

모바일향 초소형 패키지의 Warpage 특성 분석

Analysis of warpage characteristics of subminiature package for mobile devices

송차규¹, *#좌성훈¹

C. G. Song¹, *#S. H. Choa (shchoa@snut.ac.kr)¹

¹ 서울산업대학교 NID 융합기술대학원

Key words : CABGA, fcCSP, SCSP, MCP, Package, Warpage

1. 서론

최근 휴대폰, PDA 등과 같은 모바일 전자기기들의 사용이 급증하면서 다기능, 고성능, 초소형의 패키지가 시장에서 요구되고 있다. 따라서 사용되는 패키지의 크기도 더 작아지면서 더 얇아지고 있다. 패키지에 사용되는 다이 및 기판의 두께가 점점 얇아지면서 warpage에 대한 신뢰성 문제가 크게 대두되고 있다. Warpage는 서로 다른 패키지 재료의 열팽창계수의 차이(CTE mismatch)에 의하여 발생하는 것으로 궁극적으로 패키지의 응력 집중으로 인한 크랙(crack) 발생 및 신뢰성에 큰 영향을 미친다. 특히 여러 개의 칩을 적층하는 CSP(chip scale package) 및 MCP(multi chip package) 패키지의 경우 warpage에 대한 고려가 선행되어야 한다. 본 논문에서는 현재 모바일 기기에 주로 사용되고 있는 CABGA(chip array BGA), fcCSP(flip chip CSP), SCSP(die stack-up CSP)의 각각의 패키지에 대하여 warpage의 경향을 유한요소해석을 이용하여 분석 및 비교하였다. 또한 최근 3D 적층 패키지기술로서 연구가 활발히 진행 중인 TSV(through silicon via) 기술을 이용한 MCP 패키지에 대해서도 warpage 및 응력해석을 수행하였다.

2. 수치해석 조건 및 모델링

본 연구에서는 초소형 패키지의 warpage 특성을 분석하기 위해 상용해석프로그램인 ANSYS 11.0을 이용하여 유한요소해석을 수행하였다. Table 1은 4가지 타입의 해석 조건을 명시하고 있다. 기판(substrate)과 기판 위에 요소들은 8절점 3차원 모델로 구성되었다. 각 패키지들의 크기는 실제 모바일 폰에 사용되고 있는 초소형 패키지의 치수와 동일하도록 선정하였다. 가로, 세로 크기는 15mm이며, 두께는 각 패키지들의 특성에 따라 다르게 모델링 되었다. 변위 경계 조건은 전체모델의 4등분 대칭(quarter symmetry)으로 구성되며 x, y, z축에 0점을 구속시켰고, 온도 조건으로는 초기온도 175°C(stress-free)에서 25°C(room temperature)로 감소시켰다. 이 때 175°C는 EMC(epoxy mold compound)몰드 재료의 큐어링(curing)온도로써 스트레스가 없다고 가정한다 [1]. CABGA, SCSP 타입의 패키지 모델링은 기판, 몰드, 필름과 다이(die)로 구성되며 CSP 패키지는 2개의 다이가 적층된다. 실제 어셈블리 공정 중에 배선(interconnection)으로 이용하는 와이어 본딩 부분의 모델링은 생략하였다. MCP, fcCSP 타입의 패키지 모델링은 기판, EMC 몰드, 솔더, 다이와 언더필로 구성된다. MCP 패키지의 경우 8층의 다이가 적층이 되었고, 적층된 다이는 인터포저(interposer)를 통하여 솔더 범프로 PCB 기판과 접합되어 있다. 또한, MCP 패키지에서는 via hole이 warpage 해석 결과에 큰 영향을 주지 않으므로 생략하였다. Table 2의 패키지 재료의 성질은 여러 논문에서 제시된 대표 값을 선택 하였다[2, 3].

