

**미세유체소자용 유리/유리 웨이퍼 접합 및 접합강도 평가**

신규식\*, 박준식\*\*, 장석원\*, 박효덕\*, 강성군\*\*, 송영화\*\*\*  
 전자부품연구원 나노메카트로닉스 연구센터\*,  
 한양대 재료공학과\*\*, DS정공\*\*\*

**A study on glass/glass wafer bonding and bonding strength for micro fluidic device**

Kyu-Sik Shin, Jun-Shik Park, Suk-Won Jang, Hyo-Derk Park, Sung-Goon Kang  
 KETI Nano Mechatronics Research Center  
 Hanyang Univ. department of Material Science Engineering, DS Precision Engineering

본 연구에서는 바이오 및 환경 분야에 적용 가능한 미세 유체소자 제작에 있어서 4" 유리 / 유리 웨이퍼접합을 시도하였으며, 접합결과 90%이상의 접합면적을 보였다. 접합된 샘플을 산 및 알칼리 조건에 따른 인장시험 결과 모든 조건에서 약 2kgf/mm<sup>2</sup> 이상의 접합강도를 보였으며 파괴는 접합면이 아닌 모재에서 발생되었다. 또한 미세유체소자 제작에 있어서 초음파를 이용하여 유리를 가공하였으며, 폭 300 $\mu$ m, 깊이 200 $\mu$ m의 미세채널을 제작하였다.

한 연구결과로 해외에서는 HF를 회석하여 상온에서 접합을 하였다고 보고가 되고 있으나[3]. 국내에서는 그에 대한 발표실적이 미미하여 그에 대한 연구가 필요한 실정이다. 또한 유리/유리 접합에 대한 연구사례는 표 1에 제시 되었다.[3][4][5] 따라서 본 연구에서는 4" 유리기판의 표면 초정밀 가공 및 이를 이용한 접합 및 접합강도를 평가하려고 하였다. 또한 유리기판의 미세 채널 가공을 위한 방법으로 초음파 가공을 시도하여 그 결과가 분석 되었다.

**1. 서 론**

최근 바이오 및 환경분야에 대한 연구가 중요한 이슈로 대두되고 있다. 특히 이들 분야에서 분석용 칩 및 기기를 랩온어칩 (Lab on a chip)과 같이 마이크로화 하는 것이 주 연구과제로 되고 있다. 분석용 칩이나 기기의 마이크로 화는 시약의 소모량 및 장치의 크기를 줄이고, 분석 시간을 단축하며, 상대적으로 저비용의 분석을 가능하게 하기 때문이다.[1][2] 마이크로 유체소자에 가장 많이 사용되는 재료는 PDMS(Polydimethylsiloxane)나 PMMA(Polymethylmethacrylate)등의 고분자 물질이다. 이들은 1회용으로 사용후 버리는 것으로 제작되고 있으며, 반복 사용에는 내구성이나 내화학성이 검증되어있지 않다. 따라서, 유리기판을 이용한 마이크로 유체소자의 경우 반복사용이 가능하고, 내화학성 또한 상대적으로 우수한 것으로 판단된다. 그러나, 이 경우 접합에 대

**2. 본 론**

**2.1 실험방법**

**2.1.1 glass/glass wafer 접합 및 강도시험**

본 연구에서는 4"의 유리기판(Schott사 borofloat 33)을 Lap master장비를 이용하여 화학적 기계적 연마(CMP)로 표면조도 5nm 이하로 가공 하였으며, 표면조도의 측정은 PSIA에서 제작한 AFM을 이용하여 측정되었다. 접합은 비엔피 사이언스에서 제작된 HBS series 장비를 이용하여 580 $^{\circ}$ C에서 3kgf/cm<sup>2</sup>의 압력을 이용하여 승온속도 5 $^{\circ}$ C/min으로 진공에서 2시간 동안 진행되었다. 접합된 샘플은 DISCO사의 DAD 522 장비를 이용하여 5mm $\times$ 5mm로 다이싱 되었다. 인장시험은 Instron 사의 fast track 8800 모델을 사용하였으며, 인장시험 model은

