

NCP 적용 COB 플립칩 패키지의 신뢰성 연구

이소정 · 유세훈 · 이창우 · 이지환¹ · 김준기*

한국생산기술연구원 용접접합연구부, ¹인하대학교 금속공학과

Study on the Reliability of COB Flip Chip Package using NCP

So-Jeong Lee, Se-Hoon Yoo, Chang-Woo Lee, Ji-Hwan Lee¹ and Jun-Ki Kim*

Advanced Welding & Joining R&D Department, KITECH, Incheon, Korea

¹School of Materials Science & Engineering, Inha University, Incheon, Korea

(2009년 2월 13일 접수 : 2009년 7월 31일 게재확정)

초 록: COB(chip-on-board) 플립칩 패키지에 있어서 NCP(non-conductive paste)의 적용성을 확보하기 위해 자체 포 물레이션한 NCP와 상용 NCP에 대하여 보드레벨 플립칩 패키지를 제작하고 고온고습 및 열충격 신뢰성을 평가하였다. 실험결과 보다 작은 입도의 용융 실리카를 첨가한 NCP 시제품들이 고온고습 신뢰성에 유리한 것을 알 수 있었다. 또한, NCP 접착부에 있어서 열응력에 의한 피로보다 흡습에 의한 에폭시의 팽창이 접착부 파손에 보다 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, NCP의 접착강도가 높을수록 NCP 플립칩 패키지의 열충격 신뢰성이 향상되는 것을 알 수 있었다.

Abstract: High temperature high humidity and thermal shock reliability tests were performed for the board level COB(chip-on-board) flip chip packages using self-formulated and commercial NCPs(non-conductive pastes) to ensure the performance of NCP flip chip packages. It was considered that the more smaller fused silica filler in prototype NCPs is more favorable for high temperature high humidity reliability. The failure of NCP interconnection was affected by the expansion of epoxy due to moisture absorption rather than the fatigue due to thermal stress. It was considered that the NCP having more higher adhesive strength seems to be more favorable to increase the thermal shock reliability.

Keywords: Flip chip, COB(chip on board), NCP(non-conductive paste), reliability, high humidity high temperature test, thermal shock test

1. 서 론

전자패키징은 저가격화 및 접속피치 미세화와 전기적 성능 및 신뢰성을 향상시키는 방향으로 발전해 왔다.¹⁾ 플립칩 패키징 기술은 와이어 본딩기술에 비해 전기적 특성 및 방열성이 우수하고, 실장밀도 및 I/O(Input/Output) 개수의 증가 등과 같은 장점으로 인해 모바일 전자기기 등에 대한 적용이 증가하고 있다.²⁾

플립칩 기술은 크게 리플로우 공정을 사용하는 C4 (Controlled Collapse Chip Connection) 공법과 플립칩 본더를 사용하는 칩본딩 공법으로 나눌 수 있다. 플립칩 방식으로 제조되는 BGA(Ball Grid Array) 패키지의 경우 대부분 C4 공법이 사용되고 있으나 리플로우 후 언더필 공정을 필요로하고 접속피치가 미세해짐에 따라 솔더볼 범프형성이 어려워진다는 단점을 가지고 있다. 이에 따라 극미세 접속피치가 가능하고 무연 및 플렉스리스 공정, 저온공정 등의 장점이 있는 접착제 적용 플립칩 접속기술에 대한 연구가 진행되고 있다.³⁾

전자용 접착제는 레진에 함유된 전도성 필러 함량에 따른 전기전도 특성에 따라 등방전도성 접착제(ICA, isotropic conductive adhesive), 이방전도성 접착제(ACA, anisotropic conductive adhesive), 비전도성 접착제(NCA, non-conductive adhesive)로 나눌 수 있다. 주로 필름형태로 사용되는 ACA는 적정량의 전도성 입자를 통해 칩의 범프와 기판의 패드 간에 전기적 접속을 형성하며 LCD 모듈에 널리 사용되고 있지만 소재단가가 높아 BGA와 같은 COB(Chip On Board) 패키지에 적용은 어려운 점이 있다.

주로 페이스트 형태로 사용되는 NCA는 전도성 입자를 함유하지 않아 ACA에 비해 저렴하고 경화속도가 빠르며 극미세 접속피치에 대한 대응이 가능하다는 장점이 있다.⁴⁻⁵⁾ 그러나 NCA는 ACA에 비해 디스펜싱 및 경화공정의 제어가 어렵고 이로 인해 패키지의 신뢰성이 완전히 확보되지 못하여 아직 널리 사용되지 못하고 있다.

