

플라스틱 BGA 패키지의 신뢰성에 관한 연구

김 경 섭* · 신 영 의**

* 여주대학 전자과

** 중앙대학교 공과대학 기계설계학과

A Study on the Reliability of Plastic BGA Package

Kyung-Seob Kim* and Young-Eui Shin**

* Dept. of Electronics, Yeojoo Institute of Technology, Kyonggido 469-800, Korea

** Dept. of Mechanical Design Engineering, Chungang University, Seoul 156-756, Korea

Abstract

PBGA(Plastic Ball Grid Array) is composed of some materials such as PCB(Printed Circuit Board), epoxy molding compound, die attach and so on. Reliability of PBGA package is weak compared with plastic packages. The weak points of reliability are the lower resistance to popcorn cracking, which is induced by moisture absorption in PCB, and the pressure cooker test corrosion, which is the basic problem due to the material characteristics of PCB. Introducing the PCB baking and the plasma treatment cleared the popcorn cracking phenomenon. The PCB baking and plasma treatment reduced the epoxy void by eliminating the source of moisture vaporization during the epoxy curing and enhanced the adhesion between PCB and epoxy. Also, plasma treatment enhanced the wettability of epoxy on PCB. The problem of corrosion is cleared using multi-functional epoxy. This type of EMC(Epoxy Molding Compound) is recommended in package using PCB as a substrate.

(Received November 19, 1999)

Key Words : PCB, Corrosion, Wettability, Void, Plasma

1. 서 론

BGA(Ball Grid Array) 계열의 반도체 패키지는 현재 가장 범용적으로 PCB(Printed Circuit Board) 층에 리드 설계를 하고 그 위에 다이 접착과 선 연결을 한후 EMC를 한쪽면만 봉지하는 형태로서 일반적으로 PBGA(Plastic BGA)라고도 불리며, 현재 휴대용 전화기, 노트북 컴퓨터등 소형의 고밀도 실장이 필요한 각종 기기에 광범위하게 사용되고 있다. PBGA 패키지의 급격한 성장은 QFP(Quad Flat Package)나 CBGA (Ceramic Pin Grid Array)에 비해서 여러 가지 장점이 있기 때문이다. 다핀 및 소형화를 추구하는 최근의 패키지 추세에 부합되면서

열적·전기적으로도 우수한 특성을 가지고 있다. 또한 PCB에 대한 실장성이 우수하고, 고기능의 특성을 저가에 구현할 수 있다는 장점들이 있다. 이러한 장점들에 비해서 상대적으로 해결해야할 문제점도 가지고 있다. 특히 PBGA 패키지의 취약한 부분은 수분의 흡수가 많아 신뢰성시험에서 에폭시와 BT 기판(솔더 마스크) 사이의 박리로 인한 팝콘(popcorn) 균열에 대한 저항성이 약하다는 점이다^{1,3)}. 이러한 문제는 기존의 패키지가 구리 및 알루미늄 리드프레임과 같은 금속이나 수분과 열에 우수한 세라믹 기판을 사용하는 데 반하여 PBGA는 수분에 취약한 BT 기판을 사용하는 데 있다⁴⁾. 기판을 이용하는 패키지는 계면에서 수분의 흡수에 따른 영향을 분석하는 것이 패키지의 신뢰성 연구에 기초가 된다. 따라서 본 논문에서는 현

재 폭넓은 분야에서 사용되고 있는 PBGA 패키지의 계면접착력 향상과 신뢰성에 관해서 실험하여 개선된 방안을 제시하였다.

2. 실험 방법

온도순환시험에서 발생될 수 있는 불량 현상을 비교하기 위해서 기존 플라스틱 패키지의 제조공정과 동일하게 PBGA를 조립하여 실험하였다. 제조공정은 다이 접착→와이어 본딩→몰드→경화순이다. 실험에 사용된 패키지는 119 PBGA이며, 패키지의 전반적인 치수를 Fig. 1에 나타냈다. PBGA 패키지는 일반적인 플라스틱 패키지와는 달리 기판을 사용하기 때문에 패키지의 수분 흡수율이 플라스틱 패키지에 비해서 10% 정도가 높다⁵⁾. 고온고습 환경에서 기판이 흡수하는 수분의 양을 측정하였다. 측정은 30℃/60% RH와 85℃/65% RH 조건을 유지하는 챔버에서 700시간까지 진행하였으며, 전자저울을 이용하여 시간별 시편의 무게를 측정하였다.

