

펄스 Nd:YAG 레이저를 이용한 μ -BGA 기판의 개별칩 분리 연구

The singulation study of μ -BGA(Ball Grid Array) board using a pulsed Nd:YAG laser

백광렬, 이경철, 이 천

Kwangyeol Baek*, Kyoungcheol Lee, Cheon lee

Abstract

In this paper, we have studied minimization of the burr which occurred after μ -BGA(ball grid array) singulation process, singulation of the multilayer with a pulsed Nd:YAG laser and observation of μ -BGA singulation characteristics. The thermal energy of a pulsed Nd:YAG(266, 532 nm) laser is used to cut the metal layer which doesn't well absorb laser beam. Especially, the photoresist and N₂ blowing is effective to minimize of the surface damage and burr. In this experiment, the N₂ blowing reduces a laser energy loss by debris and suppress a surface oxidation. The SEM(scanning electron microscopes) and non-contact 3D inspector are used to measure cutting line-width and surface damage. The μ -BGA singulation threshold energy is 75.0 J/cm² at 30 μ m/s scan speed.

Key Wards(중요용어) : μ -BGA(ball grid array), singulation, pulsed Nd:YAG laser, threshold energy

1. 서론

최근 마이크로프로세서나 주문형 반도체(ASIC) 등 비메모리 제품을 중심으로 경박단소화(輕薄短小化)에 대한 요구가 급진전되면서 다핀화에 유리하도록 외부 단자(볼 형태의 납)를 패키지 밑면에 배열하는 μ -BGA(Ball Grid Array)의 개별칩 분리(Singulation) 연구가 진행중이다.[1][3] 개별칩 분리 시스템은 차세대 반도체 패키지(Package) 형태인 μ -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 전자

동 설비를 말한다. 기존의 개별칩 분리 장비는 AC 서보 모터를 이용한 프레스 구동으로 초정밀 절단과 매우 빠른 작업 수행이 가능하며 장비 구동에 따른 진동 및 소음을 최소화하고 있다. 그러나 이 시스템은 μ -BGA 개별칩 분리 공정에서 발생하는 절단 공정 후 필름 끝말림(Burr) 현상이라는 단점과 기판 상에 있는 소자의 기계적 충격으로 인해 소자 특성 저하와 같은 단점을 가지고 있어 앞으로 더욱 경박 단소화 하고 있는 패키지 시장에 있어 이러한 단점을 극복할 새로운 개별칩 분리 시스템의 개발이 필요하게 되었다. 이에 적합한 방법으로서 레이저를 이용한 개별칩 분리에 관한 최적 공정으로서 레이저의 출력, 주사속도와 가공 분위기(대기, 보조가스)등의 공정 조건 연구가 진행되었다. 특히, 분위기 가스와 회생층을 첨가하여 행한 실험을 통하여 레이저 조사 후 표면 손상 최소화과 집속 에너지 효율 향상에 관한 결과를 얻었다.

* 인하대학교 전기공학과
(인천광역시 용현4동 인하대학교,
Fax: 032-863-5822
E-mail : taebaeka@channeli.net)

2. 실험 방법

1064 nm의 기본파를 갖는 펄스형 Nd:YAG 레이저(반복률 = 10 Hz)의 제2고조파($\lambda = 532$ nm)를 광원으로 75.0 J/cm²의 레이저 fluence를 고정하여 사용하였다. x-y-z 3축 스테이지 위에 시편을 고정시킨 후 스테이지를 이동시키며 제2고조파 빔을 집속시켜 절단하였다. 본 실험에 사용한 시편은 글라스 fiber가 있는 폴리이미드(polyimide)계의 플라스틱을 기판으로 사용하며 내부 구조가 저응력(low stress) 접착제에 의해 기판과 칩이 접착되고, 폴리이미드 필름 자체에 붙어있는 Au plated Cu lead를 이용해 기판과 칩을 연결한 후 리드 본딩된 내부를 저응력 봉지제(low stress encapsulant)로 봉지 하여 보호한 후 솔더볼에 의해 외부 기판과 연결된 구조를 갖게 한 평균 두께 1.1 mm의 μ -BGA를 사용하였다.[2][4] 준비된 시료는 표면 손상 경감 효과를 얻기 위해 희생층으로 Hoechst사(社)의 AZ1512 포토레지스트를 스팀 코터(Spin coater)로 1.1 μ m 코팅한 시료와 코팅하지 않은 시료를 준비하였다. 또한 표면 산화 방지 및 레이저 절단시 발생하는 물질들을 제거하기 위해 질소 블로잉(N₂ blowing)을 30 mmbar, 60 mmbar 두 가지 조건에서 행하였다. 그림 1은 μ -BGA의 내부 구조 개략도이다.

