

연구논문

자외선 레이저를 이용한 건식디캡슐레이션에 관한 연구

홍윤석* · 김종배* · 서명희* · 최지훈** · 윤면근** · 남기중***

*고등기술연구원, **UPS테크, *** (주) 젯텍

A Study on dry decapsulation by Using a UV Laser

Y. S. Hong*, S. M. Seo*, J. B. Kim*, J. H. Choi**, M. K. Yoon**, G. J. Nam***

*Institute for Advanced Engineering, **UPS Tech, ***Jettech

ABSTRACT

Decapsulation technology is useful to inspect EMC of package device and the etching technology enable to check inside of device by removing plastic molding.

Chemical etching method is used widely to fabricate a lot of semiconductor. But the method has some disadvantage due to wet process. Proposed method in this paper shows the application possibility such as fast processing time, processing accuracy and dry process. These result was obtained by directly removing of packed EMC using UV laser.

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.

디바이스(Integrated Devices, IC's)가 더욱 고집적화 되고 경박단소화 되어 가면서 디바이스의 종류는 매우 빠른 속도로 다양화되고 있으며 따라서 패키징(packaging) 기술 또한 갈수록 다양, 복잡, 정교한 기술의 요구되고 있으나 이에 따라 칩의 불량률도 증가하고 있다. 특히 어느 공정에서 불량률이 발생하는 것인지를 아는 것은 불량률 감소에 매우 중요하기 때문에 반도체 제조업체에서는 불량분석을 위하여 반도체 칩(chip)의 디캡슐레이션(decapsulation)을 수행하고 있다.^{[1][2][3]}

‘디캡슐레이션’이란 패키징된 디바이스의 EMC(Epoxy Molding Compound) 또는 플라스틱 몰딩

부분을 제거하여 디바이스의 내부를 오픈(Open)시키는 식각기술(Etching)을 의미한다. 디캡슐레이션 작업은 패키징된 디바이스의 공정상의 불량을 규명함으로써 전체 생산성 향상에 기여한다. 정확한 불량분석은 제조공정으로 피드백되어 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.

이러한 기술의 요구는 금속이나 세라믹, 유기물질을 포함하는 패키지 형태를 발전시키고 있으나 종래의 화학적 식각 기술로는 이러한 디바이스의 디캡슐레이션을 수행하는데 많은 어려움을 겪고 있다.

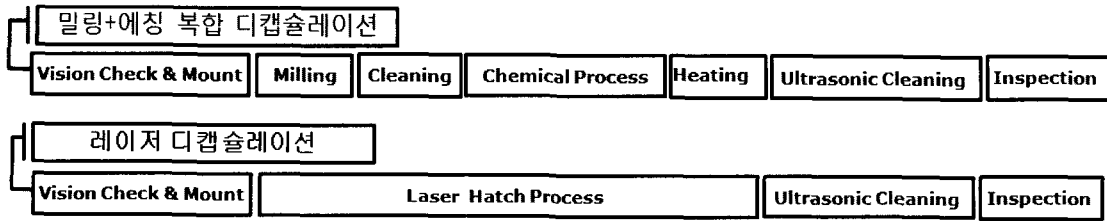


Fig. 1 Comparison with chemical and laser decapsulation.

Fig. 1은 밀링과 에칭의 복합 디캡슐레이션 방식과 레이저 디캡슐레이션 공정을 비교한 것으로 기존의 공정에 비하여 레이저를 이용한 공정은 프로세스의 단순화와 화학약품의 사용을 최소화시킬 수 있는 장점이 있다. 또한 와이어(wire) 실장 추세가 골드와이어(gold wire)에서 탄소와이어(carbon wire)로 옮겨가는 추세로 반도체 제조사의 보고서에 따르면 탄소 와이어로 실장된 신규 칩의 경우 기존의 화학식각 방식으로는 디캡슐레이션 성공률이 0%에 가까운 것으로 확인 되었는데 이는 탄소와 강한 산성물질의 반응으로 인한 와이어의 손상이 원인인 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 이러한 화학적 식각방법의 문제점을 해결하는 대안으로 건식 방식인 레이저 디캡슐레이션 공정을 개발하고자 나노초의 펄스폭을 갖는 DPSS UV 레이저를 사용하여 가능성을 확인하였다.

