

나노초 펄스레이저를 이용한 실리콘의 절단특성 고찰

Study on cutting property of silicon by nanosecond pulse laser

이오테크닉스

서종현, 이학용, 김여진, 한유희

I. 서론

지금까지 반도체 후공정중에서 wafer를 개별 die로 분리하기 위해 사용되어온 diamond wheel sawing방법은 그 절단폭이 넓고 chipping이 발생하는 등의 단점 이외에도 몇가지 반도체 기술발전의 흐름에 장애요인이 되고 있다.

먼저, 구리배선기술의 실현을 위해서는 기존의 산화실리콘보다 더 k값이 낮은 dielectric materials의 도입이 필요하다. 이러한 layer가 포함되어 있는 wafer는 sawing할 때, 열적, 기계적으로 cracking과 접착성 저하를 초래하여 금속층과 low-k층의 delamination에 이르기 쉽고, sawing process중 냉각수의 사용은 절연물질에 수분을 흡수시켜 시간적 특성변화를 초래할 수 있다.

또다른 기술 발전 방향은 점점 더 얇은 웨이퍼에 대한 요구가 증가한다는 것이다. 집적회로 면적상의 크기를 줄이려는 시도는 이제 기술적인 한계를 앞두고 있으며, 따라서 얇은 회로의 stacking을 통한 집적화가 시도되고 있다. 또한 power device나 RF회로에서는 active영역에서 발생한 열이 신속하게 silicon die를 통과해 heat sink로 방출될 필요가 있으며, 이 과정에서 얇은 wafer가 선호된다. 급증하는 smart cards 시장도 얇은 wafer에 대한 수요를 증가시킨다고 할 수 있다.

일반적으로 두께가 200um 이하인 것을 thin wafer라고 하며, 이를 전통적인 diamond sawing방법으로 dicing할 경우, sawing중 발생하는 진동 때문에 chipping 및 die breaking문제가 유발된다.

위의 여러 가지 기술적 동향들은 wafer를 dicing하는 방법상에 변화가 필요하다는 것을 의미하며, 본 연구는 그 대안으로서 제시된 레이저를 이용한 wafer dicing에 대한 기초실험으로 수행되었다.

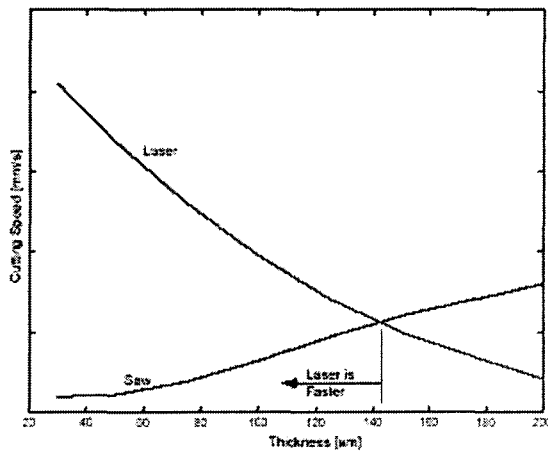


그림 1. silicon cutting speed-laser와 saw-cutting 비교¹⁾

II. 실험방법

Laser를 이용한 wafer dicing을 위해 [그림 2]과 같이 실험장치를 구현하였다. 실험에 쓰인 레이저는 3rd harmonic Nd:YAG 고체 레이저로서 Pulsed Q-switching type이며, 파장은 355nm, 평균 출력은 반복율 40kHz에서 6W이고 펄스 폭은 약 12ns이다.

Wafer를 dicing하기 위한 moving control은 그림 1.과 같이 laser beam을 고정시킨 상태에서 wafer를 장착한 채 움직이는 X-Y table를 이용하였다. laser beam의 ON/OFF와 X-Y table의 이송은 컴퓨터에 의해 제어하였다. 빔의 전송과정 중 lens assay로 구성된 BET를 이용, 최종 집속렌즈에 입사되는 빔의 크기를 조정하였으며, 이는 가공실험에 이용되는 laser beam spot size를 변화시키기 위한 배치이다. 이러한 조절을 통해 laser beam의 intensity를 대략 수 $10^7 \sim 10^{10} \text{ W/cm}^2$ 까지 변화시킬 수 있었다.

