

## NCA 물성에 따른 극미세 피치 COG (Chip on Glass) In, Sn 접합부의 신뢰성 특성평가

정승민 · 김영호\*

한양대학교 신소재공학과

### Improvement of Reliability of COG Bonding Using In, Sn Bumps and NCA

Seung-Min Chung and Young-Ho Kim\*

Department of Materials Engineering, Hanyang University, Seoul, 133-791, Korea

**초 록** : NCA의 물성이 미세피치 Chip on glass (COG) 접합부의 신뢰성에 미치는 영향을 연구하였다. Si 위에 Sn을, 유리기판 위에 In을 열증발방법으로 증착하고 lift-off 방법을 이용하여 30  $\mu\text{m}$  피치를 가지는 솔더범프를 형성하였으며 열압착 방법으로 120°C에서 In범프와 Sn범프를 접합하였다. 접합할 때 세 종류의 Non conductive adhesive (NCA)를 적용하였다. 신뢰성은 0°C와 100°C 사이로 열충격시험을 2000회까지 실시하여 평가하였다. 4단자 저항측정법을 이용하여 접합부의 저항을 측정하였다. 필러의 양이 증가할수록 열충격시험 후 접합부의 저항이 가장 적게 증가하여 신뢰성이 우수하였다. 필러의 양이 증가할수록 NCA의 열팽창이 작아지기 때문이다.

**Abstract** – We developed a bonding at low temperature using fine pitch Sn and In bumps, and studied the reliability of the fine pitch In-Sn solder joints. The 30  $\mu\text{m}$  pitch Sn and In bumps were joined together at 120°C. A non conductive adhesive (NCA) was applied during solder joining. Thermal cycling test (0°C-100°C, 2 cycles/h) of up to 2000 cycles was carried out to evaluate the reliability of the solder joints. The bondability was evaluated by measuring the contact resistance ( $R_c$ ) of the joints through the four point probe method. As the content of filler increased, the reliability improved in the solder joints during thermal cycling test because the contact resistance increased little. The filler redistributed the stress and strains from the thermal shock over the entire joint area.

**Keywords**: COG bonding, NCA bonding, Flip chip bonding, Reliability test

### 1. 서 론

현대의 디지털화 및 정보화의 흐름에 따라 다양한 전자제품의 수요가 증가하고 있으며 다양한 전자소자의 개발이 요구된다. 뿐만 아니라 이러한 전자소자를 기판에 실장 하는 전자 패키징 (electronic packaging) 기술의 중요성 또한 부각되

고 있다. 온도에 민감한 소자의 경우 접합시 고온의 온도가 내부 재료에 영향을 주어 전체 시스템의 성능을 저하시킬 수 있다. TFT-LCD의 경우 상하부 패널이 형성된 후 구동회로 칩을 실장 하므로 고온의 공정은 폴리머 (polymer)로 구성된 내부의 액정 (liquid crystal)과 편광물질에 악영향을 미칠 수 있으며 카메라, 캠코더등의 광학소자에 사

\*Corresponding author  
E-mail: kimyh@hanyang.ac.kr

용되는 image sensor의 경우 고온의 접속공정은 칩을 optical glass에 실장 할 때 내부의 microlens의 특성을 저하시킨다.<sup>1)</sup> 또한 이러한 칩 장착을 위한 실장기술은 해상도가 증가함에 따라 화소의 수가 증가하므로 기존 방식보다 훨씬 미세한 피치를 가진 칩의 실장이 가능해야 하며 칩 및 모듈의 점유면적 최소화, 박판화등의 특성이 요구된다. 이러한 경향에 발맞추어 높은 I/O 밀도와 고신뢰성, 우수한 전기적특성을 가지는 전자 소자의 개발이 요구된다. 그 중 많이 쓰이고 있는 LCD의 경우 구동회로 실장에 사용되고 있는 기술로는 대표적으로 Anisotropic conductive film (ACF)를 이용한 방법이 있다.<sup>2)</sup> ACF의 경우 공정이 단순하고 신뢰성이 높은 방법으로서 선호하고 있으나 내부 전도성 입자에 의해 접촉되므로 범프면적에 비하여 접합면적이 상대적으로 매우 작아 높은 접속저항을 가진다. 또한 극미세피치 ACF 접합에서는 접합부의 open 현상과 단락현상이 발생할 수 있다.<sup>3)</sup> 디스플레이분야에는 Chip on glass (COG)에 적용 가능한 저온 접합 공정 개발이 요구되고 있고 실용화에 적합한 높은 신뢰성을 갖는 접합 또한 필요하다.<sup>4,5)</sup> 최근 들어 본 연구실에서는 In과 Sn의 상호확산을 이용한 접합방법을 개발하였다.<sup>6)</sup> 순수한 두 솔더를 접합하면 상호확산이 일어나 순수한 솔더의 용점보다 낮은 온도에서 용융되므로 낮은 온도에서 접합이 가능하여<sup>7)</sup> 열충격을 많이 받는 LCD 패널이나 저온 접합공정이 필요한 제품들에 적용 가능하다. 본 연구에서는 In과 Sn 솔더 범프를 저온에서 NCA를 사용하여 금속확적으로 접합하였으며, NCA의 종류에 따른 신뢰성을 비교하여 NCA의 영향을 연구하였다. 접합평가는 각각의 범프저항을 측정하여 평가하였다. 신뢰성평가는 열충격장비를 사용하였으며 열충격검사 후 NCA 종류에 따른 시편의 단면을 분석하였다.

