

## Optimization of Glass Wafer Dicing Process using Sand Blast

Won Seo, Young-mo Koo\*, Jae-Woong Ko\*\*, and Gusung Kim†

Department of Electronic Engineering, Kangnam University, Yongin 446-702, Korea

\*ESIP Lab., EPworks Co., Ltd., Gyeonggi 464-070, Korea

\*\*Korea Institute of Materials Science, Changwon 641-010, Korea

(Received October 21, 2008; Revised November 25, 2008; Accepted December 3, 2008)

### Sand Blast를 이용한 Glass Wafer 절단 가공 최적화

서 원 · 구영모\* · 고재웅\*\* · 김구성†

강남대학교 전자시스템정보공학과

\*(주)이피웍스 ESIP연구소

\*\*재료연구소

(2008년 10월 21일 접수 ; 2008년 11월 25일 수정 ; 2008년 12월 3일 승인)

#### ABSTRACT

A Sand blasting technology has been used to address via and trench processing of glass wafer of optic semiconductor packaging. Manufactured sand blast that is controlled by blast nozzle and servomotor so that 8" wafer processing may be available. 10mm sq test device manufactured by Dry Film Resist (DFR) pattern process on 8" glass wafer of 500  $\mu\text{m}$ 's thickness. Based on particle pressure and the wafer transfer speed, etch rate, mask erosion, and vertical trench slope have been analyzed. Perfect 500  $\mu\text{m}$  tooling has been performed at 0.3 MPa pressure and 100 rpm wafer speed. It is particle pressure that influence in processing depth and the transfer speed did not influence.

**Key words :** Sand blast, Glass wafer, Etching

#### 1. 서 론

반도체의 발전으로 인하여 전자 제품의 발전 또한 빠르게 이루어지고 있다. 그에 따라 전자 제품의 소형화, 고성능화, 다기능화가 요구되어지고 있으며 이를 해결하기 위하여 새로운 소자의 개발이나 다수의 칩과 소자들을 하나의 패키지로 결합시키는 전자 패키징 기술이 연구되고 있다.<sup>1,2)</sup> 이와 같은 새로운 소자 개발이나 패키징 기술을 이용한 어플리케이션에 Glass Wafer가 사용되고 있다. 패키징 기술의 발전 가운데 CCM(compact camera module)은 디지털 카메라나 카메라가 장착된 휴대폰에 사용되는데 그 소형화와 슬림화를 위하여 COB(chip on board), CSP(chip scale package) 형태의 패키징 기술을 이용한 CCM이 사용되며 센서를 보호하는 Cover Glass에 Glass Wafer가 사용된다. Fig. 1은 CCM의 구조와 Glass Wafer의 사용에 대해 보여주고 있다.<sup>3)</sup> 다른 응용의 예로서 OLED(organic light emitting diode)를 이용한 디스플레이

에서 구조물을 보호하기 위하여 가공된 Glass가 사용된다.<sup>4,5)</sup> 이와 같이 새로운 소자 개발과 패키징을 이용한 제품들에 Glass가 사용되는데 점차 그 사용이 확대되어짐에 따라 가장 적합한 가공방법의 개발이 필요로 하게 되었다.

일반적으로 Glass 혹은 Glass Wafer를 반도체용으로 가공하기 위하여 다이싱(Dicing) 또는 쏘잉(Sawing)이라 불리는 작업이 사용된다. 이는 Glass Wafer를 절단하여 분리하는 공정을 의미한다. 이를 위하여 다이아몬드 블레이드를 이용하여 다이싱하는 방법과 레이저 혹은 워터제트 등을 이용하여 다이싱하는 방법 그리고 초음파를 이용하는 가공방법 등이 사용되고 있다. 이 가운데서 반도체용으로 현재 가장 많이 이루어지고 있는 다이아몬드 블레이드를 이용하는 다이싱 방법은 다이싱 장비 위에 Glass Wafer를 올려놓고 스크라이브 라인에 맞추어서 다이아몬드 블레이드를 고속으로 회전시켜 절단하는 방법이다.