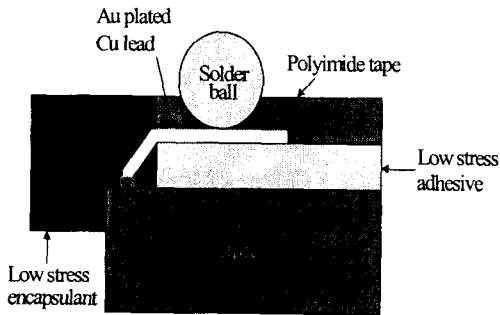


그림 1. μ -BGA 내부 구조도
Fig 1. μ -BGA inner structure

Optical Gaging Product사(社)의 비접촉 3차원 측정기를 사용하여 식각된 시료의 전면(Front) 선폭, 후면(Rear) 선폭, 표면 손상 정도를 측정하고 SEM을 사용하여 절단 단면을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

μ -BGA 기판의 다층구조에는 구리 회로층과 솔더

볼의 금속 성분이 포함되어 있다. Nd:YAG 레이저 제2고조파($\lambda = 532$ nm)의 열 반응기구(thermal mechanism)를 이용하여 금속층이 포함된 시료를 절단하였다.

	Cu	Sn-37%Pb (Solder ball)
Electrical resistivity	$1.70 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$	$1.46 \times 10^{-7} \Omega\text{m}$
Melting point	1060°C	183°C

표 1. Cu와 Sn-37%Pb의 electrical resistivity와 melting point

Table 1. The electrical resistivity and melting point of Cu and Sn-37%Pb[5]

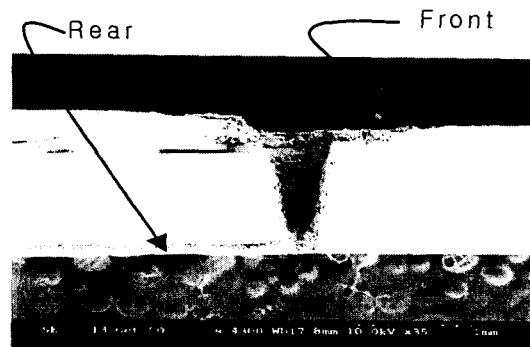
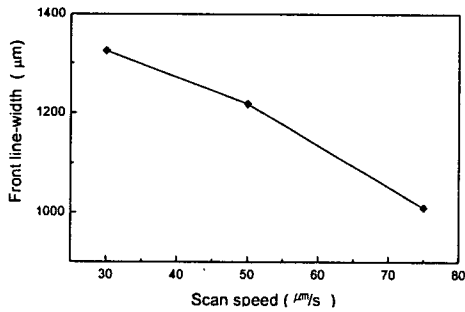


그림 2. Nd:YAG 레이저($\lambda = 532$ nm)에 의한 μ -BGA의 절단 단면도(fluence = 75.0 J/cm² at 30 μ m/s scan speed)

