

동박과 PSR간의 접합력 향상에 관한 연구

김경섭* · 정승부** · 신영의***

Study on the Improvement of Adhesion between Cu Laminate and PSR

Kyung S. Kim*, Seung B. Jung** and Young E. Shin***

Key Words : Cu Laminate(동박), Die Pad(다이 패드), PCB(기판), Via Hole(비아 홀), Photo Solder Resist(포토 솔더 레지스트)

Abstract

Because of the need for packages which accommodate high pin count, high density and high speed device, PBGA(plastic ball grid array) package gets more spotlight. But the substrate material which is used for PBGA package is in nature susceptible to moisture penetration. The objective of the study is to find out the path of delamination in the stacked structure of substrate. To increase the adhesion between the cooper laminate and PSR(photo solder resist) which is the weakest part, experiments were performed by changing parameters of printing pre-treatment and post-treatment process. As a result of experiments, the factor effect on the adhesion between the cooper laminate and PSR is caused by all of the pre-treatment and post-treatment condition. A considerable change was observed depending on the amount of UV irradiation after thermal cure which is typical of printing post-treatment condition rather than pre-treatment condition.

1. 서 론

반도체 패키지는 소자의 고집적화, 고속화, I/O 핀 수의 증가에 의한 다핀화, 실장제품의 소형화 추세에 따라 소형 및 박형화로 변모해가고 있다. 이에 대응하는 패키지 제품으로 TAB(Tape Automated Bonding), MCM(Multi Chip Module), BGA(Ball Grid Array), CSP(Chip Scale Package) 등이 개발 또는 양산화되어 가고 있다. 현재 반도체 패키지는 많은 변화를 가져오고 있으며,

Fig. 1과 같이 1995년 이전에는 표면실장형인 SOP(Small Outline Package), QFP(Quad Flat Package)가 주류를 이루고 있었으나, 점차적으로 BGA가 다핀 패키지 시장을 선도하는 제품으로 부각되고 있으며, 워크스테이션, 3차원 그래픽용 IC, 통신 기기, 노트북 PC등의 분야에 적용 범위가 증대되고 있다.^{1,2)} 또한 BGA는 CSP나 micro-BGA와 같은 차세대 패키징 기술에 필요한 기반기술을 구축하는데 중요한 역할을 하고 있다.

BGA는 플라스틱 패키지에서 사용하는 리드 프레임 대신 기판, 세라믹 또는 얇은 메탈 기판을 이용하며,

* 1998년 10월 14일 접수

* 정희원, 여주대학 전자과

** 정희원, 성균관대학교 금속공학과

*** 정희원, 중앙대학교 기계설계학과

• 김경섭 : kkseob@yeojoo.ac.kr

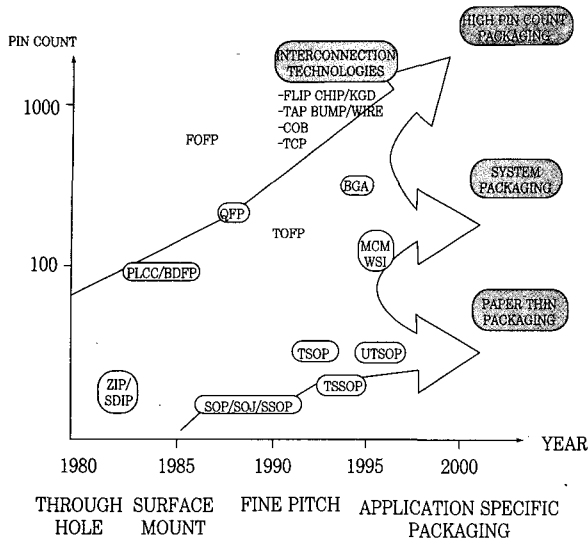


Fig. 1 Device and packaging trends

외부 리드 대신 솔더볼로 단자를 구성한다. 그러므로 동박을 적층 구조로 구현할 수 있어서 다핀화가 가능하며 제품실장이 용이하다. 또한 BGA는 전기적·열적 특성이 우수하고 제품의 소형화, 박형화가 가능하다는 장점이 있다. 그러나 이러한 장점들에 비해서 BGA는 기판의 제조 및 관리가 어렵고, 흡습에 취약하여 패키지 신뢰성이 플라스틱 패키지에 비해서 열세이며, 제품 실장시 솔더볼이 패키지 전면에 부착되기 때문에 불량품에 대한 수정 작업이 어렵다는 단점들도 가지고 있다.³⁻⁵⁾