또한 에폭시와 기판과의 접착강도를 향상시키는 방법으로 다이 접착전에 BGA 기판을 베이킹(bake) 처리한 뒤 플라즈마 공정을 적용하여 에폭시의 젖음성 및 보이드 발생에 미치는 영향에 대해서 실험하였다.

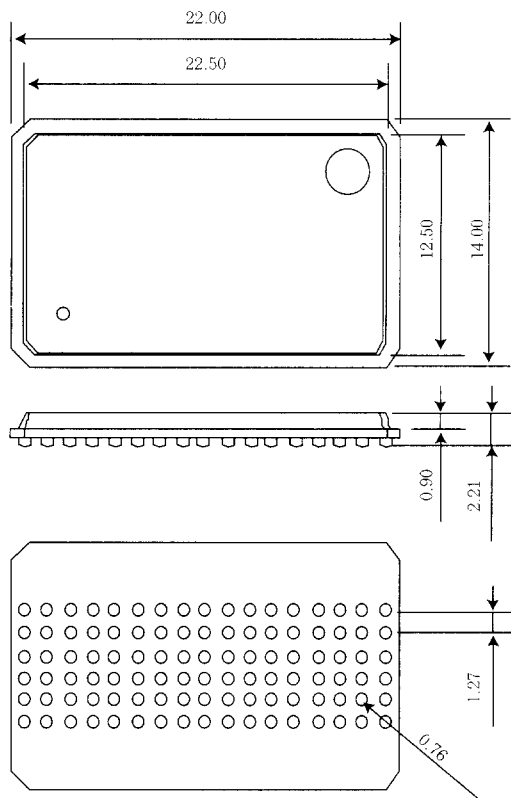


Fig. 1 Overall dimensions of the 119 PBGA

기판의 베이킹 처리는 125℃ 분위기에서 2시간동안 행하였다. 플라즈마는 13.56 MHz의 RF 제너레이터로 발생되며, 플라즈마 처리는 전력 300 watt, 시간 200 sec, 압력 100 torr, 가스유량 250 sccm의 조건에서 아르곤 가스중에서 행하였다. 패키지의 안전성을 평가하는 온도순환(Temperature Cycling, TC) 시험은 -65℃~150℃에서 행하였다. PCT(Pressure Cooker Test) 조건은 121℃, 100% RH, 2 atm이다. 또한 접착강도 실험은 EMC(Epoxy Molding Compound)를 기판위에 형성시킨 후 Microtester를 이용하여 측정하였다.

패키지 구조상 기판과 다이 패드간의 매개체 역할을 하는 구조물은 EMC이므로 EMC의 물성과 특성 변화가 PCT 부식에 미치는 영향을 실험하였다. Table 1에 실험에서 사용된 EMC의 성분과 물성치를 나타냈다.

Table 1 Properties of materials

Type	Epoxy	Hardner	Filler (%)	Tg (°C)	CTE (ppm/°C)
A	MF	MF	77	220	16/68
B	MF	MF	84	197	13/39
C	MF	MF	84	180	12/32
D	BP	X	89	125	8/34
E	BP	New	90	145	7/-
F	BP	X	88	125	9/40

MF: Multi-functinal, BP: Biphenyl, X: Xylok

3. 결과 및 고찰

3.1 수분 흡수량 및 플라즈마 처리

고온고습 챔버에서 시간에 따라 기판의 수분 흡수량을 측정하여 결과를 Fig. 2에 나타냈다. 수분의 흡수율은 실험시작후 70시간까지 급격히 증가하였고, 이후로는 완만히 증가함을 보였다. 이와 같이 기판의 초

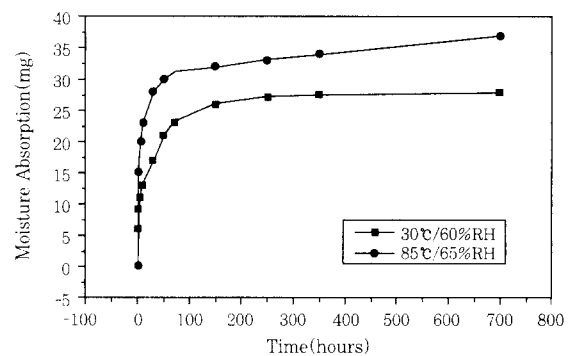


Fig. 2 Moisture absorption of PCB

기 수분 흡수율이 높은 이유는 BT 레진의 수분 흡수율이 0.04% 수준으로 수분에 취약하며 EMC로 밀봉되어야 하는 부분이 밀봉되지 않아 비아 홀과 BT 레진이 바로 외부에 노출되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

베이크는 다이 접착전에 기판 자체가 가지고 있는 수분을 제거함으로써 에폭시와 솔더 마스크간의 접착강도를 향상시키며⁵⁾, 플라즈마 처리는 솔더 마스크와 에폭시 사이의 접착강도와 젖음성을 향상시킨다^{6,7)}.

