

# 친환경 레이저 디캡슐레이션에 관한 연구

## Study of clean laser decapsulation process

홍윤석\*, 문성욱\*, 남기중\*, 최지훈\*\*, 윤면근\*\*

\*고등기술연구원, \*\*(주)유피에스테크

### ABSTRACT

Decapsulation of EMC(Epoxy Molding Compound) in package device is a method used to inspect inside of device by removing plastic molding. So far, chemical etching and mechanical grinding methods have been used widely. Recently, several works using laser have been carried out. This method has advantages with fast process time and precision than conventional methods because of noncontact process. Also, laser process is a clean process because of removing EMC directly without using toxic chemicals. The wavelength of laser used in this study is 355nm. Key parameters of removing EMC are laser power, scan speed, and number of scans of laser. It is confirmed that laser decapsulation is a useful process to inspect inside a device with a small thermal damage to chip surface.

**Key words** : decapsulation, UV laser, EMC, laser material processing

### 1. 서론

현재 전자산업의 급격한 발전에 따라 반도체 칩은 전자제품을 구성하는 중요한 부품으로서 소형화, 고집적화, 그리고 제품의 다양화로 인하여 경박 단소한 다양한 종류의 반도체 칩이 대량으로 생산되고 있다. 이에 따라 칩의 불량률도 증가하고 있는데 이것은 생산업체의 큰 손실을 초래하는 원인이 되고 있다. 특히 어느 공정에서 불량이 발생하는 것인지를 아는 것은 불량률 감소에 매우 중요하기 때문에 반도체 제조업체에서는 불량분석을 위하여 반도체 칩의 디캡슐레이션(decapsulation)을 수행하고 있다.

‘디캡슐레이션’이란 패키징된 디바이스의 EMC 또는 플라스틱 몰딩 부분을 제거하여 디바이스의 내부를 오픈 시키는 식각 기술을 의미한다. 디캡슐레이션 작업은 패키징된 디바이스의 공정상의 불량을 규명함으로써 전체 생산성 향상에 기여한다. 정확한 불량분석은 즉시 제조공정으로 피드백 되어 수율을 높여주는 결과를 주어 전체적인 생산성 향상에 막대한 기여를 한다. 이러한 기술에는 황산이나 질산과 같은 고순도의 산을 이용하여 화학적인 식각반응을 이용하는 방법이 널리 사용되어 오고 있다. 하지만 이러한 디캡슐레이션 공정은 발연질산(Fuming Nitric Acid) 및 발연황산(Fuming Sulfuric Acid) 등의 유해한 화학물을 이용하여 수작업으로 진행함으로써 위해성에 큰 문제가 있고, 공정 재현성도 좋지 않을 뿐만 아니라 환경오염을 일으키는 원인이 되고 있다. 또한 디바이스(Integrated Devices, IC's)가 더욱 고집적화 되고 경박단소화 되어 가면서 디바이스의 종류는 매우 빠른 속도로 다양화되고 있다. 따라서 패키징 기술 또한 갈수록 다양화되고 복잡하고 정교한 기술이 요구되고 있다. 이러한 기술의 요구는 메탈이나 세라믹, 유기물질들을 포함하는 패키지 형태를 발전시키고 있으나 종래의 화학적 식각 기술로는 이러한 디바이스의 디캡슐레이션을 수행하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 최근에는 레이저를 이용하여 직접적으로

EMC를 제거하는 친환경적인 공정을 사용하는 연구가 시도되어지고 있다.<sup>[1-3]</sup>

본 연구에서는 레이저를 이용한 건식방법을 사용하였다. 이러한 방법은 광을 이용한 비접촉식 가공이기 때문에 반도체 칩에 물리적 손상이 없고 가공하고자 하는 영역을 정확하게 제어할 수 있어 화학적 식각방식 보다 정교하고 매우 빠르게 가공할 수 있는 장점을 갖는다. 본 연구에서는 나노초의 펄스폭을 갖는 DPSS UV 레이저를 사용하여 가능성을 확인하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

