

SOI(Silicon-On-Insulator)-Micromachining 기술을 이용한 MEMS 소자의 제작

Fabrication of MEMS Devices Using SOI(Silicon-On-Insulator)-Micromachining Technology

주병권*, 하주환**, 서상원**, 최승우**, 최우범**
(B.K. Ju*, J.W. Ha**, S.W. Seo**, S.W. Choi**, W.B. Choi**)

Abstract

SOI(Silicon-On-Insulator) technology is proposed as an alternative to bulk silicon for MEMS(Micro Electro Mechanical System) manufacturing. In this paper, we fabricated the SOI wafer with uniform active layer thickness by silicon direct bonding and mechanical polishing processes. Specially-designed electrostatic bonding system is introduced which is available for vacuum packaging and silicon-glass wafer bonding for SOG(Silicon On Glass) wafer. We demonstrated thermopile sensor and RF resonator using the SOI wafer, which has the merits of simple process and uniform membrane fabrication.

Key Words : Silicon-On-Insulator, Micromachining, MEMS, Wafer Bonding, Thermopile, Resonator

1. 서론

최근에 실리콘 직접접합은 미세소자의 제조에 있어서 중요한 공정으로 대두되고 있다. 이는 압력, 가속도 등과 같은 센서를 제작하기 위한 핵심기술로 작용하며, 액튜에이터를 비롯한 여러 미세기계구조의 제작에도 효과적으로 이용되고 있다. 특히 SOI 기술은 벌크 실리콘을 대체할 강력한 기술로 나타나고 있다. 그에 대한 장점은 기판과 활성층 사이에 절연층이 있다는 것에 있다. 미세소자의 제조과정중에 밑에 깔려 있는 산화막은 기계구조를 자유롭게 하기

위한 식각공정의 희생층이 될 수도 있다. 이러한 장점은 반도체 기술과 호환성 있게 사용할 수 있으며, 화학적 식각의 배치공정에도 적용될 수 있다. 이에 본 논문에서는 SOI 기판의 제조공정을 소개하고, 또 다른 종류의 SOG(Silicon On Glass)기판을 제조할 수 있고 진공 패키징이 가능한 정전열접합장비를 소개한다. 또한 SOI 기판을 이용한 써모파일형 적외선 센서 및 RF 공진기의 제조와 그 특성을 살펴보았다.

2. 본론

2.1 SOI 기판의 제조

기판 직접 접합 공정을 통한 SOI기판은 간단한 공정과 우수한 활성 실리콘층의 결정성, 실리콘층과 매몰 산화층간의 상대적으로 작은 결합영역등의 장점등으로 수 μm 의 실리콘 활성층을 요구하는 MEMS 소자의 제조에 이용되고 있다. 실리콘 기판 접합 공

* 한국과학기술연구원 정보재료소자연구센터

Fax : 02-958-5692

E-mail:jbk@kist.re.kr

** 비엔피 사이언스

Fax : 031-942-1127

E-mail:bnpsci@bnpsci.co.kr

정은 경면을 가진 편평한 두 면의 표면을 활성화하여 화학적으로 흡착된 물층 간의 수소결합을 통해 초기 접합을 시킨 후 충분한 기계적 강도를 얻기 위한 열처리를 통해 $2\text{mJ}/\text{m}^2$ 이상의 강한 접합 에너지를 가지는 공유결합을 형성시키는 공정이다. 기판의 편평도와 거칠기는 기존의 폴리싱된 기판의 사양이면 충분하며, 표면활성화의 방법으로 APM (Ammonia Peroxide Mixture), SPM (Sulfuric acid Peroxide Mixture), HPM (Hydrochloric acid Peroxide Mixture), DHF (Dilute Hydrofluoric acid) 간의 조합을 이용한 습식활성화와 플라즈마 이온빔등을 이용한 건식활성화등이 이용되고 있다. 본 SOI 기판은 열산화막을 가진 기판과 실리콘 기판을 APM과 SPM의 조합으로 표면을 활성화 한 후 초기 접합시키고, 열처리를 통해 준비된 접합기판을 CMP(Chemical Mechanical Polishing)을 통해 원하는 실리콘 활성층의 두께를 기판전체를 통해 균일하게 구현한 것이다. SOI기판의 간단한 제조 공정을 그림 1에 나타냈으며 그림 2와 3에 SOI기판의 사진과 단면 SEM 사진을 나타내었다.