이러한 효과를 분석하기 위해서, 아르곤 가스로 플라즈마 처리 전후의 솔더 마스크 표면을 XPS(X-Ray Photoelectron Spectroscopy)로 분석하여, 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2 XPS measurements on the solder mask area of PBGA substrate

	Atomic concentration (%)							
	C	O	Si	Cl	Ba	Ca	N	Mg
No plasma	63.80	28.10	5.00	0.57	-	0.16	1.60	0.70
Ar plasma	46.80	44.00	5.20	-	0.40	0.40	2.10	1.10

플라즈마 처리후 솔더 마스크 표면에서의 조성 분석 결과 플라즈마 처리전의 시편에서 보다 C, Cl 등의 성분은 감소하였고 O, Ca, N, Mg 등의 성분은 증가하였다. 하지만 Cl, Ca, Mg 성분 등은 극히 미소한 양이었고 결국 계면 접착력에 영향을 미치는 성분은 C와 O로 판단된다. C의 감소는 솔더 마스크 표면의 유기 오염(organic contamination)을 감소시킬 뿐 아니라 솔더 마스크 표면에 화학 결합손(dangling bond)을 다수 형성시켜 다이 접착 공정에서 에폭시와의 접착력을 향상시킨다⁸⁾.

다이 접착 과정에서 플라즈마 처리 전후의 영향을 살펴보기 위해서 기판과 에폭시의 전단강도를 측정하였다. 플라즈마 처리전에는 220 kg/mm²을 나타냈으나, 처리후에는 400 kg/mm²으로 2배의 향상된 결과를 보였다. 다이 접착시 발생하는 에폭시 내부의 보이드는 온도순환시험에서 기판의 균열 원인으로 작용한다. 플라즈마 처리가 에폭시의 젖음성 및 보이드의 발생에 미치는 영향에 대해서 실험하였다. 베이크와 플라즈마 처리전의 시편에서는 에폭시가 거의 퍼지지 않고 떨어뜨린 형태 그대로 존재하여 보이드가 발생된다. 뿐만 아니라 에폭시 경화과정을 거치면서 기판 내부에 함유하고 있던 수분들이 증기화(vaporization) 되면서 에폭시에 많은 보이드를 형성하게 된다. 따라서 기판을

사용하는 패키지의 경우 보이드는 베이크와 플라즈마 처리로 제거될 수 있다.

플라즈마 처리의 지속성을 확인하기 위해서 플라즈마 처리된 기판의 표면과 구리 리드프레임 위에 에폭시에 비해서 상대적으로 실험이 용이한 물방울을 떨어뜨려서 젖음성을 측정하였고, 그 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 플라즈마 처리를 하면 젖음 각도가 급격히 감소하기 때문에 상대적으로 에폭시의 젖음성이 좋아지게 되어 보이드의 발생을 억제할 수 있으며, 이러한 효과는 15시간 이상 유지됨을 확인하였다.

