

UV 레이저를 이용한 Si Thin 웨이퍼 다이싱 및 드릴링 머신

A Study on a Laser Dicing and Drilling Machine for Si Thin-Wafer

이용현*, 최경진**

(Lee, Young-Hyun, Choi, Kyung-Jin,)

Abstract - 다이아몬드 톱날을 이용한 얇은 Si 웨이퍼의 기계적인 다이싱은 chipping, crack 등의 문제점을 발생시킨다. 또한 stacked die 나 multi-chip등과 같은 3D-WLP(wafer level package)에서 via를 생성하기 위해 현재 사용되는 화학적 etching은 공정속도가 느리고 제어가 힘들며, 공정이 복잡하다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 현재 연구되고 있는 분야가 레이저를 이용한 웨이퍼 다이싱 및 드릴링이다. 본 논문에서는 UV 레이저를 이용한 얇은 Si 웨이퍼 다이싱 및 드릴링 시스템에 대해 소개하고, 웨이퍼 다이싱 및 드릴링 실험결과를 바탕으로 적절한 레이저 및 공정 매개변수에 대해 설명한다

Key Words : laser wafer dicing, laser via drilling, UV laser, thin Si-wafer

1. 서 론

반도체 생산 기술은 12인치 웨이퍼공정으로 진행되고 있으며, 또한 스마트카드(smart card), MEMS, stacked die, photovoltaic cells나 multi-chip등을 위한 얇은 웨이퍼 (<150 μ m)로 진행되고 있다. 또한 반도체 제조 기술이 발달과 시스템의 크기가 커지게 됨에 따라 고집적도를 구현하기 위해 연구되고 있는 것이 SOC(system on chip) 기술과 SIP(system in package)와 같은 3D packaging 기술이다. 이러한 기술의 실현을 위한 기술중의 하나가 레이저 다이싱과 드릴링 기술이다.

1.1 웨이퍼 다이싱

반도체 생산 공정에서의 마지막 단계는 웨이퍼상의 다이(die)들을 분리하여 프레임에 마운팅(mounting)하는 공정이다. 여기서 웨이퍼 상의 각각의 다이를 절단하는 공정이 다이싱(dicing)이다. 웨이퍼상의 각각의 다이는 스트리트(street)에 의해 구분되어 있고, 현재 다이싱 공정은 이 스트리트를 따라 다이아몬드 톱날을 사용하여 절단을 수행함으로써 다이들을 분리한다. 이러한 공정은 그림 1과 같다. 이 공정에서 발생하는 문제점은 그림 2와 같이 chipping과 crack이다[1].

더욱이 향후 반도체 생산 기술은 12인치 웨이퍼공정으로 진행되고 또한 smart card, MEMS, stacked die, photovoltaic cells나 multi-chip등을 위한 얇은 wafer (<150 μ m)로 진행될 것이다. 이러한 추세는 2003년의 약 700만장에서 2006년에는 약 1300만장이 될 것으로 예상됨

저자 소개

* 정 회 원 : 강남대학교 전자시스템정보공학부 부교수

** 정 회 원 : 강남대학교 전자시스템정보공학부 대우교수

에 따라 기계적인 방법으로는 그림 2와 같은 전형적인 공정 오류 등 많은 문제점을 발생시킨다.

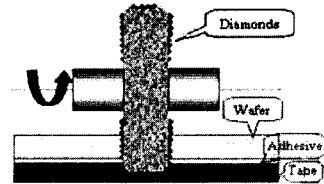


그림 1. 다이아몬드 톱날을 이용한 기계적 다이싱

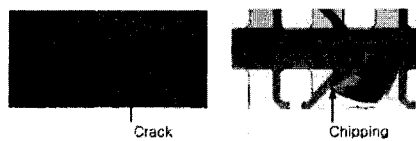


그림 2. 기계적 다이싱의 crack과 chipping

1.2 웨이퍼 via 드릴링

현재 3D stacking 기술은 그림 3과 같은 방법이 가능하며, 실질적인 방법은 wafer level에서 형성하는 것에 대해 집중되어 있다. 각각의 레이어에 생성된 패턴의 연결은 via에 의해 이루어진다.

기존에는 기계적 드릴링에 의해 via hole을 생성하였으나 회로의 미세화로 인해 홀 구경이 작아지고, 적층메모리(stacked memory) 또는 WL(wafer level) CSP (compact scale packaging)와 같은 thin 웨이퍼를 사용한 반도체 소자의 경우 기계적 드릴링은 다이싱과 마찬가지로 chipping, crack 등 문제점을 발생시킬 수 있다.