본 논문에서는 BGA 패키지의 신뢰성에 중요한 영향을 미치는 동박층과 포토 솔더 레지스트(Photo Solder Resist, PSR)간의 접착력을 향상시키기 위해서 인쇄 전처리 공정과 인쇄 후 경화조건으로 구분해서 패키지 신뢰성을 비교·평가하였다. 또한 공정조건에 따른 접착력과 내부구조의 변화를 분석하기 위해서 신뢰성 평가(Pre-conditioning test)와 그에 따른 구조적 및 전기적 특성을 분석하였다.

2. 실험

PBGA 패키지에서 발생하는 각 계면간의 박리 유형은 에폭시 몰딩 콤파운드(Epoxy Molding Compound, EMC)와 PSR 계면과, BGA 기판에서 동박과 PSR 계면으로 크게 구분할 수 있다.

기판의 구성요소인 동박은 수백개의 유리화 접착 방부제에 의해 하나의 프리 프레그를 만든 후 또다른 동박과 열압착시켜 하나의 적층 기판을 만들기 때문에 접착력은 매우 우수하다. 그러므로 동박과 PSR간의 접착력 부족으로 인하여 패키지 신뢰성 실험중 불량을 발

생시킬 수 있는 부위는 동박과 PSR 계면이다. PSR 부위는 동박에 비해서 상대적으로 취약하여 일반적으로 인쇄 후 경화시키는 방법을 적용하고 있다. 이것은 열경화성 PSR로 구리층과 접착력을 증대시키기 위해서 인쇄 전처리 공정을 통해 세정 및 표면연마 과정을 적용하고 있다. Fig. 2는 BGA 기판의 설계구조를, Fig. 3에는 BGA 패키지의 단면 구조를 나타내었다.

기판 제작시 사용되는 전처리 공정 순서도는 Fig. 4와 같다.

PSR과 동박층간의 접착력 실험을 위해 인쇄 전처리 공정과 인쇄 후처리 공정 조건인 경화조건으로 구분해서 실험을 실시하였다.

인쇄 전처리 공정은 컨베이어 이송 속도는 고정시킨 후 전처리 투입 횟수와 연마재 사용시간을 변화시켰고, 후처리 공정에서는 UV 경화후 열경화, UV 조사