레이저 혹은 워터제트의 경우는 머신의 가공범위 내에 Glass Wafer를 올려두고 컴퓨터에 가공할 범위의 스크라이브 라인을 입력후 레이저의 열에너지나 물의 분사압력을 이용하여 절단하는 방법이다. 일반적으로 다이아몬드

†Corresponding author : Gusung Kim  
E-mail : gkim@kangnam.ac.kr  
Tel : +82-31-280-3713 Fax : +82-31-789-7888

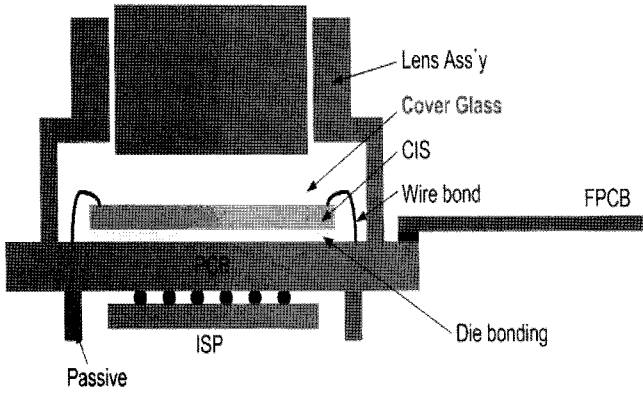


Fig. 1. Cover glass in CCM of COB type.

블레이드를 이용하여 다이싱 하는 경우에는 웨이퍼의 손상 및 칩 조각이 떨어지는(chipping) 현상 등이 발생할 수 있으며 레이저로 가공하는 경우에는 열로 인하여 칩에 금이가고 (crack), 파편(debris) 등이 발생하는 문제점을 안고 있다.<sup>6,7)</sup>

보다 간단한 유리가공방법으로 샌드 블라스트를 사용하는 방법이 있다. 샌드 블라스트는 대상 물질에다 고압의 공기 흐름에 의한 공기의 흡입력을 이용하여 연마제를 흡입 후 흡입된 연마제를 공기와 함께 투사함으로써 투사시 연마제가 가지는 입자의 운동 에너지를 이용하여 원하는 물질을 가공하는 방법이다. 현재 샌드 블라스트 방법은 가공하고자 하는 목적에 따라 불순물 제거, 피로성 증가, 부식성 방지 등의 표면처리 또는 유리나 돌 조각 등을 식각하는데 사용한다. 이러한 샌드 블라스트는 분진문제, 가공 사이즈의 한계 등으로 반도체용으로 적용이 부적절하다고 알려져 왔다. 하지만 유리가공에 있어서 이방법보다 빠르게 가공을 할 수 있는 방법은 아직 개발되어 있지 않다.

본 연구에서는 Glass Wafer 절단 가공의 최적 조건을 도출하기 위하여 Glass Wafer를 가공하기에 적합한 샌드 블라스트를 제작하고 가공시 영향을 미치는 인자들을 규명한 후 실험을 통하여 에칭속도와 에칭면에 대한 영향을 분석하고 고찰하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. 샌드블라스트의 구조와 동작특성

샌드 블라스트를 이용하여 물질을 에칭하는 것은 기본적으로 플라즈마를 이용한 에칭의 메카니즘 가운데 스퍼터링에 의한 물리적인 작용(Physical Bombardment)을 들 수 있다. 스퍼터링에 의한 에칭은 물리적인 작용으로서 에칭하고자 하는 물질의 표면층과 플라즈마 사이에 수직으로 형성된 쉬프전압에 의해 가속된 이온이 물질의 표면에 입사하여 에너지를 전달하게 될 때 표면의 물질의

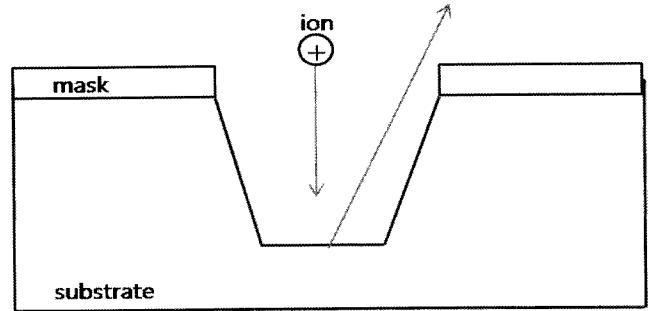


Fig. 2. Sputtering of plasma etching mechanism.

