

## 평판디스플레이를 위한 열압착법을 이용한 이방성 도전성 필름 접합

### Thermocompression Anisotropic Conductive Films(ACFs) bonding for Flat Panel Displays(FPDs) Application

박진석<sup>1</sup>, 조일제<sup>1</sup>, 신영의<sup>1,a</sup>  
(Jin-Suk Pak<sup>1</sup>, Il-Jea Jo<sup>1</sup>, and Young-Eui Shin<sup>1,a</sup>)

#### Abstract

The effect of temperature on ACF thermocompression bonding for FPD assembly was investigated. It was found that Au bumps on driver IC's were not bonded to the glass substrate when the bonding temperature was below 140 °C so bonds were made at temperatures of 163 °C, 178 °C and 199 °C for further testing. The bonding time and pressure were constant to 3 sec and 3.038 MPa. To test bond reliability, FPD assemblies were subjected to thermal shock storage tests (-30 °C, 1 Hr ↔ 80 °C, 1 Hr, 10 Cycles) and functionality was verified by driver testing. It was found all of FPDs were functional after the thermal cycling. Additionally, Au bumps were bonded using ACF's with higher conductive particle densities at bonding temperatures above 163 °C. From the experimental results, when the bonding temperature was increased from 163 °C to 199 °C, the curing time could be reduced and more conductive particles were retained at the bonding interface between the Au bump and glass substrate.

**Key Words** : Anisotropic conductive adhesive films, Conductive particle, Thermocompression bonding, Thermal shock test

#### 1. 서론

전자산업계에서 고성능, 초소형, 고입출력단자에 대한 필요성이 증가함에 따라 많은 응용분야에 있어서 플립칩(Flip Chip)이 사용되고 있다. 플립칩의 경우, 기존의 와이어 본딩이나 TAB 본딩(Tape Automated Bonding)이 칩의 패드(Pad)가 기판에 수평적으로 연결되는데 반해 플립칩 본딩은 기판과 칩, 칩의 패드 부분이 서로 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 에어리

어 어레이(Area array) 형태를 사용할 수 있기 때문에 입출력 단자의 수를 높이면서 패드 사이의 간격을 넓게 할 수 있다. 현재 전기, 전자 산업에서 이런 고 집적화된 플립칩은 고집적, 고신뢰성의 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 고집적 다기능의 휴대폰이 출시되고 있고, 기존의 솔더를 이용한 플립칩 접합 방식에 비해 저온에서 접합이 가능하며, 솔더를 접합재료로 이용할 경우 반드시 접합 계면의 산화막 및 불순물을 제거하기 위해서 플럭스(Flux)를 사용하게 되는데 플럭스를 이용하게 될 경우, 플럭스 잔사에 의한 접합강도 저하 및 플럭스 세척과정에서 환경오염이 문제가 되고 있어 저온 접합 및 무플럭스 접합에 의한 청정접합에 비등방성 도전성 필름(Anisotropic Conductive Film, ACF)이 많이 사용되고 있다. 그림 1에 나타난 것처럼 휴대폰에 사용되는 평판디스플레이(Flat Panel

1. 중앙대학교 기계공학부

(서울시 동작구 흑석동 221)

a. Corresponding Author : shinyoun@cau.ac.kr

접수일자 : 2009. 1. 19

심사완료 : 2009. 2. 18

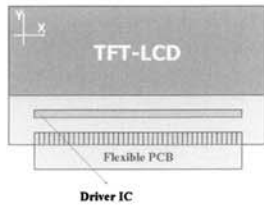


그림 1. 평판디스플레이.

Fig. 1. Scheme of flat panel display.

Display, FPD)의 구동을 담당하는 IC는 플립칩 패키지를 사용하고 있으며, 주 접합 재료인 ACF를 이용한 열압착 접합 방식의 신뢰성 평가에 관한 연구가 많이 진행되고 있[3-5]. 본 연구에서는 온도에 따라 ACF와 FPD 구동 IC의 범프를 접합하고 접합부의 신뢰성을 규명하기 위해서 열충격 시험을 실시하고 신뢰성 테스트 후 평판디스플레이가 정상적으로 작동 여부를 실험을 통해 검토하였다.