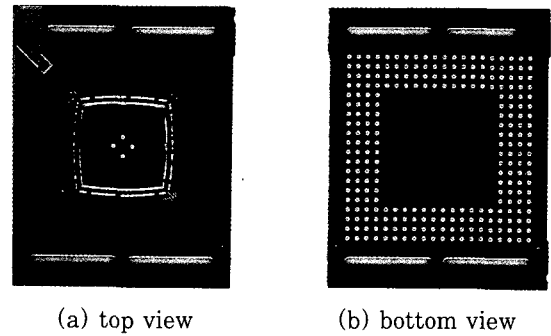


Fig. 2 BGA substrate design

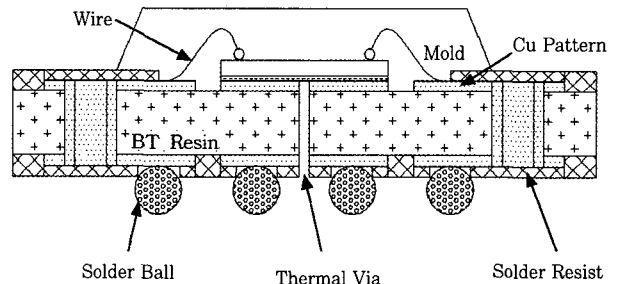


Fig. 3 Cross sectional view of a BGA

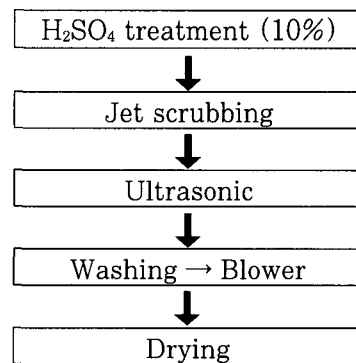


Fig. 4 Flow chart of the pre-treatment processes

시 컨베이어 이송 속도(5m/min→3.5m/min), 열경화 시간(150℃,30분→60분)을 변화시켜 실험을 진행하였다.

Table 1은 신뢰성 수준을 평가할 각각의 조건들을 나타내었다.

Fig. 5는 PSR과 동박층간의 접착력을 평가하기 위한 순서도이다.

Table 1. Experiment condition of printing pre-post treatment processes

Item	Pre-treatment			Post-treatment
	Input speed (m/min)	Input cycle (cycles)	Abrasive compound operating time (hrs)	
A	2	1	25	● Thermal cure→UV cure
B	2	2	28	● Conveyor speed: 5 m/min
C	2	3	30	● Thermal cure time: 30 min
D	2	2	28	● UV cure→Thermal cure
E	2	2	28	● UV irradiation (Conveyor speed : 3.5 m/min)
F	2	2	28	● Thermal cure time: 60 min

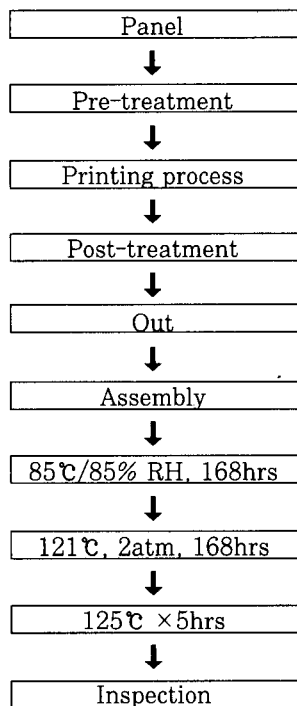


Fig. 5 Flow chart of experiment

3. 결과 및 고찰

3.1 접착력 평가

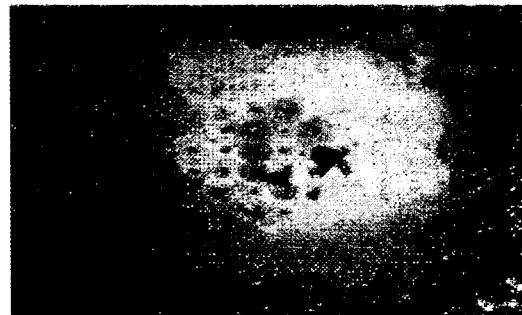
실험에서 구리 패턴층과 PSR간의 박리량을 판정하는 기준은 Fig. 6과 같이 각각 100%, 50%, 30%로

구분하였다. 또한 각각의 패키지에 대한 기판 볼 패드부의 구리 패턴층과 PSR간의 접착력 상태를 분석하기 위해서 실험 시편을 85℃/85% RH(Relative Humidity) 상태에서 168시간 처리한 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

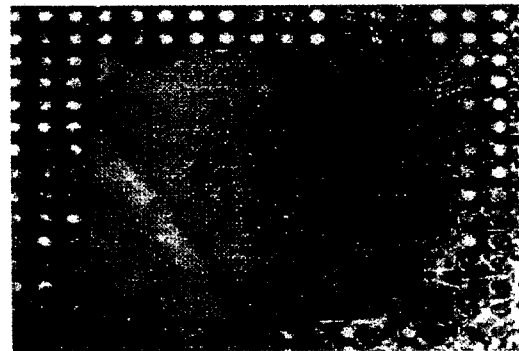
Fig. 7의 결과에서 보듯이 구리 패턴층에 PSR이 많이 남아있는 E 조건이 접착력 상태가 가장 우수하였다. 따라서 인쇄후 UV 조사량을 증가시켜주기 위해서 컨베이어 속도를 느리게 할 때 접착력이 향상됨을 알 수 있었다.