원자나 분자를 떼어내는 방식으로 Fig. 2는 스퍼터링을 이용한 에칭의 메카니즘을 보여준다.<sup>8,9)</sup> Glass Wafer 절단을 위하여 제작된 샌드 블라스트는 이러한 스퍼터링에 의한 물리적 에칭의 원리에 그 기초를 두고 있다. 공기압에 의해 흡입된 연마제가 블라스트 노즐을 통하여 빠르게 분사되어 연마제 하나의 입자가 가지는 운동에너지가 Glass Wafer의 표면에 전달되어 물질을 떼어냄을 통하여 에칭되는 것은 스퍼터링 원리에서 이온을 통하여 에칭되는 것과 동일한 작용을 하게 된다. 플라즈마 에칭의 경우 가공하고자 하는 물질의 표면이 플라즈마를 형성하고 있는 챔버 내에 놓여지게 됨으로 스퍼터링을 이용한 에칭은 동시에 표면 전체가 에칭된다. 반면 샌드 블라스트를 이용할 경우 에칭되는 범위는 블라스트 노즐에서 연마제가 분사되어 표면에 닿는 부위로 그 에칭범위가 한정적으로 제한된다. 이 때문에 Glass Wafer 전체를 에칭하기 위해서는 연마제가 분사되는 블라스트 노즐이 움직이거나 Glass Wafer가 이동하거나 두 가지를 동시에 이동시켜 표면 전체를 가공하는 방법을 사용하게 된다. 절단을 위한 가공 시간을 줄임과 동시에 효율적인 가공을 위하여 블라스트 노즐과 Glass Wafer가 직교하여 움직이는 방법이 유용하다. 이를 위하여 절단 가공시 표면과 수직을 유지하며 이동이 가능한 블라스트 노즐과 Glass Wafer의 이동을 가능케 하기 위하여 서보모터를 이용한 샌드 블라스트를 제작하였으며 Fig. 3은 Glass Wafer를 절단하기 위해 제작된 샌드 블라스트의 내부구조와 움직임에 대해서 보여주고 있다.

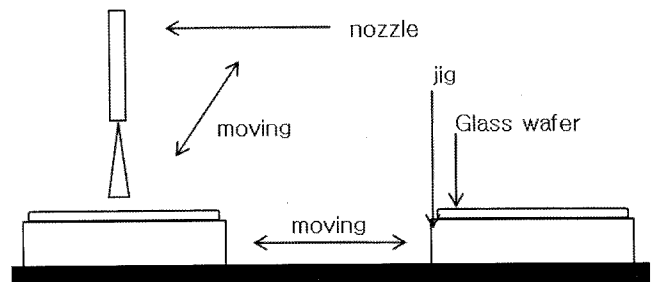


Fig. 3. Structures of Sand Blast.

블라스트 노즐의 형태는 가공표면인 Glass Wafer와 블라스트 노즐이 수직 방향으로 향하여 분사가 가능하도록 설계되었고 연마제가 분사되는 분사구는 Ø8 mm 크기의 노즐 2개를 평행하게 연결하였다. 이를 통하여 연마제가 분사되는 분사각이 30°가 되도록 조정하였다.

Glass Wafer를 움직임에 있어 기존 컨베이어벨트 시스템을 사용하는 경우 Glass Wafer를 고정시킬 수 없어 절단 가공시 깨어짐, 표면의 균열 등의 문제점이 있기 때문에 Glass Wafer를 고정하기 위한 장치인 지그(jig)와 이동에 대한 정확한 속도제어를 필요로 한다. 이를 위하여 8" Glass Wafer를 고정하는 지그를 제작하였고 밑면에서 진공을 통하여 Glass Wafer가 지그에 면밀하게 접합될 수 있도록 고정하였다. 이동속도에 대한 제어를 위하여 다이 나믹 브레이크(dynamic brake)방식을 이용하고 진동이 5.9 m/s<sup>2</sup> 이하인 서보모터를 적용하였고 PLC를 통하여 전체 시스템을 제어 가능하도록 제작하였다.

