

반도체 웨이퍼용 브레이킹 머신의 개발

차영엽*(원광대학교 기계공학부), 최범식(원광대학교 대학원)

Development of Breaking Machine for Semiconductor Wafer

Y. Y. Cha(Mech. Eng. Dept., Wonkwang Univ.), B. S. Choi(Mech. Eng. Dept., Wonkwang Univ.)

ABSTRACT

The general dicing process cuts a semiconductor wafer to lengthwise and crosswise direction by using a rotating circular diamond blade. But inferior goods are made under the influence of several parameters in dicing such as blade, wafer, cutting water and cutting conditions. Moreover we can not applicable this dicing method to GaN wafer, because the GaN wafer is harder than the other wafer as GaAs. In order to overcome this problem, a new dicing process is necessary. This paper describes a new machine using scribe, breaker, and precision servo mechanism in order to dice a semiconductor wafer.

Key Words : Breaking machine(브레이킹 머신), Wafer dicing(웨이퍼 다이싱), Semiconductor wafer(반도체 웨이퍼).

1. 서론

청색 LED용 웨이퍼의 재료인 인조 사파이어(GaN)에서 양질의 휘도 제품을 얻기 위해 기존의 다이아몬드 다이싱 방법으로 이를 가공할 시에는 연삭 방식이어서 내부크랙이 발생하고 다이아몬드 다이싱 날의 진동에 의해 칩에 손상을 주어 그 휘도가 보장되지 않는다.

이와 같은 회전 다이아몬드 블레이드를 이용한 다이싱의 단점을 극복하기 위하여 새로운 개념의 다이싱 방법들이 시도되어 왔다. 그 방법으로는 레이저 다이싱 방법이 있는데, 이 방법[1,2,5]은 진동 문제가 없고, 재료 손실이 적으며 다이아몬드 다이싱 방식에 비해 더 높은 수율을 얻을 수 있다. 또한 다이싱 날과 절삭유제가 필요 없으며, 속도가 빠르고, 가공 유연성이 크다. 그러나 원하는 깊이로 절삭하기 위해 레이저의 파워를 정확하게 제어해야 하며, 부가의 레이저 광학계가 필요하다. 또한, 열에 의한 잔류 응력과 변형이 생길 수 있고, 레이저 헤드에 부가의 냉각 시스템이 있어야 하며, 가공 정밀도가 레이저의 초점의 크기와 레이저 품질에 좌우되는 단점이 있다.

이러한 관점에서 고 휘도를 가지는 사파이어 재

료의 다이싱에서는 회전 다이아몬드 블레이드나 레이저를 이용하는 방식이 아닌 다른 다이싱 방식이 필요하게 되었다. 이러한 방식으로서는 내부크랙과 진동의 영향이 거의 없는 스크라이빙 다이싱 방법이 거론되고 있다[3,4].

스크라이빙 다이싱 방법의 예를 주위에서 쉽게 찾아볼 수 있는데, 유리를 자를 때 다이아몬드 날이 박힌 유리 칼로 유리면을 스크래치(scratch)한 후에 손으로 톡 치면 유리가 양분되는 것이 한 예이다. 이처럼 경도가 높은 웨이퍼를 자르기 위해서는 다이아몬드 날이 박힌 유리 칼로 유리면을 스크래치하는 것과 같은 스크라이빙 과정과 손으로 톡 치는 것과 같은 브레이킹 과정이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 개념의 브레이킹 머신을 개발한다. 이러한 반도체 웨이퍼의 다이싱용 스크라이빙과 브레이킹 시스템 또한 아직 국내에서는 개발되어 있지 않고, 미국과 일본에서 시제품이 나온지도 1~2년 정도밖에 되지 않은 실정이다.