## 2. 실험방법

5 cm×5 cm Si기판과 glass 기판을 trichloroethylene, 아세톤, 메탄올의 순서로 5분간 초음파 처리하여 시편을 세정하고 그 후 탈이온수로 최종 세정하였다. Si 기판과 glass 기판에 솔더 재료를 증착전 직류 스퍼터링을 사용하여 Au(0.05 μm)/Cu(1 μm)/Ti(0.05 μm)의 금속층을 증착하였다. 금속층의 증착

후 열증발법을 이용하여 30 μm 피치를 가지는 In(5 μm)과 Sn(7.5 μm) 범프를 glass와 Si기판 위에 20×45 μm 크기로 각각 형성하였다. 그림 1처럼 Si 칩 위에 형성된 Sn 범프와 glass 기판 위에 형성된 In 범프를 플립 칩 본더를 사용하여 120°C에서 2분간 70 MPa의 하중을 가하여 접합하였다. 접합전 NCA를 glass기판 위에 도포하였다. NCA의 종류별 신뢰성 영향을 비교하기 위해 세 종류의 NCA로 접합하였다. 신뢰성평가는 0°C에서 15분, 100°C에서 15분간 유지를 1회로 하여 2000회까지 하였다. 솔더 접합부의 전기적 특성은 Aglient사의 4338B milliohm meter를 이용하였으며, 4단자 측정방식으로 전기 저항값을 측정하였으며 범프의 저항값이 500 mΩ 이상이면 failure로 정하였다. 솔더 접합부의 단면 이미지를 관찰하기 위해 JEOL사의 SEM을 사용하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

Table 1은 각각의 NCA별 점도와 경화시간 및 필

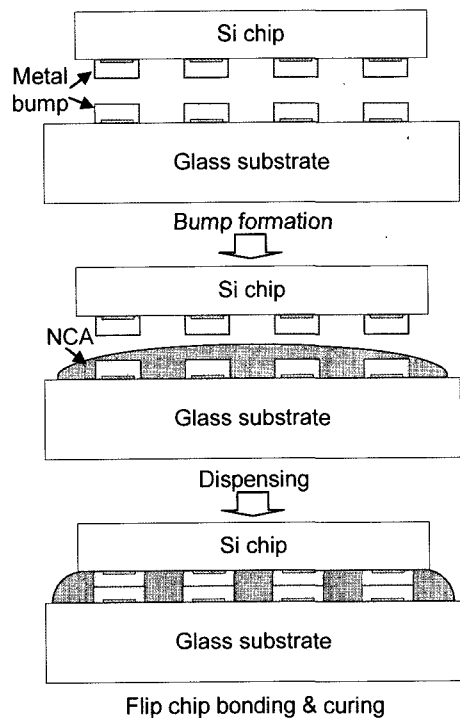


Fig. 1. Schematic view of solder joint formation.

**Table 1.** The specifications of two kinds of NCA.

	Specification		
	NCA1	NCA2	NCA3
Brookfield Viscosity (cP)	100,000	180,000	200,000
Filler content (wt%)	6	16	24
Cure time (minute)	5	2.5	5
Convection Conveyer oven at 120°C			

러 함유량을 나타내었다. 필러의 함량분석은 TGA를 이용하여 NCA 내부의 유기물 이외의 첨가물 즉, 무기물의 양을 측정하였다. Table 1을 보면 NCA 1의 무기물의 양이 가장 적고 NCA 3의 무기물의 양이 가장 많이 함유되어 있다. 이처럼 세가지 종류의 NCA를 사용한 목적은 NCA의 특성이 신뢰성에 미치는 영향을 알아보기 위함이다.