본 연구에서는 BGA 패키지 등에 사용되는 COB 플립칩 공법에 있어서 향후 사용이 확대될 것으로 예상되는 NCP(non-conductive paste)의 적용성을 확보하기 위해 자

*Corresponding author
E-mail: jkim@kitech.re.kr

Table 1. Uncured and cured properties of non-conductive pastes

Sample	Fused silica		Fumed silica		Viscosity (Pa·s)		Thixotropic ratio (0.5 rpm/5 rpm)	CTE (ppm/°C)
	Dia.(μm)	Content (wt.%)	Dia.(nm)	Content (wt.%)	at 0.5 rpm	at 5 rpm		
A	2	51	7	0.25	11.28	9.68	0.85	37.32
B	2	51	15	0.25	18.56	12.71	0.68	30.02
C	2	51	20	0.25	12.81	10.03	0.78	36.62
D	3	51	15	0.25	9.50	7.40	0.77	37.54
E	4	51	15	0.25	11.14	7.98	0.71	39.55
F	Commercial_1 (Inorganic filler content 66.47wt.%)				76.69	88.59	1.15	37.58
G	Commercial_2 (Inorganic filler content 67.25wt.%)				191.51	150.18	0.78	27.31

체 포물레이션한 NCP 5종과 상용 NCP 2종에 대해 100 μm 피치의 COB 플립칩 패키지를 제작하고 고온고습 및 열충격시험을 통해 패키지의 신뢰성을 평가하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 자체 포물레이션한 에폭시계 레진에 무기필러의 입도를 변화시킨 NCP 시제품 5종(A,B,C,D,E)과 상용 NCP 2종(F,G)이 사용되었다. NCP 시제품은 비스페놀-F형 에폭시 레진에 에폭시 당량비로 80 phr의 산무수물계 경화제를 혼합하였고 여기에 10 phr의 이미다졸계 잠재성 촉매를 첨가하였다. 무기필러는 평균입도 2~4 μm의 용융 실리카와 평균입도 7~20 nm의 나노 실리카를 각각 51 wt.%, 0.25 wt.%로 첨가하였다. 혼합 및 탈

Table 2. The condition of plasma treatment

Parameter	Value
O ₂ gas	400ml/min
N ₂ gas	1500ml/min
MW Power	700W
Time	4min

가스 처리를 통해 제조된 NCP 시제품과 상용품에 대한 경화전후의 주요 물성을 Table 1에 나타내었다.

보드 레벨의 COB 플립칩 패키지 제작에 사용된 실리콘 칩은 5200×7200×700 μm의 크기로 제작되었으며, 면적 50×50 μm, 높이 12 μm의 Au 도금 범프가 가장자리 3열, 100 μm 피치로 총 564개가 형성되었다. NCP 접속부의 전기저항을 측정하기 위한 켈빈구조는 Fig. 1과 같으며 칩의 각 면에 6개씩 총 24개가 형성되었다.

인쇄회로기판은 500 μm 두께의 단일 레이어 FR-4 기판을 사용하였다. 칩이 탑재되는 영역은 솔더레지스트를 제거하였으며 Cu 패드는 Sn을 2.5 μm 두께로 도금하였다. Sn 도금 기판은 대기중에서 장시간 방치시 산화피막에 의해 범프-패드 본딩이 이루어지지 않으므로 칩본딩 전에 기판과 실리콘 칩을 PVA Tepla사의 마이크로웨이브 플라즈마장치를 이용하여 Table 2에 나타낸 조건으로 전처리를 수행하였다.

플립칩 본딩은 Panasonic FCB-3 플립칩 본더를 사용하여 수행하였으며 본딩 프로파일을 Fig. 2에 나타내었다.

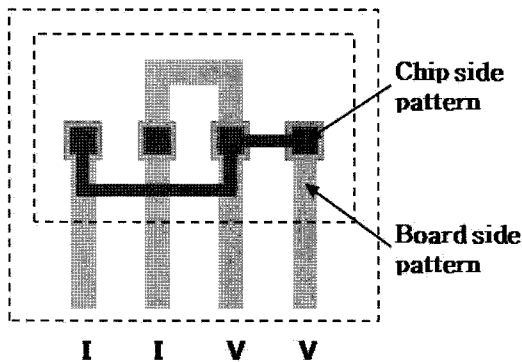


Fig. 1. Kelvin structure of board level flip chip package.