2.2. 실험방법

Glass Wafer 절단 가공에 사용되는 투사제인 연마제로는 입자의 크기가 400 mesh인 W. A. Oxide(white aluminum oxide)를 사용하였다. Table 1<sup>10)</sup>은 샌드 블라스트를 이용하여 Glass Wafer 절단 가공시 사용된 연마제의 특성을 나타낸 것이다. 실험을 위하여 사용된 시편은 하나의 셀(cell)이 10 mm×10 mm 크기와 180 μm의 스크라이브 라인을 가지는 마스크를 제작하여 500 μm 두께의 8" Glass Wafer에 DFR patterning하여 제작하였다. Table 2<sup>10)</sup>는 절단 가공의 시편으로 사용된 Glass Wafer의 특성을 나타낸 것이다.

샌드 블라스트를 이용한 Glass Wafer의 절단 가공 실험에 중요한 영향을 미치는 인자는 연마제가 분사되는 블라스트 노즐의 분사압력과 Glass Wafer를 움직이는 서보모터의 이동속도이다. 이를 실험 인자로 선정하고 인자별로 범위를 설정하였다. Table 3은 실험을 위한 인자와 수준을 나타낸 것이다. 실험진행은 요인 실험으로 진행하였다. 이는 실험조건인 인자수가 두 가지이고 각 인자에 대한 수준이 두 가지 일 때 진행되는 실험 계획법으로 모든 인자와 수준의 조합에서 실험할 수 있고 이에 대하여 모든 요인 효과를 추정할 수 있는 장점이 있다. 절단 가공 과정은 Fig. 4의 공정 순서와 같이 8" Glass Wafer에 드라이 필름(Dry Firm)을 증착시킨 후 제작된 패턴 마스크를 DFR patterning 한 후 Table 3의 인자와 수준에 의하여 실험 계획법 가운데 요인 실험에 따라 샌드 블라스트를 이용하여 Glass Wafer를 절단 가공한 후 DFR stripping을 실행하였다. 실험 조건에 따라 절단되어진 Glass Wafer는 단면을 SEM을 이용하여 촬영한 후 가공되어진 깊이(depth), 이방성 에칭(Anisotropic Etching), 마스크 침식(Mask erosion)에 대한 값을 측정하여 선정된 인자가 실험

Table 1. Properties of Abrasive W. A. Oxide (white aluminum oxide)

| Basic Mineral                    | Density (g/cm <sup>3</sup> ) | Volume (g/cm <sup>3</sup> ) | Micro hardness (kg/mm <sup>2</sup> ) | Size (mesh) |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------|
| α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | >3.90                        | 1.75<br>-1.95               | 2200<br>-2300                        | 400         |

Table 2. Properties of Glass Wafer

| size (mm) | Density (g/cm <sup>3</sup> ) | Young's Modulus (GPa) | Thermal Expansion of Coefficient (10 <sup>-6</sup> /K) (0-300°C) |
|-----------|------------------------------|-----------------------|--|
| 300       | 2.37                         | 70.9                  | 3.18   |

Table 3. Factors and Levels Used in Experiment

| Factor       | Level |     | unit |
|--------------|-------|-----|------|
| pressure     | 0.1   | 0.3 | MPa  |
| moving speed | 100   | 200 | rpm  |

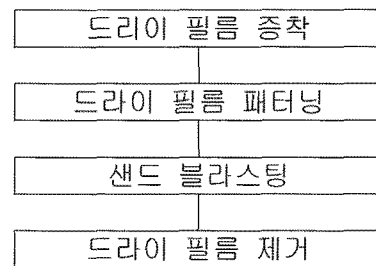


Fig. 4. Glass wafer fabrication process flow.

험 결과에 미치는 영향정도를 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

샌드 블라스트를 이용한 Glass Wafer의 절단 가공은 블라스트 노즐과 지그의 이동을 통하여 Glass Wafer의 전면에 분사가 이루어지는 것을 1회 기준으로 30회 가공하였다. Fig. 5의 (a)~(h)는 Table 3에서 설정된 실험 조건에 따라 Glass Wafer를 절단 가공한 후 절단된 단면을 SEM을 이용하여 측면과 정면을 촬영한 사진이다. Table 4는 실험 조건에 따라 절단된 Glass Wafer에 대한 단면의 깊이, 각도, 마스크 침식에 대한 측정값을 나타낸 것이다. Fig. 6은 가공 깊이, 이방성 에칭정도, 마스크 침식의 순서대로 실험의 인자와 수준에 의해서 영향을 미치는 정도를 그래프로 나타낸 것이다.