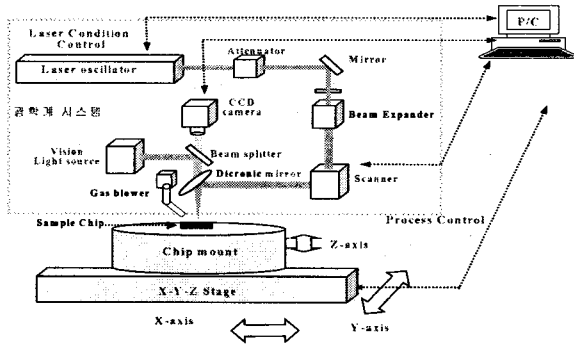


Fig. 1 Experimental setup

성분	역할	함량(%)
에폭시	결합제로 사용	4-15
경화제	에폭시와 반응	4-10
촉매	에폭시&경화제반응촉진	< 1
무기충전제	고강도, 열전도도	70-90
커플링제	유, 무기물의결합력강화	< 1
블롬화에폭시	난연성	< 2
삼산화안티몬	난연조제	< 1
이형제	작업성	< 2
유연화제	단성을 저감	5-10
착색제	색깔부여	< 1

Table. 1 EMC material property

Fig. 1은 실험장치의 개략도를 보여준다. 레이저 디캡슐레이션 공정장치를 구성하는 시스템은 x-y-z 스테이지와 일정 영역에 레이저를 조사 하도록 하는 스캐너, 그리고 레이저로 구성되어 있다. 레이저 광원으로는 파장이 355nm 레이저인 EKSPILA사의 NL640 모델을 사용하였으며 펄스폭이 6~13ns, 편광방향 수직이며 펄스 에너지는 최대 0.09 mJ의 특성을 가진다. 스캐너는 Scanlab사의 scan-jin을 사용하였으며 렌즈는 초점거리 100mm의 telecentric 렌즈를 사용하여 빔 크기를 20 $\mu$ m로 만들어 가공 하였다.

광학계의 구성은 레이저 빔의 출력을 조절할 수 있도록 레이저의 출력부에 감쇠기(attenuator)를 설치하였고, 감쇠기를 통과한 빔은 확장기(expander)를 거쳐 스캐너에 입사 되도록 하였다. 스캐너의 x, y 거울에 의해 레이저 빔의 위치가 조절되어 원하는 가공형상을 만들 수 있도록 구성 하였다. 실험에 사용된 샘플은 단면 램(dram)을 사용하였다. Table 1은 EMC의 성분과 특성을 나타내주는 것으로 무기충전제의 성분이 대부분을 차지하며 그 외의 물질 성분비를 조절하여 강도나 점도 등을 조절한다.

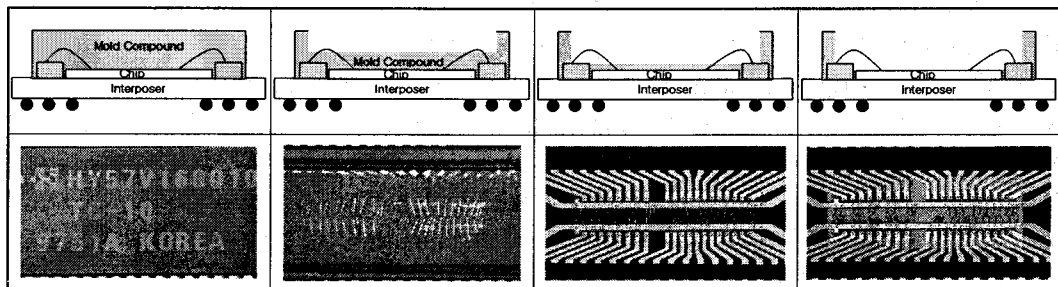


Fig. 2 Schematic views of decapsulation process

Fig. 2는 단계별 가공정도를 나타내주는 것으로 gold wire가 상층부에 실장 되어있어 먼저 노출이 되고 마지막으로 chip이 노출되게 된다. 본 실험에서 laser decapsulation 공정은 레이저 빔을 수평방향으로 조사 후 수직방향으로 가공하였으며 패턴이 없는 상층부의 몰드는 스캔속도(scan speed)를 느리게 하여 많은 양이 제거되게 하였고, 패턴이 나타나는 층에서는 스캔속도를 빠르게 하여 gold wire 및 회로에 손상을 주지 않도록 하여 실험하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

