

## 샌드 블러스터로 건식 식각한 마이크로 소자 패키지용 유리 웨이퍼의 표면 연구

김종석 · 남광우\* · 좌성훈\* · 권재홍\*\* · 주병권\*\*\*†

### Study of sand blaster dry etched glass wafer surface for micro device package

Jong-Seok Kim, Kwang-Woo Nam\*, Sung-Hoon Choa\*,  
Jae-Hong Kwon\*\*, and Byeong-Kwon Ju\*\*\*†

#### Abstract

In this paper, glass cap wafer for MEMS device package is fabricated by using sand blaster dry etcher and its surface is studied. The surface of dry etched glass is analyzed by using SEM, and many glass particles and micro cracks are observed. If these kind of particles were dropped from glass to the surface of device, it would make critical failure to the operation of device. So, several cleaning and etching methods are induced to remove these kinds of dormant failure mode and optimized condition is found out.

**Key Words** : sand blaster, gyro, package, glass, dry etching

## 1. 서 론

일반적인 MEMS(micro electro mechanical system) 소자 및 집적화 된 전자 소자들은 환경에서 오는 충격으로부터 보호되어야 하기 때문에 패키지(package)는 중요한 문제로 대두되고 있다<sup>[1]</sup>. 또한 압력 센서와 같이 어떠한 소자들은 그 기능이 패키지된 주변의 환경에 그 특성이 직접적으로 관계를 가지게 된다.

MEMS 소자는 작고 복잡할 뿐만 아니라 내부에서 외부로의 전기적인 배선도 있어야 한다<sup>[2]</sup>. 이러한 소자의 패키지는 단순히 외부 환경으로부터 소자가 보호되어야 할 뿐만 아니라 공기의 저항에 의한 구조물의 진동 감소로 감도가 낮아지는 것을 막아야 하며 내부의 진공도는 고온이나 저온에 노출된 이후에라도 일정하게 유지되어야만 소자의 감도나 특성 저하를 막을 수

가 있다. 이를 위해 우리는 유리 웨이퍼(glass wafer)를 이용하여 그림 1과 같이 웨이퍼 레벨 진공 패키지(wafer level vacuum package)를 시행하였고 유리 웨이퍼와 구조물의 접합은 양극접합(anodic bonding)<sup>[3]</sup> 방식을 이용하였다. 이 논문에서는 이러한 웨이퍼 레벨 진공 패키지용 유리 웨이퍼 가공 시 발생하는 무수한 유리 파편들과 잔류하는 크랙들을 확인하고 다양한 세척 공정 및 화학적 식각 공정을 이용하여 이를 제거하기 위한 최적 조건을 찾아내었다.

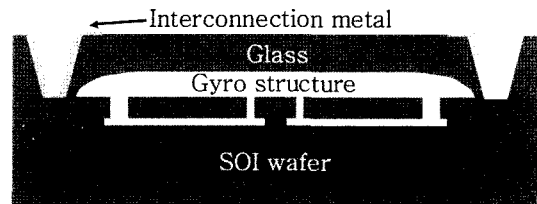


그림 1. 가공된 유리 웨이퍼로 패키지 된 자이로 구조물의 단면도

Fig. 1. Cross sectional view of packaged gyroscope with glass wafer.

고려대학교 마이크로/나노 시스템협동과정 (Department of Micro/Nano system, Korea University)

\*삼성종합기술원 (Samsung Advanced Institute of Technology)

\*\*고려대학교 전기전자전파공학부 (School of Electrical Engineering, Korea University)

†Corresponding author: bkju@korea.ac.kr

(Received : January 10, 2006, Accepted : March 2, 2006)

