

고체레이저를 이용한 EMC 잔여물 제거에 대한 고찰

Study on cleaning of EMC residue using solid-state laser

이오테크닉스

김태현, 조주희, 한유희

I. 서론

반도체 제조 공정에는 크게 반도체 칩 제조공정과 패키지 제조공정으로 나눌 수 있는데, EMC(Epoxy Molding Compound)는 칩을 전기적, 화학적, 물리적인 외부의 환경으로부터 보호하고 칩의 성능을 최적, 극대화시키기 위한 패키지 제조공정 중 칩을 봉지하는 몰딩(Molding)공정에 사용된다. 이 몰딩 공정 중 EMC가 칩에서 발생하는 열을 효과적으로 방출하기 위해 부착된 열 방출판(Heat Slug) 또는 Lead Frame 위에 흘러나오게 되는데, 이를 Flash라 지칭한다.

이 Flash는 몰딩 공정 이후의 Plating 공정에 있어서 칩과 Plate와의 접착성을 나쁘게 하여 품질을 저하시킨다. 따라서 사용되는 Deflash 방법이 매우 중요하다. 지금까지는 Flash를 제거하기 위하여 주로 화학적인 방법 및 Water Jet을 이용하는 물리적인 방법, 그리고 전기분해 방법 등이 사용되어 왔다. 그러나 이러한 방법들은 심각한 환경문제, 막대한 비용문제 및 복잡한 공정 등의 문제들로 인해 새로운 개선안이 요구되고 있다. 특히 칩이 급속도로 소형화되는 추세에 있어서 아주 정밀한 Deflash 방법이 절실히 필요하다.

이러한 추세에 있어서 레이저를 이용한 Deflash 방법은 유망한 대안책으로 인식되고 있다. 기존의 방법에 비해 Laser를 이용한 방법의 가장 큰 특성은 선택적으로 오염물질을 정밀하게 제거할 수 있는 능력이다. 즉, 모재에는 손상을 주지 않은 채 오염물질을 제거할 수 있다. 또한 이러한 특성으로 인해 일반적인 Deflash 공정 중에 생기는 Die Delamination 현상을 방지할 수 있다. 그 외에 Laser Deflash 방법은 공정의 자동화를 가져올 수 있고, 건식 방법으로 환경 친화적이며, 비접촉식 공정이기 때문에 접촉 마모가 발생하지 않아 유지비용이 적게 드는 장점이 있다.

본 연구에서는 공정에 맞는 장비를 구현하여 Deflash 공정을 실행하고, 그 공정에 있어서 적용되는 반응 메카니즘에 대해서 알아보고자 하였다.

II. 실험방법

Laser를 이용한 Deflash를 위해 [그림 1]과 같이 실험장치를 구현하였다. 레이저는 Pulsed Q-switching type의 2nd harmonic Nd:YAG 고체 레이저(파장 532 nm)를 사용하였고, 이때 평균 출력은 Frequency 120 Hz에서 20 W, 펄스 폭은 약 8 ns 이었다. 레이저의 On/Off와 Motor를 이용하여 Lens 사이의 간격을 조절할 수 있도록 만든 Lens Assy, 그리고 빔의 위치를 제어하기 위한 X-Y 갈바노 스캐너의 동작은 컴퓨터의 전용 S/W에 의하여 제어되었다.

갈바노 스캐너에 의해 반사된 빔은 최종적으로 f- θ lens에 의해 집속되어 가공물에 조사되었다. 본 실험에 사용된 f- θ lens에서 얻어지는 초점면에서의 빔의 직경은 컴퓨터에 의해 Lens Assy내의 Lens의 위치를 변화시키어 컴퓨터의 의해 조절할 수 있도록 하였다. 실제 초점에서의 빔은 중앙에 레이저 강도가 집중되어 있어서 Lead에 손상을 가하기 쉽기에 Defocus된 위치에 시료를 놓고 실험하였다. 대략 실험 위치에서의 레이저 빔의 크기는 0.8 mm ~ 2.5

mm 정도로 변화 가능하였다. 이 때, 집속된 영역에서의 레이저빔의 peak power는 대략 수 $10^8 \sim 10^9 \text{ W/cm}^2$ 이었다. 가공속도는 대략 1.3 sec/cm^2 이었다.