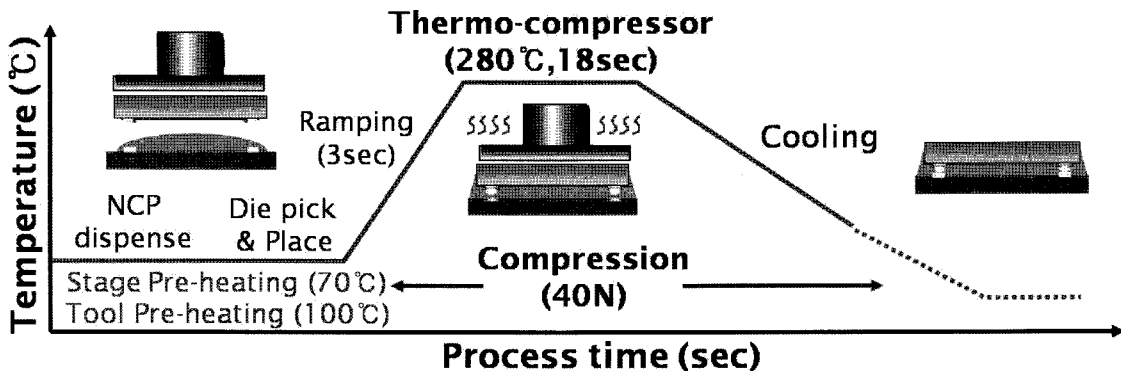


Fig. 2. Flip-chip bonding profile for NCPs.

Table 3. The condition of die shear test

Parameter	Value
Test load	100kg
Max test load	100kg
Land speed	167.0/s
Shear height	75
Overtravel	100

스테이지 온도는 70°C였으며 400 N으로 가압한 상태에서 100°C로 예열된 본딩틀을 Au-Sn 본딩을 위해 280°C까지 3초동안 가열한 다음 본딩시간 동안 유지하고, 이후 본딩틀을 에어쿨링하여 150°C까지 냉각되면 가압을 해제하였다. 본딩 공정전 NCP는 FCB-3에 내장된 에어 디스펜서를 이용하여 다양한 패턴으로 디스펜싱하였다.

NCP 플립칩 본딩에 있어서 본딩시간에 따른 NCP의 경화도는 Table 3에 나타난 시험조건의 다이전단강도 측정을 통해 평가하였다. 제작된 보드 레벨 플립칩 패키지는 신뢰성 시험을 수행하기 전에 필릿 외관검사, 주사초음파현미경을 이용한 C-스캔검사, 4-프로브 전기적 검사를 통해 보이드와 접속상태를 확인하였다.

NCP 적용 COB 플립칩 패키지에 대한 신뢰성 시험으로 열충격시험과 고온고습시험을 실시하였다. 열충격시험은 -40°C~+80°C의 온도구간에 대해 고온→저온/저온→고온 적용시간은 15분 이내이며, 싸이클당 30분의 조건으로 1000싸이클까지 수행하였다. 고온고습시험은 85°C/85%RH. 분위기에서 1000시간까지 수행하였다. 신뢰성 시험이 진행되는 동안 일정 시간마다 시료를 꺼내어 4-프로브 계측기를 사용하여 접속저항과 접속률을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. NCP 플립칩 공정성

NCP를 이용한 플립칩 본딩공정에 있어서 본딩조건을 결정하기 위해 본딩온도를 280°C로, 본딩압력을 400 N으로 고정된 상태에서 본딩시간에 따른 다이전단강도를 측

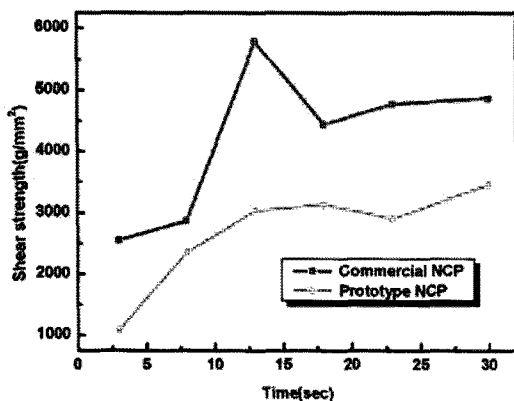
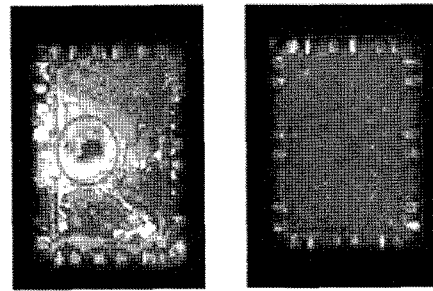


Fig. 3. Die shear strength as a function of bonding time.



