

## 플라즈마 처리에 의한 BGA 패키지의 계면 접착력 향상

김 경 섭\* · 한 완 옥\* · 장 의 구\*\*

\* 여주대학 전자과

\*\* 중앙대학교 공과대학 전자전기공학부

### Improvement of Interface Adhesion in Ball Grid Array Packages by Plasma Treatment

Kyung Seob Kim\*, Wan Ok Han\* and Eui Goo Chang\*\*

\* Dept. of Electronics, Yeoo Institute of Technology, Kyongido 469-800, Korea

\*\* Dept. of Electrical Engineering, Chungang University, Seoul 156-756, Korea

#### Abstract

Reliability of PBGA(Plastic Ball Grid Array) package is very weak compared with normal plastic packages. The reliability are the lower resistance to popcorn cracking, which is reduced by moisture absorption in PCB(Printed Circuit Board). This paper adapts plasma treatment process and analyzes their effect. The contents of C and Cl decrease after plasma treatment but O, Ca and N relatively increase. The Plasma treatment to improve the adhesion between EMC(Epoxy Molding Compound) and PCB(solder mask). The degree of improvement was over 100% Max., which is depend on the properties of EMC. Ar+H<sub>2</sub> as plasma gas show good result. There is a little difference in RF power and treatment time.

(Received March 3, 2000)

Key Words : Plasma, PBGA(Plastic ball grid array), Solder mask, Adhesion

#### 1. 서 론

패키지는 소자와 실장 기판을 전기적으로 접속하는 것, 소자를 외부 환경으로부터 보호하는 것을 목적으로 설계되어 왔다. 최근의 고밀도 패키지는 주변 단자 패키지의 대표적인 QFP(Quad Flat Package)로부터 BGA(Ball Grid Array), CSP(Chip Scale Package) 등의 에리어 단자 패키지로 바뀌어가고 있다. BGA계열의 패키지는 가장 범용으로 인쇄회로 기판층(BT층)에 리드 설계를 하고 그 위에 다이 부착과 와이어 접속을 한 후 EMC(Epoxy Molding Compound)를 한 면으로 봉지하고 안쪽면에는 솔더 볼을 에리어 어레이(area array) 모양으로 배치한 것이다. 일반적으로 플라스틱 BGA 라고도 불리며, ASIC, 휴대용 전화기, 휴대용 컴퓨터, 노트북 컴퓨터 등 소형화로 고밀도 실장이 필요한 각종 기기에 광범

위하게 사용되고 있다. PBGA 계열의 급격한 성장은 종래 패키지와 같은 신뢰성을 갖으면서 전기적인 특성이 우수하고, 실장성도 QFP(Quad Flat Package)나 TSOP (Thin Small Outline Package)보다 뛰어나다는 이점이 있기 때문이다. 이러한 이점들에 비해서 상대적으로 해결해야할 문제점도 가지고 있다. 특히 패키지가 수분의 흡수로 인한 계면사이의 박리로 팝콘(popcorn) 균열에 대한 저항성이 약하다는 점과 과도한 패키지 휨(warpage)<sup>1-4)</sup>, 납땜 접합부의 신뢰성과 검사문제<sup>5)</sup>, 미세 피치화에 대응할 수 있는 소켓 개발 등을 들 수 있다. 최근에는 PBGA의 볼 수가 계속 증가하고, 제품군의 다양화, 미세 피치화되는 추세이며 보다 가혹한 사용 환경에서의 신뢰성에 대한 요구가 증대되고 있으나, 이에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고온 고습 환경에서 패키지가 흡수하는 수분의 양을 측정하였고, PBGA 조립 과정

에 플라즈마 처리 공정과 사용 가스, 처리조건들을 변화시켜서 계면간의 접착강도에 미치는 영향과 그에 따른 패키지 신뢰성에 대해서 연구하였다.

### 2. 실험 방법

PBGA의 조립 과정은 다이 절단→다이 부착→와이어 접속→몰드(봉지)→경화→솔더 볼 탑재→리플로우→절단 순이다. 실험에 사용된 패키지의 외관 치수를 Fig. 1에 나타내었다.