재료	어닐링온도	논 문
quartz/ quartz	420 $^{\circ}$ C	Eda, K.; Ogura, T.; Tomita, Y.; Taguchi, Y.; Ultrasonics Symposium, 1994. Proceedings., 1994 IEEE , Volume: 2, 1-4 Nov 1994 Page(s): 1045-1049
pyrex/ pyrex	220 $^{\circ}$ C	Ando, D.; Oishi, K.; Nakamura, T.; Umeda, S.; Micro Electro Mechanical Systems, 1997. MEMS '97, Proceedings, IEEE., Tenth Annual International Workshop on, 26-30 Jan 1997 Page(s): 186-190
	상온	Nakanishi, H.; Nishimoto, T.; Nakamura, R.; Yotsumoto, A.; Shoji, S.; Micro Electro Mechanical Systems, 1998. MEMS 98. Proceedings., The Eleventh Annual International Workshop on, 25-29 Jan 1998 Page(s): 609-614

그림 1과 같다. 산 처리는 일반적인 웨이퍼 세척 조건인 피라나(Phiranah) 에서 120℃, 10분간 진행되었으며, 알카리 처리는 500 $\mu$ m Si 웨이퍼에 구멍을 뚫는 조건인 KOH 용액에 80℃, 8시간 20분 동안 진행 되었다.

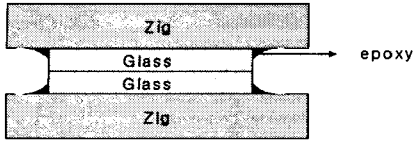


그림 1. 인장시험 model

### 2.1.2 초음파를 이용한 미세채널 가공

또한 본 연구에서는 NICKI에서 제작된 초음파 가공기를 이용하여 유리기판에 초음파로 미세채널을 가공하였다. 초음파 가공은 마스크 없이도 미세채널을 가공할 수 있어 칩의 제조공정을 단순화할 수 있으며, 고종횡비의 채널을 구현할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

## 2.2 결과 및 고찰

### 2.2.1 glass/glass wafer 접합 및 강도시험

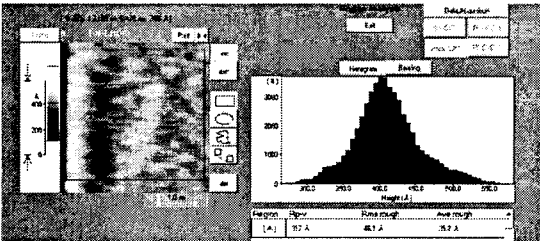


그림 2. glass wafer의 AFM 측정

그림 2는 유리 웨이퍼의 접합전 AFM 측정결과이다. RMS (root mean square) roughness의 경우 약 45.1Å 정도이며, 평균 roughness의 경우 약 35.2Å 정도로 접합용 유리 웨이퍼로 양호한 상태를 보이고 있다.

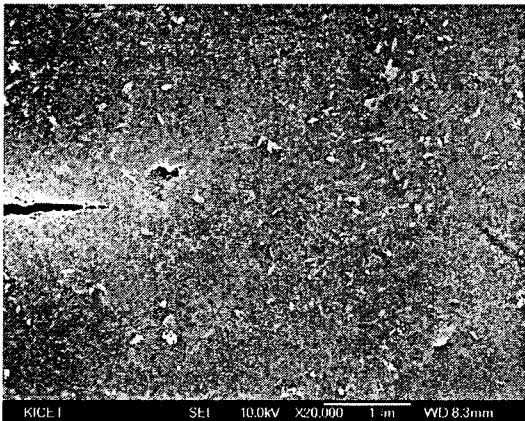


그림 3. void 시작점의 SEM 사진

그림 3은 접합단면을 폴리싱(알루미나 입도 : 1 $\mu$ m) 후 접합계면의 위치를 확인하기 위해 접합면 내부에 생긴 보이드(void)의 시작점을 찍은 SEM 사진이다. 사진 왼쪽의 검은색으로 보이는 부분은 접합계면 사이에 생긴 보이드이며, 생성원인은 웨이퍼의 초기접합시 입자 (particle)의 오염으로 발생했다. 또한 완전히 접합된 면에서는 접합계면이 관찰되지 않았으며, glass/glass의 접합상태가 양호함을 판단할 수 있다.