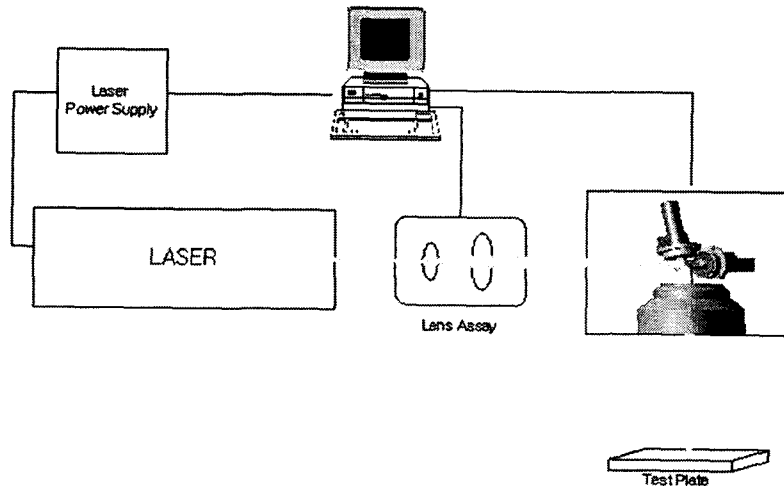


그림 1. 실험 장치

가공물로는 Flash 두께가 약 $1 \sim 15 \mu\text{m}$ 정도로 덮여져 있는 MLF(Micro Lead Frame) Package를 이용하였다. MLF package의 경우, Packaging 되어 있는 Chip 하나의 크기가 $4 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ 정도로 매우 작기에 Flash를 제거하고자 하는 Heat Slug나 Lead이외의 부분에서 손상이 가해질 수 있다. 이에 Heat Slug 및 Lead 형태로 된 Mask를 시료위에 부착하여 그 손상을 최소화하였다.

III. 결과 및 고찰

반도체 공정상 Flash 두께를 임의로 선택하여 만들 수 없기 때문에 이미 생성된 Flash의 두께를 Lead Frame을 기준으로 하여 상대적인 양을 측정하고, 레이저의 출력을 변화시키면서 모두 제거했을 때의 레이저 강도를 측정하였다. 대략 $9 \mu\text{m}$ 의 두께를 제거시킬 때에 약 530 MW/cm^2 의 레이저 강도가 필요하였다.

레이저에 의한 클리닝의 메카니즘은 크게 광화학적 효과, 광열적 효과 및 기계적 효과로 나타낼 수 있다. 532 nm 파장의 레이저를 사용한 경우, 사용된 펄스에 따라 주로 광열적 효과 및 기계적 효과를 기대할 수 있다. 본 실험과 같이 짧은 펄스(수 ns)를 사용하여 첨두 출력이 높은 레이저를 재료 표면에 집중시킨 경우, 주로 기계적 효과에 의한 클리닝 현상이 예상되는데, 이 현상은 플라즈마의 생성 및 팽창으로 인한 레이저 어블레이션 현상이 나타나 이때 생겨나는 충격파에 의하여 물질이 제거되는 것으로 설명할 수 있다. C-H재료의 경우에는 대략 다음과 같은 식으로 나타내질 수 있다.

$$P_a = 6.5 \times I_0^{0.7} \times \lambda^{-0.3} \times \tau^{-0.15} \quad (1)$$

여기서 I_0 는 입사된 레이저 강도이며, λ 는 레이저 파장, τ 는 펄스 폭이다.

위의 식에 근거해서 계산해보면 본 실험에서 구성된 장치에 의해 제거될 때 가해진 어블레이션 압력은 Flash의 두께에 따라 약 3000 ~ 6000 bar 정도로 가해지어 금속 표면인 Heat Slug나 Lead Frame에는 변형이 일어나지 않고 Flash를 제거할 만한 압력이 발생되었음을 유추할 수 있다.

또한 EMC는 Carbon Black을 함유하고 있기 때문에 레이저 에너지의 대부분을 흡수하여 매우 짧은 펄스를 사용함에도 불구하고 그 시간 동안 매우 높은 온도(수 백~수 천 K)에 도달할 수 있다. 이로 인해 Flash는 순간적으로 열분해를 통해 기화되어 증발하는 광열적 효과에 의해서도 어느 정도 설명될 수 있다.

아래 [그림 2]는 클리닝 전후의 시료사진이다.

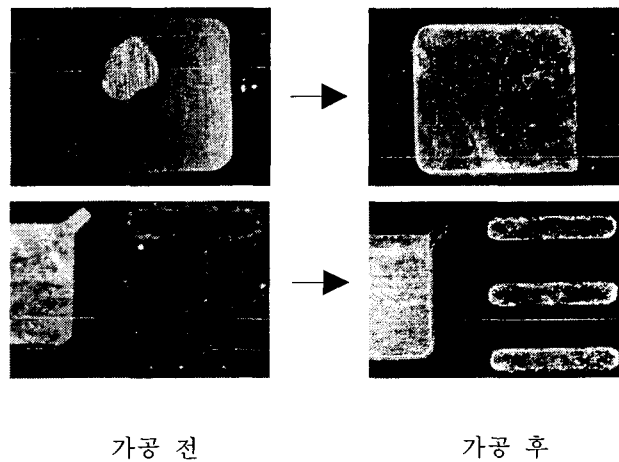


그림 2. 레이저 가공 전후의 시료 사진

IV. 결론

몰딩 잔여물인 Flash를 고체 레이저를 이용하여 제거할 수 있는 시스템을 구성하여, Flash를 제거할 수 있음을 확인하였고, Deflash를 한 후에 Chip test를 통하여 chip에는 전혀 손상이 가해지지 않았음을 알 수 있었다. 이러한 사실은 레이저를 이용한 Deflash 방법이 기존의 화학적, 기계적 Deflash 방법을 대체할 수 있는 효과적인 대안이 될 수 있음을 보여준다.

V. 참고문헌

1. 이종명, 레이저와 청정가공 한림원 2002. 7
2. C. R. Phipps et al. J. Appl. Phys. **64** (3), 1 August 1988
3. US Patent 5961860, Pulse Laser Induced Removal of Mold Flash on Integrated Circuit Package, Oct.5, 1999