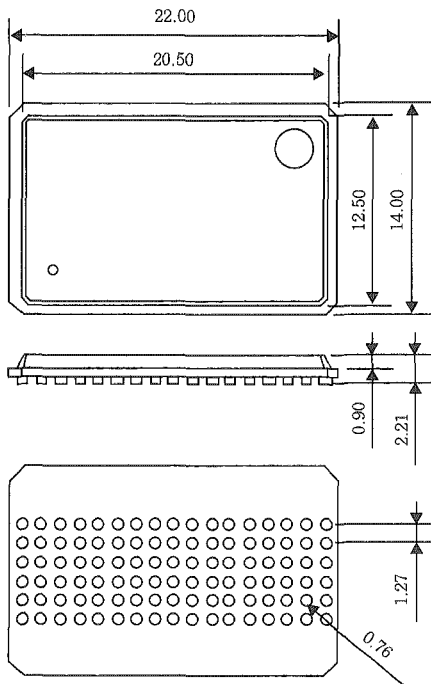


Fig. 1 Overall dimensions of the PBGA

PBGA는 일반적인 플라스틱 패키지와는 달리 기판을 사용하기 때문에 패키지의 수분 흡수율이 플라스틱 패키지에 비해서 10% 정도가 높다<sup>6)</sup>. 고온 고습 환경에서 PBGA가 흡수하는 수분의 양을 측정하였다. 측정은 30℃/60% RH와 85℃/65% RH 조건을 유지하는 챔버속에서 570 시간까지 진행하였으며, 전자저울을 이용하여 시간별로 시편의 무게를 측정하였다.

또한 몰드 공정에서 사용되는 플라즈마 가스와 RF power에 따라서 시편을 제작하여 EMC와 솔더 마스크 사이의 전단강도를 측정하였다.

본 연구에서 플라즈마 처리는 13.56MHz의 RF 제너레이터로 발생하는 PX-1000 장비를 사용하여 행하였다. 플라즈마 처리는 전력 300±10watt, 시간 300±10sec, 압력 100±20torr, 유량 300±10sccm의 조건에서 Ar, Ar+O<sub>2</sub>(200:100), Ar+H<sub>3</sub>(200:100)

가스 중에서 행하였다. 몰드 과정에서 접착강도 실험은 EMC를 BGA 기판위에 형성시킨 후 Microtester를 이용하여 전단강도를 측정하였다. 시료의 표면 조성 및 화학적 결합상태의 분석은 ESCALAB 200-IXL XPS(X-Ray Photoelectron Spectroscopy)로 수행하였다. 에너지원으로는 250 watt의 Mg Kα (1253.5eV) 방사를 사용하였다. 시료의 표면 조성 분석을 위한 wide scan 분석은 pass 에너지(E<sub>p</sub>)를 100eV로 수행하였다. 플라즈마 처리 과정을 거친 뒤 패키징 작업을 하여 EMC와 기판 사이의 접착강도를 평가하였다. 평가는 사람이 강제적으로 기판의 경계부분을 분리시켰다. 플라즈마 처리가 패키지의 장기 신뢰성에 미치는 영향을 검증하기 위해서 수분 흡수량 평가조건과 동일한 조건인 30℃/60% RH 분위기에서 192 시간이 경과한 후에 EMC와 기판 사이의 박리 정도를 SAT(Scanning Acoustic Tomography)로 분석하였다. Fig. 2에 개략적인 플라즈마 장비의 구성도를 나타냈으며, 패키지 몰드에 사용되는 EMC의 물성치를 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 CTE(Coefficient of Thermal Expansion)는 열팽창 계수, T<sub>g</sub>(glass transition temperature)는 유리전이온도이다.

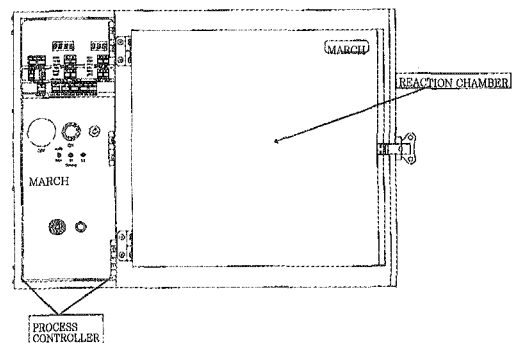


Fig. 2 Configuration of plasma cleaning machine

Table 1 Material properties of epoxy molding compound

Property EMC	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	CTE (ppm/°C)	T <sub>g</sub> (°C)
A	2.70×10 <sup>4</sup>	0.23	<T <sub>g</sub> 9 >T <sub>g</sub> 40	110℃
B	2.30×10 <sup>4</sup>	0.23	<T <sub>g</sub> 9 >T <sub>g</sub> 38	100℃
C	2.34×10 <sup>4</sup>	0.23	<T <sub>g</sub> 7 >T <sub>g</sub> 32	125℃