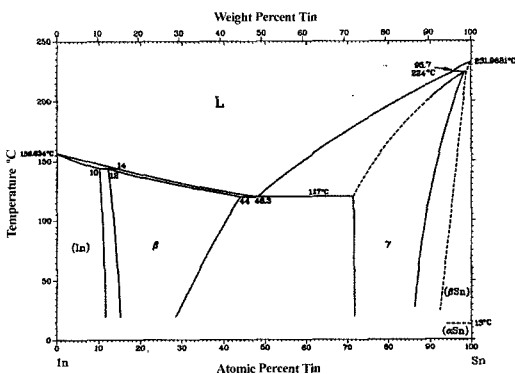
Glass 기판 위에 형성된 In 범프와 Si 칩 위에 형성된 Sn 범프를 접합할 때 가하여주는 물리적인 압력은 솔더범프의 소성변형을 일으킨다. 솔더범프의 변형은 솔더표면에 존재할 수 있는 산화막이 깨어져 순수한 In, Sn 금속 사이의 접합이 가능하며 온도를 증가시키면 상호확산이 일어난다. 따라서 그림 2와 같이 In과 Sn의 공정온도인 117°C 이상에서도 접합이 가능하다.

Table 2는 각각의 NCA별로 접합된 솔더 범프의 초기 평균저항값을 나타내었다. 세가지 종류의 NCA를 사용한 시편의 평균저항값은 8-14 mΩ으로 매우 낮은 값이며 초기 접합에서는 세가지 종류의 NCA에서 큰 차이가 없었다. 이 시편을 열충격검사도중 저항값의 변화를 측정하였고 그림 3

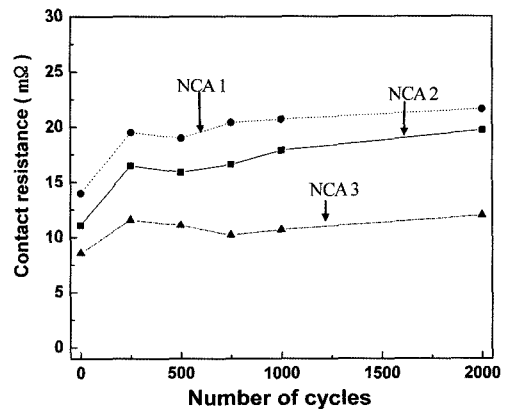
**Table 2.** The average contact resistance and deviation before thermal cycling test with NCA.

	Resistance / Deviation (m)		
	NCA1	NCA2	NCA3
Si chip to glass substrate	11.1/2.4	14.0/2.9	8.6/1.5
Si chip to Si substrate	10.4/3.0	13.5/2.5	9.0/1.7

에 나타내었다. 그림 3을 보면 각각의 NCA의 종류별로 저항값의 변화는 차이가 있었다. NCA 1을 사용하여 접합하였을 경우 가장 높은 저항값을 나타내고 있으며 NCA 3을 사용하였을 경우 가장 낮은 저항값을 나타내고 있다. 그러나 모든 시편에서 fail 된 범프는 없었다. 이것은 NCA가 열충격을 흡수하고 재분배하여 시편의 신뢰성 증진을 도모하였기 때문이다.<sup>8)</sup> 또한 failure 기준을 50 mΩ으로 정하였을 때에도 각각의 시편에서 fail 된 범프는 없었다.



**Fig. 2.** In-Sn phase diagram.<sup>11)</sup>



**Fig. 3.** Average contact resistance of adhesive flip chip interconnects during 0°C-100°C thermal cycling test. (a)using NCA1, (b)using NCA2.

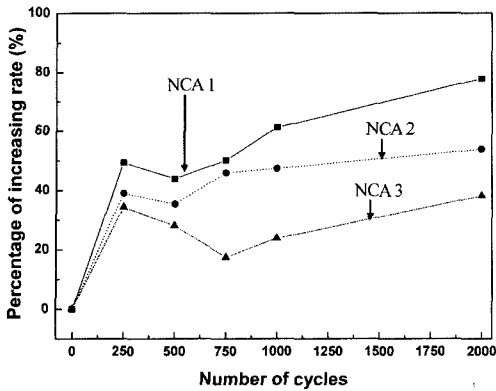


Fig. 4. The increasing rate of contact resistance of solder joints after thermal cycling test with NCA.