또한 EMC와 PSR간의 접착력을 평가하기 위해서 EMC와 PSR 사이를 강제적으로 분리하여 EMC에 PSR의 접착 상태를 육안으로 검사하였다.

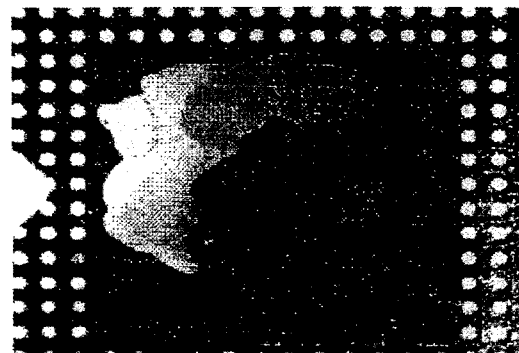
이것은 EMC면과 PSR 어느쪽의 접착력이 우수한가



(a) 100% delamination



(b) 50% delamination



(c) 30% delamination

Fig. 6 The standard of delamination quantity

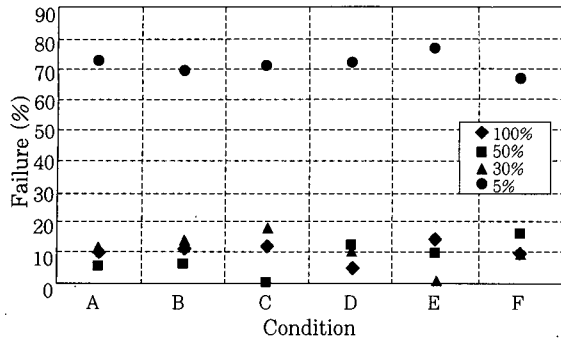


Fig. 7 The ball part of delamination failures (85°C/85% RH, 168hours)

를 판단하는 기준이 될 수 있다. EMC와 PSR이 분리되면 EMC의 접착력이 PSR에 비해 상대적으로 낮고, EMC에 PSR이 붙어 구리층이 분리될 경우에는 기판을 구성하고 있는 구성요소의 접착 강도가 작은 문제로 구분할 수 있다.

Table 2에 신뢰성 실험(85°C/85% RH, 168hours)을 진행한 후 구리층이 박리되는 비율을 나타내었다. 박리율이 가장 낮은 E 조건에서 구리층과 PSR간의 접착력이 가장 우수하게 나타났다.

Table 2. Discrete rate of copper(85°C/85% RH, 168hours)

Condition	A	B	C	D	E	F
Discrete rate(%)	3 { 25	3 { 25	3 { 25	3 { 10	3 { 5	3 { 15

3.2 패키지 신뢰성 평가

패키지 내부구조의 변화를 분석하기 위해서 신뢰성 실험이 완료된 패키지 시편의 다이패드부를 절단하여 패키지의 구조적인 측면에서 계면박리의 발생 및 진전 여부를 분석하였다. 이때의 패키지는 256 PBGA로, 외각 크기는 27×27mm, 칩 크기는 9.9×9.9mm이며, 칩 두께는 0.32mm, 볼 피치는 1.27mm, 볼 직경은 0.76mm이다.

