

Wafer Dicing Saw 장비 기술동향

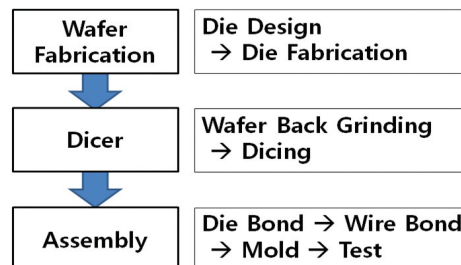
I. 서론

최근 전자제품들은 mobile 제품을 중심으로 많은 발전이 이루어지고 있어서 반도체 기술들도 더 집적화 되고 박막화 되고 있다. 이에 반도체 원자재로 사용되는 wafer는 fabrication 공정에서는 더 집적화 되고 있고, packaging 공정에서는 더 박막화 되어가고 있다. Packaging 공정에서는 wafer가 얇아질수록 각각의 소공정 단위에서 handling이 어려울 뿐만 아니라 wafer 가공 작업

wafer dicing은 크게 blade dicing과 laser dicing으로 구분할 수 있다.

도 매우 어려워진다. 반도체 packaging 공정 process의 계통도를 <그림 1>에 나타내었다^[1-2]. 반도체 조립 공정 중에서 wafer가 얇아질수록 공정 작업에 영향을 많이 받는 공정이 dicing 공정이다. Wafer back grinding 공정에서 원하는 두께의 wafer로 grinding하고 나면 dicing 공정에서 각각의 chip으로 분리한다.

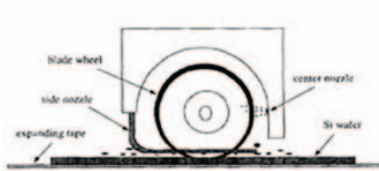
이 과정에서 wafer의 상태에 따라 다양한 dicing 기술이 개발되어 있는데, 크게 보면 blade dicing과 laser dicing으로 구분할 수 있다^[3].



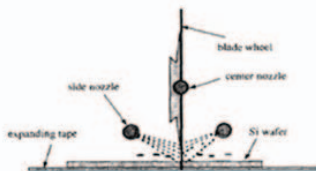
<그림 1> 반도체 조립 공정 계통도

전형적인 blade dicing 방법은 <그림 2>에 나타난 것처럼 blade 측면과 앞뒷면에 DI(De-Ionized) water를 분사하면서 cutting하는 방식이다^[4]. DI water는 sawing시 윤활유 역할을 하면서 blade와 wafer의 마찰열을 식혀주는 냉각수 역할을 하고 있다. Laser를 이용한 wafer cutting은 <그림 3>에 나타난 것처럼 laser를 wafer에 직접 쬐어서 chip을 개별로 분리하는 방식이다. 이와 같은 반도체 wafer cutting용 laser 장비가 출시된 것은 blade cutting에 비해 역사가 길지 않다고 할 수 있다.

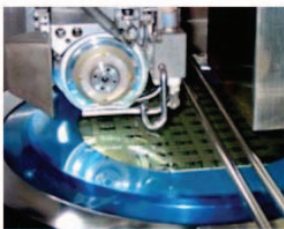
blade 2개를 사용하여 step cut, bevel cut, dual cut 등 wafer 특성에 따라 다양하게 응용할 수 있다.