거쳐 스캐너(scanner)에 입사 되도록 하였으며 스캐너의 x, y 거울에 의해 레이저 빔의 위치가 조절되어 원하는 가공형상을 만들 수 있도록 구성 하였다.

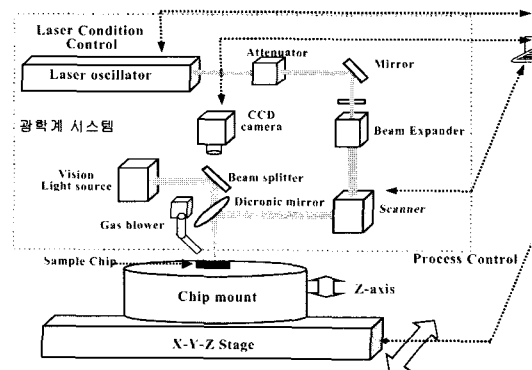


Fig. 2 Experimental set-up.

2. 실험장치 셋업 및 방법

Fig. 2는 실험장치의 개략도를 보여준다. 레이저 디캡슐레이션 공정장치를 구성하는 시스템은 x-y-z 스테이지와 일정 영역에서 레이저를 조사하도록 하는 스캐너, 그리고 레이저로 구성되어 있다.

레이저 광원으로는 파장이 355nm 레이저인 EKSPLA사의 NL640모델을 사용하였으며 펄스폭이 6-13ns, 편광방향은 수직, 펄스에너지는 최대 0.09mJ의 특성을 가진다. 스캐너는 Scanlab사의 SCANGine을 사용하였으며 렌즈는 초점거리 100mm의 텔레센트릭(telecentric)렌즈를 사용하여 빔 초점크기(beam spot size)를 20 μ m로 만들어 가공 하였다.

광학계의 구성은 레이저 빔의 출력을 조절할 수 있도록 레이저의 출력부에 감쇠기(attenuator)를 설치하였고, 감쇠기를 통과한 빔은 확대기(expander)를

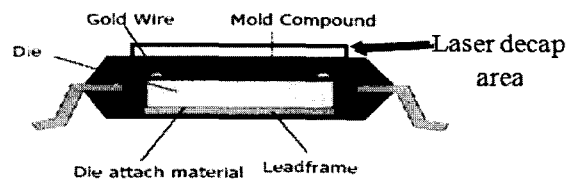


Fig. 3 Flip chip package.

Fig. 3은 플립 칩(flip chip)의 단면을 보여주는 것으로 크게 다이(die), 골드와이어(gold wire), 몰드컴파운드(mold compound), 리드프레임(read frame)으로 구성되어 있다. 디캡 영역은 골드와이어와 다이층의 패턴(pattern)이 확인 가능한 부분까지 오픈해야 한다.

Fig. 4는 디캡슐레이션 공정을 단계적으로 보여주는 것으로 골드 와이어가 먼저 오픈되고 칩 부분이 마지막으로 나타나게 된다. 칩 위에는 얇은 PI층(polyimide)이 코팅되어 있는데 코팅 층을 손상 주지 않는 범위에서 몰드 컴파운드를 제거해야 한다.

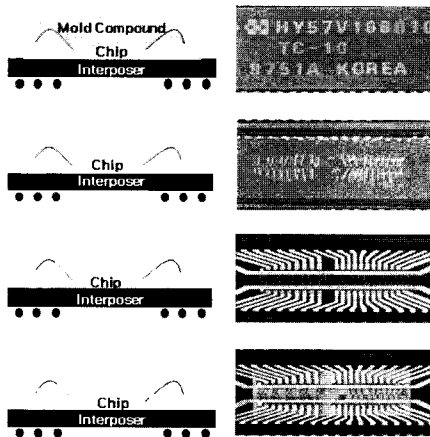


Fig. 4 laser decapsulation process.