그림 4는 열충격검사 후 범프의 저항값의 증가율을 나타내고 있다. 초기접합에서 250 cycle까지 저항증가율이 가장 크게 나타나는데 그 이유는 다음에 설명했듯이 범프와 UBM의 IMC 성장에 있는 것으로 생각된다. 그림 5는 NCA 2를 사용하여 In범프와 Sn범프를 초기 접합하였을 때 생성되는

IMC를 나타내고 있다. NCA 1과 NCA 3을 사용하여 접합한 시편의 단면은 그림 5와 비슷한 경향을 나타내고 있기 때문에 NCA2를 사용한 시편의 단면만 나타내었다. IMC는  $AuIn_2$ ,  $InSn_4$ ,  $Cu_6(In,Sn)_5$  세가지가 분석되었다. 120°C에서 접합된 In 범프와 Sn 범프는 초기  $InSn_4$ , 상을 갖게 된다. 그 후 UBM 층에 있는 Au와 반응하여  $AuIn_2$ 를 형성하고 Cu의 확산에 의해  $InSn_4$ 와 반응하여  $Cu_6(In,Sn)_5$ 를 조성하게 된다.<sup>9)</sup> 열충격검사를 250회 하였을 경우  $Cu_6(In,Sn)_5$ 가 성장하여  $InSn_4$ 보다 많은 부분을 차지하고 있는 모습이 그림 5(b)에 나타나있다. 여기서  $Cu_6(In,Sn)_5$ 는 UBM 층에 있는 Cu와  $InSn_4$ 가 반응하여 생긴 금속간 화합물이다. 따라서 그림 4와 같이 250 cycle 후 저항증가율이 크게 증가한 이유는  $Cu_6(In,Sn)_5$ 의 비저항값은  $19.9 \mu\Omega\text{-cm}$ 이고 Cu UBM의 비저항값은  $3.3 \mu\Omega\text{-cm}$ 이기 때문이다.<sup>10)</sup> 여기서 Cu UBM이 금속간 화합물로 변하였기 때문에 저항증가율이 커졌다. 그리고 그림 5 (c), (d)에서 보듯이 500 cycles에서 750 cycles로 갈수록 대부분의 IMC가 모두 성장하였기 때문에 250

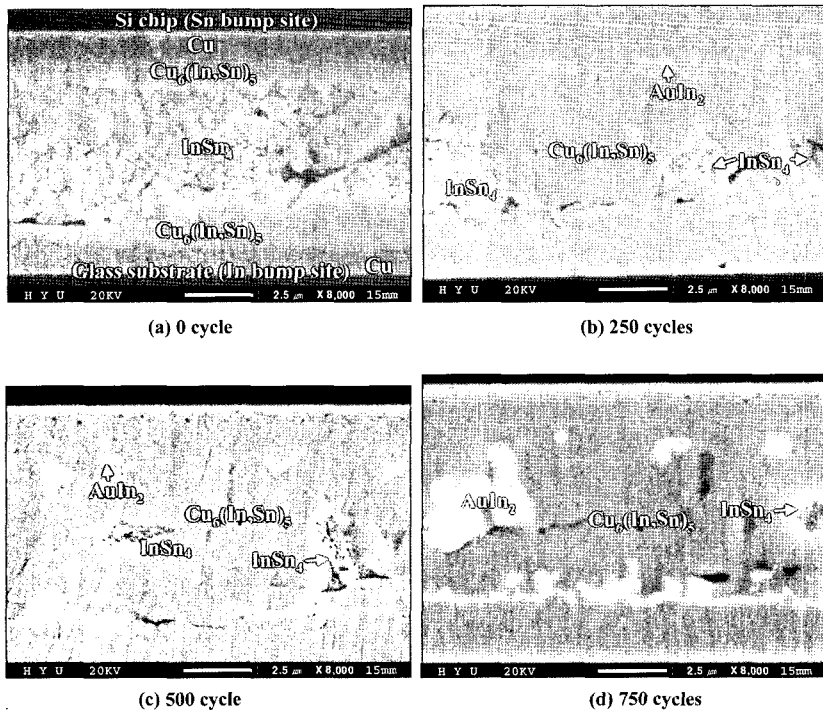


Fig. 5. Cross-sectional FE-SEM image of In/Sn solder joint after bonding: (a) After bonding (b) After 250 cycling test (c) After 500 cycling test (d) After 750 cycling test.

cycles 이후 저항증가율의 변화량은 작았다.