## 2. 실험 방법

자이로 구조물을 웨이퍼 레벨 진공 패키징 하기 위한 유리 웨이퍼는 코닝사(Corning) 7740, 4", 500 μm 두께의 웨이퍼를 사용하였다. 코닝사 7740 웨이퍼는 실리콘(Si)웨이퍼와의 접합(bonding)을 위한 전용 웨이퍼로 개발된 것으로 일정한 고온 영역에서 실리콘과의 열팽창 계수(coefficient of thermal expansion)가 비슷하여 양극 접합 후 상온에서 웨이퍼의 휨 현상이 현저히 작다. 유리 웨이퍼에 구조물의 전극을 외부와 연결하고 소자의 크기를 최소화하기 위해 수직형 비아 홀(via hole)을 형성<sup>14)</sup>하는데 유리 웨이퍼는 일반적인 화학적 건식 식각 방식이나 습식 방법으로는 그 식각 속도가 현저히 낮고, 깊고 좁은 영역을 식각하기는 불가능하다. 하지만 샌드블러스터를 이용하여 유리 웨이퍼를 가공할 경우 유리의 식각 속도가 빠르고 공정 방법이 간단하여 깊고 좁은 비아 홀(via hole)제작이 용이하다.

샌드블러스터란 그림 2와 같이 생긴 SiC 알갱이를 압축된 공기에 실어서 강하게 분사시키는 장비이다. 웨이퍼를 plate에 고정시킨 뒤 장비 공정 조건을 입력하면 노즐이 웨이퍼 위를 좌우로 스캔(scan)하면서 SiC 알갱이를 유리 웨이퍼에 분사시킨다. 이렇게 나오는 SiC 알갱이들은 유리 웨이퍼의 표면에 충돌하고 유리를 깨어내면서 식각하게 된다.

이번 실험에서 사용된 샌드블러스터 장비는 알프스(ALPS)사 타워(tower)형 제품으로 샌드파우더(sand powder)의 알갱이는 30 μm 짜리를 사용하였고 식각을 위한 장비의 조절(setting) 조건은 표 1에 나타내었다. 그림 3은 이 장비를 이용하여 유리 웨이퍼를 식각한



그림 2. 샌드블러스터용 SiC 알갱이  
Fig. 2. SiC powder for sand blaster.

표 1. 샌드블러스터 장비의 건식 식각 조건  
Table 1. Dry etch condition of sand blaster.

Name	Condition
Sand pressure	2.5 Kg/cm <sup>2</sup>
Palette speed	30 m/min.
Nozzle height	50 mm
Nozzle speed	10 m/min.

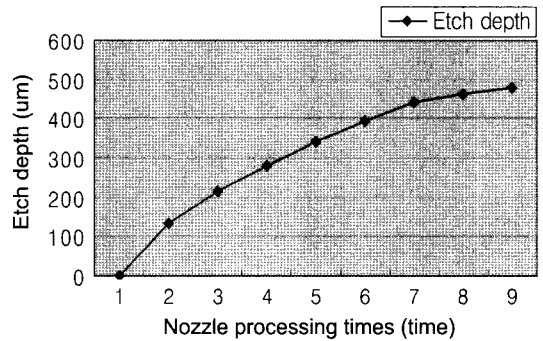


그림 3. 노즐 진행 회수에 따른 glass wafer의 etch된 깊이  
Fig. 3. Etch depth of glass wafer as processing times.

경우 노즐의 진행 회수에 따른 유리의 식각 정도를 나타내었다. 그래프를 보면 초기 400 μm까지는 분사되어진 SiC 알갱이가 대부분 유리에 직접 도달하여 유리를 식각함으로 비교적 일정한 속도로 식각이 되나 점점 그 깊이가 깊어질수록 식각된 폭이 좁아지면서 그 속도로 들어가는 SiC 알갱이가 작아서 식각 속도가 떨어지는 것으로 보인다.