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 패키지의 수분 흡수량 측정

BGA에 있어서 수분의 주요 흡수 경로는 1) 비아 홀 2) EMC와 솔더 마스크 계면 3) EMC 4) 기판(BT 레진) 4가지이다. 패키지 상태에서 외부로부터 수분을 인가시키면 4가지 경로로 수분이 침투하게 되는데 이중 기판에서 가장 수분의 흡수가 크다<sup>1,2)</sup>. Fig. 3에는 BGA가 챔버속에서 일정 시간이 경과하면서 변하는 수분 흡수율을 나타내었다. 수분 흡수율은 두가지 조건에서 실험 시작 후 초기 70 시간까지 0.20w%로 급격히 증가하였고, 이후로는 포화(saturation) 단계인 0.22w%에 도달하여 완만히 증가함을 보였다. 이와 같이 초기에 수분 흡수율이 높은 이유는 BGA 패키지 구조가 수분에 취약한 BT 레진 기판을 사용하고, 이 기판 내부에는 많은 비아 홀이 형성되어 있기 때문이다. 이 비아 홀에는 수분의 흡수가 많은 솔더 마스크가 내부를 채우고 있어서 이를 통해서 초기에 많은 수분이 침투하기 때문인 것으로 판단된다. Table 2에 패키지를 구성하는 재료의 수분 용해도와 확산속도를 나타내었다.

Table 2 Moisture properties materials

Material	EMC	Adhesive	Solder mask	BR resin
Diffusivity (cm <sup>2</sup> /s)	7.09×10 <sup>-9</sup>	6.00×10 <sup>-7</sup>	1.90×10 <sup>-9</sup>	7.00×10 <sup>-9</sup>
Solubility (g/cm <sup>3</sup> )	2.00	7.80	7.00	2.36

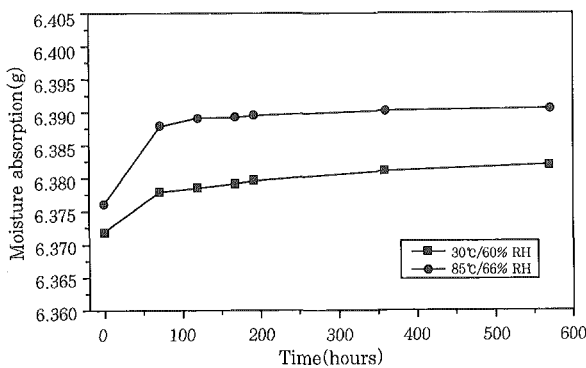


Fig. 3 Moisture absorption of PBGA

#### 3.2 플라즈마 처리 가스에 의한 영향

플라즈마 처리는 솔더 마스크(기판)와 에폭시 (접착제) 사이의 접착강도와 젖음성을 향상시킨다<sup>7,8)</sup>. 혼합 가스에 따라서 솔더 마스크 표면의 XPS 분석 결과를

Table 3과 Fig. 4에 나타내었다.

솔더 마스크 표면에서의 XPS 조성 분석 결과 플라즈마 처리한 시료는 플라즈마 처리를 하지 않은 시료보다 C, Cl 등의 성분은 감소하는 경향을 보였고, O, Ca, N, Mg 등의 성분은 증가하는 경향성을 보였다. 하지만 Cl, Ca, Mg 성분의 조성비는 3.50% 미만으로 미소한 양이었고, 결국 계면 접착력에 영향을 미치는 성분은 표면 조성비의 대부분을 차지하며 변화의

Table 3 Atomic percent of solder mask surface after plasma treatment

	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	46.80	44.00	5.20	-	0.40	0.40	2.10	1.10
Ar+O <sub>2</sub>	32.60	48.50	11.20	-	1.10	3.50	1.90	1.12
Ar+H <sub>2</sub>	49.80	37.00	7.20	-	0.70	2.50	1.40	1.20

