

## $\mu$ -BGA 절단을 위한 레이저 가공 파라미터 연구

### The study of laser processing parameter for $\mu$ -BGA cutting

백광렬, 이천

(Baek kwang-yeol, Lee cheon)

#### Abstract

In this paper, I have studied minimization of the kerf-width and surface burning which are occurred after the singulation process of multi layer  $\mu$ -BGA( thickness 1.1 mm, 0.9 mm) with a pulsed Nd:YAG( = 532 nm, repetition rate = 10 Hz) laser. The thermal energy of a pulsed Nd:YAG laser is used to cut the copper layer. I have studied are minimization of the surface burning and kerf-width using a photo resist, N<sub>2</sub> blowing and polyester double sided tape as a cutting parameter. The N<sub>2</sub> blowing reduces a laser energy loss by debris and suppresses a surface carbonization. Also, I have studied characters of cutting with a choice of side of laser beam incidence. The SEM(Scanning Electron Microscope), non-contact 3D inspector and high-resolution microscope are used to measure kerf width and surface state. The optimum value of 1.1 mm  $\mu$ -BGA singulation is 524  $\mu$ m that is reduced kerf width of 60 % with N<sub>2</sub> blowing. And I obtained reduction of carbonization of 68 % with a polyester double side tape in 0.9 mm  $\mu$ -BGA. I used laser intensity of  $1.91 \times 10^6 / \text{cm}^2$  in this study.

**Key Words** : kerf-width, singulation,  $\mu$ -BGA, pulsed Nd:YAG laser, parameter

#### 1. 서론

$\mu$ -BGA 싱글레이션 시스템(혹은 개별 칩 분리 시스템)은 차세대 반도체 패키지(package) 형태인  $\mu$ -BGA 패키지 작업의 최종 단계에서 완성된 패키지 내 솔더 볼(solder ball)의 위치 및 상태를 사전에 검사한 후 이를 개별 유닛(unit)으로 절단하는 전자동 설비를 말한다. 기존의 싱글레이션 장비는 크게 mechanical press 방식과 sawing 방법으로 나눌 수 있다. Mechanical press 방식은 AC 서보 모터를 이용한 프레스 구동방식으로 가장 보편화된 방식이다. 그러나 이 시스템은  $\mu$ -BGA 개별칩 분리 공정에서 발생하는 절단 공정 후 필름 끝말림(burr) 현상이라는 단점과 기판 상에 있는 소자의 기계적 충격으로 인한 소자 특성 저하와 같은 단점을 가지고 있다.

Mechanical press 방식에 이은 sawing 방식은 기존의 diamond saw를 이용하여 웨이퍼를 절단하는 다 이싱을 적용한 방법으로 mechanical press 방식에 비해 절단 선포 면에서 우수하다. 그러나 이 방법도 역시 mechanical 방식이라는 점과 절단 선포가 saw 두께에 의존하므로 절단 선포와 throughput에 한계가 있다. 따라서 앞으로 더욱 경박단소화 하고 있는 패키지 시장에 있어 이러한 단점을 극복할 새로운 싱글레이션 시스템의 개발이 필요하게 되었다.

본 연구에서는 기존 mechanical press 방식에서 요구되는 300  $\mu$ m 이하의 절단 선포 구현을 위해 레이저의 출력, 주사속도, 가공 분위기(대기, 보조가스)등의 공정 파라미터를 연구하였으며 레이저 싱글레이션시 발생하는 폴리이미드 층의 표면 탄화 감소에 관한 파라미터 연구가 수행되었다. 일반적 레이저 절단은 단일 재료에 대해 절단 주변부 탄화를 최소화하기 위해 낮은 가스 압력과 높은 절단 스피드 하에서 행해진다.[1] 그러나  $\mu$ -BGA의 경우에는 다층 재료와 그에 따른 각층의 물성 값이 다르기 때문에

\* 인하대학교 전기공학과  
(인천광역시 용현동 인하대학교,  
Fax: 032-863-5822  
E-mail : taebaeka@korea.com)

