

# Solderable ICA 를 이용한 QFP 접합 프로세스 QFP Interconnection Process Using Solderable ICA

\*임병승<sup>1</sup>, 전성호<sup>1</sup>, 송용<sup>1</sup>, 김연희<sup>1</sup>, 김주현<sup>2</sup>, #김종민<sup>1</sup>

\* B. S. Yim<sup>1</sup>, S. H. Jeon<sup>1</sup>, Y. Song<sup>1</sup>, Y. H. Kim<sup>1</sup>, J. H. Kim<sup>2</sup>, #J. M. Kim(0326kjm@cau.ac.kr)<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 중앙대학교 기계공학부, <sup>2</sup> 중앙대학교 화학신소재공학부

Key words : Coalescence, Electrically Conductive Adhesive, Fluxing Capability, Sn-Bi, Wettability, Low-Melting-Point-Alloy

## 1. 서론

도전성 접착제는 일반 솔더에 비해 저온 프로세스가 가능하여 열피로 특성을 향상시킬 수 있고, 무연합금의 사용과 무플럭스 공정으로 인하여 친환경적이며 플럭스공정과 세척공정 등이 필요 없어 전체 프로세스를 간소화할 수 있다는 장점을 가지고 있다.<sup>1)</sup>

도전성 접착제의 한 종류인 등방성 도전성 접착제(Isotropic Conductive Adhesive: ICA)는 전류가 모든 방향으로 흐르는 방식으로 패드 위에 국부적으로 도포되고 열을 가하여 폴리머의 경화에 의한 경화 수축을 통하여 폴리머 내부에 포함된 도전성 입자의 물리적/기계적 접촉에 의해 도전 패스를 형성하게 된다.<sup>2)</sup>

이러한 결합방식은 금속학적 결합에 비하여 낮은 전기적, 열적 전도성과 불안정한 전기저항, 낮은 충격강도와 접합강도 등의 문제점을 가지고 있다.<sup>3,4)</sup>

본 연구에서는 이러한 ICA 의 문제점을 해결하기 위하여 저융점 합금(Low Melting Point Alloy: LMPA) 를 포함하는 새로운 개념의 ICA 를 개발하고 이를 이용한 접합 프로세스를 제안 한다. 또한, 개발된 ICA 를 이용하여 QFP(Quad Flat Package)접합을 시행한 후 전기저항 측정을 통하여 ICA 의 전기적 특성을 확인하고 접합부에 형성된 전도 패스의 형상을 관찰하여 ICA 의 접합특성을 확인 한다.

## 2. ICA 를 이용한 QFP 접합 프로세스

LMPA 를 포함하는 ICA 는 침적법에 의하여 QFP 의 lead 에 선택적으로 도포된다. lead 와 전극 패드를 정렬 및 접촉시킨 후 ICA 에 열을 가하면 폴리머의 화학적 반응으로 인해 점도가 천천히 낮아지고 온도가 LMPA 의 녹는점에 이르면 LMPA 는 용융되어 폴리머 내부에서의 유동에 의한 접촉으로 인해 주변의 필러와 결합하며 거대한 구상 필러로 성장하게 된다. QFP lead 와 전극 패드는 LMPA 의 뛰어난 젖음에 의해 전도 패스를 형성하게 된다. 가열온도가 폴리머의 경화온도에 이르면 수지성분의 경화에 의해 전도 패스를 고착시키며, 접합부를 외부에서 감싸는 형상으로 접합을 완료하게 된다. 최종적인 접합부는 LMPA 에 의하여 금속학적 결합을 형성하고, 외부의 폴리머 층으로 인하여 기계적 강도를 확보하게 된다. 용융 LMPA 의 원활한 유동을 위해 젖음과 융합을 하는 동안 폴리머는 낮은 점도를 유지해야 하며 폴리머의 환원특성에 의해 LMPA 와 전극 패드 표면의 산화막이 제거 되어 융합과 젖음이 활발히 일어날 수 있어야 한다.

개발된 ICA 의 접합 메커니즘을 Fig. 1 에 나타내었다.

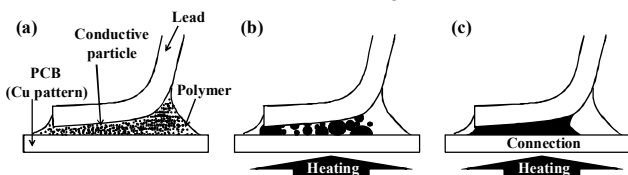


Fig. 1 A schematic of QFP bonding mechanism using solderable ICA. (a) Initial condition, (b) coalescence and wetting behavior of LMPA and (c) completion of QFP bonding.

## 3. 사용재료 및 실험방법

### 3.1 사용재료

Table 1 Components of ICA formulation.