스크라이빙과 브레이킹을 이용한 다이싱 방법은 기존의 회전 다이아몬드 블레이드를 이용한 다이싱에 비해 경도가 큰 피막재에 사용할 수 있고, 절단 폭을 줄일 수 있어 단위 웨이퍼 면적 당 칩의 집적화와 그로 인한 생산성 향상, 절삭제 불필요, 유독

성 물질을 배출하지 않아 환경에 영향을 주지 않는 등 여러 가지 장점으로 인하여 웨이퍼용 사파이어(GaN) 재료에 뿐만 아니라 기존의 갈륨비소(GaAs)나 질화갈륨비소(GaAsP) 등 여러 가지 재질의 웨이퍼를 가공할 수 있고, 수율을 향상시킬 수 있다.

2. 기존 다이싱 공정

그림 1은 회전 다이아몬드 블레이드를 사용한 기존의 다이싱 장비를 보여주고 있다. 그리고 그림 2는 이러한 다이싱 머신에서 각 운동부의 축을 나타낸다. 웨이퍼 다이싱 과정은 X-Y 테이블 위에 장착된 척 테이블(chuck table)에 다이싱 할 웨이퍼를 올려놓고, Z축 방향으로 상하 이동하는 고속회전축에 다이아몬드 입자가 날 끝에 박힌 얇은 블레이드를 회전시키고, X-Y 테이블을 X축 방향으로 이동시키면서 다이싱이 이루어진다. 한 Line의 절단이 끝나면 다음 Line의 절단을 위해 블레이드는 Z축 방향으로 상향 이동하고, 웨이퍼는 칩의 간격만큼 Y축 방향으로 이동한다. 그리고 X축이 리턴(return)한 후, 회전 블레이드의 Z축이 하향 이동하고, 테이블이 X축 방향으로 이동하면서 다음 Line이 다이싱 된다. 이러한 과정을 반복하면서 웨이퍼를 절단한다.

그림 3은 다이싱 상태에서 웨이퍼와 블레이드의 관계를 도식적으로 보여준다. LED용 GaAs 웨이퍼의 다이싱 경우에, 일반적으로 블레이드 표면에 다이아몬드 입자가 붙어있는 것을 사용하고, 블레이드 두께는 $15 \sim 20 \mu\text{m}$, 외경은 50mm, 회전속도는 30,000rpm이다. 그리고 웨이퍼 두께는 약 $260 \mu\text{m}$ 이고, 다이싱 된 웨이퍼의 폭은 블레이드의 두께보다 약간 커지는데, 이 폭을 Kerf라 하고 $20 \sim 25 \mu\text{m}$ 정도가 된다. 웨이퍼를 잡아주는 테이프(PVC)의 두께는 $40 \sim 50 \mu\text{m}$ 이다. 테이프와 웨이퍼 사이에는 접착부가 있고, 이 두께는 $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 이다. 다이싱 과정에서 블레이드는 웨이퍼를 통과해서 접착부를 약 $10 \mu\text{m}$ 만큼 더 들어간다. 일반적으로 다이싱 작업 후 생성되는 칩은 여러 가지가 있지만, 여기서는 가로 0.25mm, 세로 0.25mm, 높이 0.26mm의 크기를 갖는다. 그리고 회전하는 블레이드는 블레이드 헤드의 스펀들에 장착되어 Z축 방향으로 상하 운동한다. 웨이퍼를 진공체적으로 고정하는 X-Y 테이블의 X방향은 블레이드 면과 평행하고, 이송속도는 $15 \sim 17 \text{ mm/sec}$ 이다.

3. 브레이킹 머신의 설계 및 제작

3.1 시스템 구조 결정

요구되는 스크라이빙과 브레이킹의 기능을 포함하기 위해서는 기본적으로, X-Y 방향 이동과 Θ 방향

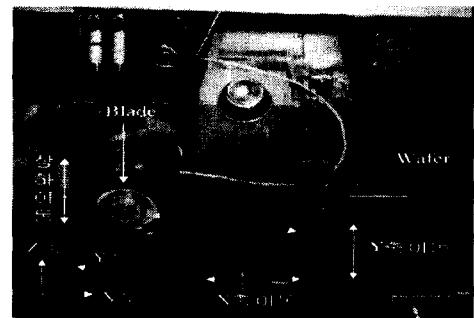


그림 1. 다이싱 장비의 사진.