(a) Good sample (b) Bad sample

Fig. 4. C-scan images of NCP flip chip packages by scanning acoustic microscopy.

정하여 Fig. 3에 나타내었다. NCP 시제품과 상용품 모두 15초 이후에서 90% 이상의 다이전단강도를 나타내고 있으며 이에 따라 적정 본딩시간을 18초로 결정하였다.

플립칩 패키지에 있어서 필릿의 형성은 신뢰성에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.⁶⁾ NCP 디스펜싱 패턴을 일반적인 X자로 설정한 경우 다이의 면 부위에는 배럴링, 모서리 부분에는 미충진 현상이 발생하였다. 반면 5-도트 패턴으로 디스펜싱한 경우에는 신뢰성 평가가 가능한 수준으로 양호한 필릿형상을 얻을 수 있었다.

280°C에서 18초간 400 N으로 열압착본딩하여 완성된 보드레벨 플립칩 패키지에 대하여 주사초음파현미경으로 접합면에 형성된 기공을 관찰하였다. Fig. 4의 (a)에 나타난 예와 같이 기공이 발견된 것은 불량으로 판단하였으며, (b)와 같이 기공이 발견되지 않은 패키지에 대해서만 4-프로브 검사를 통해 전기적 접속상태를 확인한 다음 신뢰성 시험을 수행하였다.

3.2. 고온고습 신뢰성

NCP 종류별 플립칩 패키지에 대하여 고온고습 신뢰성 시험시간에 따른 누적파손률과 평균접속저항의 변화를 각각 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 5에서 접속부의 누적파손률은 시간에 따라 증가하며 NCP 간에 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. Fig. 6의 평균접속저항은 파손되지 않은 접속부 저항의 평균값으로 고온고습 유지시간이 증가할수록 접속저항이 증가하였다. 전기저항이 일시적으로 감소하는 거동은 높은 저항의 접속부가 파손되면서 평균값이 감소된 데에 기인한 것으로 판단된다. 파손률 및 접속저항의 증가현상은 NCP 접속부의 흡습으로 인한 에폭시의 팽창에 기인하는 것으로 알려져 있다.⁷⁾

고온고습 신뢰성 시험에서 상용품인 G의 경우 700시간에서 접속부 파손률이 100%에 도달하였고 평균접속저항도 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 반면 시제품 B의 경우 1000시간에서 평균접속저항이 크게 증가하였으나 20%의 비교적 낮은 파손률을 유지하고 있는 것을 볼 수 있다.

접속부 파손률 및 전기저항의 증가가 NCP 접속부의 흡습에 따른 에폭시 수지의 팽창에 기인한다는 것을 고려

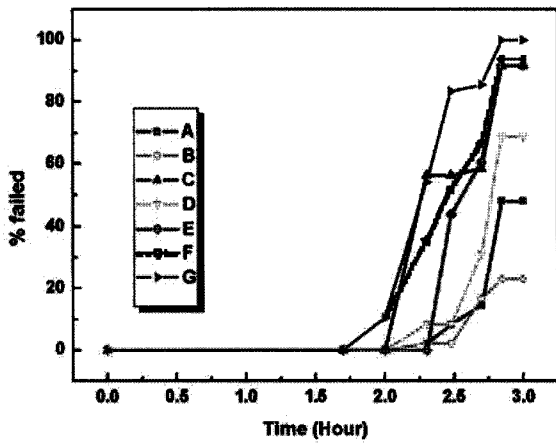


Fig. 5. Cumulative fraction of failure with high temperature high humidity test time for the various NCPs.

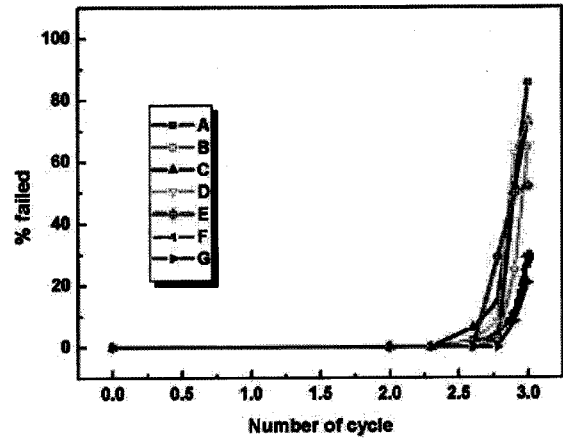


Fig. 7. Cumulative fraction of failure with thermal shock test cycle for the various NCPs.