## 2. 시편 및 실험 방법

### 2.1 시편

그림 2에 접합실험에 사용한 시편을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 시편은 24.03 mm×1.67 mm 규격의 1344 I/O(Input/Output)의 구동 IC를 사용하였다. 구동 IC에 15 μm 높이의 Au 범프(Bump)가 적용된 플립칩을 사용하였다. Au 범프의 역할에 따라 FPD의 Input과 output의 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 사용했다. 그림 3은 Au 범프가 접합될 FPD의 패드의 경우 두께 2 μm로 Al 패드가 형성되어 있다. 구동 IC와 FPD를 접합하기 위한 비등방성 도전성 필름은 그림 4와 같이 두께가 75 μm, 도전성 입자가 있는 필름 부분은 25 μm의 두께를 가진다. 도전성 입자의 지름은 4 μm로 레진 입자에 Ni-Au가 도금되어 있고 Ni-Au 도금층 위에 절연층이 구성되어 있다. 앞에서 기술한 시편을 이용하여 구동 IC상의 Au 범프와 FPD상의 Al 패드를 ACF를 이용하여 열압착 방식으로 접합하였다. 열압착 방식은 열과 압력을 이용하여 구동 IC, ACF에 압력을 가하여 ACF의 도전 입자들의 절연층을 파괴 시키고 표면에 드러난 Ni-Au를 이용해 도전이 된다. 즉, 접합시에 가하게 되는 열과 접합

시간에 의해 ACF가 경화되어 도전 입자와 구동 IC를 기계적, 전기적으로 접합하게 된다[6,7]. 열압착 접합의 경우 접합시간, 온도, 압력에 접합공정 인자로 고려된다. 접합온도에 의한 ACF의 접합부의 신뢰성을 규명하기 위해 온도 조건을 설정하였다.

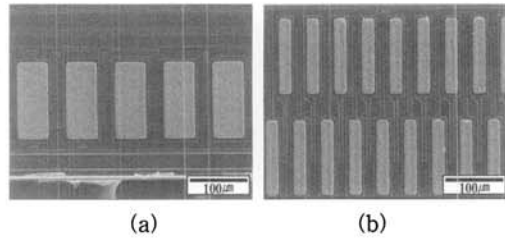


그림 2. 드라이버 IC Au 범프.

Fig. 2. Image of driver IC I/O Au bump.

(a) Input bump, (b) Output bump

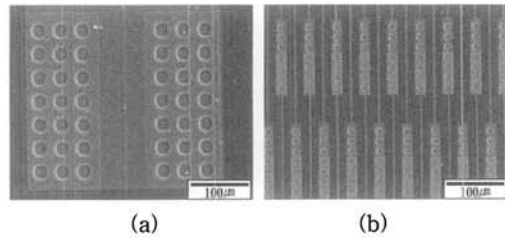


그림 3. 평판디스플레이 Al 패드.

Fig. 3. Image of FPD I/O Al pad.

(a) Input pad, (b) Output pad

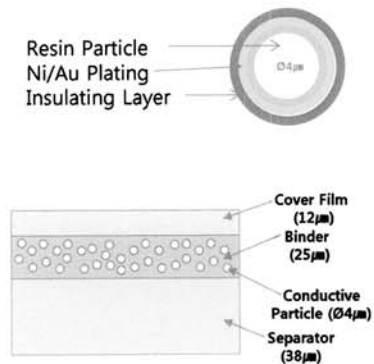


그림 4. ACF 및 도전 입자 단면.

Fig. 4. Cross section of ACF and conductive particle.

**2.2 접합 조건**

우선 표 1의 조건을 설정하기 전 실측온도가 140 ℃이하에서는 ACF 열압착 접합을 실시한 결과 구동 판명 지그에서 FPD의 구동이 되지 않는다는 결과를 얻었다. 따라서 140 ℃ 이상의 온도 구간을 설정하여 표 1의 3가지 조건으로 열압착 접합을 실시하여 열압착 접합의 접합 인자 중, 접합 온도에 따른 특성평가결과에 대하여 검토하였다. 즉, 본 논문에서는 접합인자 중 접합온도에 따른 접합성을 검토하였으며 압력 및 접합시간 등의 다른 접합성 평가결과는 추후 논문에 발표할 예정이다.