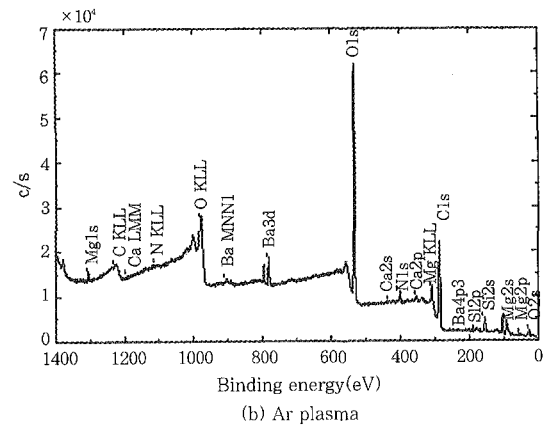
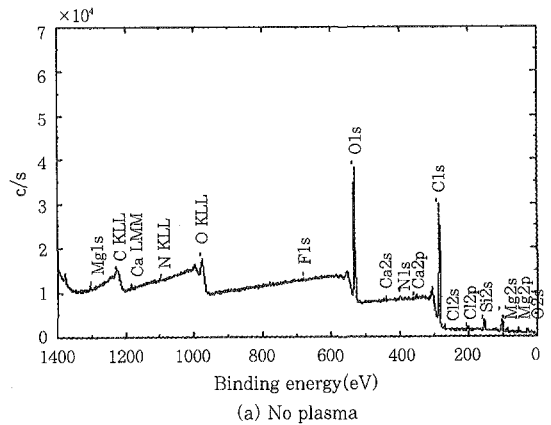


Fig. 4 XPS measurements on the solder mask surface

정도가 큰 C와 O 성분으로 판단된다. 즉, energetic species인 Ar에 의해 이온 충격(bombardment) 효과 및 O<sub>2</sub>의 플라즈마 효과에 의해서 반응성이 강한 CO 등의 휘발성(volatile) 물질이 생성되어 표면에서 탈리되어 진다<sup>10)</sup>. 이를 통해 계면 접착력을 저해하였던 C에 의한 유기(organic) 잔류물 층(residue layer)이 제거되어 계면 접착력을 향상시키는 것으로 보고되고 있다<sup>8,9)</sup>.

### 3.3 플라즈마 조건에 의한 영향

몰드 과정에서 EMC와 플라즈마 혼합가스에 의한 전단강도 값을 Fig. 5에 나타내었다. EMC와 솔더 마스크 사이의 전단 강도는 세 종류의 EMC에서 평균 98N 이상 값을 보였으며, Ar+H<sub>2</sub> 가스가 우수한 결과를 나타내었다. 하지만 Ar+O<sub>2</sub> 가스에서는 표면의 잔류물 제거에는 효과가 있었으나, O<sub>2</sub> 가스에 의한 표면 산화<sup>9)</sup>에 의해서 전단강도 값이 다른 처리 가스에 비해서 감소하는 것으로 판단된다.

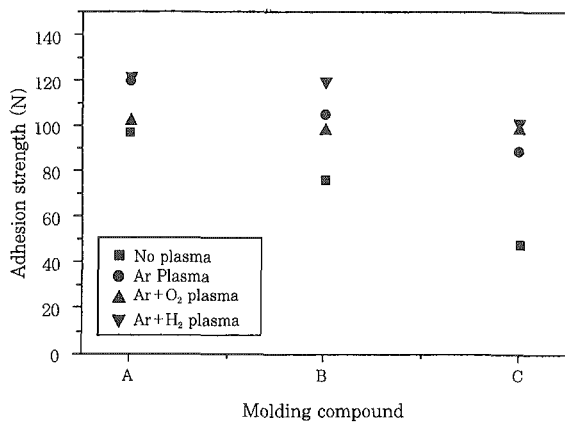


Fig. 5 Effect of plasma treatment gas on shear strength

RF power에 따른 전단강도는 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 EMC B에서의 전단강도는 300watt까지는 103N 수준이었고, 500watt에서 98N으로 약간 감소하는 경향을 보였다. Fig. 7에는 기판의 플라즈마 처리 시간을 1분에서 10분까지 변화시켰을 때 초기인 1분에서는 112N 이었고, 5분이 경과한 후에는 108N으로 감소하였다. 하지만 처리 시간이 10분까지 경과해도 전단강도에는 큰 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 플라즈마 처리가 10초 이내의 짧은 시간인 경우에는 계면 접착력에 영향을 미치는 C와 O 성분의 감소가 1% 이내로 작았지만<sup>8)</sup>, 1분 이상의 시간이 경과하면 플라즈마 효과는 포화 단계에 도달하는 것으로 판단된다.

