.
- [3] 신영의, 김경섭, 김현의, 류기원, 장의구, "스램핑 리드프레임의 전해 연마 가공조건에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, 13권, 12호, p. 983, 2000.
- [4] W. S. Kwon, K. W. Jang, and K. W. Paik, "High reliable nonconductive adhesives for flip chip interconnections", Proceedings of International Symposium on Electronic Materials and Packaging, p. 34, 2001.
- [5] L. K. Teha, E. Anto, C. C. Wong, S. G. Mhaisalkar, E. H. Wong, P. S. Teo, and Z. Chen, "Development and reliability of non-conductive adhesive flip chip packages", Thin Solid Films, Vol. 462, p. 446, 2004.
- [6] J. H. Zhang and Y. C. Chan, "Research on the contact resistance, reliability and degradation mechanisms of ACF interconnection for flip chip on flex applications", Journal of Electronic Materials, Vol. 32, No. 42, p. 228, 2003.
- [7] K. Matsuda and I. Watanabe, "Interconnection technologies of anisotropic conductive films and their application to flexible electronics", Proceeding of HDP, 2007.
- [8] H. Kristiansen and J. Liu, "Overview of conductive adhesive interconnection technologies for LCD's", IEEE Transactions on Components Packaging and Manufacturing Technology Part A, Vol. 21, No. 2, p. 208, 1998.
- [9] 박진식, 조일계, 신영의, "평판디스플레이를 위한 열압착법을 이용한 이방성 도전성 필름 집합", 전기전자재료학회논문지, 22권, 3호, p. 199, 2009.
- [10] K. N. Chiang, C. W. Chang, and C. T. Lin, "Process modeling and thermal/mechanical behavior of ACA/ACF type flip-chip packages", Journal of electronic packaging, Vol. 123, p. 331, 2001.
- [11] I. Watanabe, "Packaging technologies using anisotropic conductive adhesive films in FPDs", IDW'01proceedings, p. 553, 2001.
- [12] L. K. Teh, C. C. Wong, S. Mhaisalkar, K. Ong, P. S. Teo, and E. H. Wong, "Characterization of nonconductive adhesives for flip-chip interconnection", Journal of Electronic Materials, Vol. 33, No. 4, p. 271, 2004.
- [13] S. J. Hu, S. J. Lim, R. K. S. Sow, and G. Y. Sow, "Gold wire weakening in the thermosonic bonding fo the first bond", IEEE transactionson components packaging and manufacturing technology, Vol. 18, No. 1, p. 230, 1995.
- [14] L. K. Teh, C. C. Wong, S. Mhaisalkar, K. Ong, P. S. Teo, and E. H. Wong, "Characterization of nonconductive adhesives for flip-chip interconnection", Journal of Electronic Materials, Vol. 33, No. 4, p. 271, 2004.