**표 1. 열압착 시험 조건.**

**Table 1. Thermocompression bonding condition.**

		Test1	Test2	Test3
Temperature	Setting	260 ℃	290 ℃	330 ℃
	Measurement	163 ℃	178 ℃	199 ℃
Pressure	Load Cell	3.038 MPa	3.038 MPa	3.038 MPa
Bonding Time		3 sec	3 sec	3 sec

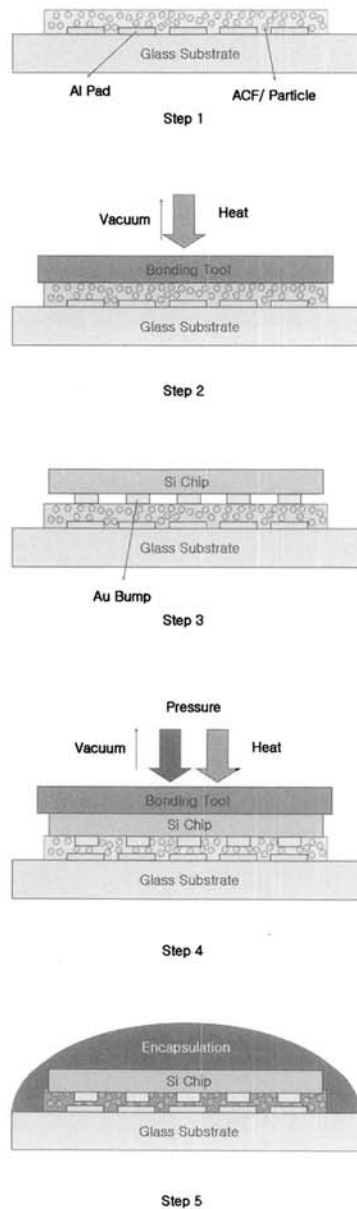
**2.3 열압착 접합**

표 1의 3가지 조건을 이용하여 열압착 접합을 실시하였다. 열압착 접합은 그림 5와 같이 다섯 과정을 통하여 진행하였다.

- Step 1 : ACF의 보호 필름을 제거하고 FPD 유리 기판(Glass substrate)의 Al 패드위에 로딩.
- Step 2 : ACF를 접합과정에서 이동되는 현상을 방지하기 위하여 ACF를 가압착한다. 가압착 조건은 온도 90 ℃, 압력 1.038 Mpa에서 1초간 진행.
- Step 3 : 구동 IC를 유리 기판상의 Al 패드에 마이크로미터(Micrometer)를 이용하여 정렬한다.
- Step 4 : 정렬 후, 열압착 헤드와 로드셀(Load Cell)에 설치한 열과 압력을 이용하여 접합.
- Step 5 : 구동 IC를 접합 후, IC와 유리 기판을 보호하기 위해 인캡슐란트(Encapsulant)공정을 진행.

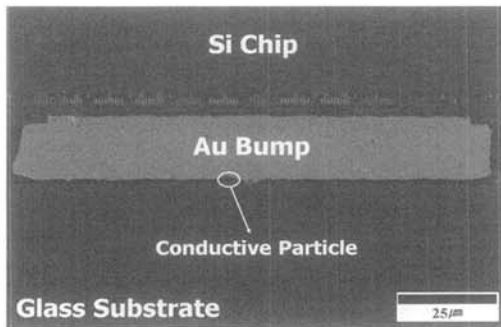
**2.4 열충격 평가 시험**

열충격 시험은 ESPEC社 TSE-11-A를 이용하여 FPD생산 업체들이 가장 많이 사용하는 규격을 근거로 하여 실제 규격보다 가혹한 규격을 적용하여 열충격 시험을 실시하였다. 1cycle당 120분으로 고온부(80 ℃)와 저온부(-30 ℃)에 각각 60분씩 유지