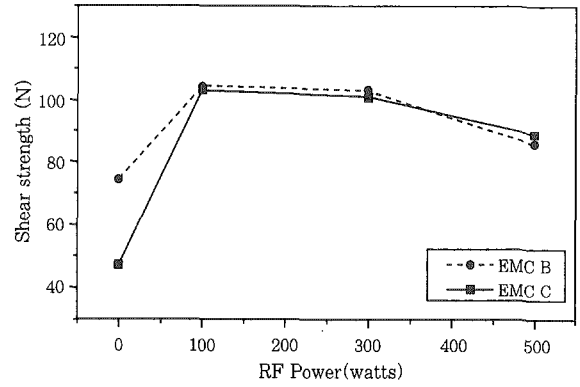


Fig. 6 Effect of plasma RF power on shear strength

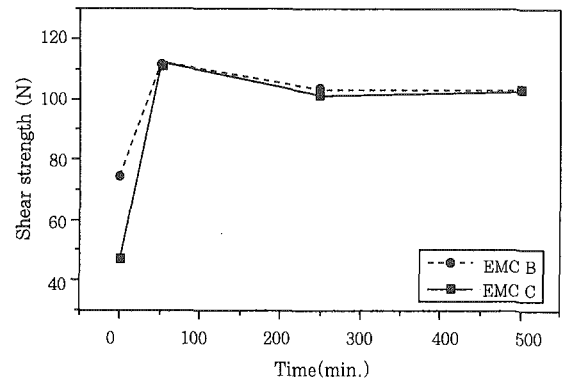
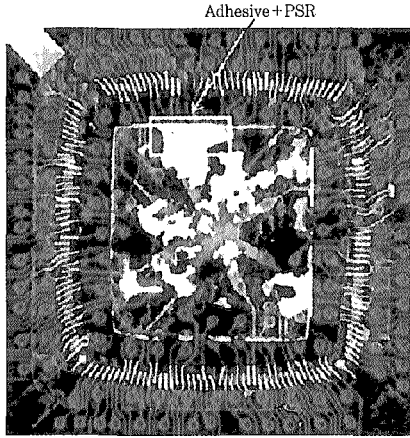


Fig. 7 Effect of plasma treatment time on shear strength

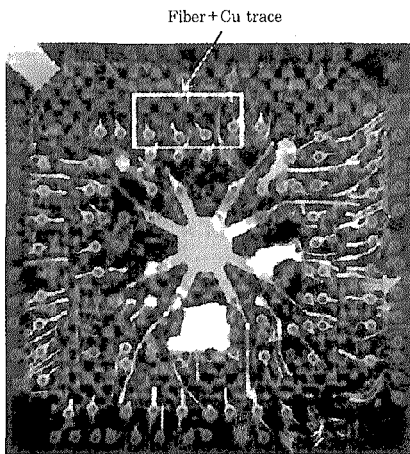
### 3.4 패키지의 신뢰성 평가

패키지의 신뢰성 평가가 완료된 시편의 파면을 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 8에 나타낸 바와 같이 파면을 관찰하면 플라즈마 처리를 하지 않은 시편에서는 다이 접착제와 솔더 마스크 부분이 관찰된다. 따라서 파면은 EMC와 솔더 마스크 층 사이에서 발생하는 계면 파단이다. 그러나 플라즈마 처리된 시편의 파면에서는 유리섬유와 구리 패턴이 나타나는 레진 파단이다. 이상과 같은 결과는 앞에서 논의된 바와 같이 플라즈마 처리로 EMC와 솔더 마스크 계면간의 접착력이 향상되었기 때문으로 판단된다.