Table 3. Delamination type due to experimented condition

Item	A	B	C	D	E	F
Failure No.	9/10	5/10	7/10	3/10	4/10	6/10
Length (mm)	2.7	2.0	Crack	3.7	1.7	2.7
Start point	Chip edge	Pad edge	Out side	Chip edge	Pad edge	Chip edge

Table 3에 신뢰성 실험 후 각각의 조건에서 발생하는 불량 현상을 종합하였다. 조건 A에서 F까지의 박리 유형을 분석하면 접착력에 유의차가 있음을 알 수 있었다. A, D, F 조건에서는 칩 모서리에서, B, E 조건에서는 다이패드 모서리에서 박리가 발생되어 진전되고 있으며, 이중 E 조건에서 박리의 진전 길이가 1.7mm로 가장 짧음을 알 수 있었다.

위와 같은 결과를 토대로 개선전인 기판 제조 공정 조건(열경화→ UV 경화, UV 컨베이어 속도: 5m/min, 열경화 시간: 30분)과 Table 1의 E 조건을 적용하였을때의 신뢰성 향상 수준을 파악하기 위해서 실험하였다. 실험전에 패키지 자체내에 포함되어 있는 초기 수분을 제거하기 위해서 시편을 125°C 에서 24시간 동안 고온 챔버에 보관하였다. 실험은 85°C /30% RH 168시간→220°C, 2사이클(적외선)→85°C/85% RH 2기압, 168시간 실험과 -50°C~125°C, 200사이클 실험으로 구분하여 진행하였으며, 전기적 특성 검사를 실시하여 나온 결과를 Table 4에 나타내었다.

Table 4. The test of result accelerated reliability

Item	Before	After
85°C/85% RH, 2atm, 168hours	6/80	0/80
-50°C to 125°C, 200cycle	0/80	0/80

Table 4와 같이 UV 조사시 컨베이어 속도를 5m/min에서 3.5m/min로 변경시켰을때 신뢰성 결과가 우수함을 알 수 있었다. 이 이유는 컨베이어 속도가 늦어지면 UV 경화 조사량의 증가로 인해 계면 접착력이 향상되어 패키지 신뢰성이 향상되는 것으로 판단된다. 또한 컨베이어 이송 속도가 5m/min에서 발생한 불량 시편을 분석한 결과 칩과 접착제 사이의 계면박리로 인하여 PSR 부위로 파단이 진행되었으며, Fig. 8에 파단이 진행된 정도를 나타내었다. PBGA는 플라스틱 패키지와는 달리 기판을 사용하기 때문에 패키지의 흡습률은 일반 플라스틱 패키지에 비해서 10% 정도가 높다.⁴⁾ 이 흡습률의 차이는 PBGA에 사용되는 기판을 가공할 때 비아 홀에 PSR의 충전 정도에 따라 영향을 받으며, 기판에서 습기가 내부로 침투할 수 있는 가장 쉬운 경로이다. 신뢰성 실험에서 진행된 패키지의 흡습률을 분석한 결과 Fig. 9와 같다.

Fig. 9에서 보는 바와 같이 실험 조건별 시편들의 흡습률을 비교하면 E 조건에서 가장 적게 수분이 흡수됨을 알 수 있었다. 따라서 계면 접착력이 향상되는 E

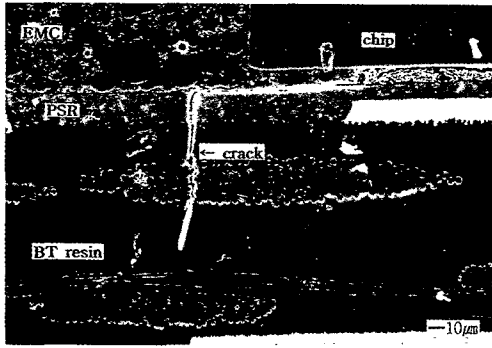


Fig. 8 After accelerated reliability test induced failure

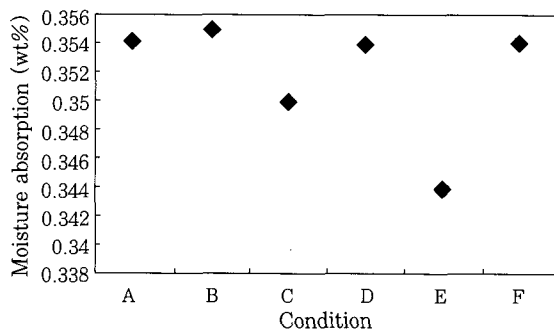


Fig. 9 Moisture absorption rates (85°C/85% RH, 168hours)

조건이 다른 조건에 비해서 적은 양의 수분이 패키지 내부로 흡수되어 양호한 신뢰성 결과가 나오는 것으로 판단된다.