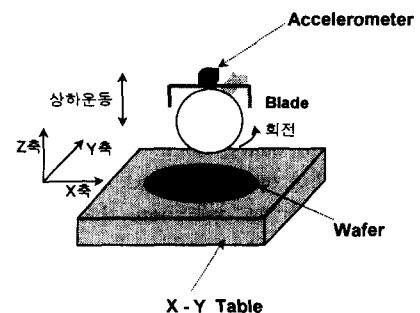


그림 2. 다이싱 머신에서 운동 축.

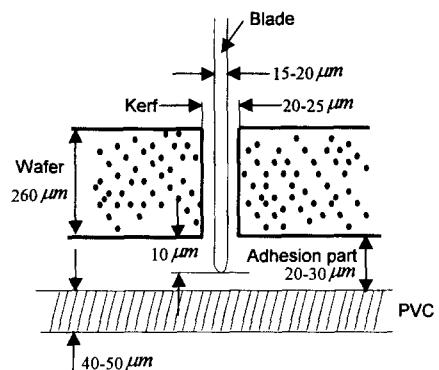


그림 3. 다이싱 상태에서 웨이퍼와 블레이드.

회전, 그리고 스크라이버와 브레이커의 이동이 필요하다. 각각의 이동 기구의 행정을 고려하여 배치하면 축의 수를 늘이지 않는 간단한 구조가 가능하게 된다. 본 연구에서는 스크라이빙과 브레이킹 머신의 최적 구성을 위하여 그림 4에서 보는 것처럼 3축으로 구성된 X-Y- Θ 테이블 상에 웨이퍼를 원하는 위치에 놓고 카메라로 인식한 후 스크라이버로 가로·세로 방향으로 스크래치하고 브레이커로 브레이킹 하도록 5축으로 최소 축만을 구성하였다.

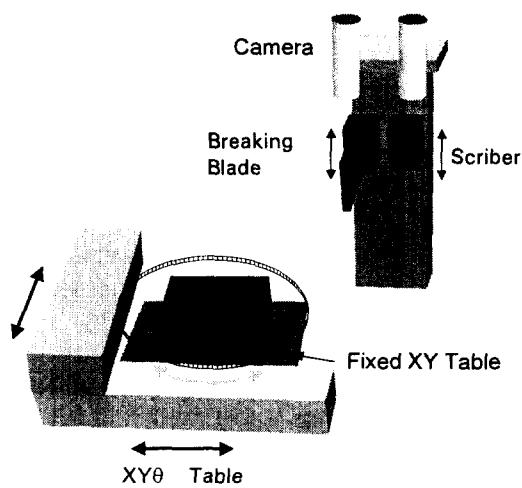


그림 4. 스크라이빙과 브레이킹 머신의 구조

그리고 목적하는 다이싱 작업을 하기 위해서는 기존 웨이퍼의 사양을 고려하여 장비의 사양을 결정하여야 한다. 현재 생산되는 가장 작은 크기의 칩(LED)을 갖는 웨이퍼를 가공하기 위해서 다음과 같은 장비와 웨이퍼의 사양 결정이 필요하다.

① 웨이퍼 사양

웨이퍼 재질 : 사파이어, 갈륨비소, 질화갈륨
비소

웨이퍼 직경 : < 127mm(5in)

침 Size : > 0.10mm × 0.10mm

② 스테이지 사양

X, Y moving range : 150mm

θ moving range : 270 deg.

X, Y resolution : 1.00 μm

θ resolution: 0.0010 deg.

③ Alignment의 정확도

Accuracy : < 3 μm

④ 스테이지의 절삭 속도:

X-axis 속도 : > 200 mm/s

⑤ 비전 시스템 사양:

웨이퍼 자동 align

웨이퍼 size 자동 인식

⑥ 스크라이버 사양:

Suspension system 부착

스크라이버 하중 조정 : 20g ~ 500g

스크라이버 각도 조정 : 0 ~ 360 deg.