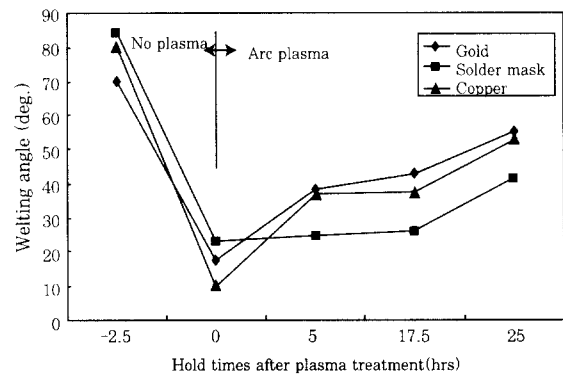


Fig. 3 Effect of time on wetting angle

3.2 부식

기판을 사용하는 패키지는 PCT 부식에 취약한데, 그 이유는 기판 자체가 부식을 유발시킬 수 있는 Cl 및 S 원소를 함유하고 있기 때문이다. Table 1의 EMC를 적용하여 PCT 부식 특성을 분석한 결과 EMC A~C는 240시간까지 부식 발생이 없었으나, D~F는 96시간에서 20%의 부식 불량률이 발생하였다. 부식에 강한 A~C가 가지는 공통점은 EMC를 구성하는 성분중 에폭시 수지가 높은 가교밀도(crosslinking density)를 가지는 고관능성 에폭시(multi-functional epoxy)이고, 높은 유리전이온도(Tg)를 가지고 있다는 점이다. EMC의 Tg가 PCT 시험 온도인 121℃보다 고온일 경우 EMC의 화학분해가 일어나지 않고, 이온 불순물의 이동성을 감소시키기 때문에 기판에 존재하는 부식성 이온들이 칩의 상단까지 확산되지 않아 부식이 발생하지 않는 것으로 판단된다. 또한 가교밀도가 높기 때문에 이온 불순물의 이동성을 감소시켜서, 부식에 강한 특성을 나타내는 것으로 판단된다.

3.3 온도순환시험

플라스틱 패키지가 온도순환시험 중에 많이 발생하

는 불량은 힐 부분의 균열 현상이다. 이러한 균열은 EMC와 리드프레임의 열팽창계수 차이에 의한 것이 주된 원인이다³⁾. 그러나 PBGA 패키지에서는 EMC와 기판(BT 레진)의 열팽창계수가 비슷하기 때문에 이러한 불량은 발생하지 않고 있다. PBGA에서 발생할 수 있는 불량을 분석하기 위해서 119 PBGA를 사용하여 장시간동안 온도순환시험을 실시하였다.

Fig. 4는 시험결과를 보인 것으로 온도순환시험 600 사이클후에 불량이 발생하였다. 이 시편의 단면을 분석한 결과, 칩과 에폭시 사이에 박리(delamination)가 발생하여 이 균열이 기판의 단면 방향으로 진전되고 있음을 알 수 있었다. 이러한 균열은 기판 구조의 1층 및 2층에 있는 회로선을 지나면서 최종적으로 단락 불량을 발생시킨다. 균열이 시작되는 위치를 파악하기 위해서 온도순환시험 300 사이클이 끝난 시편을 분석한 결과 에폭시의 보이드와 박리부분에서 미세 균열이 발생하였다.

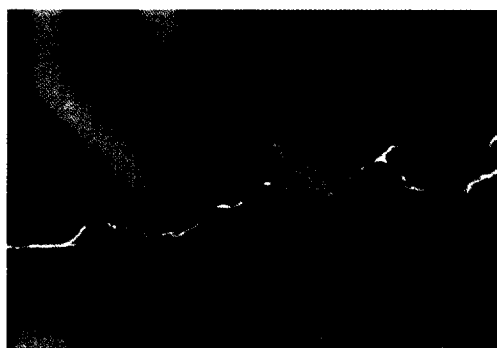


Fig. 4 Failure model of the PCB

보이드나 박리의 발생으로 칩과 기판의 계면이 분리되고, 온도순환시험에 의해서 발생된 응력이 이 계면에 집중될 때 균열이 발생되고 진전된다. 그러나 이들 계면에 보이드나 박리가 존재하지 않는다면 온도순환시험에서 패키지가 한 개의 몸체로 움직이기 때문에 균열은 발생하지 않는다. 이러한 불량률의 해결책으로, 칩과 기판사이의 열 응력을 중간에서 완화시켜줄 수 있는 에폭시 A를 사용하여 실험한 결과, 계면 박리가 존재하여 균열 불량이 발생하였다. 그러나 접착강도가 크고 다이 접착시 내부 보이드 발생이 없는 에폭시 B를 대상으로 실험한 결과 균열 발생이 없는 양호한 결과가 나타났다. 보이드의 유무와 영률의 서로 다른 세 가지 유형의 에폭시를 적용하여 기판에 발생하는 열 응력에 대해서 유한요소 해석(Finite Element Analysis)을 수행하였으며, 결과를 Table 3에 나타냈다. 해석은 전체 모델의 1/2만을 고려하였고, 온도

순환시험 조건을 적용하여 상용의 ABAQUS 프로그램으로 행하였다.

Table 3 Result of finite element analysis

Epoxy		A		B		C	
Void		×	O	×	O	×	O
Stress (MPa)		65.9	74.4	63.4	69.3	61.2	66.1
Modulus (MPa)	(<Tg)	5118		4980		2696	
	(Tg <)	141		361		141	

Table 3에서 보듯이 모든 종류의 에폭시에서 응력은 보이드가 있을때가 없을 때 보다 높았으며, 영률의 차이에 따라서도 동일한 결과가 나타났다. 따라서 기판에 발생하는 열 응력은 에폭시의 영률 차이보다 보이드의 유무에 더 많은 영향을 받는다.