(a) front view

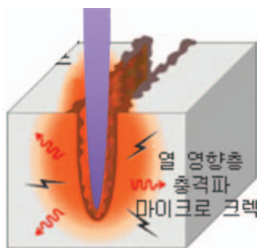


(b) side view



(c) blade를 이용한 wafer saw

<그림 2> Blade dicing 방법
(a)전면 (b)측면 (c)blade를 이용한 wafer saw



<그림 3> Laser dicing 방법

II. 본 론

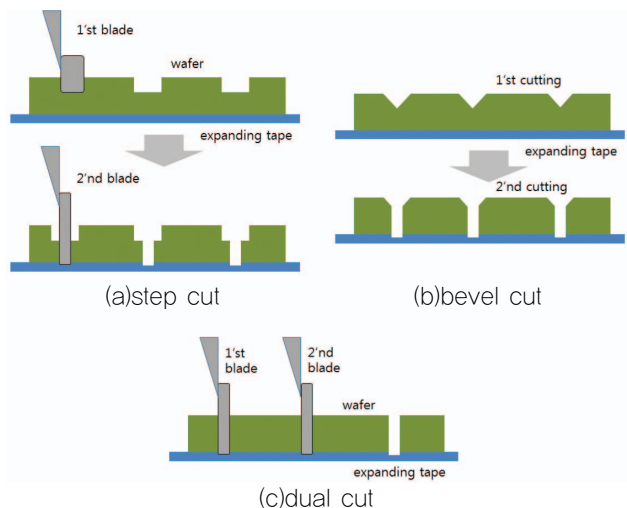
1. Sawing 방식에 따른 발전

(1) Blade Sawing

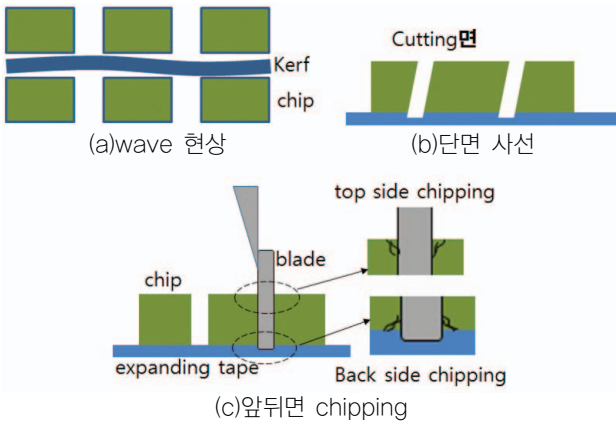
일반적으로 back grinding을 실시하지 않은 wafer는 680um의 두께를 가지게 되는데, 이와 같은 wafer는 blade를 이용하여 full cutting을 실시하게 되면 작업속도가 느릴 뿐만 아니라 cutting면이 고르지 못하여 품질적인 문제가 발생할 수 있다. 이러한 품

질 문제를 제거하고 작업 속도를 올리기 위하여 장비업계에서는 blade 2개를 사용하여 <그림 4>와 같이 한개 line을 여러번 cutting하는 step cutting과 표면 chipping을 감소시킬 수 있는 bevel cutting이 가능한 sawing 장비를 개발하게 되었다^[5-6]. 물론 이와 같은 방식은 얇은 wafer를 작업할 때는 <그림 4(c)>와 같이 동일한 blade를 2개 사용한 dual cut으로 활용할 수 있다^[7].

이러한 cutting 방식은 bare wafer와 같은 두꺼운 wafer를 cutting하기 위한 목적으로 도입되기 시작했지만 wafer 두께가 100um 이하로 얇아지면서 발생하



<그림 4> Blade 2개를 이용한 cutting 방식
(a)step cut (b)bevel cut (c)dual cut



〈그림 5〉 얇은 wafer sawing 특징
(a)wave 현상 (b)단면사선 (c)앞뒤면 chipping

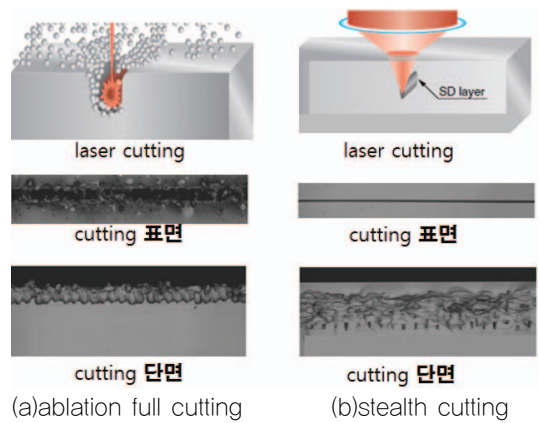
는 새로운 품질문제를 해결하기 위해서 아주 유용하게 사용되어졌다. Wafer 두께가 얇아지면 상대적으로 blade wheel의 길이가 길어져서 sawing 작업시 〈그림 5〉와 같이 wave 현상, 단면사선 cutting, 앞뒤면 chipping과 같은 품질문제가 발생할 수 있다. 이와 같은 경우에 상대적으로 wheel의 길이가 짧은 blade를 사용하여 step cutting을 실시하면 많은 효과를 볼 수 있는데, 이와 같은 경우에 dual blade를 사용하여 작업하게 된다.