⑦ 브레이커 사양:

Suspension system 부착

브레이커 하중 조정 : 1000 ~ 1500g

이러한 사양들은 현재의 가장 작은 크기의 LED 칩을 기준으로 정하였기 때문에 범용 웨이퍼 절삭 시스템의 사양으로도 충분하다.

3.2 브레이킹 머신의 구성

그림 5는 개발 시스템의 개략도를 보여주고 있고, 크기는 폭 900mm×깊이 800mm×높이 1500mm이다. 작업자가 입력장치를 이용하기 쉽도록 키보드는 허리 부분에, PC 모니터와 영상 모니터를 눈 높이에 놓이도록 장비 맨 위에, 웨이퍼 장착과 탈착 작업을 편리하게 하기 위해 스크라이와 브레이커를 윗칸에, 그리고 자주 조작하지 않는 모터 드라이브와 LED 전원 공급기 그리고, Host PC는 아래칸에 배치하였다. Host PC 본체에는 모터 콘트롤러와 비전 보드가 내장되어 있다.

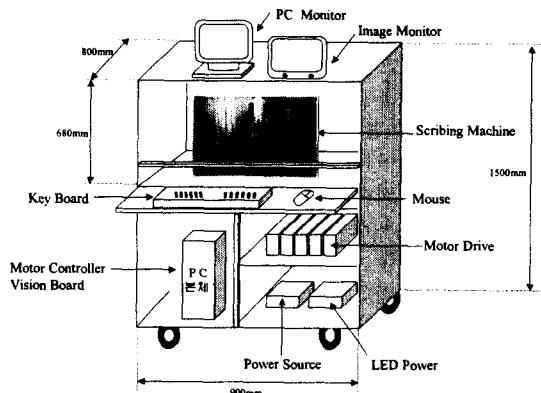


그림 5. 브레이킹 머신의 구성도

그림 6은 전체 시스템의 신호 흐름도를 보여주고 있다. Host PC에서는 각 축에 장착된 5개의 모터를 구동하고, 카메라에서 입력받은 영상 데이터를 처리하여 스크라이빙 작업을 수행한다. 즉, 각 축에 장착된 모터는 드라이버와 콘트롤러에 의해서 제어되고, 그 결과로 변화된 웨이퍼의 위치 등은 카메라에 의해서 영상 모니터에 나타나며, 이를 영상처리 한 후, 그 데이터를 활용하여 Host PC에서 작업 명령을 모터 콘트롤러에 지시하여 모터를 구동시킴으로써 연속된 스크라이빙 작업을 수행하게 된다.

이와 같은 스크라이빙 머신은 크게 5부분으로 나눌 수 있다.

- 1) Host PC부
- 2) 위치 결정부
- 3) 영상 처리부
- 4) 스크라이빙 시스템
- 5) 브레이킹 시스템

- 1) Host PC

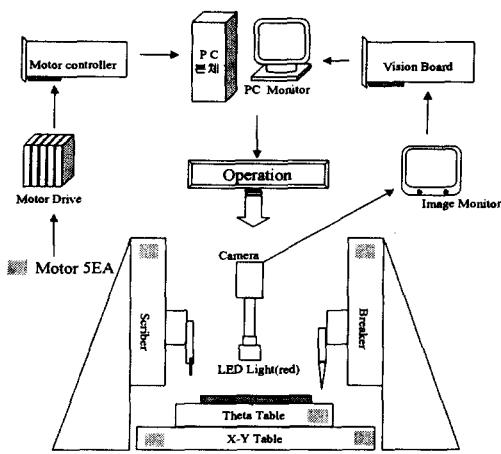


그림 6. 시스템의 신호 흐름도.

스크라이빙과 브레이킹 시스템의 S/W가 실행되는 부분으로 주변장치를 통제하며, 스크라이빙과 브레이킹 알고리즘을 구현하는 부분이다.