3. 모바일 칩의 Warpage 해석 결과

Fig. 1은 4가지 패키지들의 warpage 해석 결과이고 warpage의 정도는 SCSP가 가장 심하고, fcCSP, CABGA 타입의 순이었으며, 다이가 8층으로 적층된 MCP가 가장 적은 warpage를 보여주고 있다. SCSP 타입은 다른 패키지 타입에 비해 2배 가량 큰 warpage를 보여주고 있다. 이는 다

른 패키지들의 두께보다 얇기 때문이며 기판과 몰드의 두께가 얇아질수록 warpage가 증가한다고 판단된다. MCP와 CABGA 타입의 두께는 동일하나 warpage 해석 결과는 MCP 타입이 가장 낮게 발생했다. 이는 MCP 타입이 CABGA 타입에 비해 EMC 몰드의 두께가 두껍기 때문이며 PCB 기판의 재료(15ppm/°C)보다 EMC 몰드(12ppm/°C)의 열팽창계수가 낮기 때문이다. 결과적으로, Fig. 2은 4가지 패키지 중에 최대 warpage가 발생한 SCSP 타입과 최소 warpage가 발생한 패키지는 MCP 타입이다. 모두 위로 볼록한(crying) 형태의 변형을 일으킨다. 모바일 칩에서 사용되는 패키지의 warpage는 100µm를 넘게 되면 불량 발생 가능성이 있기 때문에 본 연구의 해석 결과 중에서 warpage가 가장 높게 발생한 SCSP 타입은 위험할 수 있다. 그러므로 SCSP 타입의 warpage를 줄이기 위해 다이의 크기를 2mm씩 감소시켜 본 결과, Fig. 3에서와 같이 warpage가 약 30µm로 감소되는 것을 확인할 수 있다. 이는 다이의 크기가 줄어들면서 상대적으로 EMC 양이 많아지게 되므로 warpage가 감소하는 것으로 판단된다. 같은 경우로 Fig. 4는 MCP 타입의 구체적인 모델링이다. EMC가 차지하는 부분이 증가하여 warpage의 정도가 작아진다고 판단되며, 기판과 인터포저 사이에 존재하는 언더필을 제거한 후 해석을 수행한 결과, warpage의 정도가 약 3µm 정도 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 이는 인터포저와 연결되는 언더필 재료의 열팽창계수가 높아 warpage가 발생하는 정도에 영향을 주었다고 판단된다.

4. 모바일 칩의 응력 해석 결과

MCP 타입은 다른 패키지와는 다르게 3D-TSV 기술을 이용하여 얇은 다이를 적층하는 패키지 방법이다. 이 공정 시에는 얇은 다이에 발생하는 warpage 및 응력이 중요시 되고 있다[4]. Fig. 5는 각각의 패키지들에 발생하는 최대 등가 응력의 결과이다. 이 결과 CABGA 타입의 최대 등가 응력이 가장 높았다. MCP 타입을 제외한 나머지 패키지 타입들은 모두 다이 아래의 계면에서 최대 응력이 발생하였다. Fig. 6은 다이가 8층으로 적층된 MCP 타입의 경우이며 다이의 모서리 부분에서 최대 응력이 발생하였다. 이는 다이와 언더필의 열팽창계수 차이로 인한 것으로 생각된다. 그러나 MCP 타입의 경우, 본 연구에서는 비아 홀의 부분이 생략되었으나 실제로는 비아 홀에 최대응력이 집중된다는 연구결과가 있다[5].

5. 결론

본 연구에서는 최근에 모바일 칩으로 사용되고 있는 패키지들에 대한 열에 의한 신뢰성 문제를 감소시키기 위한 연구를 수행하였다. 해석을 통하여 각 패키지 타입의 warpage 및 응력 결과에서, 각 타입의 패키지 중에 SCSP 타입이 가장 큰 warpage를 보였고, 이를 보완하기 위하여 다이의 크기를 감소시켜 보았다. 그 결과, warpage의 발생이 완화된 것을 보였다. 그리고 warpage의 관점에서 MCP 타입이 안정적인 것을 확인하였다. 따라서 다이의 크기를 감소시켜 상대적으로 EMC의 두께를 증가시키는 것이 warpage를 최소화할 수 있는 방법으로 판단된다. 또한, MCP 타입에서

언더필의 사용이 warpage 를 발생시키지만, 응력 면에서는 보완의 요소가 되므로 언더필의 사용이 필요할 것이다.