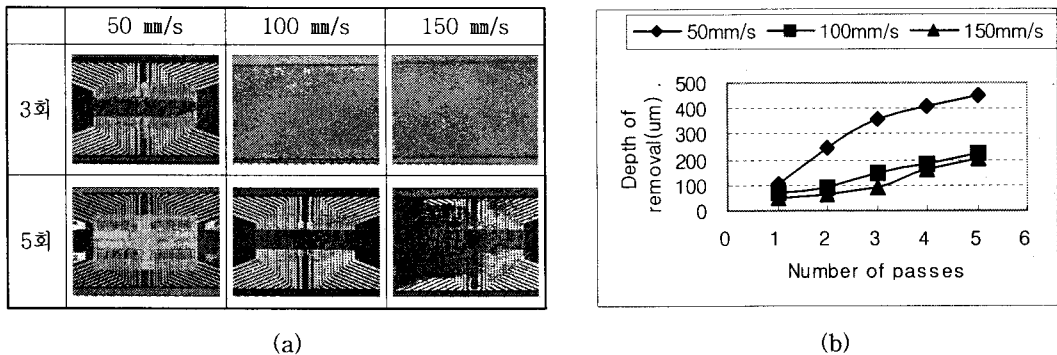


Fig. 3 Effect of scan speed: (a) 3, 5 scans (b) depth of removal of EMC at 0.8W, 10kHz.

Fig. 3은 레이저 출력 0.8W, 펄스 반복률 10kHz의 조건에서 스캔 스피드를 변화시켜가며 실험하였다. 실험결과 1회 스캔 공정 시 50mm/s에서는 85 $\mu$ m, 100mm/s는 57 $\mu$ m, 150mm/s는 41.3 $\mu$ m의 깊이로 가공되었다. Fig. 3의 (b)에서 보듯이 스캔 속도가 느릴수록 몰드 표면에 입사되는 레이저 빔이 많아지게 되므로 깊이 방향으로 더 가공되어 있음을 알 수 있다.

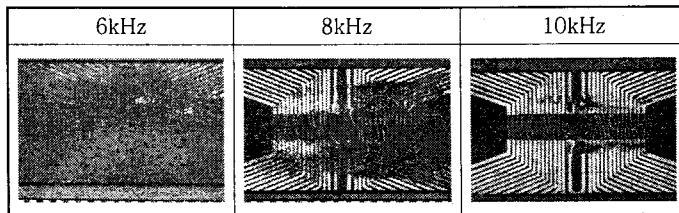
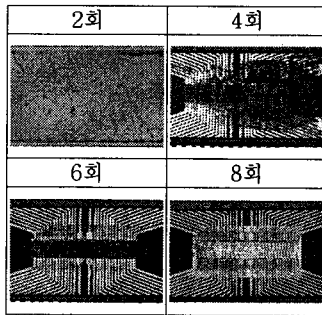
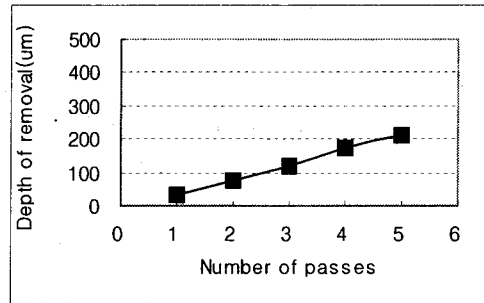


Fig. 4 Effect of pulse repetition rate at 500mm/s and 2 scans

Fig. 4는 레이저 빔의 중첩에 의한 영향을 알아보기 위하여 실험한 결과이다. 2회 가공, 스캔 스피드 50mm/s의 조건으로 레이저의 펄스 반복률을 변화시켜가며 실험하였다. 그림에서 보듯이 펄스 반복률이 빠를수록 빔의 중첩률도 많아지게 되고 이는 단위면적당 입사되는 에너지의 양의 차이로 나타나게 되어 가공정도가 다르게 나타났다.