기존 레이저 절단 파라미터를 적용하기에는 무리가 따른다. 이에 본 연구에서는 다층 구조 재료 절단의 기초적 데이터와 표면 탄화 최소화를 위한 공정 조건의 확립에 중점을 두었다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 실험 장치

본 실험에 사용된 실험 장비는 1064 nm의 기본파를 갖는 펄스형(반복률 10 Hz) Q-switched Nd:YAG 레이저를 고조파 발생기를 통해 제 2고조파(532 nm)로 가변 시킨 빔을 광원으로 사용하였다. 빔의 전송 및 집속을 위하여 2개의 mirror와 1개의 집속 렌즈를 사용하였다. 또한, 집속 렌즈를 통해 집속시킨 빔의 위치에 motorized x-y-z 3축 스테이지(최고 속도 : 200  $\mu\text{m/s}$ )를 설치한 후,  $\mu$ -BGA 기판을 스테이지 위에 고정시키고 스테이지 제어용 컨트롤러를 이용하여 스테이지를 이동시키며 기판을 절단하였다. 사용된 장비들은 외부진동에 영향 받지 않도록 무진동 광학 테이블 위에 설치되었다.

절단된  $\mu$ -BGA 기판의 절단 단면, 절단 선폭, 절단 부위의 표면 상태를 측정하기 위하여 SEM(Scanning Electron Microscope), 비접촉 3차원 측정기, 고배율 광학 현미경을 사용하여 빔 주사속도와 질소 블로잉 압력에 따른 변화를 측정 기록하였다. 이때 측정된 절단 선폭과 탄화 부분 면적은 수차례 측정된 값의 평균값을 사용하였다.

### 2.2 시료의 준비

본 실험에 사용한 시편은 평균 두께 1.1 mm, 0.9 mm의 두 가지  $\mu$ -BGA를 사용하였다.[4] 준비된 기판은 표면 손상 경감 효과와 절단 선폭 감소를 위해 희생 층으로 Hoechst사(社)의 AZ1512 포토레지스트를 스핀 코터(Spin coater)로 1.1  $\mu\text{m}$  코팅한 기판과 코팅하지 않은 기판, 폴리에스테르 양면테이프를 접착한 기판을 준비하였다

### 2.3 빔 입사면에 따른 절단 방법

출력은 최대 출력 3.4 W에 고정하고 빔의 주사속도는 30 - 75  $\mu\text{m/s}$  범위에서 선택되었다. 절단 부로부터 발생하는 물질 제거를 통한 레이저빔의 에너지 효율 향상을 위해 질소 블로잉을 375 Torr와 750 Torr 두 가지 조건에서 병행하여 사용하였다. 그리고 이때 다층 구조를 갖는 기판의 특성상 빔의 입사 방법을 표면의 재료에 따라 두 가지로 하여 실험하였다. 실험 I은 에폭시 층을 빔이 투과되어 나가는

방향으로 하고 폴리이미드 층을 빔의 입사 면으로 하였으며 실험 II는 폴리이미드 층을 빔이 투과되어 나가는 방향으로 하고 에폭시 층을 빔의 입사 면으로 하여 실험을 하였다. 그림 1은 빔 입사 방법에 따른 절단 방법을 보여주고 있다.

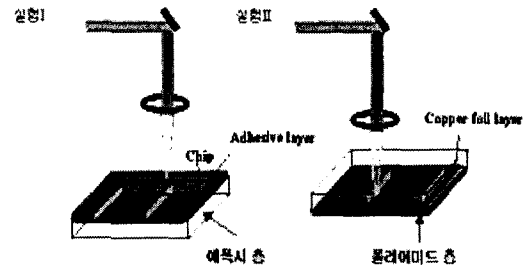


그림 1. 빔 입사면에 따른 기판 절단 방법

Fig. 1. Cutting method for beam incident side

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3. 1 실험 I : 폴리이미드 층 입사(기판 두께 1.1 mm)

그림 2는 비접촉 3차원 정밀 측정기를 사용하여 측정된 코팅이 되지 않은  $\mu$ -BGA 기판의 전면(폴리이미드 층) 절단 선폭이다.