Table 1 EMC material property

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

Table 1은 EMC의 성분과 특성을 나타내주는 것으로 무기충전제의 성분이 대부분을 차지하며 그 외의 물질 성분비를 조절하여 강도나 점도 등을 조절한다.

무기충전제인 실리카는 비금속 재료로서 규사, 규석, 규조토 등이 있으며 Mohs 7로 정도가 높기 때문에 분쇄하기 어렵다. 또한 결정질 구조로 열팽창도가 낮기 때문에 소자재료간의 열응력 차이로 인한 파손과 균열을 방지할 수 있고 기계적인 강도도 우수하다. 천연저선 실리카는 SRAM과 DRAM의 EMC로 주로 사용되는데 각형, 구형 및 입도 조절형을 혼합해 사용한다.^[5] EMC의

경우 각 제조사마다 성분을 다르게 하고 같은 회사라도 성분비를 자주 바꾸기 때문에 같은 제품이라도 디캡솔레이션 공정 시 가공조건이 달라질 수 있다.

실험에 사용된 샘플은 DRAM으로서 골드와이어가 실장된 메모리 반도체를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

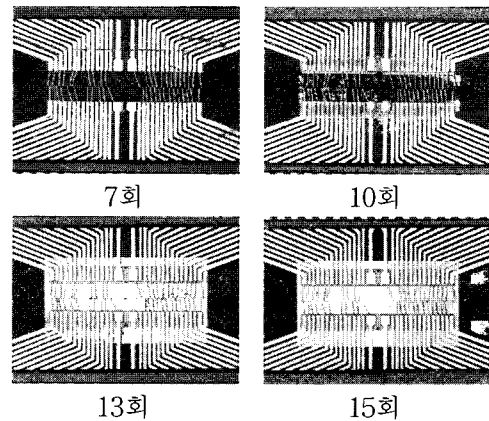


Fig. 5 Effect of process number.

Fig. 5는 레이저 출력 0.7W, 레이저 반복률 8kHz, 가공속도 150mm/s, 해치간격 0.005mm의 조건으로 가공횟수를 변화시켜 가며 실험한 결과이다. 가공횟수가 증가함에 따라 몰드층이 제거되는 것을 알 수 있는데 위의 조건으로 13회 가공 시 깨끗하게 제거 되었다. 가공횟수를 증가시키기에 따라 14회에서는 폴리이미드 층이 제거되면서 패턴층이 나타나고, 15회에서는 표면의 패턴이 손상되고 실리콘 층이 오픈되는 것으로 나타났다.

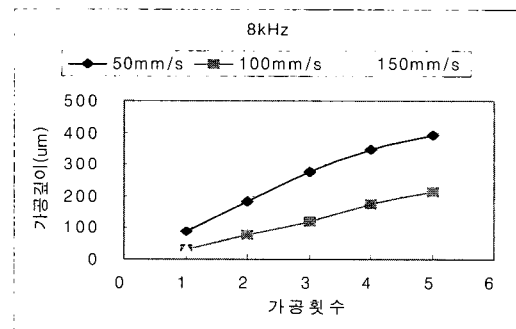


Fig. 6 Effect of process number according to scan speed.

Fig. 6은 위와 같은 조건으로 가공횟수와 가공속도에 따른 영향을 나타내는 그래프이다. 가공 속도가 느릴수록 가공 깊이가 크게 증가하는 것을 알 수 있고 속도가 빠를수록 횟수에 따라 깊이방향으로 증가하는 기울기가 완만해지는 것을 알 수 있다.