Blade를 이용하여 dicing할 경우 wafer 특성에 따라서 작업방법 뿐만 아니라 blade의 특성도 같이 변경되어야 한다. 그렇지 않으면 chipping과 같은 품질문제가 발생할 뿐만 아니라, blade 수명저하에 의한 작업성능이 저하될 수 있다^[8-9].

Blade를 교체하게 되면 작업속도를 한 번에 높이지 못하고 서서히 올려야 되는 단점이 있다. 이 때문에 blade 교체 회수가 많으면 작업성능이 저하된다.

(2) Laser Sawing

Laser sawing을 위한 장비는 개발 역사가 blade sawing 만큼 길지는 않지만, DI water를 사용하지 않기 때문에 복잡한 기구물이 필요하지 않다는 장점이 있



〈그림 6〉 Laser를 이용한 full cutting과 stealth cutting 비교
(a)laser full cutting (b)stealth cutting

어서 오랜 기간 동안 연구되어온 분야이다. 그러나 아직까지도 두꺼운 wafer에 대해서(일반적으로 100um 이상)는 품질과 작업성능 측면에서 blade sawing과 비교하여 상대적으로 저하된다. Laser saw 설비도 blade saw 설비와 마찬가지로 두꺼운 wafer에 대해서는 다단 cutting방식을 사용한다. 그러나 blade saw에 비해 작업속도가 늦고, 품질 측면에서도 반드시 유리하지 않기 때문에 특수한 용도에 한정적으로 사용된다^[10-11]. 그러나 50um 이하의 얇은 wafer cutting시 stealth dicing 기술이 개발되어 좋은 품질효과를 나타내고 있다^[12-13]. Stealth laser dicing 방식은 표면 laser 방식과 달리 wafer 내부의 격자를 분리하는 방식으로 〈그림 6〉에 laser full cutting과 stealth laser cutting을 비교하였다.

Laser full cutting 방식은 wafer 표면에 많은 debris가 발생하여 blade cutting과 비교해 보면 큰 장점이 없다고 할 수 있다. 그러나 stealth saw는 wafer 내부격자 분리 방식이기 때문에 cutting후 wafer 표면에 debris 발생이 없고, krf 폭이 무시할 만큼 아주 얇게 나타나는 장점이 있다. 그러나 stealth saw는 SD layer가 wafer 내부에서만 형성되므로 chip을 개별로 완전하게 분리하기 위해서는 expanding tape를 사방

50um이하의 얇은 wafer에 대한 sawing은 stealth laser 기술을 활용하여 작업속도와 품질문제를 동시에 개선할 수 있다.

으로 별려주는 장치가 추가로 필요하다. 그러한 장치를 사용하고서라도 stealth saw 방식은 50um 이하의 얇은 wafer를 cutting하는 곳에서는 작업 속도가 빠르고 품질적으로 안정된 상태이기 때문에 아주 많은 매력을 가지고 있다.