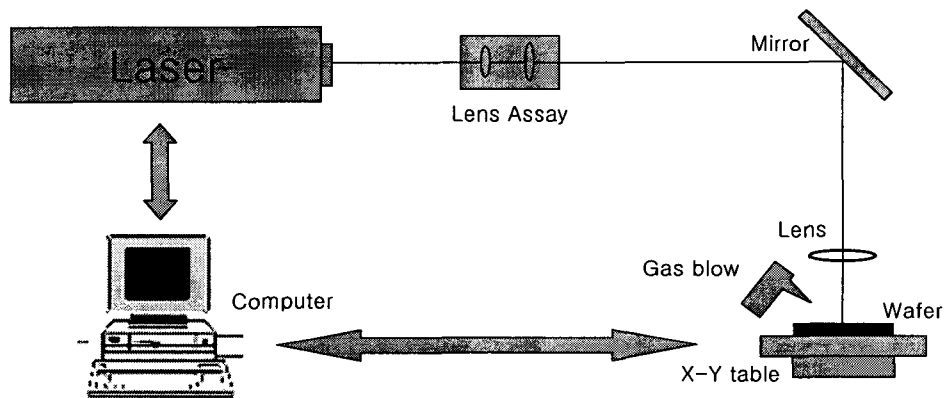


그림 2. 실험 장치

가공실험을 위한 시편으로는 실리콘층만으로 구성된 두께가 약 $150 \sim 300 \mu\text{m}$ 인 wafer를 이용하였다. 또한 효율적인 재료제거와 가공부위의 산화방지를 위해서 보조가스를 이용한 blow의 효과를 실험의 주요 고찰대상으로 삼았다.

III. 결과 및 고찰

재료의 표면으로 강도 I_0 레이저빔이 입사될 때, 재료의 표면에서의 깊이 z 에 따른 레이저빔의 강도는 다음과 같이 표시된다.

$$I(z) = I_0 e^{-az}, \quad a = 4\pi\kappa/\lambda$$

여기서 a 는 감쇠계수 또는 흡수계수로서 파장과 물질의 성질에 따라 다르며, 그의 역수는 광학적인 침투깊이(optical penetration)에 해당된다. silicon에 355nm 파장의 UV laser를 조사한 경우, 흡수계수는 0.103 nm^{-1} , 광학적인 침투깊이는 9.67 nm로 계산된다. 짧은 광학적 침투깊이와 큰 값의 흡수계수는 표면의 흡수현상이 지배적이라는 것을 나타내며, 입사강도가 10^4 W/cm^2 이상일 경우, 흡수계수가 입사강도에 비례하여 상승하는 multi-photon effect를 기대할 수 있으므로²⁾, 입사되는 레이저빔의 Intensity가 가공의 효율성을 좌우한다고 할 수 있다.

또한, 절단면이 작고 절단부위가 깨끗한 가공을 위해서 광학적으로 spot size를 줄일 뿐만 아니라, 열영향부를 작게 하려는 노력이 필요하다. 이론적으로 열영향부는 열적인 침투깊이(thermal penetration)가 반영된 현상이므로 조사되는 laser pulse의 duration을 짧게 하여 열영

향부를 최소화할 수 있다.

실험에서는 나노초 펄스폭의 레이저를 이용하였으므로 가공에 있어서 열영향을 배제할 수는 없었다. 입사빔의 크기를 변화시켜 90 μm 정도의 spot size와 40 μm 정도의 spot size를 가지고 절단하였을 때, laser beam의 intensity차이에 의해서 침투깊이가 달라지는 것을 알 수 있었다. 절단해야 할 시편의 두께는 200 μm 이상이므로 여러번의 반복적인 조사에 의해 시편을 절단하였으며, 이때, 보조가스의 최적화가 효율에 큰영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

IV. 결론

레이저를 이용한 실리콘 웨이퍼의 dicing을 목표로 이루어진 본 실험에서 레이저빔의 강도와 집속된 spot size가 일차적으로 가공을 좌우하지만, 산업적인 응용범위를 넓혀가기 위해서는 산화물의 형성 및 particle recast을 효과적으로 억제하기 위한 보조수단이 중요해짐을 알 수 있었다.

V. 참고문헌

1. Electro Scientific Industries, Ins, Laser Micromachining in the Microelectronics. Industry: Emerging Applications
2. A. Yariv, Quantum Electronics, John Wiley & Sons, New York, third edition ed., 1989
3. W. Duley, UV Lasers : Effects & Applications in Materials Science, Cambridge University Press, 1996