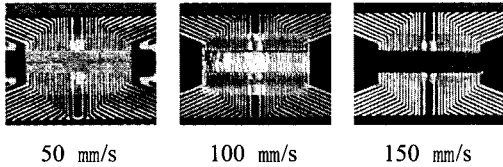
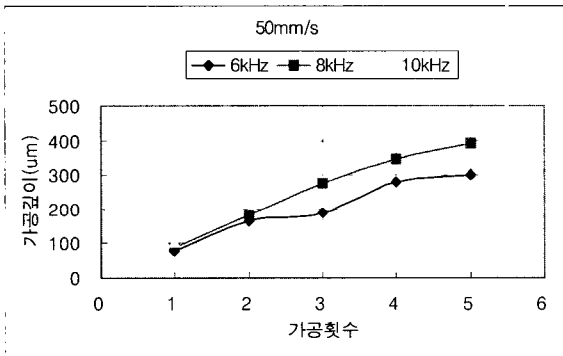
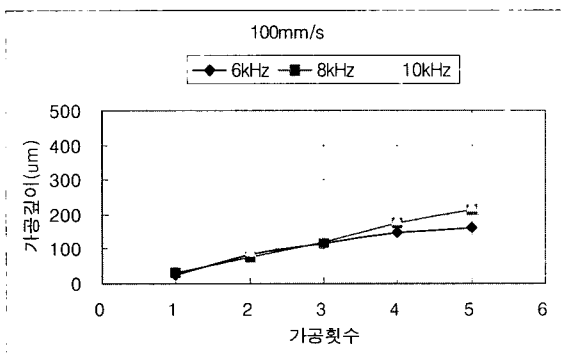


Fig. 7 Effect of scan speed.

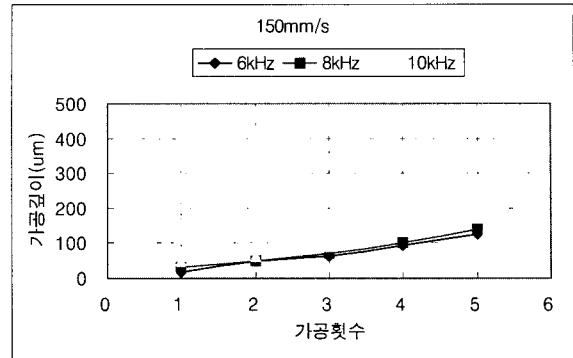
Fig. 7은 레이저 출력 0.7W, 레이저 반복률 10kHz, 해치간격 0.005mm 의 조건으로 8회 가공한 결과로 가공속도에 따른 영향을 나타낸 것이다. 동일한 조건에서 가공 속도가 느릴수록 빔의 중첩률이 높아져 전달되는 에너지의 양도 많아지고 그로 인하여 열적 손상이 생겨 칩의 표면이 탄 것을 알 수 있다.



(a) scan speed 50mm/s



(b) scan speed 100mm/s



(c) scan speed 150mm/s

Fig. 8 Effect of process number according to repetition rate.

Fig. 8은 레이저 반복률과 가공횟수에 따른 경향성을 나타낸 그래프다. 실험에 사용한 레이저는 펄스 반복률이 10kHz일때 최대 출력을 가지며 실험결과 10kHz(0.7W), 8kHz(0.66W), 6kHz(0.61W)의 출력이 측정되었다. (a)그래프에서는 펄스 반복률이 높을수록 가공깊이가 증가하는 것을 알 수 있는데 이는 평균 출력값의 차이로 보인다. 하지만 (b), (c)에서와 같이 가공 속도가 증가함에 따라 이러한 차이는 크게 줄어드는 경향을 보이고 있다. 또한 펄스 반복률이 느릴수록 첨두에너지는 높게 나타나는데 가공결과 본 실험에서는 첨두에너지의 영향은 미미하고 평균출력 값이 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

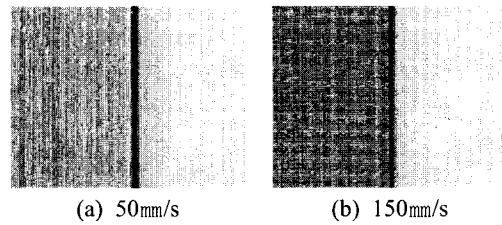


Fig. 9 photography of polyimide processed by UV laser.