반도체 소자를 위한 기계적 드릴링의 대안으로 via hole을 생성하기 위한 방법인 화학적 etching 방법으로 via hole의

직경을 수 μm 로 가공 가능하지만, via의 직경과 깊이, 깊이에 따른 직경의 변화율 등에 대해 제약을 가지고 있으며 etching 속도가 2~10 $\mu\text{m}/\text{min}$ 로 많은 시간이 소요되고 공정이 복잡하다는 문제점을 가지고 있다. 또한 via의 바닥면에 약 400 Å의 찌꺼기(residue)가 발생하여 회로의 개방이 되거나, 생성된 via hole의 모서리 부분에서 crack이 발생한다는 것이다[3].

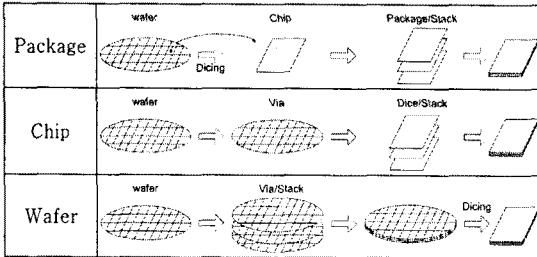


그림 3. 3D 적층 방법

2. 레이저에 의한 물질의 용융

레이저에 의한 물질의 용융은 그림 4과 같이 열적 용융으로 표현된다. 레이저가 물질 표면에 조사되면, 물질내로 전파되면서 이는 물질 격자의 진동으로 변하여 물질내부의 온도를 상승시킨다. 온도 상승에 따라 물질은 용융되어 기화된다[2].

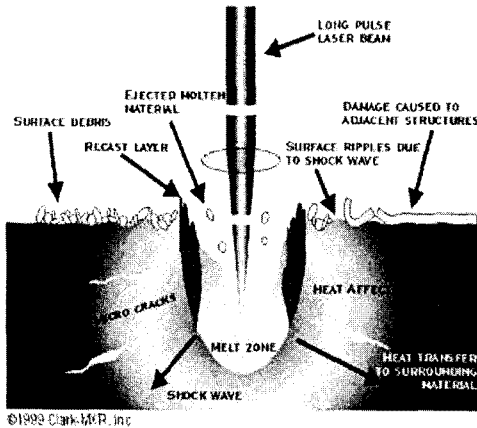


그림 6. 레이저에 의한 물질의 용융

이러한 과정에서 발생가능한 문제점은 첫 번째, 물질 표면 및 내부의 열 확산에 의한 이웃한 영역의 손상여부이다. 두 번째는 열적 변형에 따른 내부 crack의 발생이다. 세 번째는 기화된 물질이 다시 응고된 상태인 debris가 물질의 표면에 정착하는 현상의 발생이다. 첫 번째와 두 번째의 문제점은 반도체의 경우 이웃한 die의 간격이 $100\mu\text{m}$임에 따라 열 확산과 경구에 의해 소자가 파손될 위험을 가지고 있다. 세 번째 문제점 또한 debris가 die의 표면에 부착되게 됨에 따라 소자의 손상을 가져올 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 연구가 진행 중이다.

열적 손상의 문제점을 해결하기 위한 방법으로 스위스의

Synova 사는 water jet을 waveguide로 사용함으로써 레이저에 의한 열 확산을 억제하였다. 그림 5는 Synova 사의 레이저 다이싱 결과이다.

레이저에 의한 다이싱 및 드릴링에서의 공통된 문제점은 debris의 발생이다. 이것은 아르곤(Ar)과 같은 기체 또는 plasma etching 방법에 의해 제거하는 방법이 연구되고 있다. 그림 6은 미국 Oxford 대학에서 레이저를 이용하여 직경 150 μm 의 via를 생성한 것이다.

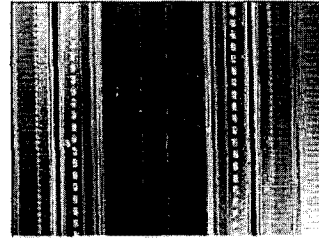


그림 5. Synova 사 웨이퍼 레이저 다이싱

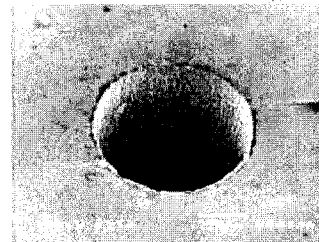


그림 8. Oxford laser via 드릴링 상면

3. 레이저 다이싱 및 드릴링 실험

본 논문에서는 레이저를 이용하여 웨이퍼 다이싱과 드릴링 실험을 수행하였다. 사용된 레이저 및 공정 매개변수의 사항은 다음 표 1과 같다. 본 실험의 목적은 레이저에 의한 웨이퍼의 다이싱 및 드릴링 가능성 테스트를 확인함과 동시에 발생가능한 문제점을 조사하였다.