2. Sawing 설비 기능의 발전

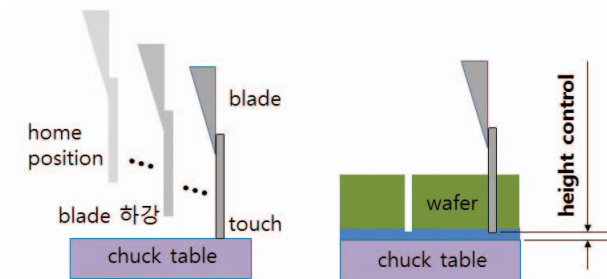
Sawing 설비 기능의 발전은 품질적으로 안정되면서 고속으로 wafer cutting을 하기 위한 방향으로 지속적으로 발전하고 있다. 1990년 이전까지는 가장 중요한 point중 하나가 cutting height였다. cutting height를 제어하기 위하여 가장 중요한 요소는 wafer를 작업하기 위하여 올려놓는 chuck table과 blade의 떨어진 정도를 측정하는 것에서부터 시작된다. 이 거리가 정확하게 측정되고 설비가 그 정보를 기억하고 있어야 wafer를 cutting 할 때 cutting 깊이를 정확하게 제어할 수 있

다. 이와 같이 chuck table과 blade의 높이를 측정하는 행위를 blade setup이라고 하고 <그림 7>에 그 원리를 나타내었다. 고속으로 회전하는(30,000rpm ~60,000rpm) blade와 chuck table이 닿을 때, 물리적으로 닿았는지를 감지하기 위한 등가회로를 <그림 8>에 나타내었다. 평상시에 C에 Vc 만큼의 전압이 충전되어 있고, blade와 chuck table이 물리적으로 닿으면 C에 충전되어 있던 전압이 blade와 spindle motor를 통하여 ground로 방전하면서 전압이 낮아진다. 이 전압 변화를 OP Amp가 감지하여 blade와 chuck table이 닿았는지 알 수 있게 된다.

품질문제를 개선하기 위하여 blade contact setup과 NCS setup이 개발되었다.

Blade setup 방식은 고속으로 회전하는 blade와 chuck table이 물리적으로 닿게 되어, 시간이 지나면서 blade에 의하여 chuck table에 미세한 흠이 파이게 되

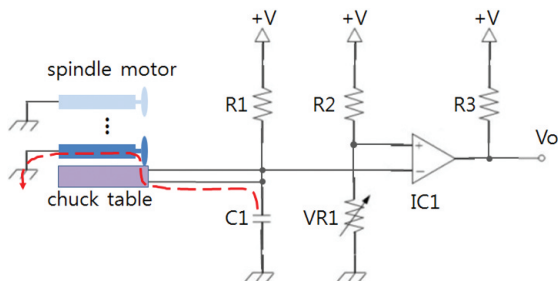
어 blade height 정확도가 떨어지게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 현재는 blade가 직접 chuck table에 닿지 않고 간접적으로 측정할 수 있는 방식을 상요하고 있다. 먼저 blade 대신에 보조 sensor가 chuck table에 닿아서 setup하는 방식과 chuck table 높이를 사전에 calibration 할 수 있는 방식인 NCS (Non Contact Setup) 방식을 개발하게 되었다. NCS 방식은 고속으로 회전하는 blade가 chuck table에 닿지 않고 별도로 설치된 sensor에 감지 되도록 하여 기준 높이를 설정하는 방식이다. <그림 9>에 NCS 방법을 나타내었다. 먼저 blade와 chuck table이 닿도록 하여 chuck table 높이를 인식한 다음 blade 높이를 NCS



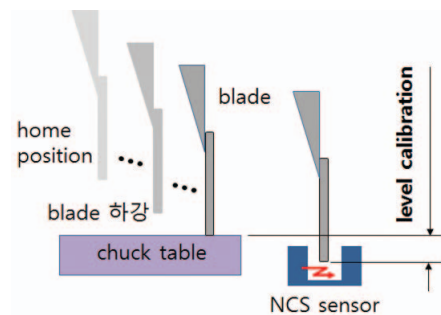
(a)chuck table과 blade contact (b)blade height 제어