그림 4는 자이로 패키지용 유리 웨이퍼를 제작하기 위한 공정 순서를 나타내었다. 먼저 유리 웨이퍼에 드라이 필름 레지스트(dry film resist: DFR)를 코팅(coating)하고 캐비티(cavity) 형성을 위한 패터닝(patterning) 작업을 실시한다(그림 4(1), (2)). DFR은 샌드블러스터를 이용하여 유리 웨이퍼(그림 4(3)) 식각 시 유리가 식각되지 않도록 하는 마스크(mask) 역할을 한다. DFR은 TOK사의 BF410 네가 타입(nega-type)을 사용하였고 코팅 및 패터닝을 위한 자세한 조건은 표 2에 나타내었다. 앞면의 식각이 끝나면 전기적 배선을 위한 비아 홀을 형성하기 위해 뒷면에 다시 DFR을 코팅하여 패터닝 한 뒤 샌드 블러스터를 이용하여 식각한다(그림 4(4), (5)).

그림 5(a)와 (b)는 이렇게 가공되어진 유리 웨이퍼의 캐비티 부분과 건식 식각 되어진 표면을 확대하여 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 유리 파편이 표면에 무수히 산재되어 있음을 알 수 있고 이러한 것들

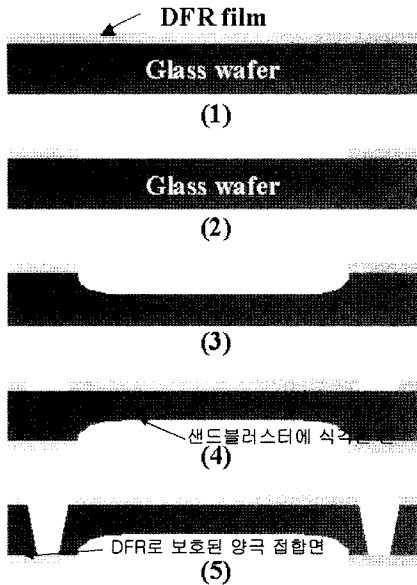


그림 4. 자이로 패키지용 유리 웨이퍼의 공정 순서  
Fig. 4. Fabrication process of glass wafer for gyro structure package.

표 2. DFR 코팅 및 패터닝 조건  
Table 2. Coating and patterning condition of DFR.

Name	Condition
Roller speed	2 m/min.
Roller weight	3 Kg중
Roller temp.	65 °C
Exposure	4.0 mW, 27.5 sec.
Develop	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 2 g, DI 1 liter, 90 sec.

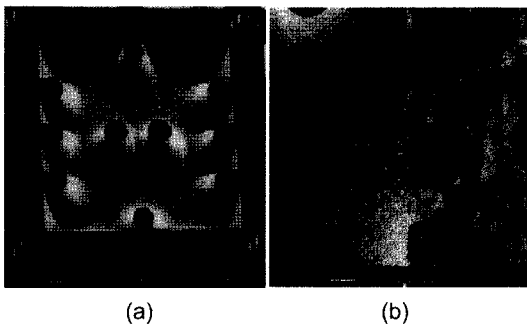


그림 5. 샌드 블러스터로 식각 되어진 유리 웨이퍼의 표면도  
Fig. 5. Sand blaster dry etched glass wafer surface.

이 소자의 구조물에 떨어질 경우 소자의 동작 특성에 큰 악영향을 줄 수가 있다. 그림 6과 같이 단면을 본



그림 6. Sand blaster로 건식 식각 뒤 유리 웨이퍼의 단면도  
Fig. 6. Cross sectional view of sand blaster dry etched glass wafer surface.

표 3. 실험한 세척 및 식각 방법  
Table 3. Tested cleaning and etching method.

No	Method	Time
1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Cleaning	20 min.
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Cleaning, Ultrasonic Cleaning	20 min, 10 min.
3	10:1 HF	5 min.
4	10:1 HF	15 min.