Fig. 6의 (a)는 절단 단면 깊이에 대하여 실험 인자들이 미치는 영향을 그래프로 보여주고 있다. 그래프를 통하여 압력이 가공 깊이에 크게 영향을 미치는 주요 인자임을 확인할 수 있으며 그 영향정도는 압력이 증가함에 따라 절단 단면 깊이도 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이동

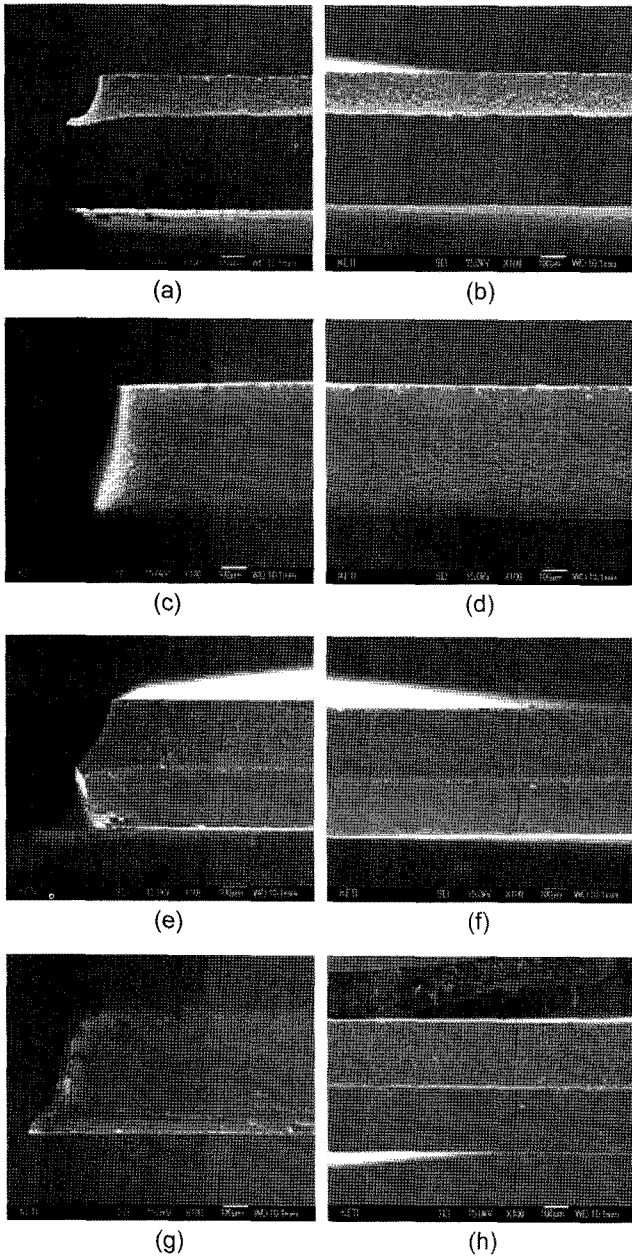


Fig. 5. SEM images of glass wafer section (a) side : 0.1 MPa, 200 rpm, (b) front : 0.1 Mpa, 200 rpm, (c) side : 0.1 MPa, 100 rpm, (d) front : 0.1 MPa, 100 rpm, (e) side : 0.2 MPa, 200 rpm, (f) front : 0.2 MPa, 200 rpm, (g) side : 0.2 MPa, 100 rpm, (h) front : 0.2 MPa, 100 rpm

Table 4. Output Characteristics of Experiment

| pressure (MPa)     | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.3 |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| moving speed (rpm) | 100 | 100 | 200 | 200 |
| depth (um)         | 171 | 500 | 270 | 410 |
| slope (°)          | 38  | 15  | 36  | 22  |
| mask erosion (um)  | 103 | 41  | 134 | 90  |