온도순환시험에서 발생하는 또 다른 불량률인 비아 홀(via hole) 가공과 도금에 의한 패키지의 불량 현상이다. 비아 홀은 드릴링후에 구리를 도금하여 형성되며, 구리 도금의 밀착력은 패키지의 신뢰성과 직접적인 연관이 있다.

300 사이클이 지난 시편에 대해서 전기적 특성을 측정 한 결과 40%의 단락 불량률이 발생하였다. 불량률인 비아 홀에서 BT 레진과 구리 도금막 사이에서 박리가 발생하여 비아 랜드의 목(neck) 부분에 균열이 발생되면서 최종적으로 단락 불량을 유발시킨다. 이러한 불량률의 근본적인 원인은 BT 레진과 동박과의 열팽창계수 차이에 의해서 발생하는 열응력이 이들 계면간의 접착력보다 크기 때문에 발생하는 것으로 판단된다. 이를 개선하기 위해서 비아 홀 가공중에 남아있는 불순물을 보다 효과적으로 제거하기 위해서 desmear 공정에 초음파 세척 공정을 추가하여 실험하였다. Table 4에서와 같이 초음파 세척후에는 BT 레진과 구리 도금막 사이의 접착력이 증가하여 뚜렷하게 신뢰성이 향상됨을 알 수 있었다.

Table 4 Effect of ultrasonic cleaning

	30℃/60%RH 192 hours	TC(300)	TC(600)
No ultrasonic	0/160	0/80	80/80
Ultrasonic	0/160	0/80	0/80

4. 결 론

본 연구에서는 플라스틱 패키지의 제조공정과 동일하게 PBGA를 제작하고 기판을 베이크 처리한 뒤 플

라즈마 공정과 온도순환시험, PCT등의 실험을 행하여, 패키지의 신뢰성 향상에 대하여 연구하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 플라즈마 처리후 솔더 마스크 표면에서의 조성 분석 결과 플라즈마 처리전의 시편에서 보다 C, Cl 등의 성분은 감소하였고 O, Ca, N 등의 성분은 증가하였다. C 성분의 감소는 솔더 마스크 표면의 유기오염을 감소시킬 뿐 아니라, 솔더 마스크 표면에 화학 결합손을 다수 형성시켜 다이 접착 공정에서 에폭시와의 접착력을 향상시킨다.
- 2) 플라즈마 처리는 에폭시의 젖음성을 향상시키며, 다이 접착후 에폭시와 기판 사이의 전단강도가 220 kg/mm²에서 400 kg/mm²로 향상됨을 확인하였다.
- 3) EMC의 가교밀도가 높고 Tg가 고온일 경우 EMC의 화학분해가 일어나지 않고, 이온 불순물의 이동성을 감소시켜서 부식이 발생하지 않는 것으로 판단된다.
- 4) 기판이 받는 열 응력은 에폭시의 영률 차이보다 보이드의 유무에 더 많은 영향을 받았다.

참 고 문 헌

1. P.McCluskey, R.Munamarty, "Popcorning in PBGA Package during IR reflow soldering, IEPS Conference, (1996), pp.271~281
2. J.E.Galloway, B.M.Miles, "Moisture absorption and desorption predictions for Plastic Ball Grid Array Packages" IEEE Transaction on components, Packaging, and Manufacturing Technology, (1997), pp.274~279
3. S. Yuko, Y. Akihiko, "The Reliability of Plastic Ball Grid Array", IEMT/IMC Proceedings, (1998), pp.35~39
4. 金京燮, 辛永議, "동박과 PSR간의 접착력 향상에 관한 연구", 大韓熔接學會誌, 第17卷 第3號, (1999), pp.123~127
5. G.Hawkin, G.Ganesan, "The PBGA: A systematic study of moisture resistance, IEPS Conference, (1994), pp.588~602
6. D.S.Chun, D.A.Doane, "Reduction of popcorning in BGAs by Plasma Cleaning". In Proceedings of the 2nd Pan Pacific Microelectronics Symposium, (1997), pp.247~251
7. C. Lee, K. Nyunt, "Plasma Cleaning of Plastic Ball Grid Array Package", Microelectronics Reliability, (1999), pp. 97~105
8. Rust RD, Doane DA, "Improvement in Wire Bonding and Solder of Surface Mount Components Using Plasma Cleaning Techniques, IEEE Trans. Comp. Hybrids, Manufact. Technol., (1991), pp.573~579