2) 위치 결정부

X-Y- Θ 테이블 본체와 모터 드라이브, 모터 컨트롤러로 구성되어 있다. 모터 컨트롤러는 한 회전 당 4000pulse/rev의 resolution으로 서보 모터를 제어하며, 8축 까지 확장할 수 있다. X-Y- Θ 테이블을 구동하기 위해 3축이 필요하고, 스크라이빙 작업을 위해 1축, 그리고 브레이킹 작업을 위해 1축이 필요하여 총 5축을 사용한다.

3.3 브레이킹 머신의 제작

이상의 사양으로 제작된 브레이킹 머신을 그림 7에서 보여주고 있다. 그리고 이 브레이킹 머신의 구동 알고리즘은 다음과 같다.

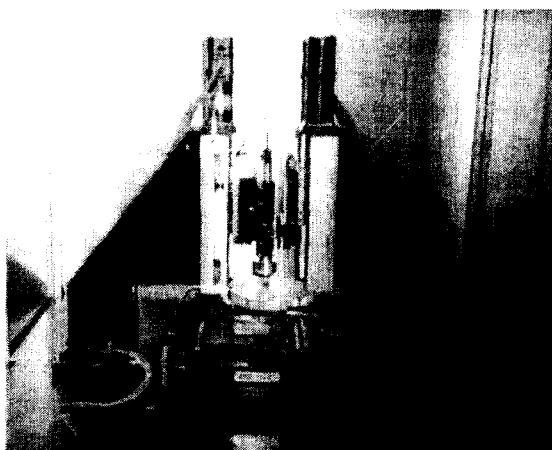


그림 7. 개발된 스크라이빙 머신의 사진

- 1) X-Y- Θ -Breaker 축 모터 캘리브레이션
- 2) X-Y축을 움직여 카메라로 웨이퍼 소재 인식
- 3) 카메라와 Θ 축 모터를 이용하여 웨이퍼 정렬
- 4) X-Y축 모터와 카메라로 웨이퍼 윤곽 생성
- 5) 최초 브레이킹 할 위치로 X-Y축 모터이동
- 6) 브레이킹 투턴
 - ① 브레이킹 할 위치로 Z축 모터이동(하강)
 - ② 브레이커를 이용하여 브레이킹
 - ③ 브레이킹 대기 위치로 Z축 모터이동(상승)
 - ④ 다음 브레이킹 할 Line으로 Y축 모터이동
 - ⑤ 웨이퍼의 한 방향을 모두 브레이킹
- 7) Θ 축을 이용하여 웨이퍼를 90° 회전
- 8) 최초 브레이킹 할 위치로 X-Y축 모터이동
- 9) 6)번 과정 반복
- 10) 브레이킹 종료

4. 결론

본 연구에서는 사파이어 웨이퍼를 재료로 한 LED에서 양질의 회도를 갖는 제품을 얻기 위해 기존의 회전 다이아몬드 블레이드를 이용한 다이싱 방법 대신에, 내부 크랙과 진동의 영향이 거의 없는 스크라이빙과 브레이킹 다이싱 방법을 거론하고, 이에 따른 장치를 설계하고 개발함으로서 경도가 큰 웨이퍼의 다이싱 수율을 향상시킬 수 있는 방법을 제안하였다.

참고문헌

- [1] S. Avagliano, N. Bianco, O. Manca, V. Naso, "Combined thermal and optical analysis of laser back-scribing for amorphous-silicon photovoltaic cells processing", *International Journal of Heat & Mass Transfer*, vol.42, no.4, pp.645-56, 1999.
- [2] I. T. Collier, M. R. J. Gibbs, N. Seddon, "Laser ablation and mechanical scribing in the amorphous alloys VAC 6030 and METGLAS 2605 SC", *Journal of Magnetism & Magnetic Materials*, vol.111, no.3, pp.260-272, 1992.
- [3] Dynatex 社 홈페이지, <http://www.dynatex.com/>
- [4] Opto System 社 홈페이지, <http://www.optosystem.co.jp/>
- [5] S. R. Wenham, B. O. Chan, C. B. Honsberg, "Green MA. Beneficial and constraining effects of laser scribing in buried-contact solar cells", *Journal of Progress in Photovoltaics : Research & Applications*, vol.5, no.2, pp.131-137, 1997.