(a)



(b)

Fig. 5 Effect of scan number at 0.7W, 10kHz, and 100mm/s

Fig. 5는 레이저 출력 0.7W, 펄스 반복률 10kHz, 조사속도 100 mm/s에서 1부터 8회까지 조사 횟수를 증가시키며 실험한 결과이다. 위와 같은 조건에서는 3회 조사하였을 때 회로 층이 나타났으며 1회 조사 시 약 45.9 $\mu\text{m}$ 씩 깊이 방향으로 가공되는 것을 알 수 있었다. 1회 가공 시 소요된 시간은 97sec이며, 실험결과 레이저 빔의 조사 횟수가 증가 하면 금속 패턴의 몰드 잔유물은 쉽게 제거가 가능하였으나 gold wire와 chip 사이의 몰드 잔유물은 가공 후에도 존재하였다.

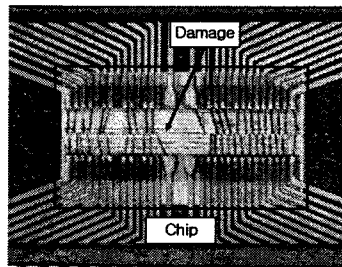


Fig. 6 Gold wire bond damaged after laser decapsulation

Fig. 6은 몰드를 완전히 제거하기 위하여 조사 횟수를 증가시켜 가공한 결과이다. 회로의 몰드 층은 제거되었으나 회로와 chip에 선 모양의 손상이 있음을 알 수 있었다. 회로 층의 손상은 gold wire와 chip사이의 몰드를 제거하기위해 조사 횟수가 증가함에 따라 몰드가 제거된 표면이 반복적으로 레이저 빔에 노출되어 손상이 일어난 것으로 생각되며, chip은 회로 층과는 다른 물질로, 집속된 레이저빔에 의해 약한 chip의 표면이 손상된 것으로 보인다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 355nm 파장의 UV레이저를 이용하여 SDRAM 메모리를 패키징 하고 있는 EMC를 제거하기 위한 기초 연구를 하였다. 레이저 출력이 0.61W, 반복률 8kHz, 스캔 속도 150mm/s, 13회 반복 가공하였을 때 chip의 표면에 최소한의 손상을 주면서 EMC 제거율이 가장 우수하였다. 실험 결과 상층부에 있는 몰드 제거는 빠른 시간 안에 가능 하였으나 wire와 chip사이의 EMC 제거는 다소 힘든

것을 알 수 있었다. 향후에는 이러한 손상을 방지하기 위한 대안으로 상층부의 몰드를 제거 후, 레이저의 출력을 낮추어 반복가공을 하거나 레이저의 입사 각도를 45°로 하여 몰드 제거에 관한 연구를 보완하고자 한다.

## 후기

본 연구내용은 환경기술개발사업 차세대 핵심환경기술개발사업의 일환으로, 환경부의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. Tan Joo Lett, "Laser decapsulation of electronics package", SIMTech technical report, 2000.
2. M. Kruger, J.Krinke, K. Ritter, B. Zierle, M Weber, "Laser-assisted decapsulation og plastic-encapsulated devices," Microelectronics Reliability 43, pp.1827-1831, 2003.
3. H. Qiu, H. Y. Zheng, X. C. Wang, G. C. Lim, "Laser decapsulation of molding compound from wafer level chip size package for solder reflowing," Materials science in semiconductor processing, pp.502-510, 2005.