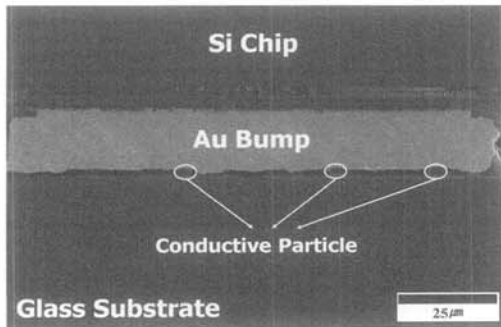


**그림 5. 열압착 접합 과정.**  
**Fig. 5. Five steps of thermocompression process.**

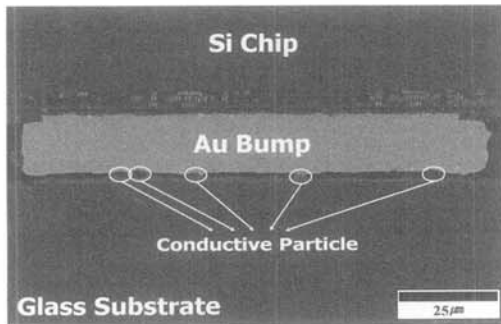
시간을 두었다. 신뢰성 테스트 과정에서의 저항 변화를 측정하기 어렵기 때문에 접합 후와 신뢰성 테스트 후, 구동판명 지그를 통하여 FPD의 구동여부를 확인하고, 단면 가공을 한 뒤 SEM(Scanning Electron Microscope)과 광학 현미경(Keyence社 VHX-100)을 이용하여 관찰하였다.



(a)

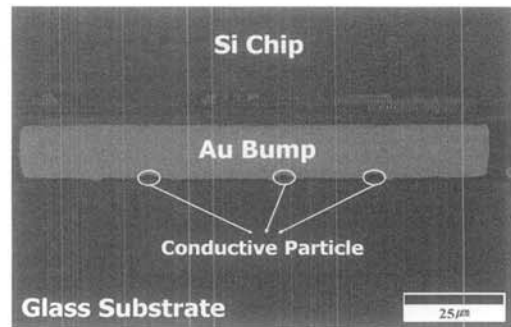


(b)

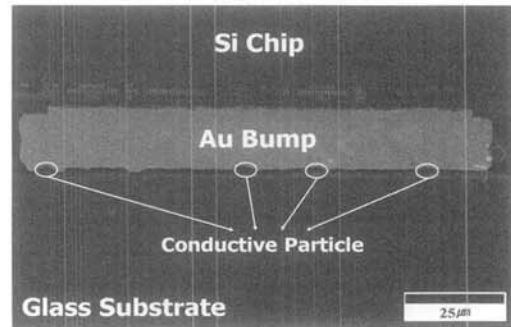


(c)

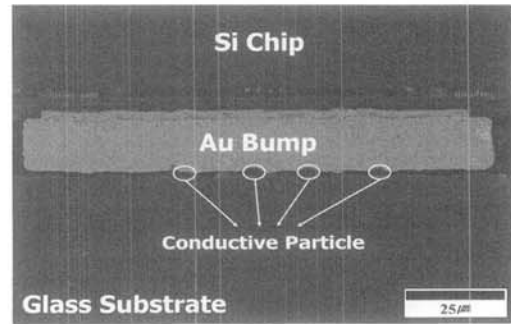
그림 6. 열압착 시험 후, Au 범프 단면 관찰.  
 Fig. 6. Cross section of Au bump after thermocompression bonding.  
 (a) Test 1, (b) Test 2, (c) Test 3



(a)



(b)



(c)

그림 7. 열충격 시험 후 Au 범프 단면 관찰.  
 Fig. 7. Cross section of Au bump after thermal shock test.  
 (a) Test 1, (b) Test 2, (c) Test 3

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 도전 입자 변형 상태

FPD상의 Al패드와 Au범프를 ACF를 이용하여 열압착 접합 후 신뢰성 테스트를 통하여 FPD 열압착 접합 온도 조건에 따른 접합성 및 신뢰성 평가를 위해 열충격 시험을 통하여 실시하였다. 열충격 시험 전후, 열압착 접합 공정의 접합성을 평가하기 위해 구동판면 지그 및 단면관찰을 통해서