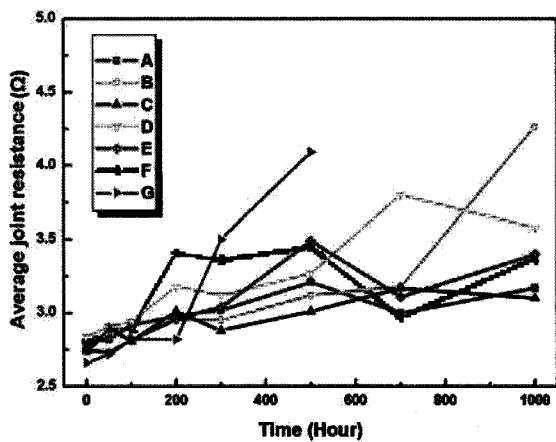


Fig. 6. Variations of average joint resistance with high temperature high humidity test time for the various NCPs.

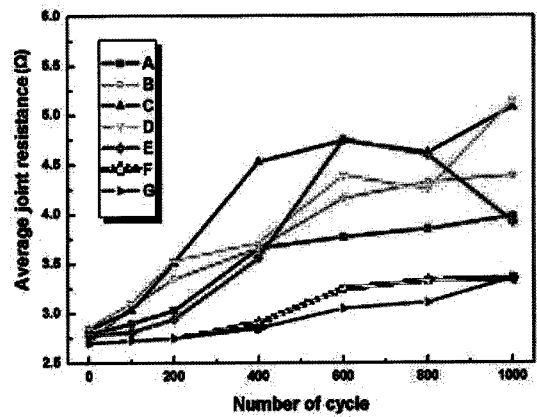


Fig. 8. Variations of average joint resistance with thermal shock test cycle for the various NCPs.

하면, NCP 시제품들은 상용품에 비해 고온고습 조건에서 흡습에 대한 저항성이 보다 높은 것으로 판단된다. Fig. 5의 접속부 누적파손률에 있어서 나노 실리카 필러의 입도를 변화시킨 시제품 A, B, C의 경우 입도에 따른 경향성이 관찰되지 않으나 용융 실리카의 입도를 변화시킨 시제품 A, D, E의 경우 입도가 증가함에 따라 누적파손률이 증가하는 것으로 보아 보다 작은 입도의 용융 실리카를 첨가하는 것이 고온고습 신뢰성에 유리한 것으로 생각된다.

3.3. 열충격 신뢰성

NCP 종류별로 -40°C~+80°C 열충격 신뢰성 실험사이클에 따른 누적파손률과 평균접속저항의 변화를 각각 Fig. 7과 8에 나타내었다. Fig. 7에서 접속부의 누적파손률은 실험사이클에 따라 증가하는 것을 볼 수 있다. 열충격에 의한 접속부의 파손은 칩, NCP 접합부, 기판 간의 열팽창계수 차이로 발생하는 열응력에 의한 피로파괴에 기인하는 것으로 알려져 있다.⁸⁾ Fig. 5에 나타난 고온고습 신뢰성 시험과 비교하여 보면 열충격시험의 경우에서 파손률의 증가가 보다 완만한 것을 알 수 있는데 이는 NCP

접속부에 있어서 열응력에 의한 피로보다 흡습에 의한 폭시의 팽창이 접속부 파손에 보다 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

열충격 신뢰성 시험의 경우 NCP 시제품이 상용품에 비해 사이클 증가에 따른 접속부 파손률과 평균접속저항의 증가폭이 보다 큰 것으로 나타났다. 이는 NCP 시제품에 있어서 열충격 피로누적에 따른 칩, NCP 접합부, 기판 간의 계면분리 현상이 상용품에 비해 심하다는 것을 의미한다.

열응력 발생의 원인인 열팽창계수를 고려해보면 Table 1에서 상용품 F와 G는 열팽창계수의 차이가 NCP 시제품에 비해 크지만 유사한 열충격 신뢰성을 보이는 것으로 보아 열팽창계수보다 큰 영향인자가 있을 것으로 생각된다. 이러한 인자로는 NCP의 접착강도를 고려할 수 있다. NCP 종류별 다이전단강도를 나타낸 Fig. 9에서 보면 NCP 시제품의 접착강도가 상용품에 비해 매우 낮은 것을 볼 수 있으며 이는 열충격 시험결과와 일치하는 것을 알 수 있다. 따라서 NCP 플립칩 패키지의 열충격 신뢰성을 향상시키는 데에는 높은 접착강도를 갖는 NCP를 사용하는 것이 유리할 것으로 생각된다.