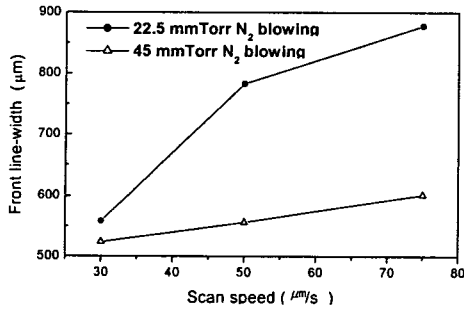
Fig 2. A cross-sectional image of the μ -BGA using the Nd:YAG laser(fluence = 75.0 J/cm² at 30 μ m/s scan speed)

그림 2는 빔 주사속도 30 μ m/s와 75.0 J/cm²의 레이저 fluence를 사용하여 절단된 μ -BGA 단면의 SEM 사진이다. Nd:YAG 레이저($\lambda = 532$ nm)를 이용하여 재료를 식각 할 경우, 레이저 빔의 강도 분포가 가우시안 분포(Gaussian distribution)이기 때문에 식각된 시료의 형상(Profile)도 레이저 빔의 강도 분포에 영향을 받아 형상의 구형율(식각된 형상의

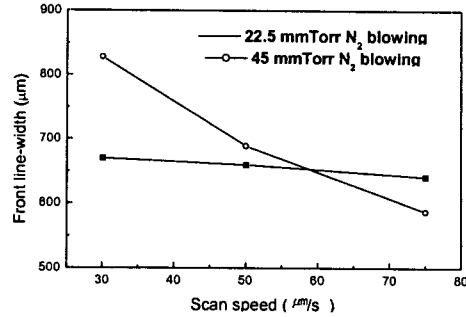
밀폐이와 윗넓이의 비)이 작고 식각형상의 밀면이 밀므로 오목한 것이 일반적이다.[6] 이와 같이 식각 단면의 모양이 가우시안 분포의 영향을 받은 것과 표 1의 금속층의 녹는점으로 보아 Nd:YAG 레이저 ($\lambda = 532 \text{ nm}$)에 의한 μ -BGA의 식각 반응기구는 레이저 빔의 열에너지(Thermal energy)에 의한 μ -BGA 다층구조의 증발에 의한 것임을 알 수 있다. 이때 μ -BGA의 표면 손상이 넓은 범위에 걸쳐 생기는 것은 레이저빔이 바닥면까지 충분히 전달되기 전 열전도도가 우수한 구리 회로층의 열 손실에 기인하는 것으로 생각된다.



(a) Etched line-width of a μ -BGA by the scan speed(laser fluence = 75.0 J/cm^2)



(b) Etched line-width of a μ -BGA with a N_2 blowing by the scan speed(laser fluence = 75.0 J/cm^2)



(c) Etched line-width of a photoresist coated μ -BGA with a N_2 blowing by the scan speed(laser fluence = 75.0 J/cm^2)

그림 3. 빔 주사속도에 따른 μ -BGA 기판의 식각 선포 특성(a-c)

Fig 3. The etched line-width characteristics of μ -BGA by scan speed

그림 (a)는 비접촉 3차원 정밀 측정기를 사용하여 측정된 포토레지스트 코팅이 되지 않은 μ -BGA 기판의 전면 식각 선포이다. 빔 주사속도가 증가함에 따라 선포는 감소하는 특성을 보였다. 이때 빔 머무름 시간(Dwell time)이 작을수록 표면 손상이 적은 것을 알 수 있었다. 빔 주사속도 $50 \mu\text{m/s}$ 이하에서만 후면 절단이 가능하였다. 그림 (b)는 식각시 발생하는 생성물에 의한 에너지 손실을 줄이기 위해 질소 블로잉을 행하며 절단한 μ -BGA 기판의 전면 식각 선포이다. 블로잉의 세기에 관계없이 빔 주사속도가 증가할수록 전면 식각 선포는 증가함을 알 수 있다. 전면 식각 선포의 증가는 빔 머무름 시간이 작을수록 레이저 빔이 시료 바닥면까지 침투하지 못하고 표면 손상만 증가시킨 결과이다. 특히, 22.5 mmTorr 질소 블로잉을 할 때 급속한 표면 식각 선포 증가를 관찰할 수 있었고 45 mmTorr 질소 블로잉을 할 때에는 선포가 작고 증가도 완만한 것을 알 수 있었다. 그 결과는 45 mmTorr 질소 블로잉을 통한 생성물의 제거가 레이저 에너지 집속 효율을 증가시킨 것으로 생각된다. 여기서 (a)와 (b)의 선포 경향이 반대로 나타나는 것은 식각시 발생하는 생성물의 에너지 흡수에 기인하는 것으로 생각된다. 그림 (c)는 표면 손상을 감소시키기 위해 희생층으로 AZ1512 포토레지스트를 $1.1 \mu\text{m}$ 두께로 코팅한 μ -BGA 기판에 질소건을 이용하여 22.5 mmTorr로 블로잉 할 때