접합성을 확인하였다. 구동판면 지그를 통한 FPD의 구동여부를 확인해 본 결과, 3가지 조건으로 실험한 샘플 모두 구동에 문제가 없는 것으로 판명되었다. FPD 열압착에 사용되는 ACF의 경우 일정 온도와 경화 시간을 필요로 하는데 3조건 모두 정상 구동한 결과를 볼 때, ACF 접합 상태는 문제가 없는 것으로 판단된다. 그림 4에서 보인 바와 같이 ACF 도전 입자의 경우 가장 최상층에 절연층이 형성되어 있다. 접합 시, 압력에 의해 범프가

도전 입자에 압력을 가하게 되고 압력에 의해 도전 입자들의 절연층이 파괴되어 Ni/Au 층이 들어나 접합하게 되기 때문에 단면관찰을 통한 도전 입자의 형태 변형을 반드시 분석해야한다[8]. 그림 6과 같이 열압착 접합 후 범프에 남아 도전을 하는 ACF 도전 입자의 형태가 도전을 할 수 있게 변형된 형태로 접합이 되었는지 확인하기 위하여 구동IC의 x축 방향으로 단면 가공을 실시하여 도전 입자를 관찰하였다. 3조건 모두 Au 범프와 Al 패드사이에 도전 입자들이 존재하고 그 형태가 도전이 가능하도록 소성변형된 것을 확인하였다. 3 조건의 열압착 접합의 접합성에 대한 평가 후 열충격 시험을 통하여 신뢰성을 평가 하였다. 열충격 시험 결과 전술한 접합성 평가와 동일하게 모든 시편을 구동 지그로 확인한 결과 모두 정상 구동하는것을 확인하였다. 그림 7은 접합부의 단면 관찰을 통해 도전 입자와 ACF의 변형 형상을 나타낸 것이다. 그림에서 알수 있듯이 열충격 시험 전후의 도전 입자 및 ACF의 형상은 변화가 없는 것으로 확인되었으며, 본실험결과 각각의 온도 조건에 따른 열압착 접합 공정 모두 신뢰성을 확보한 것으로 판단된다.

**3.2 도전 입자량과 전류치**

Au 범프의 도전에 이용된 도전입자의 수를 통해 샘플을 관찰한 결과는 3조건 모두 다른 결과를 보이고 있다. 온도 조건에 의한 열압착 접합 결과 도전 입자의 상태는 FPD 도전에 문제가 없지만 ACF의 경우 솔더를 이용한 플립칩 접합보다 접촉 저항이 10배 이상으로 측정됨으로써 사용되는 전력량도 많아지게 된다[9,10]. 본 연구에서 사용한 FPD의 경우 휴대폰에 장착하는 FPD이므로 과도한 소비 전류량은 배터리의 사용시간을 단축하고, 높은 저항 값으로 인해 발생하는 열의 양도 늘어나기 때문에 FPD의 신뢰성에 악영향을 주게 된다. 표 2에서와 같이 상대적으로 높은 온도의 접합 조건에서 낮은 소비전류로 구동됨을 확인할수 있었다. 표 3에서 광학 현미경을 이용하여 그림 8과 같이 접합면 뒤쪽을 관찰하여 각 조건별 도전 입자의 수를 측정하였다. 측정 결과 온도가 상대적으로 높은 Test3의 조건이 가장 많은 ACF 도전입자가 Au 범프에 남아있는 것을 확인 할수 있었다. 따라서 구동 IC의 범프가 확보한 도전 입자량이 많을수록 접합성 및 신뢰성을 확보하고 적은 소비 전류량을 보임을 알 수 있다. 또한 접합 조건의 온도 변화를 주고 실험을 진행한 결과, 모든 실험 조건의 샘플이 구동은 하고 단면 관찰을 통하여 도전 입자의 형태가 원형에서 타원형으로 소성변형된 것을

**표 2. 평판디스플레이 사용전류량.**

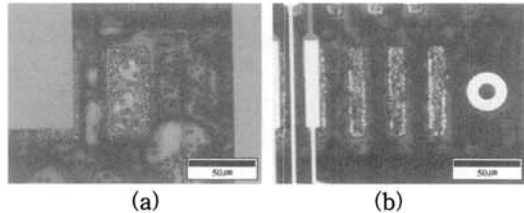
**Table 2. FPD consuming current.**

	Test1	Test2	Test3
Before current	7 mA	7 mA	6 mA
After current	9 mA	8 mA	6 mA

**표 3. 도전 입자 수.**

**Table 3. The number of conductive particle.**

		Test1	Test2	Test3
Secured Particle number	Input Bump	30	34	42
	Output Bump	9	11	14