Fig. 10은 신뢰성 실험후 수분의 흡수에 의해 비아 홀 내벽의 도금된 부위에 박리가 발생한 패키지의 단면을 SEM(Scanning Electron Microscope)으로 관찰한 것이다. 접착제와 PSR층에서 초기 균열이 발생되어 계면을 따라 진행되고 있음을 알 수 있다. 현재 이러한 불량 현상을 개선하기 위해서 다이패드 설계 변화, 향상된 접착제의 적용, 비아 홀을 통한 수분의 침투를 억제할 수 있는 기판 제조 방법등 신뢰성 향상을 위한 다양한 방법이 연구되고 있다.^{6~9)}

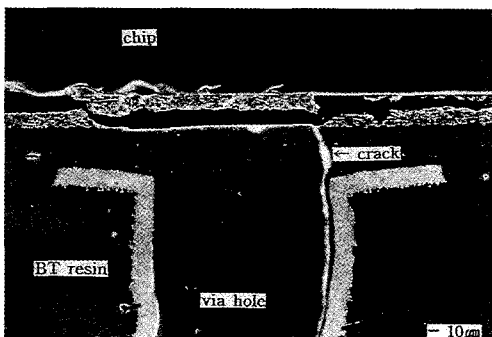


Fig. 10 After moisture absorption reliability test induced failure

4. 결 론

본 연구에서는 동박층과 포토솔더 레지스터간의 접착력을 향상시키기 위해서 기판 제조 공정의 인쇄 전처리와 후처리 공정에 대해서 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 인쇄 전처리 조건보다는 후처리 조건인 열경화후 UV 조사량에 따라 큰 변화가 있었다.
- 2) 전처리 조건에서는 컨베이어 투입속도를 2 m/min, 투입 횟수를 2사이클, 연마재 사용은 28시간 일때 양호하였다.
- 3) 후처리 조건은 컨베이어 이송속도가 3.5m/min 일때 UV 경화 조사량의 증가로 계면 접착력이 향상되어 패키지 신뢰성이 우수하였다.
- 4) 기판의 구조별 접착력은 EMC와 BT 레진 > EMC와 PSR > 동박과 PSR층 순이다.

참 고 문 헌

1. BGA/CSP 신세대 Package의 개발동향, 표면실장기술, (1996), pp.57-60
2. Y.Hiruta : Packaging Technology in Japan, ASME(1997), pp.37-40
3. J.H.Lau, Y.H.Pao : Solder Joint Reliability of BGA, CSP, Flip Chip, and Fine Pitch SMT Assemblies, McGraw Hill Inc, (1997)
4. G.Hawkin, G.Ganesan and H.Berg : The PBGA: A Systematic study of moisture resistance, IEPS Conference, (1994), pp.588-602
5. P.McCluskey, R.Munamarty : Popcorning in PBGA Package during IR reflow soldering, IEPS Conference, (1996), pp.271-281
6. D.S.Chun, D.A.Doane : Reduction of Popcorning in BGAs by plasma cleaning, 2nd Pan Pacific Microelectronics Symposium, (1997)
7. Y.C.Teo : Enhancing Moisture Resistance of PBGA, IEEE, (1998)
8. C.H.Lee, S.G.Lee : Comparison of the Strength and Reliability between Gold-Plated and Bare Copper Lands of a BGA package, IEEE, (1998)
9. K.Oota : Study of Molding Compound for BGA, IEEE, (1998)