Components	
Epoxy	DGEBA
Curing Agent	DDS
Catalyst	Amine type
Reductant	Carboxylic Acid
LMPA Filler	Sn-58Bi(φ 45μm)

폴리머의 기반재료인 바인더는 열경화성 수지인 비스페놀 A (DGEBA)가 사용되었다. 폴리머의 경화제로 디아미노디페닐설펜(DDS)이 사용되었으며 아민타입의 촉매제가 사용되었다. LMPA 와 전극 패드의 표면 산화막을 제거하기 위해 카르복시산(Carboxylic acid)이 환원제로 사용되었다. 폴리머 내부에 혼합된 LMPA 는 45μm 의 지름을 갖는 무연합금 솔더인 Sn-58Bi (T<sub>m</sub>=138℃)가 사용되었으며 40 vol%의 ICA 가 함성되었다.

새롭게 개발된 ICA 의 구성성분을 Table 1 에 나타내었다. 실험에서 사용된 QFP 는 14×14×2.7mm(리드피치: 1.0mm) 규격으로 44 개의 IO 를 가지고 있으며, 리드는 Sn 으로 도금되어 있다. PCB 의 패턴은 18μm 두께의 Cu 로 도금되어 있고 QFP 와 PCB 모두에 테이저 체인이 설계되어 있다.

### 3.2 실험방법

#### 3.2.1 시차 주사 열량계 (DSC) 및 점도 테스트

ICA 의 열적 특성 및 온도에 따른 점도특성을 알아보기 위해 DSC 분석과 점도 테스트를 시행하였다. 두 가지 테스트로부터 얻은 결과를 통하여 QFP 접합에 적용될 온도 프로파일을 작성하였다.

#### 3.2.2 ICA 를 이용한 QFP 접합 테스트

개발된 ICA 를 이용한 QFP 접합을 위하여 기관의 표면세척은 1분간 아세톤으로 세척 후 탈이온수(Deionized water)로 세정하고 air-jet으로 건조하여 준비한다. 폴리머의 환원특성을 확인하기 위하여 6%HCL/H<sub>2</sub>O 용액의 세척에 의한 표면 산화막 제거는 시행하지 않았다. ICA 는 LMPA 를 40vol%로 혼합한 후 진공오븐에 넣어 기포를 제거한다. 준비된 ICA 를 유리 기관 위에 도포하고 스쿠지를 통하여 평평한 ICA 층을 형성시킨 후 QFP 의 lead 부위를 침적시켜 lead 의 끝 부분에 선택적으로 ICA 가 도포되도록 한다. 플립칩 접합 장비의 가열판 위에 기관을 고정하고 기관과 ICA 의 도포가 완료된 QFP 를 정렬시켜 실장 한 후 QFP 에 아무런 압력도 가하지 않은 자연 부유 상태를 유지하면서 미리 작성한 온도 프로파일에 따라 열을 가한다. QFP 접합이 완료되면 접합부의 전기저항을 측정하고 X-ray 투과촬영을 통하여 LMPA 의 결합상태 및 접합부의 형상을 관찰한다.

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 시차 주사 열량계(DSC) 및 점도 테스트

폴리머와 LMPA 에 대한 DSC 분석결과와 점도테스트 결과를 Fig. 2 에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 가열속도 10℃/min 의 조건으로 가열될 때, LMPA 인 Sn-

58Bi의 용융에 의한 흡열 피크는 141.34°C로 나타났으며, 폴리머의 경화 피크는 154.41°C로 나타났다.

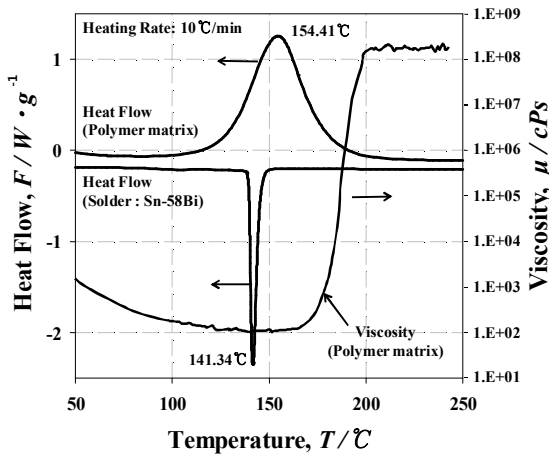


Fig. 2 Dynamic DSC and Viscosity test for the polymer matrix and solder.

이 결과는 LMPA의 용점 부근에서 폴리머의 경화가 많이 진전되지 않는다는 것을 의미한다. 또한 폴리머의 점도테스트 결과에서 볼 수 있듯 LMPA의 용점보다 조금 높은 온도범위에서 폴리머는 약 100cPs의 매우 낮은 점성을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과들을 통하여 용융된 LMPA는 낮은 점도를 유지하고 있는 폴리머 내부에서 원활히 유동할 것이라 예상할 수 있다.

DSC 분석과 점도테스트 결과를 바탕으로 온도 프로파일을 작성하였다. 온도 프로파일은 크게 두 가지 반응 영역으로 구성된다. 그 중 하나는 가열속도 120°C/min 후 20초간 등온구간을 유지하는 솔더 반응 영역으로 LMPA에 대한 충분한 용융, 유동, 융합 및 젖음이 발생하도록 한다. 다른 하나의 영역은 경화 영역으로 솔더 반응 영역을 지난 후에 동일한 가열 속도로 180°C까지 가열한 후 등온구간을 유지하여 폴리머의 경화에 의해 최종 접합이 완료되도록 한다.