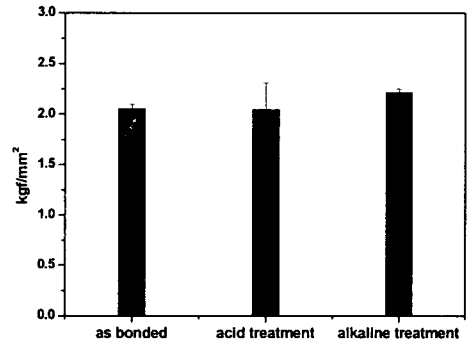


그림 4. 인장시험 결과

그림 4는 접합 직후와 산, 알카리 처리후 인장시험 결과이다. 접합강도는 2.056kgf/mm<sup>2</sup>이고 산 및 알카리 처리후 접합강도는 큰 변화가 없었다. 모든 인장시험 결과에서 샘플의 접합계면이 아닌 모재에서 파괴가 진행되었으며, 접합된 유리기판은 산 및 알카리 용액에 대해 내식성이 우수하다고 판단되었다.

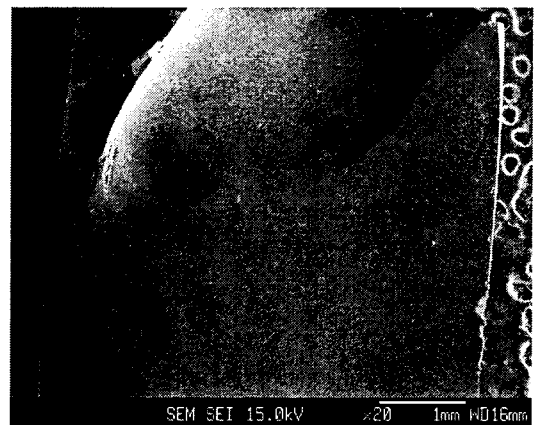


그림 5. 파단면 SEM 사진

그림 5는 인장시험 후 파단면의 SEM 사진으로 접합면이 아닌 모재에서 파단이 발생한 것을 판단할 수 있으며, 매우 양호한 접합을 이루었다고 평가할 수 있다.

## 2.1.2 초음파를 이용한 미세채널 가공

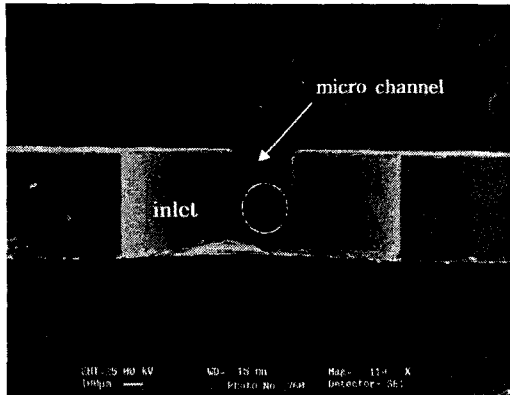


그림 6. inlet hole 단면 및 micro channel

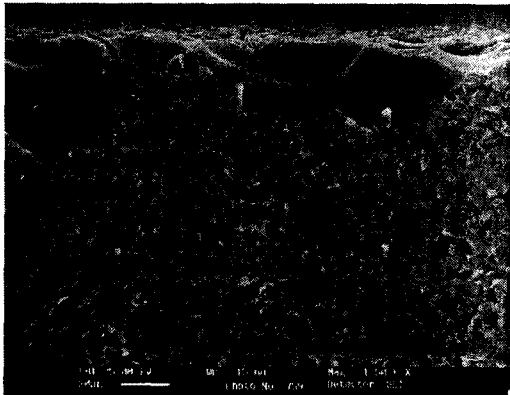


그림 7. 초음파 가공된 벽면 SEM 사진

그림 6은 채널이 가공된 주입구(inlet)의 단면 SEM 사진으로 채널의 깊이는 200 $\mu\text{m}$ , 채널의 폭은 300 $\mu\text{m}$ 이다. 그림 7는 그림 6에서 볼 수 있는 주입구의 벽면 SEM 사진으로 초음파 가공에 의하여 표면이 깨어진 것을 관찰할 수 있다.