Table 1 Schematic diagram & Material Dimension

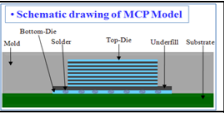
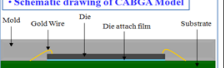


| Package | Die | | Film or Underfill | | Sub | EMC | Bump | |
|---|----------------|--------------|-------------------|------------------|--------------|---------|---------|-------------------------------------|
| | Top | Bottom | Top | Bottom | BT | Mold | Solder | |
|  <p>• Schematic drawing of MCP Model</p> | Size (mm) | 8 x 8 | 10 x 10 | 8 x 8 | 10 x 10 | 15 x 15 | 15 x 15 | Diameter : 0.1 mm Pitch : 0.5 mm |
| | Thickness (mm) | 0.05 (50 μm) | 0.1 | 0.02 (20 μm) | 0.07 (70 μm) | 0.2 | 0.9 | |
|  <p>• Schematic drawing of CABGA Model</p> | Size (mm) | 5.1 x 4.6 | | 5.1 x 4.6 | | 15 x 15 | 15 x 15 | - |
| | Thickness (mm) | 0.178 | | 0.0254 (25.4 μm) | | 0.4 | 0.7 | - |
|  <p>• Schematic drawing of fcCSP Model</p> | Size (mm) | 8.6 x 8.6 | | 8.6 x 8.6 | | 15 x 15 | 15 x 15 | Diameter : 0.1 mm Pitch : 0.5 mm |
| | Thickness (mm) | 0.178 | | 0.65 | | 0.3 | 0.65 | |
|  <p>• Schematic drawing of SCSP Model</p> | Size (mm) | 7 x 8 | 7.6 x 10 | 7 x 8 | 7.6 x 10 | 15 x 15 | 15 x 15 | - |
| | Thickness (mm) | 0.07 | | 0.0254 (25.4 μm) | | 0.13 | 0.33 | - |

Table 2 Material properties data

| Parts | Material | E (GPa) | v (Poison ratio) | CTE (ppm/°C) |
|------------------|--------------------|---------|------------------|--------------|
| Die | Silicon | 130 | 0.28 | 2.8 |
| Filling Material | Adhesive | 2.9 | 0.34 | 52 |
| | Underfill | 3 | 0.33 | 30 |
| Substrate | BT | 26 | 0.39 | 15 |
| EMC | Mold | 22 | 0.3 | 12 |
| Solder Ball | Solder (63Sn-37Pb) | 32 | 0.38 | 24.7 |

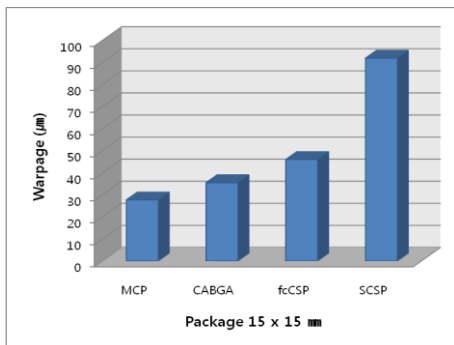
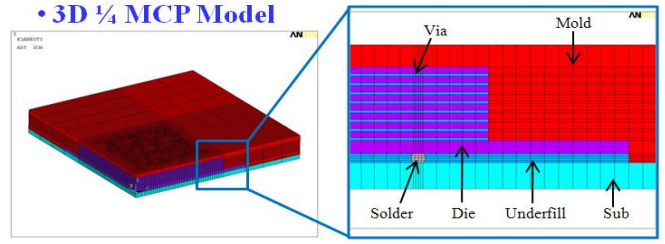