그림 6과 7은 각각의 NCA를 사용하였을 때 열충격검사 후 솔더 범프의 단면을 관찰한 것이다. 그림 7 (b)는 열충격 250 cycles 후 단면을 관찰한 것으로서 NCA 3을 사용하였을 경우 솔더 범프 내의 균열은 관찰되지 않았다. 그러나 그림 6 (b)에서 NCA 1을 사용한 경우 솔더 범프 내의 균열이 있었다. NCA 1의 경우 낮은 필러양을 함유하고 있으므로 열충격을 받을 경우 쉽게 균열이 발생할 수 있다. 그림 6 (b)는 열충격을 받아 균열이 발생한 모습을 보이고 있다. 그리고 균열로 인하여 솔더 범프의 저항증가율 역시 NCA 3에 비하여 높게 측정되었다. 그림 7과 (c)에서 열충격검사 2000 cycles 후 단면을 관찰한 SEM 사진을 보면 NCA 3을 사용하여 접합한 솔더 범프는 250 cycles 후의 사진과 다른 점이 없다. 그러나 그림 6 (c)에서처럼 NCA 1을 사용한 경우 2000 cycles 후 솔더 범프 내에 균열이 발생하였다. Table 1에서 무기물의

양을 비교하였을 때 NCA 1의 내포된 무기물의 양은 6%로서 NCA 2와 NCA 3의 함유량에 비하여 낮다. 따라서 열충격 분배가 다른 NCA 보다 떨어지므로 솔더 범프의 내에 기계적인 충격을 주었을 것이다. 비록 솔더 범프의 국부적인 균열로 전기적인 검사에서 fail은 없었지만 저항증가율이 NCA 2와 NCA 3에 비하여 높게 측정되었다. 초기 접합에서부터 2000 cycles 후까지 저항증가율을 비교하였을 때 24%의 무기물의 양을 가진 NCA 3을 사용하였을 경우 가장 낮은 저항증가율을 보이고 6%의 무기물의 양을 가진 NCA 1을 사용하였을 경우가 NCA 2와 NCA 3 보다 높은 저항증가율을 보였다.

#### 4. 결 론

본 실험에서는 COG 접합의 신뢰성 증진을 위하여 NCA를 사용하였다. In과 Sn 솔더 범프를 형성

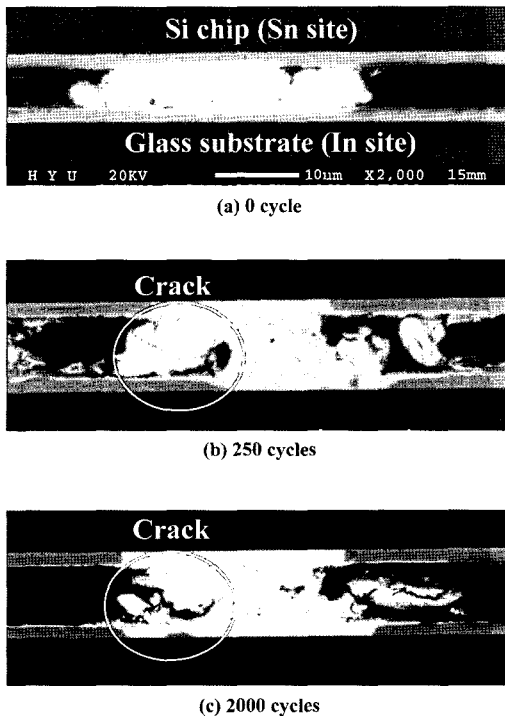


Fig. 6. Cross-sectional BS image of In/Sn solder joint with NCA1: (a) After bonding (b) After 250 cycling test (c) After 2000 cycling test.