<그림 7> Blade setup 원리

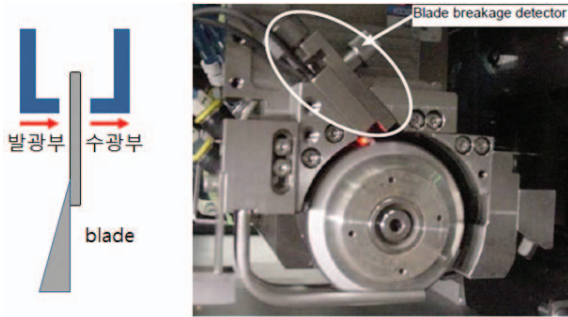
(a)chuck table과 blade contact (b)blade height 제어



<그림 8> Chuck table과 blade contact 등가회로



<그림 9> NCS setup 방법



〈그림 10〉 BBD 원리와 설치사진
(a)BBD 원리 (b)BBD 설치사진

sensor가 인식하도록 최초 한번만 level calibration을 해주면 그 이후에는 blade가 chuck table에 닿지 않고 NCS sensor에만 감지되면 자동으로 높이를 계산할 수 있게 된다. Chuck table 파손을 방지하면 blade height 오차를 줄일 수 있어서 품질 불량을 예방할 수 있게 된다. 보조 sensor를 이용하는 방법도 사전에 blade와 보조 sensor를 calibration해 주어야 된다는 것은 NCS 방식과 유사하다고 할 수 있다.

두 번째 중요한 point는 chip과 chip사이의 street line width가 sawing kerf width에 비해 여유가 작아서 품질에 민감하게 반응 한다는 것이다. 이와 같은 이유로 cutting index 동작시 작은 오차에도 품질 문제가 발생할 수 있기 때문에, Y축 이동거리를 실제로 sensing할 수 있도록 linear scale을 이용하게 되었다.

1990년 이후 부터는 수명이 완료된 blade가 wafer에 품질적인 영향을 주는 경우를 방지하기 위하여 BBD (Blade Broken Detector) sensor를 개발하게 되



〈그림 11〉 ABC 설치된 모습

었다. BBD sensor는 고속으로 회전하는 blade가 외부 요인에 의해 파손되거나, 닳은 정도가 작업을 못하는 수준에 이르게 되면 이를 감지하여 더 이상 설비가 sawing 작업을 하지 못하도록 제어하는 기능이다. 파손된 blade는 wafer 표면에 scratch를 발생시키거나 표면 chipping을 발생시킬 가능성이 있다. 그러나 이 기능이 개발되면서 sawing 설비에서 blade에 의한 품질문제가 더 이상 발생하지 않게 되었다. 〈그림 10〉에 BBD sensor의 원리와 sawing 설비에 설치된 모습을 나타내었다.

2000년대 접어들면서 품질에 영향을 주는 미세한 변경점 까지도 최소화 할 수 있는 방안이 화두가 되었다. Sawing 설비에서 가장 큰 변경점은 blade 교체이다. 이러한 변경점을 최소화 하려면 blade 수명이 완료 되었을 경우에 자동으로 blade가 교체되는 system을 개발하는 것이다. 이와 같은 방법은 작업자 손에 의한 변경점을 최소화하여 품질문제를 감소할 수 있다. 〈그림 11〉에 blade 6개를 자동으로 교체할 수 있는 ABC(Auto Blade Change) 설치모습을 나타내었다.

**ABC(Auto Blade Change)
기능이 개발되어 원부자재 변경점이
최소화 되었다.**

Ⅲ. 결 론

Sawing 공정에서는 반도체 산업이 등장한 이래 설비와 기능 모든 측면에서 많은 발전을 이룩하였다. 향후에 saw 장비는 크게 2가지 부분에서 선진화된 발전이 있어야 할 것이다. 먼저 품질적인 부분이 중요하게 발전하여야 한다. 특히 blade saw 방식은 원부자재인 blade의 발전이 품질에 아주 밀접한 영향을 미치기 때문에 설비의 발전과 동반하여 발전하지 않으면 결코 품질향상이 빠르게 발전될 수 없다. 그리고 miss cutting 방지를 위한 sensor 개발과 기술적 발전이 필요하다. Miss cutting은 saw 장비에서 가장 치명적인 품질 문제이지만 사전에 예방할 수 있는 기술은 아직 초보 수준이라고 할 수 있어서 가야할 길이 아직도 멀었다고 할 수 있다. 두 번째는 packaging되는 wafer의 두께가 50um를 지