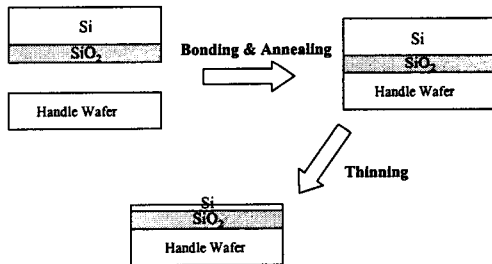


그림 1 SOI 기판 제조의 공정도
Fig. 1 Fabrication procedure of SOI wafer

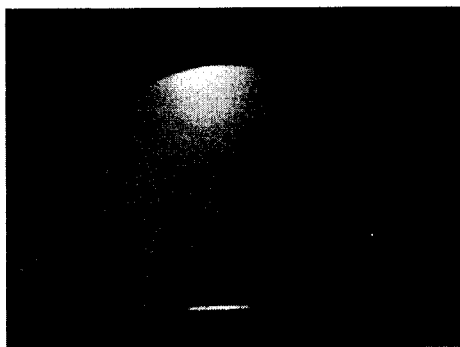


그림 2 $3\mu\text{m}$ 활성층을 가진 100mm SOI 기판
Fig. 2 100mm SOI wafer with $3\mu\text{m}$ active layer

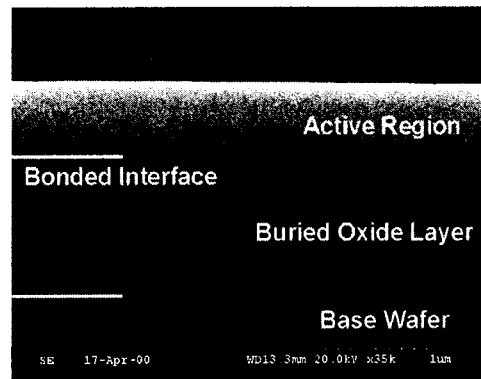


그림 3 SOI 기판의 SEM 단면도
Fig. 3 Cross Section SEM Image of SOI Wafer

2.2 정전열접합 장비의 제조

유리 기판 안의 알칼리이온을 열과 전압을 통해 이동시켜 실리콘 기판과 접합시키는 정전열접합을 통한 SOG(Silicon On Glass) 기판의 제조를 위한 정전열접합 장비를 제조하였다. 정전열접합을 통해 접합된 실리콘-유리기판쌍의 실리콘층을 박막화하여 센서제조에 이용할 수 있다. 또한 기판 척와 전극의 새로운 설계를 통해 capping과 진공 패키징 공정에도 적용할 수 있도록 하였다. 전술한 정전열접합 장비의 사진과 이 장비를 통해 접합된 실리콘-유리 기판쌍을 그림 4와 5에 나타 내 고 있 다 .



그림 4 정전열접합 장비 (EBS 2000A)
Fig. 4 Electrostatic Bonding System (EBS 2000A)

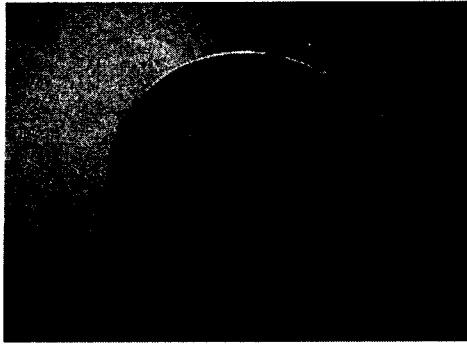


그림 5 정전열접합 된 실리콘-유리 기판
Fig 5. Electrostatic bonded Silicon-Glass Wafer

2.3 SOI 기판을 이용한 써모파일형 적외선센서와 RF공진기의 제작 및 특성 평가

그림 6은 SOI기판을 이용하여 멤브레인을 제작하는 공정을 나타내고 있다. 기존의 후면 식각법에 비하여 공정이 단순하고, 식각 시간이 짧기 때문에 멤브레인의 제작이 용이하고, 먼저 멤브레인을 제작한 후에 그 위에 소자를 만드는 것이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 위의 공정에 의하여 제작한 멤브레인 구조 위에 써모파일과 RF공진기를 형성한 사진이 7과 9에 나타나 있다. 그림 8과 10은 각각의 소자에 대한 출력 특성을 관찰한 결과로서 SOI기판을 이용하여 제작한 센서에서