Fig. 1 Warpage according to the different package types



(a) 3D Quarter model of MCP type
(b) Geometry details in 3D model

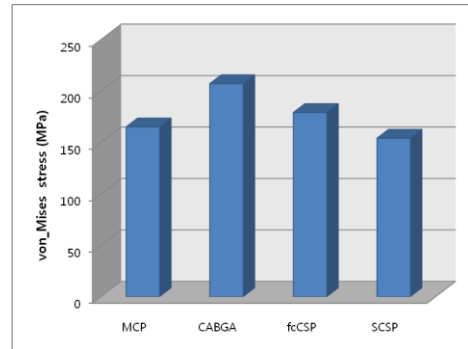


Fig. 5 von_Mises stress according to the different package types

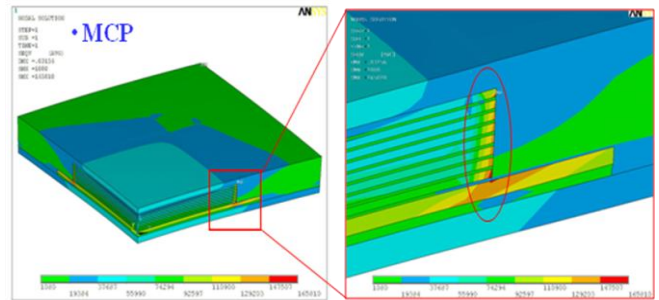


Fig. 6 Maximum von_Mises stress of MCP type

후기

본 연구는 지식경제부, 국가플랫폼기술개발사업의 일환인 "모바일 플랫폼기술개발사업"의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. W. H. Zhu et al, "Cure shrinkage characterization and its implementation into correlation of warpage between simulation and measurement", Proceedings of EUROSim, 2007.
2. Ke Xue, Augus Lam et al, "Warpage Prediction of Fine Pitch BGA by Finite Element Analysis and Shadow Moiré Technique", (ICEPT-HDP), pp. 317-321, 2009.
3. Gaowei Xu, Jian Zhou, Le Luo, "Warpage and Reliability of Three-dimensional Multi-chip Module with High Density Embedded Substrate", ICEPT, 2007.
4. Hoe, Yue et al, "Effect of TSV Interposer on the Thermal Performance of FCBGA Package", EPTC, 2009.
5. J. Y. Choi et al, "Numerical study of thermo-mechanical stress on TSV", KSPE, vol. 26, No. 12, 2009.

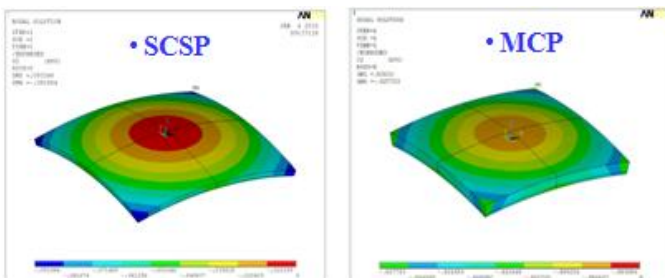


Fig. 2 Warpage plot of SCSP and MCP

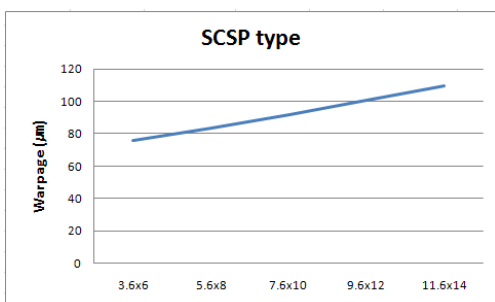


Fig. 3 Warpage according to the different SCSP die size