와 45 mmTorr로 블로잉 할 때의 전면 식각 선폭이다. 질소 블로잉의 세기에 관계없이 모두 빔 주사속도가 증가함에 따라 전면 식각 선폭이 줄어들음을 알 수 있었다. (a)의 전면 식각 선폭과 비교할 때 손상이 현저히 줄어들었으나 (b)와 비교할 때는 오히려 손상이 더 커졌음을 알 수 있었다. 이 결과는 표면 손상을 감소시키기 위해 사용한 포토레지스트가 오히려 레이저 에너지의 표면 축적을 증가시켜 손상을 증가시킨 것으로 생각된다. 그림 (b)와 (c)에서 빔의 주사속도가 30 $\mu\text{m/s}$ 이하에서만 후면 절단이 가능하였다.

4. 결론

본 논문에서는 펄스형 Nd:YAG 레이저($\lambda = 532$ nm, 반복률 = 10 Hz)의 열 반응기구(Thermal mechanism)를 이용하여 대기 중에서 마이크로프로세서나 주문형 반도체(ASIC)등 비메모리 제품 등에 사용되는 μ -BGA의 절단에 관한 연구를 수행하였다. 그 결과 75.0 J/cm²의 레이저 fluence, 빔 주사속도 30 $\mu\text{m/s}$, 회생층을 사용하지 않은 45 mmTorr 질소 블로잉 조건하에서 표면 손상이 적은 523 μm 의 최소 선폭 절단을 할 수 있었다. 그러나 질소 블로잉을 22.5 mmTorr 이하로 하거나 하지 않았을 경우, 식각시 발생하는 생성물에 의한 에너지 분산으로 시료 내부로의 에너지 축적이 아닌 표면 축적 열 에너지로 인한 표면 손상 증가를 관찰할 수 있었다. 또한, 회생층 사용의 경우에도 회생층의 레이저 에너지 흡수로 인해 레이저 에너지가 시료 내부로 잘 흡수되지 못하고 표면에서 반응하여 표면 손상을 증가시킴을 관찰할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 2000년도 산.학.연 공동기술 지원과제의 일환으로 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1]. 월간 반도체, "반도체 패키징 기술", 전자자료사, 7월호, p. 46-55, 1997.
- [2]. 월간 반도체, " μ -BGA", 전자자료사, 1월호, p. 34-51, 1999.
- [3]. Tsuruta H, Shironouchi T, Ogata Y, "Development of whole molding technology", NEC Research & Development, V.40 N.4, 1999 -10 -01

[4]. Ryoji SATO, Shuichi MATSUDA, Keiichiro KATA, "Flip chip/Interconnection Technologies", Proceedings of the 1998 IEMT/IMC Symposium, 88-93, 19980415

[5]. 박창배, 김미진, 정재필, Journal of the Microelectronics & Packaging Society, Vol. 6. No. 3. p.45-50. 1999

[6]. 안민영, 이경철, 이 천, "평판디스플레이를 위한 Indium Tin Oxide의 레이저 패터닝" 한국전기전자재료학회 2000년도 하계학술대회 논문집 Vol. 1. No. 1. p. 340-343 2000