경우 유리 표면에 무수한 크랙이 발견되었다. 일단 표면에 붙어 있는 조각만 전부 떨어진다 가정하더라도 나중에 열 사이클이나 열 충격을 받는 경우 크랙이 더 전파되어 이러한 파편이 떨어져 나오는 경우가 충분히 발생할 수가 있다. 또한 공정 과정 중 이러한 미세한 틈 사이로 물이나 세척 시 사용하는 용액들이 들어가는 경우 잘 나오지 않고 패키지 공정이 완료된 후 시간을 두고 나오면서 패키지 내부 진공도를 서서히 떨어 트리는 원인이 된다. 그러므로 단순히 표면 세척뿐만 아니라 이러한 잠재적 고장의 원인들도 같이 제거해 주어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 표 3과 같이 크게 4가지의 세척 및 식각 공정을 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 3의 1번 공정은 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)과 과산화 수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)를 이용하여 세척하는 방법이다. 건식 식각 공정이 모두 끝난 뒤 DFR을 벗겨내고 위의 용액을 1:1로 혼합하여 발열 반응이 일어나고 있는 용액에 유리 웨이퍼를 넣었다. 20분 가량 지난 뒤 꺼내어 고순도 물(DI water)

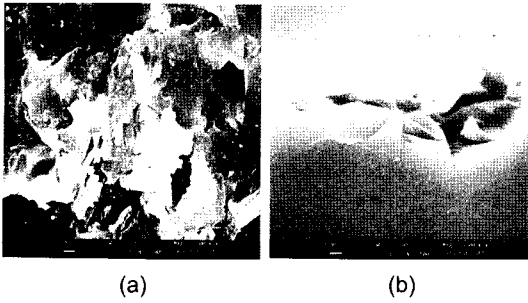


그림 7. 황산과 과산화 수소 세척 후 유리 웨이퍼의 표면 및 단면도  
 Fig. 7. Cross sectional view of glass wafer surface after sulphuric acid and hydrogen peroxide cleaning.

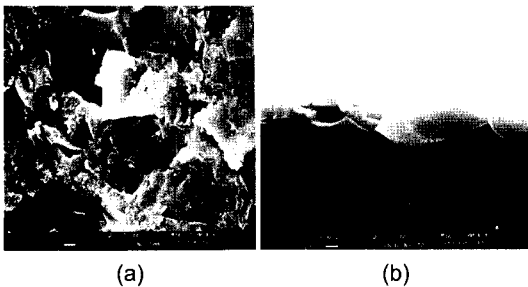


그림 8. 황산과 과산화 수소, 초음파 세척 후의 유리 웨이퍼 표면 및 단면도  
 Fig. 8. Cross sectional view of glass wafer surface after sulphuric acid, hydrogen peroxide and ultrasonic cleaning.

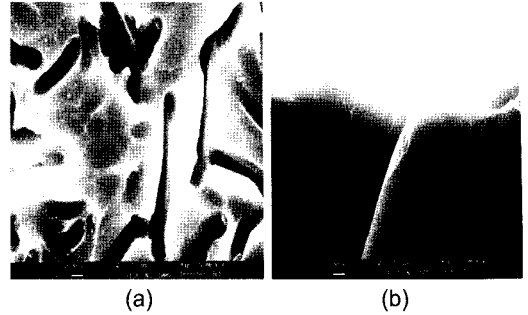


그림 9. 10:1 HF에 5분간 식각 후의 유리 웨이퍼 표면 및 단면도  
 Fig. 9. Cross sectional view of glass wafer surface after etched in 10:1 HF for 5 min.

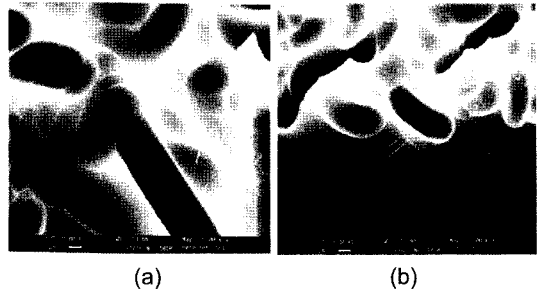


그림 10. 10:1 HF에 15분간 식각 후의 유리 웨이퍼 표면 및 단면도  
 Fig. 10. Cross sectional view of glass wafer surface after etched in 10:1 HF for 15 min.