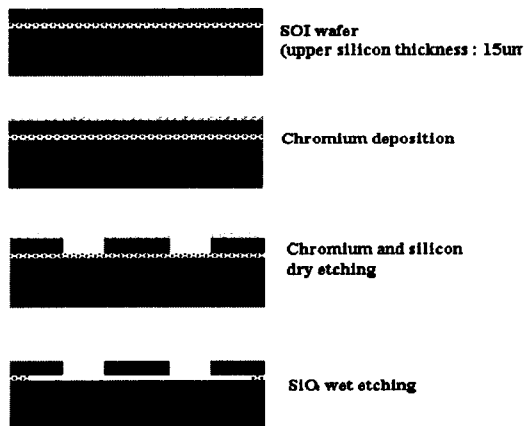


그림 6. SOI기판을 이용한 멤브레인 구조의 제작
Fig.6. Fabrication of membrane using SOI wafer

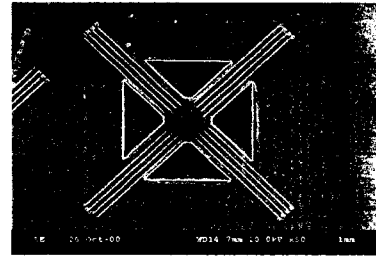


그림 7. 멤브레인 구조 위에 형성된 써모파일
Fig. 7. Thermopile on floating membrane

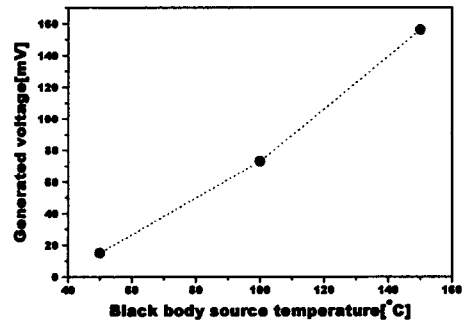


그림 8. 써모파일 센서의 출력 특성
Fig. 8. Output characteristic of thermopile sensor

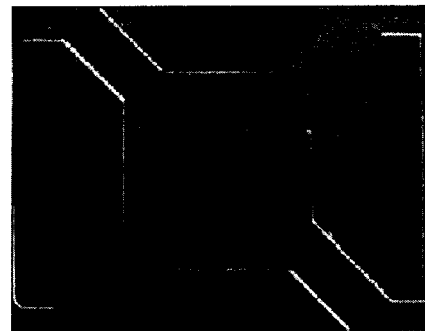


그림 9. SOI기판을 이용한 RF공진기
Fig. 9. RF resonator using SOI wafer

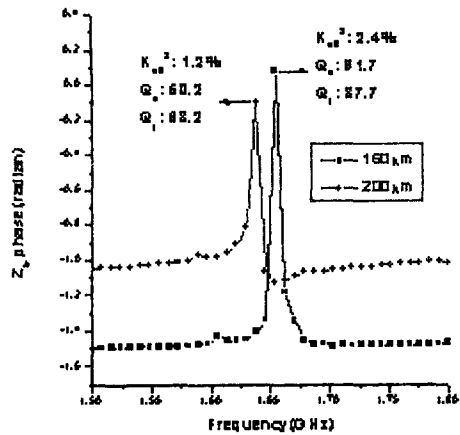


그림 10. 주파수에 따른 RF 공진기의 출력 특성

Fig.10. Output of RF resonator with frequency

우리가 원하는 써모파일 센서의 선형적인 출력특성과 선택적인 주파수를 통과시키는 공진기 특성을 얻을 수 있었다.

3. 결론

실리콘 직접 접합과 CMP를 통해 비접합영역이 없고 균일한 활성층 두께를 가지는 SOI 기판을 제조하였다. 또한 진공접합과 유리 캐핑으로 응용으로도 확장이 가능한 정전열접합 장비를 통해 SOG 기판을 제조하였다. SOI 기판을 통해 좀 더 간단한 공정으로 써모파일 센서와 RF 공진기를 구현하였다.

참고 문헌

- [1] B. K. Ju, S. R. Rho, S. H. Kim and C.J. Kim, J. Korean Phys. Soc. **120**, 373 (1987)
- [2] M. R. Lee and O. K. Kwon, J. Korean Phys. Soc. **35**, 856 (1999)
- [3] Renard, Stephane, Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering **4174**, 193-199 (2000)
- [4] Renard, Stephane, Herve, Andre Auberton, European Semiconductor Design Production Assembly, **20** 13-14 (1998)