30℃/60% RH 분위기에서 192 시간이 경과한 후에 EMC와 기판 사이의 박리 정도를 SAT로 관찰하여 Fig. 9에 나타내었다. 플라즈마 처리를 하지 않은 시편에서는 좌측 하단의 몰드 게이트와 우측 하단의 계면 부분에서 많은 박리가 발생되었다. 이와 같이 플라즈마 처리를 하지 않은 시편에서 많은 박리가 발생하는 것은 몰드 게이트 부분이 EMC와 접착강도가 낮은 금으로 형성되어 있고, 유기물 층에 의해서 계면 접착력이 떨어지기 때문이라고 생각된다. 하지만 플라즈마 처리된 시편에서는 패드의 우측 중간부분에서 약간의 박리가 발견되었을 뿐 전반적인 접착력의 향상을 확인하였다.



(a) No plasma



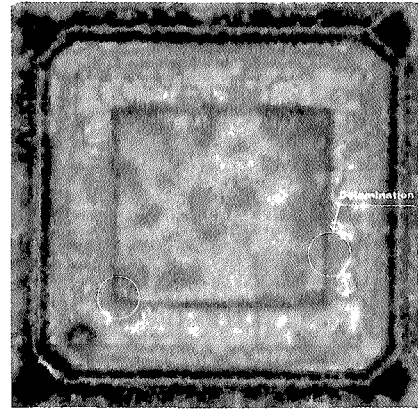
(b) Ar plasma

Fig. 8 Fractography of EMC and PCB interface

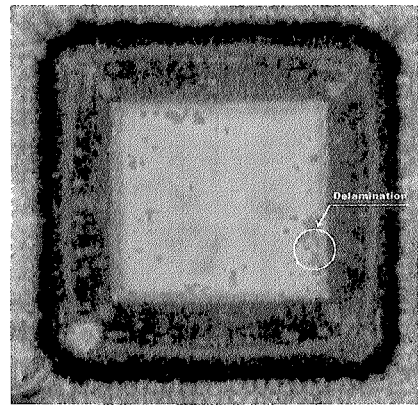
#### 4. 결 론

본 연구에서는 PBGA 조립 과정에 플라즈마 처리 공정과 공정조건들을 변화시켜 전단강도 변화와 패키지의 신뢰성에 대하여 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 플라즈마 처리에서 계면 접착력에 영향을 미치는 성분은 C 와 O로 판단된다. 즉, energetic species인 Ar에 의해 이온 충격 효과 및 O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> 등의 플라즈마 효과에 의해서 반응성이 강한 휘발성 물질이 생성되어 표면에서 탈리되어 진다. 이를 통해 계면 접착력을 저해하였던 C에 의한 유기 잔류물 층이 제거되어 계면 접착력이 향상됨을 알 수 있었다.
- 2) 몰드 공정에서는 세 종류의 가스에서 접착력이 최대 100% 이상 증가하였으며, 전단강도는 Ar+H<sub>2</sub>>Ar>Ar+O<sub>2</sub> 가스 순 이었다.
- 3) 플라즈마 처리 과정에서 RF power, 처리시간에 따라서 전단강도에는 큰 유의차가 없음을 확인하였다.



(a) No plasma



(b) Ar plasma

Fig. 9 Photographs of SAT after 192hrs at 30°C/60% RH condition

- 4) 플라즈마 처리는 패키지 구성재료간의 접착강도를 증대시켜서 패키지 신뢰성을 향상시킨다.

#### 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. W. L. Yang, "The Effects of Epoxy Molding Composition on the Warpage and Popcorn Resistance of PBGA", Elec. Comp., and Tech., (1999), pp.721~726
5. "표면실장기술 동향", The Electronic Parts & Components Monthly, (1999), pp.42~46

6. G. Hawkin, G. Ganesan, "The PBGA: A Systematic Study of Moisture Resistance, IEPS Conference, (1994), pp.588~602
7. 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
8. C. Lee, K. Nyunt, "Plasma Cleaning of Plastic Ball Grid Array Package", Micro Electronics Reliability, (1999), pp.97~105
9. J. H. Hsieh, "Plasma cleaning of copper leadframe with Ar and Ar/H<sub>2</sub> gases, Surface and Coatings Technology, (1999), pp.245~249
10. D. R. Lide, "CRC Handbook of Chemistry and Physics", CRC PRESS, (1996), pp.9~52