로 깨끗이 세척 하였다. 표면을 확인한 결과 그림 7(a)와 같이 여전히 유리 파편들이 붙어 있었고 그림 7(b)와 같이 크랙이 간 상태에서 붙어 있는 유리 파편 조각들도 그대로 존재하였다. 이는 단순히 묻어 있는 것이 아니라 강한 정전력에 의해 붙어 있는 것으로 보인다. 표 3의 2번 공정은 1번 공정에 초음파 세척을 추가한 공정이다. 공정 결과 그림 8(a)와 같이 조금은 개선되었으나 표면에 여전히 유리 파편들이 붙어 있는 것을 확인할 수 있었고 그림 8(b)와 같이 크랙이 있는 유리 조각 또한 떨어지지 않은 것을 알 수 있다. 이외에도 열처리 뒤 초음파 세척 등의 방법을 시도하여 보았으나 별다른 효과를 보지 못해 물리적으로 이러한 것들을 없애는 것은 힘들 것으로 보였다. 그리하여 불산(HF)를 이용한 표면 식각 실험을 진행하게 되었다.

그림 9(a)는 10:1 불산에 5분간 식각한 뒤 표면을 나타내었다. 표면의 유리 파편들은 모두 녹아 없어졌고 그림 9(b)에서처럼 크랙이 있던 곳들도 불산 용액이 침

투하여 구멍의 형태로 파여 크랙이 없어짐을 알 수 있다. 불산에 15분간 식각하는 경우 그림 10(a),(b)와 같이 표면은 더욱 매끈해 졌다. 하지만 장시간 불산에 노출 될 경우 그림 4(5)에서와 같이 WLVP시 중요한 양극접합 면이 손상을 받아 표면이 거칠어지는 경우가 발생하게 된다. 이를 막기 위해서 우리는 DFR이 양극 접합면을 보호하고 있는 상태에서 불산 식각 작업을 실시하였다. DFR은 양극 접합 될 면에 밀착되어 있어 식각용액에 담그어도 일정 시간 정도는 접합면을 보호할 수 있기 때문이다. 실험 결과 DFR은 10:1 불산 용액에서 11분 정도 박리되지 않고 표면을 보호하고 있었다. 15분 뒤 DFR은 이미 박리가 되어 불산에 전면이 식각 되었지만 그림 11과 같이 DFR이 박리된 양극 접합할 표면을 AFM(atomic force microscope)으로 확인한 결과 평균 거칠기(mean roughness)의 값이 40 Å 정도로 매우 낮게 나왔고 실제 양극접합 시에도 문제없이 접합이 됨을 알 수 있었다.

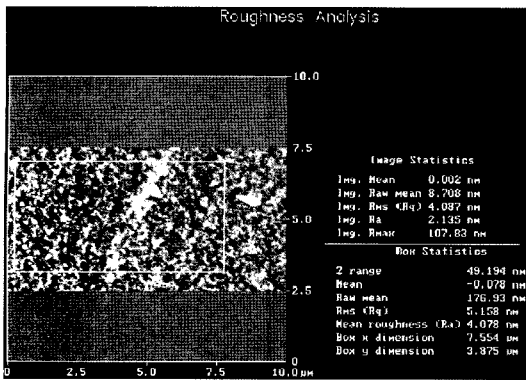


그림 11. 11분간 DFR로 보호되어진 양극 접합면의 AFM  
Fig. 11. AFM of bonding surface covered with DFR during  
11 min.