Fig. 9는 355nm의 파장에서 PI(polyimide)의 영향을 테스트한 결과로 디캡 공정 시 몰드컴파운드 제거뿐만 아니라 PI층까지도 제거가 가능한지 실험하여 보았다. 왼쪽에 보이는 부분이 레이저로 가공된 면적이어서 가공속도와 출력을 변화시켜가며 실험하였다. 실험결과 낮은 출력에서는 PI가 리멜팅(remelting)되는 현상이 발생하였고 출력을

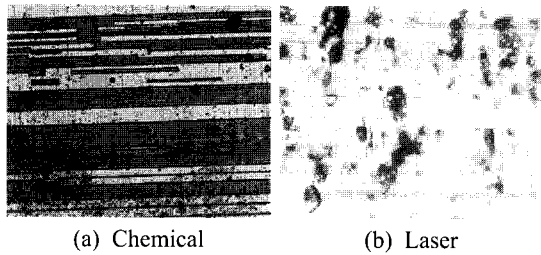


Fig. 10 Comparison with chemical and laser decapsulation.

단계별로 올려 실험한 결과 웨이퍼 표면에 손상이 발생하였다.

Fig. 10은 화학에칭과 레이저를 이용한 것을 비교한 것으로 (a)는 전문 기관에 의뢰하였고, (b)는 레이저 디캡 장비로 실험한 결과이다. (a)와 (b) 모두 잔유물이 남아있는 것을 볼 수 있는데 (a)는 EMC와 강산의 반응으로 생성된 잔유물이고, (b)는 가공 중 제거되지 못한 에폭시와 필러(filler) 잔유물이 남아있는 것을 알 수 있다. 이러한 적은양의 잔유물은 표면의 패턴을 검사하는데 큰 문제가 없는 것으로 확인되었다. 실험 결과 레이저를 이용한 방식이 화학에칭 방식과 유사한 경향성을 보여 기존 공정을 대체할 수 있는 가능성을 확인하였다.

결 론

본 연구에서는 UV 레이저를 이용하여 플립칩의 디캡슐 공정의 가능성에 관한 연구를 수행하였다. 몰드 제거를 위하여 가공횟수, 가공속도, 레이저 반복률을 변경해가며 실험 하였으며, 레이저를 이용한 결과 레이저 출력 0.7W, 레이저 반복률 8kHz, 가공속도 150mm/s의 조건에서 몰드를 깨끗하게 제거 할 수 있었다. 또한 폴리이미드 (PI)층을 제거하기 위하여 실험하였으나 실험에 사용된 레이저로는 제약이 있다는 것을 알 수 있었다.

추후 몰드 컴파운드와 폴리이미드 층을 제거하기 위하여 DPSS UV레이저와 엑시머 레이저를 이용한 공정을 병행하는 방법으로 몰드 제거에 관한 연구를 보완할 예정이다.

후 기

본 연구내용은 환경기술개발사업 차세대 핵심환경기술개발사업의 일환으로 환경부의 연구비 지원에 의하여 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 홍윤석, 문성욱, 남기중, 최지훈, 윤면근, “친환경레이저 디캡슐레이션에 관한 연구”, 레이저가공학회 추계학술발표대회 논문집, pp. 103-107, 2006.
- 2) Tan Joo Lett, “Laser decapsulation of electronics package,” SIMTech technical report, 2000.
- 3) M. Kruger, J.Krinke, K. Ritter, B. Zierle, M Weber, “Laser-assisted decapsulation of plastic-encapsulated devices,” Microelectronics Reliability 43, pp. 1827-1831, 2003.
- 4) 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.
- 5) 이준우, 신홍순, 고병열, “반도체용 봉지재료”, 2003 기술산업정보분석 심층정보분석보고서, pp. 14-15, 2003.