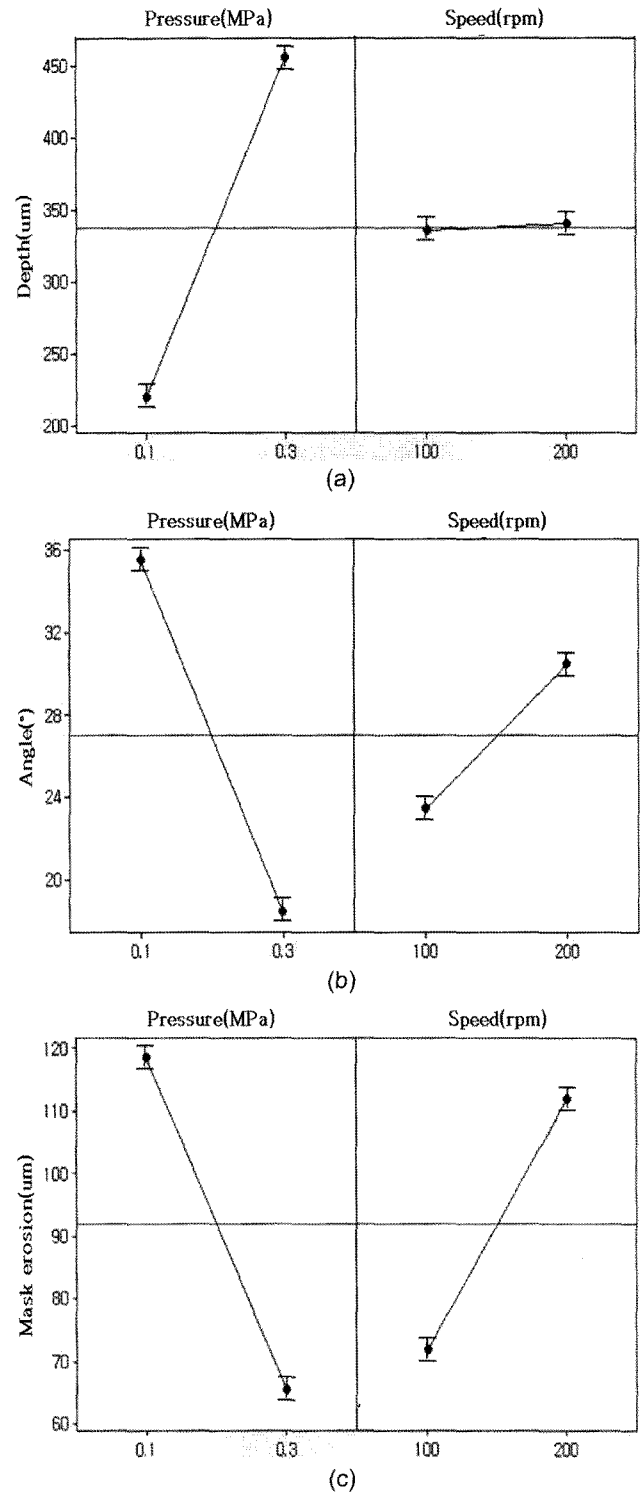


Fig. 6. Output characteristics (a) depth (b) angle (c) mask erosion.

속도는 그 변화에 따라 깊이에 크게 영향을 미치지 못함을 확인할 수 있다. Fig. 6의 (b)에서는 Glass Wafer의 가공에 대한 이방성 에칭에 대한 그래프를 볼 수 있다. 두 인자 모두 영향을 미치지만 압력이 크게 작용함을 알 수