표 1. 실험을 위한 레이저 시스템 사양 및 매개변수

매개변수		설정치
laser	source	UV LPSS
	wavelength(nm)	355
	power(W)	max. 10
	energy(μJ)	max. 1000
	frequency(kHz)	15~20
	beam diameter(μm)	15
process	speed(mm/sec)	max. 200
wafer thickness(μm)		80

3.1 웨이퍼 다이싱 실험결과

그림 6은 레이저를 이용한 웨이퍼 다이싱에서 절단상태의 그림이다. 레이저 다이싱 실험은 동일한 공정속도

(200mm/sec)에서 레이저의 출력을 변화시키면서 수행되었으며, 그림 7은 매개변수 변화에 따른 다이싱 결과를 나타낸다. 그림 7에서 Z축은 다이싱 결과를 나타내며, 1은 미절단, 2는 부분절단, 3은 절단을 의미한다. 그림 7에서 알 수 있듯이 높은 출력에서 한번에 절단을 수행하는 것보다 약간 낮은 출력에서 절단을 반복수행하는 것이 더 좋은 상태를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 절단상태에서의 폭은 약 $30\mu\text{m}$ 이고, 손상으로 예상되는 부분은 약 $60\mu\text{m}$ 정도로 측정되었다.

Debris 문제는 예상과는 달리 비교적 적은 편이나 이것은 레이저 시스템에서 진공펌프를 이용하여 웨이퍼 밑면에서 흡착함에 따라 발생된 debris가 제거된 것으로 판단된다. 그러나 레이저에 의해 웨이퍼의 절단표면에서 용융되었다 용고된 물질이 발견되며, 절단면에 debris가 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

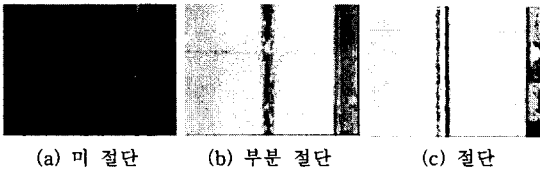


그림 6. 웨이퍼 다이싱 상태

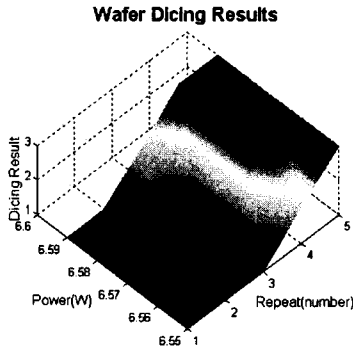


그림 7. 레이저 다이싱 실험 결과(예)

3.2 웨이퍼 via 드릴링 실험결과

그림 8은 레이저를 이용한 via 드릴링 상태의 그림이다. via 드릴링은 via의 외곽선을 레이저에 의해 가공하는 방법에 의해 수행되었다. via 드릴링 실험은 동일한 주파수(20kHz)와 공정속도(50mm/sec)에서 반복수를 변화시키면서 수행되었다. 대부분의 경우에서 via는 생성되었으나 상당히 많은 debris가 표면에 용착되어 있음을 알 수 있었다.



그림 8. 웨이퍼 via 드릴링 상태

4. 결론 및 고찰

본 논문에서는 레이저를 이용한 웨이퍼 다이싱과 via 드릴링 실험을 통해 가능성과 공정에서 발생하는 문제점에 대해 고찰하였다. 현재 사용되고 있는 다이아몬드 톱날에 의한 기계적 다이싱과 화학적 etching에 의한 via 드릴링에 대한 대안으로 활발히 연구되고 있는 방법이 레이저를 이용하는 것으로, 얇은 웨이퍼에 대한 기계적 다이싱에서의 crack과 chipping의 등의 문제점을 해결 가능하리라 판단되며, 또한 화학적 etching 방법에 의한 via 생성시의 문제점인 복잡한 공정, 환경오염물질, 느린 공정속도 등의 문제가 레이저를 이용함으로써 쉽게 해결 될 수 있으리라 판단된다.

그러나 레이저를 이용하여 다이싱 및 via 드릴링을 위해서는 레이저에 의한 물질의 용융과정에 대한 모델링이 선행되어야 하며, 이를 바탕으로 대상 물질에 대한 레이저 매개변수, 공정매개변수의 최적화가 필요하다. 또한 발생하는 debris의 제거 방법에 대한 연구가 필수적이다.

참 고 문 헌

- [1] www.semipark.co.kr , The Dicing Process.pdf
- [2] Philippe Bado, William Clark and Ali Said, "Introduction to Micromachining with Femtosecond Laser Pulse", Clark-MXR Inc. Micromachining Handbook V2.3, 2001
- [3] G. White, E. Perfecto, D.McHerron, T.DeMercurio, T. Redmond, and M. Norcott, "Large Format Fabrication-a Practical approach to Low Cost MCM-D", IEEE Trans. Comp., Packaging, and Manufact. Tech.-Part B, Vol.18, No.1, pp.37-41, Feb., 1995.