4.2 ICA의 전기적 특성 및 전도 패스 형성

Table 2 Electrical resistance of QFP.

Test No	1	2	3
Contact resistance [mΩ]	3.131	3.460	3.272

접합이 완료된 QFP에 대한 전기저항 측정결과를 Table 2에 나타내었다. 결과에서 알 수 있듯 접합이 완료된 QFP 시편들은 매우 균일한 전기저항을 나타내어 종래의 ICA에서 나타나던 불안정한 전기저항의 문제점이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 이는 새롭게 개발된 ICA의 내부에 포함된 LMPA의 용융에 의한 금속학적 결합에 의한 결과임을 알 수 있다.

QFP 시편의 X-ray 촬영 결과인 Fig. 3에서 보여지듯 접합부는 짙은 회색의 QFP lead와 Cu 패턴 사이에 LMPA가 채워져 있는 영역과 밝은 회색의 폴리머가 채워져 있는 두 가지의 영역으로 구성된다. LMPA가 채워진 영역은 용융된 LMPA의 융합 및 젖음 특성에 의하여 lead 접합부의 전면에 균일하고 안정적인 전도패스를 형성하고 있는 것을 확인할 수 있다. 폴리머 내부에서 용융된 LMPA는 폴리머의 뛰어난 환원 능력에 의해 표면 산화막이 제거되고, 용융 필러 고유의 융합과 젖음 특성에 의하여 lead와 전극 패드 사이에 거대 구상 필러를 형성하며 모이게 된다. 이와 동시에 점도가 낮아진 폴리머는 외부로 유동하여 경화되고 최종 접합부를

형성하게 된다. 비록 젖음에 참여하지 못하여 패턴외부의 폴리머 층에 존재하는 LMPA들이 관찰되지만 그 양이 매우 적고, 전극 단자에 인접하게 분포하며 절연체인 폴리머 내부에 고립되어 있어 인접 단자 간에 영향을 주지 않는 것을 확인할 수 있다.

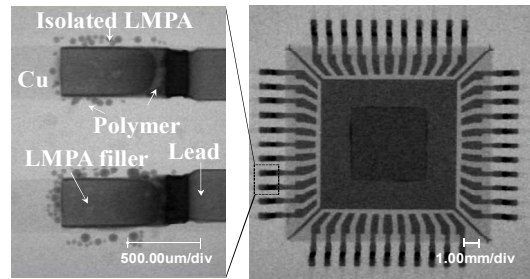


Fig. 3 X-ray photographs of QFP assembly with solderable ICA.

5. 결론

본 연구에서는 기존의 ICA 접합 방식인 기계적, 물리적 접합 방식에서 나타났던 문제점들을 해결하기 위해 금속학적 결합을 형성하는 솔더링과 저온 프로세스, 친환경 재료, 미세 피치등이 가능한 ICA의 장점만을 모은 새로운 개념의 ICA 접합 방식을 개발하고, 환원특성을 갖는 폴리머와 LMPA를 혼합하여 ICA를 제작하였다.

새롭게 개발된 ICA를 이용하여 접합된 QFP 시편은 ICA를 구성하는 LMPA의 용융-융합-젖음-모세관현상에 의한 금속학적 결합에 의해 균일하고 안정적인 전도 패스를 형성하고 안정적인 전기적 특성을 갖는다. 또한 폴리머에 의하여 인접 패턴 간의 절연성이 확보되고 동시에 기계적 접합강도를 한층 향상시킬 수 있다. 이와 같은 결과들을 통하여 새롭게 개발된 ICA를 이용한 접합방식은 기존의 ICA 접합방식에서 나타나던 문제점들을 해결하면서 안정적인 전도 패스를 형성하고 접합강도를 확보할 수 있는 뛰어난 접합방식임을 확인할 수 있었다. 또한, 새롭게 개발된 ICA와 이를 이용한 접합 방식은 QFP 뿐만 아니라 BGA, CSP, flip chip 등의 접합에 대한 적용도 기대할 수 있어 향후 많은 발전을 기대할 수 있는 기술이라 할 수 있다.

후기

이 논문은 2006년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행되었으며 관계자 여러분께 감사드립니다. (No. R01-2006-000-10702-0)

참고문헌

1. D. Wojciechowski, 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. Y. Li, C.P. Wong, "Recent Advances of Conductive Adhesives as a Lead-Free Alternative in Electronic Packaging: Materials, Processing, Reliability and Applications", Materials Science and Engineering, 51-1~3, 1-35, 2006.
3. Q. K. Tong, D. L. Markley, G. Frederickson, R. Kuder and D. Lu, "Conductive Adhesives with Stable Contact Resistance and Superior Impact Performance", Electronic Components and Technology Conference, 1-4, 347-352, 1999.
4. Y. S. Eom, J. W. Baek, J. T. Moon, J. D. Nam and J. M. Kim, "Characterization of Polymer Matrix and Low Melting Point Solder for Anisotropic Conductive Film", Microelectronic Engineering, 85, 327-331, 2008