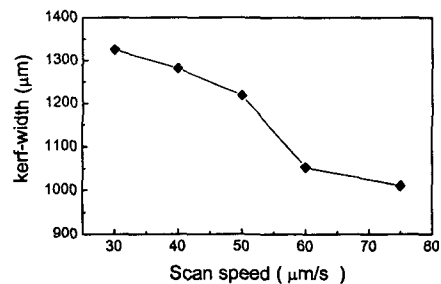


그림 2. 빔 주사속도에 따른  $\mu$ -BGA 기판의 절단 선폭(레이저 강도 :  $1.91 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ , 파장 : 532 nm)

Fig. 2. Kerf-width of  $\mu$ -BGA as a function of scan speed

빔 주사속도가 증가함에 따라 선폭은 감소하는 특성을 보였다. 즉, 빔 머무름 시간(dwel time)이 작을수록 표면 절단 선폭이 적은 것을 알 수 있다. 이와 같은 특성은 일반적인 레이저 절단에서 볼 수 있는 절단 선폭 경향이다.[2] 이때 기판의 절단은 30  $\mu$

m/s 이하의 주사 속도에서만 가능하였다.

그림 3은 절단시 발생하는 절단부에서의 생성물에 의한 에너지 손실을 줄이기 위해 질소 블로잉을 행하며 절단한  $\mu$ -BGA 기판의 전면 절단 선포이다. 블로잉의 세기에 관계없이 빔 주사속도가 증가할수록 전면 절단 선포는 증가함을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 일반적 레이저 절단 선포 경향과는 상이한 경향이다. 이러한 경향의 이유로는 구리 층이 완전히 절단되기 전  $30 \mu\text{m}/\text{s}$  이상의 주사속도에서는 레이저빔의 열에너지가 표면에서만 반응에 관여해 질소 블로잉에 의해 열 에너지가 표면에서 확산하기 때문이라 생각된다. 즉, 표면 열에너지의 질소 블로잉에 의한 확산이 그 원인이라 생각된다. 그림에서 375 Torr의 질소 블로잉을 할 때 급속한 표면 절단 선포 증가를 관찰할 수 있었고 750 Torr의 질소 블로잉을 할 때에는 선포가 작고 증가도 완만한 것을 알 수 있었다. 이에 대한 원인은 375 Torr의 약한 질소 블로잉 보다는 750 Torr의 강한 질소 블로잉을 통한 생성물의 제거가 레이저 에너지 집속 효율을 증가시켰기 때문이다. 이때 기판의 절단은  $30 \mu\text{m}/\text{s}$  이하의 주사 속도에서만 가능하였다.

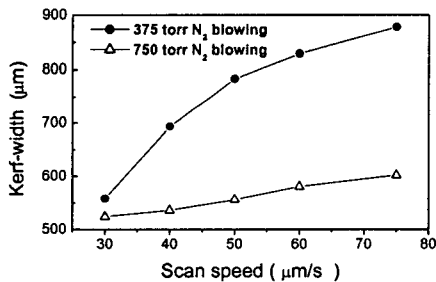


그림 3. 빔 주사속도와 질소 블로잉에 따른  $\mu$ -BGA 기판의 절단 선포(레이저 강도 :  $1.91 \times 10^6 \text{ W}/\text{cm}^2$ , 파장 : 532 nm)

Fig. 3. Kerf-width of  $\mu$ -BGA as a function of scan speed and  $\text{N}_2$  blowing

### 3. 2 실험 II : 에폭시 층 입사(기판 두께 0.9 mm)

그림 4는 고배율 광학 현미경을 통해 25배율로 본 폴리에스테르 양면테이프 부착 시료와 PR 코팅 시료의 절단 표면 사진이다. 실험에서는 최대 빔 주사속도  $50 \mu\text{m}/\text{s}$ , 회생 층으로서 PR과 폴리에스테르 양면테이프를 사용하여 750 Torr 질소 블로잉 조건 하에서 각각 최소 절단 선포  $840 \mu\text{m}$ (탄화 부분 선포 :

평균  $630 \mu\text{m}$ ),  $460 \mu\text{m}$ (탄화 부분 선포 : 평균  $240 \mu\text{m}$ )를 얻을 수 있었다. 그림의 값들은 표면 탄화부분이 포함된 선포로 표면 탄화 부분을 제외한 실제 기판의 절단 선포는 각각  $210, 220 \mu\text{m}$ 이다.