**그림 8. 열충격 시험 후 Au 범프의 도전 입자.**  
**Fig. 8. Optical image of conductive particle on Au bump after thermal shock test.**  
 (a) Input bump, (b) Output bump

확인하였고 접합 온도에 따라 Au 범프상에 확보되는 도전입자의 수가 상대적으로 증가 하는 것을 확인하였다. 즉, 본 실험 결과를 통하여 ACF 열압착 접합에서 접합 온도가 상대적으로 높게 되면 빠른 경화온도로 도달하는 과정에서 더 많은 도전 입자가 Au 범프와 Al 패드 사이에 고정 되어 도전을 위해 확보 가능한 도전 입자의 수가 증가하여 접촉 저항을 감소로 인해 낮은 소비 전류량으로 구동됨을 알 수 있었다. 또한 본 연구의 결과에 의하면 열압착 접합의 경우, ACF의 경화 온도까지 열과 압력에 의해서 접합을 하고 있고, 접합 온도가 높을수록 도전입자의 확보량이 늘어남에 따라 구동 전류가 낮아진다는 것을 확인하였다. 이에 따라 접합 공정 자체의 신뢰성을 확보하기 위해서 접합온도의 저온화 및 접합 시간 단축이 필요로 하며, 이를 실현하기 위해 초음파 진동을 이용하는 초음파 접합 공정을 통해 초음파 접합 시험을 추가로 진행하여 초음파 접합 시, 실제 접합 틀의 온

도가 ACF 경화 온도보다 낮은 상황에서 인가되는 초음파 진동에 의해 접합부의 온도가 순간적으로 상승시키고 ACF를 경화시켜 Test 3의 온도 조건보다 낮은 온도와 짧은 접합 시간에 동일하거나 그 이상의 ACF 도전입자 확보 및 신뢰성 향상 여부를 확인하여 초음파를 이용한 FPD ACF접합의 기계적, 전기적 신뢰성 평가가 필요하다고 사료된다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 온도 조건을 변화하여 ACF를 이용한 FPD 열압착 접합을 실시하여 FPD의 구동 신뢰성을 검토하고 열충격 시험을 실시하여 FPD 구동 판명 지그를 통해서 구동여부를 실험을 통하여 검토하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 접합 시간 3초, 접합 압력 3.038 MPa, 접합 온도 160-200 °C의 온도영역이 적정 접합온도라는 것을 실험을 통해 확인하였다.
- 2) 온도 조건에 의한 3조건 모두 접합성 및 신뢰성을 확보 하였으며, 온도상승에 따라 ACF 도전입자량도 많았다. 이것은 상대적으로 높은 접합 온도에 의해 ACF의 경화시간이 빠르기 때문이다.
- 3) 도전입자량에 따라 FPD의 구동 시, 확보된 도전입자량이 많으면 소비되는 전력량이 줄고 접촉 저항치가 낮아 발생하는 열량도 낮다. 이로 인해 모든 열압착 접합 조건은 구동에 문제는 없지만 소비전류량 증가한 경우, FPD의 열영향에 따른 열적손상을 최소화 시킬 필요가 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구이다(No. R01-2007-000-20811-0).

#### 참고 문헌

[1] T. Chung and G. Haskell, "Trends in Microelectronics Packaging and Interconnection,

Semiconductor Electronics", 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", ProcICEPT, p. 414, 2006.

[3] 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.

[4] 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, p. 446, 2004.

[5] 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.

[6] K. Matsuda and I. Watanabe, "Interconnection Technologies of Anisotropic Conductive Films and Their Application to Flexible Electronics", Proceeding of HDP, 2007.

[7] H. Kristiansen and J. Liu, "Overview of Conductive Adhesive Interconnection Technologies for LCD's", IEEE, p. 208, 1998.

[8] 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.

[9] I. Watanabe, "Packaging technologies using anisotropic conductive adhesive films in FPDs", IDW'01 proceedings, p. 553, 2001.

[10] 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.