#### 4. 결 론

지금까지 샌드블러스터를 이용하여 유리 웨이퍼에 비아 홀 및 캐비티를 형성하고 그 가공된 표면을 SEM으로 확인하였다. 그 결과 가공된 표면에는 소자의 동작에 치명적일 수 있는 유리 조각들과 크랙들이 산재하였다. 이를 해결하기 위해 여러 가지 크리닝 방법을 이용하여 내부의 유리조각이나 크랙들을 없애는 작업을 실시하였다. 황산 크리닝, 초음파 세척, 열처리 후 세척, 불산 용액에 의한 식각 등의 조건으로 크리닝 작업을 실시한 결과 불산 용액을 이용한 식각 공정이 가장 유효한 것으로 나타났다. 또한 불산 용액에 5분과 15분 동안 표면 식각 작업을 실시한 결과 5분 정도만 식각하여도 표면에 남아 있는 파편들이나 크랙이 모두 제거됨을 알 수 있었다. DFR 또한 5분 정도는 양극접

합 할 표면을 불산으로부터 충분히 보호하여 주는 것으로 나타났다. 그러므로 샌드블러스터를 이용하여 유리 웨이퍼를 MEMS 패키지용으로 가공할 경우 건식 식각된 표면은 10:1 HF를 이용하여 5분 내외로 식각하여 유리 파편과 크랙을 제거해 주는 것이 소자의 신뢰성 측면에서 반드시 필요한 것으로 보인다.

#### 감사의 글

본 연구의 일부는 한국과학재단특정기초연구(R01-2005-000-10289-0)의 지원으로 수행되었음.

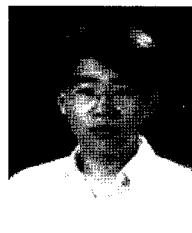
#### 참고 문헌

- [1] Y. T. Cheng, L. Lin, and K. Najafi, "Localized silicon fusion and eutectic bonding for MEMS fabrication and packaging", *Journal of Microelectromechanical Systems*, vol. 9, issue 1, pp. 3-8, March, 2000.
- [2] K. Persson and K. Boustedt, "Fundamental requirements on MEMS packaging and reliability", *Advanced Packaging Materials*, 2002. Proceedings, 2002 8th International Symposium, pp. 1-7, Georgia, USA, 3-6 March, 2002.
- [3] 주병권, 정희환, 김영조, 한정인, 조경익, 오명환, "실리콘 기판과 ITO가 코팅된 #7059 유리 기판간의 정전 열 접합", *센서학회지*, 제7권, 제3호, pp. 65-71, 1998.
- [4] 박길수, 서상원, 최우범, 김진상, 남산, 이종훈, 주병권, "RF-MEMS 소자의 웨이퍼 레벨 밀봉 패키징을 위한 열압축 분당", *센서학회지*, 제15권, 제1호, pp. 58-64, 2006.



김 종 석

- 2000년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 2005년~고려대학교 대학원 마이크로사노 시스템 박사과정 재학 중



남 광 우

- 2001년 서강대학교 물리학과 졸업(이학사)
- 2003년 서강대학교 대학원 물리학과 졸업(이학석사)
- 2003년 삼성중합기술원 연구원 재직 중



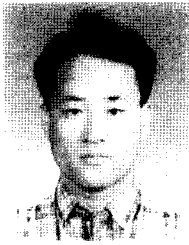
좌 성 훈

- 1985년 서울대학교 대학원 기계공학과 졸업(공학석사)
- 1992년 미시간대학교 대학원 기계공학과 졸업(공학박사)
- 1992년~현재 삼성종합기술원 SAIT Master 재직 중



권 재 홍

- 2005년 세종대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 2005년 고려대학교 대학원 전자전기공학과 박사과정 재학 중



주 병 권

- 1962년생
- 1995년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1988년~2005년 KIST 마이크로시스템 연구센터, 책임연구원
- 1996년 Univ. South Australia(Australia) 방문연구원
- 2005년~현재 고려대학교 전기전자전파공학부 부교수
- 주관심분야 : Flat panel display(FED, OLED), MEMS, Nano-devices