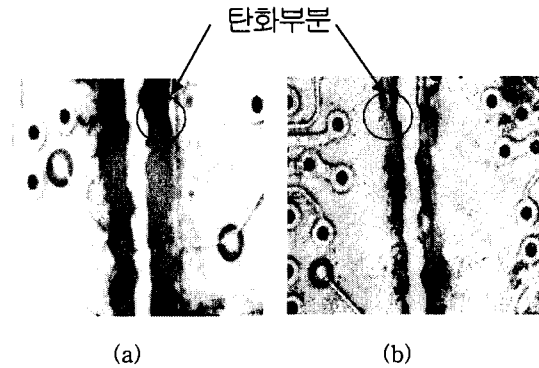


그림 4. 고배율(25X) 광학 현미경을 이용한 탄화부분의 비교. (a) 질소 블로잉 + PR (b) 질소 블로잉 + 양면 테이프(폴리에스테르)

Fig. 4. Comparison of carbonization using high resolution microscope. (a)  $\text{N}_2$  blowing + PR (b)  $\text{N}_2$  blowing + double sided tape (polyester)

그림 (a)에 비해 그림(b) 경우 약 68 %의 탄화 부분이 감소한 것을 볼 수 있는데 이와 같은 사실은 레이저빔이 폴리이미드 층을 절단할 때 폴리에스테르 양면테이프에 의해서 폴리이미드 층 표면이 작업대와 완전히 밀봉된 상태에서 절단이 이루어지기 때문에 단순히 표면 코팅이나 질소 블로잉을 했을 때보다 공기와의 접촉이 큰 폭으로 줄었기 때문에 탄화 부분의 면적이 감소하는 것으로 생각된다. 실제로 폴리머 표면에 단면 테이프를 부착하거나 PR 코팅만을 했을 때는 넓은 범위의 표면 탄화 부분을 보였다.  $\mu$ -BGA 기판의 빔 입사 면을 변화시키고 회생 층으로 폴리에스테르 양면테이프를 사용하여 기판 절단에서 요구되어지는 절단 선포인  $300 \mu\text{m}$  이하의 값을 얻을 수 있었다.[3]

그림 5는 에폭시 층으로 빔을 입사했을 때 폴리이미드 층의 절단 선포의 변화를 보여준다. 모든 층의 절단은  $50 \mu\text{m}/\text{s}$  이하에서만 가능하였다. 이때  $50 \mu\text{m}/\text{s}$ 의 빔 주사속도를 가질 때 최소 선포인  $460 \mu\text{m}$ 의 절단 선포를 보인다.

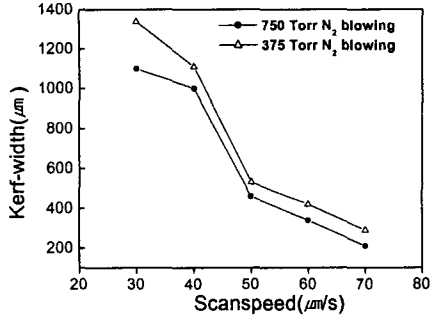


그림 5. 빔 주사속도와 질소 블로잉에 따른  $\mu$ -BGA 기판의 절단 선포(레이저 강도 :  $1.91 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ , 파장 : 532 nm)

Fig. 5. Kerf-width of  $\mu$ -BGA as a function of scan speed and  $\text{N}_2$  blowing