있으며 압력이 높을수록 이동속도가 낮을수록 이방성 에칭에 가깝게 가공됨을 볼 수 있다. Fig. 6의 (c)는 샌드 블라스트를 이용하여 Glass Wafer를 절단 가공할 때 발생하는 마스크 침식 정도를 그래프로 보여주고 있다. 압력과 이동속도 모두 마스크 침식에 큰 영향을 미치는 인자임을 알 수 있다. 압력이 높고 이동속도가 낮을 때 마스크 침식이 가장 적게 나타나는 것을 알 수 있다. 마스크 침식의 경우 분사된 연마제 입자의 산란(scattering)과 절단 가공 과정에서 생기는 파편(byproduct)에 의한 발생으로 압력의 최고점과 이동속도 최저점에서 41  $\mu\text{m}$ 로 가장 적게 나타났다. 도출된 결과를 통하여 샌드 블라스트를 이용한 Glass wafer 절단 가공 조건에서 블라스트 노즐에서 분사되는 분사압력이 0.3 MPa, 가공을 위해 Glass Wafer를 움직이는 서보모터의 이동속도가 100 rpm일 때 가공 최적조건으로 나타났다. 절단된 깊이는 500  $\mu\text{m}$ 로 선정된 실험조건 안에서 원하는 깊이의 절단 가공은 용이함을 알 수 있다. 마스크 침식의 경우 41  $\mu\text{m}$ 로 발생 원인은 되는 연마제 입자의 산란과 파편이다. 샌드 블라스트의 경우 공기압에 의해 흡입된 연마제가 연마제 입자에 에너지를 가하여 표면을 가공하게 되는데 이 때 연마제의 분사와 함께 강한 압력의 공기도 분사가 된다. 이 강한 압력의 공기를 통해서 연마제의 산란이나 파편에 의해 측면으로 충돌하는 에너지가 억제되는 작용을 하여 높은 효과를 발휘하는 것으로 판단되었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 샌드 블라스트를 이용하여 Glass Wafer 절단 가공을 위한 최적 조건을 도출하는 실험을 진행하였다. 플라즈마 에칭 메카니즘의 스퍼터링을 이용하여 Glass Wafer의 가공 표면을 향해 수직으로 분사가 가능한 블라스트 노즐과 Glass Wafer 전면 가공을 위해 서보모터에 의해 가공부위의 이동의 가능한 샌드 블라스트를 제작하였다. 이를 이용하여 DFR patte-ring된 두께 500  $\mu\text{m}$ 의 8" Glass Wafer를 시편으로 하여 블라스트 노즐의 분사압력과 서보모터의 이동속도를 주요 인자로 선정하고

실험을 진행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Glass Wafer의 절단 가공깊이에 크게 영향을 미치는 인자는 분사압력이고 이동속도는 큰 영향을 미치지 못하는 것을 확인하였다.
2. 이방성 에칭과 마스크 침식에 압력과 이동속도 모두 영향을 미치는 인자로 나타났고 압력이 높을수록 이동속도가 낮을수록 이방성 에칭정도가 높고 마스크 침식이 적게 일어나는 것을 확인하였다.
3. 분사압력 0.3 MPa, 이동속도 100 rpm의 조건에서 가공 깊이 500  $\mu\text{m}$ , 이방성 에칭정도 15°, 마스크 침식 41  $\mu\text{m}$ 로 Glass Wafer 절단 가공을 위한 최적 조건을 구할 수 있었다.

#### REFERENCES

1. Rao R. Tummala, "Fundamentals of Microsystems Packaging," pp. 24-26, Mc-Graw-Hill, New York, 2001.
2. Rao R. Tummala, "Ceramic and Glass-Ceramic Packaging in the 1990s," *J. Am. Ceram. Soc.*, **74** [5] 895-908 (1991).
3. Thomas J. Watson, "CMOS Image Sensors-recent Advances and Device Scaling Considerations," IEDM '97. Technical Digest, 201-204 (1997).
4. J.G. Jang, H.W. Kim, "Fabrication and Characterization of Yellow OLED using GDI602:Rubrene(10%) Material(in Korean)," *J. of Microelectronics & Packaging Soc.*, **13** [4] 71-5 (2006).
5. Stewart, M. Howell, R.S. Pires, L. Hatalis, M.K., "Polysilicon TFT Technology for Active Matrix OLED Displays," *IEEE Trans. Electron devices*, **48** [5] 845-51 (2001).
6. S. M. SZE, "VLSI Technology, 2/E," pp. 213-14, McGraw-Hill, New York, 1988.
7. W. Koechner, "Solid State Laser Engineering," pp. 549-53, Springer-Verlag, Berlin, 2007.
8. R. Hippler, M. Schmidt, K. H. Schoen-bach, "Low Temperature Plasma Physics," pp. 89-98, WILEY-VCH, New York 2001.
9. G. Y. Yeom, "Plasma Etching Technology(in Korean)," pp. 250-54, MiraeCom, Seoul, 2006.
10. Charles A. Harper, "Electronic Packaging And Interconnection Handbook," pp. 1.59, McGraw-Hill, New York, 1991.