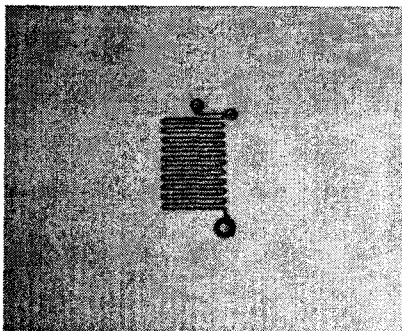


그림 8. 초음파로 가공한 미세채널의 접합후 사진

그림 8은 초음파로 가공한 미세채널을 glass/glass 접합

을 이용하여 제작한 미세유체소자이다. 사진에서 채널의 형상을 좀더 명확하게 관찰할 수 있도록 채널 내부에 잉크를 채웠으며, 접합면 일부에서 파티클에 의한 보이드를 관찰할 수 있다. 또한 채널에 채워진 잉크가 상대적으로 열은 부분은 잉크 주입시 발생한 버블(bubble)이다. 또한 초음파가공을 이용하여 유리를 가공한 유체소자의 제작이 가능함을 판단할 수 있다.

이후의 실험은 초음파 가공된 유리기판을 이용하여 접합된 미세유체소자의 접합강도 및 접합특성을 평가하고 유체의 흐름에 대해 연구할 예정이다.

## 3. 결 론

본 실험에서는 4" 유리/유리 웨이퍼의 접합실험을 진행하였으며, 인장시험결과 내산 및 내알칼리 처리후의 강도는 접합직후의 강도와 비슷하며, 그 값은 약 2kgf/mm<sup>2</sup>이다. 또한, 초음파가공을 이용하여 유리에 폭 300 $\mu\text{m}$ , 깊이 200 $\mu\text{m}$ 의 미세채널을 제작하였으며, 가공된 유리를 이용하여 미세유체소자를 제작하였다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Antoine Daridon, Peter Gravesen, Holger Dirac, Jens Peter Krog, Elisabeth Verpoorte and Nico F. de Rooij ; Micro Total Analysis System 2000 : Proceedings of the  $\mu$  TAS 2000 Symposium, 14-18, 2000, pp. 303-306
- [2] Samara L. Firebaugh, Klavs F. Jensen, and Martin A. Schmidt ; Journal of Microelectromechanical systems, Vol. 10, No. 2, June 2001, pp. 232-237
- [3] Nakanishi, H.; Nishimoto, T.; Nakamura, R.; Yotsumoto, A.; Shoji, S.; Micro Electro Mechanical Systems, 1998. MEMS 98. Proceedings, The Eleventh Annual International Workshop on, 25-29 Jan 1998 pp. 609 614
- [4] Eda, K.; Ogura, T.; Tomita, Y.; Taguchi, Y.; Ultrasonics Symposium, 1994. Proceedings., 1994 IEEE , Volume: 2, 1-4 Nov 1994 pp. 1045 1049
- [5] Ando, D.; Oishi, K.; Nakamura, T.; Umeda, S.; Micro Electro Mechanical Systems, 1997. MEMS '97, Proceedings, IEEE., Tenth Annual International Workshop on, 26-30 Jan 1997, pp. 186 190

## [감사의 글]

본 연구는 중소기업청의 산·학·연 공동기술개발 컨소시엄 사업, 산업자원부 및 정보통신부의 0580사업, 그리고 일부 과학기술부의 국가지정연구실 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.