나서 30um를 향하여 점점 더 얇아지고 있기 때문에 blade나 laser를 이용한 saw 이외에 다른 새로운 방식의 saw 기술이 개발되어야 할 시점이 되었다. 새로운 sawing 기술이 개발되지 않으면 sawing 설비의 작업속도 상승은 더 이상 기대할 수 없을 것이다. 그렇게 된다면 시간이 지날수록 sawing 공정이 반도체 packaging 공정에서 심각한 neck 공정이 될 수밖에 없다. 멀지 않은 미래에 miss cutting sensor와 새로운 sawing 기술이 개발될 것으로 기대해 본다.

참 고 문 헌

- [1] Richard K. Ulrich and William D. Brown, Advanced Electronic Packaging 2nd Ed. Willey-Interscience, p. 289, 2006.
- [2] John H. Lowcost flip chip technologies, McGraw-Hill, p. 33, 2000.
- [3] <http://www.disco.co.jp/kr/solution/library>
- [4] Byungsoo Kim, Kijun Lee and Songjae Lee, "DI water nozzle design for effective removal of the particles generated during wafer sawing," Journal of the Microelectronics & Packaging society, Vol. 10, No. 4, pp. 53-60, 2003.
- [5] Jun Hua Luo, Ting Li and Jinzhong Yao, "Dicing saw process study on wafer which has thick aluminum pads on the scribe street," Electronics packaging Technology Conference 2008. 10th, p. 1253-1257, 2008.
- [6] Hoh Huey Jinn, Ahmad I., Jalar A. and Omar G., "Effect of laminated wafer toward dicing process and alternative double pass sawing method to reduce chipping," Electronics packaging Manufacturing, IEEE Transaction, Vol. 29, Issue 1, p. 17-24, 2006.
- [7] Xing Huang, Van Brunt E., Baliga B., Jayant and Huang A.Q., "Orthogonal positive-bevel termination for chip-size SiC reverse blocking devices," Electron Device Letters, IEEE, Vol. 33, Issue 11, p. 1592-1594, 2012.
- [8] Jerro H.D., Yang C., Pang S.S. and Mirshams R.A., "Grit distribution super abrasive diamond sawing," International Journal of Advanced Manufacturing System, Vol. 1, Issue 1, pp. 25-38, 1998.
- [9] Jerro H.D., Yang C., Pang S.S. and Mirshams R.A., "Kinematics analysis of the chipping process using the circular diamond saw blade," Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol.121, pp. 257-264, 1999.
- [10] Lizotte T., "Laser dicing of chip scale and silicon wafer scale packages," Electronics Manufacturing Technology Symposium 2003, IEEE/CPMT?SEMI 28th International, p. 1-5, 2003.
- [11] Do Hyung Kim, Yoon Joo Kim, Kyeong Sool Seong, et al., "Evaluation for UV laser dicing process and its reliability for various designs of stack chip scale package," Electronic Components and Technology Conference 2009, 59th, p. 1531-1536, 2009.
- [12] Kumagai M., Uchiyama N., Ohmura E., et al., "Advanced dicing technology for semiconductor wafer-stealth dicing," Semiconductor Manufacturing, IEEE Transaction, Vol. 20, Issue 3, p. 259-265, 2007.
- [13] <http://www.hamamatsu.com>



김 병 수

1999년 2월 남서울대학교 졸업
 2001년 8월 한양대학교 전자공학과 석사
 2005년 3월 충남대학교 전자공학과 박사(수료)
 1986년 10월~2013년 10월 삼성전자(주)

〈관심분야〉
 반도체 Packaging