그러나 40  $\mu\text{m/s}$  이하에서는 빔 머무름 시간이 길기 때문에 절단 선포가 증가하는 경향을 보이고 60  $\mu\text{m/s}$  이상에서는 빔 머무름 시간이 짧아 구리 배선층의 완전한 절단이 이루어지지 않는다. 실험에 사용된 기판에서 에폭시 몰딩 층의 두께는 전체 기판의 약 60% 이상을 차지한다. 레이저빔의 강도 분포가 가우시안 분포임을 고려할 때 원하는 절단 부분이 구리 배선층이 있는 폴리이미드 층이기 때문에 에폭시 몰딩 층이 넓은 절단 선포를 보이고 폴리이미드 층이 얇은 선포를 보인다. 그러므로 구리 배선층의 손실이 거의 없는 에폭시 층으로의 빔의 입사가 레이저 싱글레이션의 입사 방법으로 적당하다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 펄스형 Nd:YAG 레이저( $\lambda=532 \text{ nm}$ , 반복률 = 10 Hz)의 열 반응기구(thermal mechanism)를 이용하여 대기 중에서 다층 구조를 갖는  $\mu$ -BGA 기판의 최소 절단 선포 구현에 관한 공정 파라미터와 폴리이미드 층의 표면 탄화 최소화를 위한 실험을 수행하였다. 그 결과 레이저를 이용한  $\mu$ -BGA 기판의 singulation 가능성을 확인하였다. 연구를 통해 얻은 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

실험 I : 폴리이미드 층 입사(기판 두께 1.1 mm)  
- 무코팅과 PR 코팅  $\mu$ -BGA 기판에서는 빔 주

사속도가 증가함에 따라 절단 선포가 감소하였으나 질소 블로잉만 행한  $\mu$ -BGA 기판에서는 절단되지 않은 구리 층의 열 차단에 의한 질소 블로잉의 열확산으로 인해 빔 주사속도가 증가함에 따라 절단 선포가 증가하는 경향을 보였다. 그러나 최소 절단 선포는 질소 블로잉만 행한  $\mu$ -BGA 기판에서 다른 두 조건의 기판에 비해 약 60% 감소한 결과를 얻었다. 이때 빔 주사속도는 30  $\mu\text{m/s}$ 였고 레이저 강도는  $1.91 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$  이었다.

실험 II : 에폭시 층 입사(기판 두께 0.9 mm)

- 희생 층으로서 폴리에스테르 양면테이프를 사용하고 750 Torr 질소 블로잉을 하였을 때 폴리이미드 층의 표면 탄화를 줄인 460  $\mu\text{m}$ (표면 탄화 240  $\mu\text{m}$  포함)의 최소 선포 절단을 할 수 있었다. 이 실험을 통해 PR 코팅 절단에 비해 약 68%의 탄화 부분 감소를 확인하였다. 이러한 감소를 얻은 이유는 희생 층으로서 양면테이프가 폴리이미드 층과 작업대의 sealing을 하여 폴리이미드 층이 공기와 접촉하는 것을 차단했기 때문이라 생각된다.

이상의 결과를 통해 532 nm의 펄스형 Nd:YAG 레이저를 이용한  $\mu$ -BGA 기판의 개별칩 분리 가능성을 확인하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 중소기업청, 인천시 2000년도 산학연 공동기술 지원과제의 일환으로 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

#### 참고 문헌

- [1]. 김도훈 "레이저 가공학", 경문사, pp. 187 - 190, 1990
- [2]. 백광렬, 이경철, 이천, "펄스 Nd:YAG 레이저를 이용한  $\mu$ -BGA 기판의 개별칩 분리 연구", 한국전기전자재료학회 추계학술대회 논문집 vol. 13, NO.1 pp. 524 - 527, 2000
- [3]. 백광렬, 이천, "펄스형 Nd:YAG 레이저를 이용한 PCB의 절단 파라미터", 한국전기전자재료학회 춘계 학술대회 논문집 pp. 151 - 155, 2001
- [4]. Ryoji SATO, Shuichi MATSUDA, Keiichiro KATA, "Flip chip/Interconnection Technologies ", Proceedings of the 1998 IEMT/IMC Symposium , pp. 88-93 , 1998. 04. 15