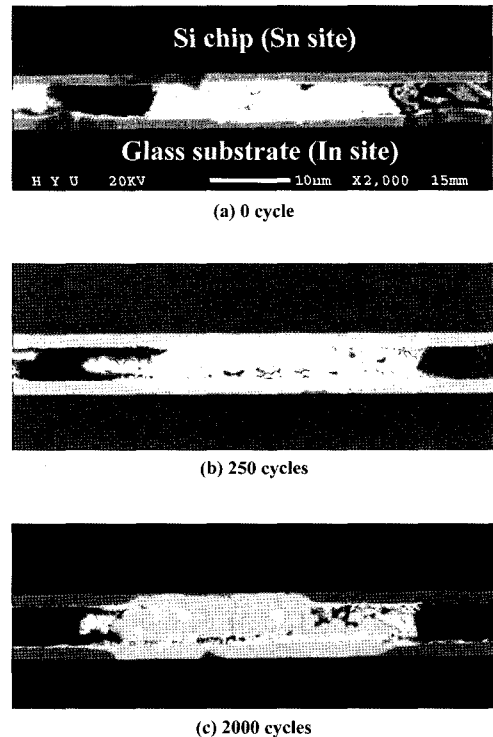


Fig. 7. Cross-sectional BS image of In/Sn solder joint with NCA3: (a) After bonding (b) After 250 cycling test (c) After 2000 cycling test.

하여 접합을 실시하였으며 두 종류의 NCA를 사용하여 신뢰성에 미치는 영향을 관찰하였다. NCA의 종류에 따른 신뢰성 검사 후 전기적 저항값을 측정하고 접합 단면 이미지를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. In과 Sn 솔더범프와 NCA를 사용하여 120°C의 저온에서 접합이 성공적으로 되었다. 세가지 종류의 NCA를 사용한 시편의 평균저항값은 8-14 mΩ으로 낮은 수치를 보였다.

2. 2000회의 열충격검사 후에도 세가지 종류의 NCA를 사용한 시편에서 fail 된 범프는 없었다. NCA가 열충격을 재분배하였기 때문에 시편내의 솔더 범프를 보호할 수 있었다.

3. 세가지 종류의 NCA에 내포된 무기물의 차이는 신뢰성에 영향을 미쳤다. 가장 많은 무기물 함유한 NCA 3가 가장 낮은 저항증가율을 보였고 무기물의 함량이 가장 적은 NCA 1은 가장 높은 저항증가율을 나타내었다. 필러의 양이 증가할수록 NCA의 열팽창이 작아지기 때문이다.

## 감사의 글

이 연구는 산업자원부의 21세기 프론티어 기술개발사업인 차세대 정보디스플레이 기술개발사업단의 기술개발비 (F0004121)지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. H. Kristiansen and J. Liu, "Overview of Conductive Adhesive Interconnection Technologies for LCD's",

- IEEE Tran. Comp. Packag. Manufact. Technol., Vol. 21, No. 2, 208-214 (1998).
2. J. H. Lau, in "Low Cost Flip Chip Technologies for DCA, WLCSP and PBGA Assemblies" McGraw-Hill, New York, 157-172 (1990).
3. Y. Fu, Y. Wang, X. Wang and J. Liu, "Experimental and Theoretical Characterization of Electrical Contact in Anisotropically Conductive Adhesive", IEEE Trans. Adv. Packag., 15-21 (2000).
4. H. Kristiansen and J. Jiu, "Overview of Conductive Adhesive Interconnection Technologies for LCD's", IEEE Trans-CPMT-A, Vol. 21, No. 2, 208-21 (1998).
5. M. Takeichi and M. Nagashima, "Trend of Solder-less Joint in Flip Chip Bonding", IEEE Appli. Adv. Packag., session 7, 168-172 (2001).
6. M. S. Lee, U. B. Kang, and Y. H. Kim, "A new low temperature bonding technique using In and Sn solder bumps," Inter. Symp. Electronic Mater. Packaging, 93 (2003).
7. D. M. Jacobson and S. P. S. Sangha, "Novel application of diffusion soldering," Soldering & Surface Mount Technol., 8 (2), 12 (1996).
8. L. K. The, E. Anto, C. C. Wang, S. G. Mhaisalkar, E. H. Wong, "Development and reliability of non-conductive adhesive flip-chip packaging", Thin solid films, 1-8 (2004).
9. A. Sharif and Y.C. Chan, "Effect of indium addition in Sn-rich solder on the dissolution of Cu metallization", J. Alloys & Compounds, 390, 67-73 (2005).
10. J.-H. Choi, K.-Y. Lee, S.-W. Jun, Y.-H. Kim and T.-S. Oh, "Contact resistance of the Chip-on-Glass bonded 48Sn-52In solder joint", 46(5), 1042-1046 (2005).
11. H. Okamoto, T.B. Massalski (Eds.), in "Binary alloy phase diagrams" ASM International, Metals Park, 2295-2296 (1999).