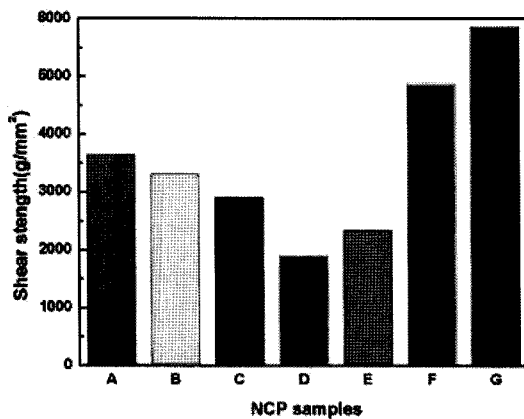


Fig. 9. Die shear strength of the various NCP flip chip packages.

4. 결 론

NCP를 적용한 COB 플립칩 패키지에 대한 신뢰성 평가를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 85°C-85%R.H. 고온고습 신뢰성시험에서 시제품 NCP는 상용품에 비해 낮은 접속부 누적파손률과 접속저항 증가율을 보였다. 따라서 NCP 시제품은 상용품에 비해 흡습에 대한 저항성이 큰 것으로 생각된다.

2. NCP 시제품에 있어서 용융 실리카 필러의 입도가 증가함에 따라 누적파손률이 증가하였다. 따라서 보다 작은 입도의 용융 실리카를 첨가하는 것이 고온고습 신뢰성에 유리한 것으로 생각된다.

3. 고온고습시험의 경우 접합부 파손률이 열충격 시험에 비해 급격히 증가하였으며 접착강도와는 직접적인 관련이 없는 것으로 나타났다. 따라서 NCP 접속부에 있어서 열응력에 의한 피로보다 흡습에 의한 에폭시의 팽창이 접속부 파손에 보다 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

4. NCP의 다이전단강도와 열충격 신뢰성 시험결과가 일치하는 것을 알 수 있었다. 이로부터, NCP 플립칩 패키지의 열충격 신뢰성을 향상시키는 데에는 높은 접착강도

를 갖는 NCP를 사용하는 것이 유리할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국생산기술연구원 생산기술연구사업과 지식경제부 2008 전략기술개발사업(10031690) 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Horatio Quinones and Alec Babiarz, "Reliability statistics for flip chip and CSP interconnection", IMAPS Nordic, Helsinki, Finland, pp.1-8 (1999)
2. Paul S. Ho, Guotao Wang, Min Ding, Jie-Hua Zhao and Xiang Dai, "Reliability issues for flip-chip packages", Microelectronics Reliability, Vol. 44, Issue 5, pp.719-737 (2004)
3. K. W. Paik and M. J. Yim, "Anisotropic conductive film for flip chip package", Journal of the KSME, Vol. 45, No. 6, pp.57-63 (2005)
4. Bo-In Noh, Jong-Bum Lee, Sung-Ho Won and Seung-Boo Jung, "Characteristics of reliability for flip chip package with non-conductive paste", Journal of the microelectronics & packaging society, Vol. 14, No. 4, pp.9-14 (2007)
5. John Liu, "ACA bonding technology for low cost electronics packaging applications - current status and remaining challenges", Journal of Soldering & Surface Mount Technology, Vol. 13, No. 3, pp.39-57 (2001)
6. S.C. TAN, Y.C. CHAN and NELSON S.M. LUI, "Process optimization to overcome void formation in nonconductive paste interconnections for fine-pitch applications", Journal of Electronic Materials, Vol. 34, No. 8, pp.1143-1149 (2005)
7. Chin-Lung Chiang, Chen-Chi M. Ma, Feng-Yih Wang and Hsu-Chiang Kuan, "Thermo-oxidative degradation of novel epoxy containing silicon and phosphorous nanocomposites", European Polymer Journal, Vol. 39, Issue 4, pp.825-830 (2003)
8. Maksim Antonov and Irina Hussainova, "Thermophysical properties and thermal shock resistance of chromium carbide based cermets", Proc. Estonian Acad. Sci. Eng., Vol. 12, No. 4, pp.358-367 (2006)