

접합 물질의 모세관힘을 이용한 상온, 상압 MEMS 패키징

한창훈^a, 김창근^{a*}, 윤용훈, 서민호, 고승덕, 윤준보
KAIST 전기및전자공학부
E-mail: ckkim@3dmems.kaist.ac.kr

MEMS PACKAGING AT ROOM TEMPERATURE AND ATMOSPHERIC PRESSURE USING ADHESIVE BONDING ASSISTED BY CAPILLARY FORCE

Chang-Hoon Han^a, Chang-Keun Kim^{a*}, Yong-Hoon Yoon, Min-Ho Seo, Seung-Deok Ko and Jun-Bo Yoon
School of Electrical Engineering, KAIST

Abstract

This paper reports a simple microelectromechanical systems (MEMS) packaging method at room temperature and atmospheric pressure. It is one way of adhesive bonding and the adhesive material spreads into the bonding interface perfectly only by capillary force. As a result of the moisture permeation test in the accelerated environment (85 °C / 85 % relative humidity(RH)), the proposed packaging method is expected to prevent moisture permeating over 15 years in the normal condition (25 °C / 40 % RH). Also, a fabricated MEMS LC-resonator showed only about 5 % difference of the resonant frequency after packaging, which demonstrates the packaging process does not degrade the MEMS device. Since the whole packaging process has no heating or external force, the proposed packaging method can be easily used especially in the case of temperature sensitive device packaging.

^a 한창훈과 김창근은 본 연구에 공동으로 기여하였습니다.
Keyword - MEMS packaging(멤스 패키징), Capillary force(모세관힘), Room temperature(상온), Atmospheric pressure(상압)

1. 서론

MEMS 소자를 기계적 손상 혹은 화학적 오염으로부터 보호하는 MEMS 패키징에 대해 연구가 널리 진행되고 있다. 최근 가장 많이 사용되는 패키징 방식들은 웨이퍼 본딩(wafer bonding) 패키징 방식을 기반으로 한다. 웨이퍼 본딩 패키징은 패키징 할 소자와 이를 보호할 보호막(capping lid)을 따로 제작한 후 그 둘을 접합하는 방식이다 [1-4]. 이 때 이들을 접합하는 과정은 가스나 수분이 통과될 수 있는 접합 면 사이의 공백을 없애기 위해 보통 100 °C 가 넘는 고온과 고압을 필요로 한다 [1]. 이러한 가혹한 과정은 소자 특성을 저하시키는 크나큰 문제이기 때문에 이를 해결하기 위해 접합 면들을 얇고 균일하게 저온에서 접합할 수 있는 접합 물질을 찾아내고 개발하는 것에 많은 연구가 이뤄지고 있다 [2-4]. 하지만 여전히 열처리 같은 외력 없이는 접합 면을 공백 없이 접합하는 것은 쉽지 않은 상황이다.

본 논문에서는 패키징할 소자와 보호막의 접합 면 사이에 자외선 경화 수지(UV curable resin)의 모세관힘만을 이용하여 상온 및 상압에서 MEMS 소자를 패키징하는 새로운 방법을 제안하고자 한다.

2. 본론

2.1 접합 물질의 모세관힘만을 이용한 패키징

제안하는 패키징 방식은 접합 물질을 접합 면에 퍼뜨리는 방식에서 이전에 언급된 사전 연구들과 다르다. 그림 1 은 제안된 방법의 패키징 과정의 모식도를 보여준다. 이는 투명한 보호막의 접합 면에 자외선 경화 수지를 부분적으로 칠하는 단계로 시작한다. 그리고 보호막과 소자를 정렬하고 자외선을 쬐어 초기 접합을 이룬다. 이후 자외선 경화 수지를 포함한 마이크로 피켓의 입구를 접합 면의 가장자리에 접촉시킨다. 이 과정에서는 좁은 접합 면 사이의 모세관힘에 의해 접합 물질이 접합 면을 따라 흡수되며 퍼진다. 접합 물질이 접합 면에 모두 퍼지면 자외선을 쬐어 접합을 완성시킨다.

2.2 실험 내용 및 결과

제안하는 패키징 방식은 MEMS 습도 센서와 MEMS LC-공진자를 사용하여 활용 가능성을 검증하였다. 먼저 그림 2 와 같이 SU-8 으로 만들어진 투명한 보호막과 습도 센서가 따로 제작되었고 접합되었다. 그림 2(b)는 접합 물질이 모세관힘에 의해 접합 면을 따라 흡수되기 시작하는 현미경 사진이며 그림 2(c), 2(d)를 통해 마무리 된다. 그림 3 은 가속 환경에서의 수분 투과도 실험 결과를 보여준다. 그림 3(a)에서의 패키징 된 소자는 일정한 전류량을 보여주지만, 패키징 되지 않은 소자의 전류량은 소자 표면의 수분을 통해 계속 증가한다. 그림 3(b)에서의 패키징 된 소자는 40 시간 동안 낮은 전류량을 보여주며 이는 표준 상태에서의 15 년으로 환산된다.

그림 4 에서의 패키징 된 MEMS LC-공진자는 가변 축전기[5]와 인덕터로 구성되며 그림 5 에서처럼 공진 주파수가 V_{tune} 에 따라 변한다. 또한 이는 패키징 보호막의 기생 용량(parasitic capacitance)에 의해 특성이 바뀔 수 있는 LC-공진자의 패키징 전, 후 특성을 비교했을 때, 패키징 된 소자의 공진 주파수가 패키징 되기 전에 비해 매우 적게 5%만 달라지는 것을 보여준다.

3. 결론

본 논문에서는 상온, 상압에서 쉽게 사용 가능한 MEMS 패키징 방식을 제안하고 실험을 통해 패키징 전, 후의 소자 특성을 비교하였다. 습도 센서를 통한 실험

결과는 제안한 패키징이 효과적으로 수분을 차단함을 보여준다. 또한 패키징 과정이 LC-공진자를 손상시키지 않고 이의 특성 또한 보존됨을 검증하였다.

사사

이 논문은 삼성전자 미래기술육성센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호 SRFC-IT1402-06).

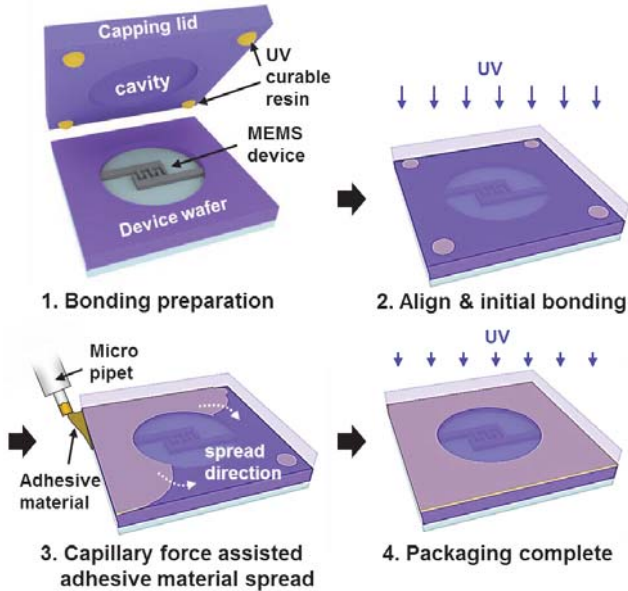


그림 1. 제안하는 접합 패키징의 과정 모식도. 여기서 사용된 접합 물질은 자외선 경화 수지이다.

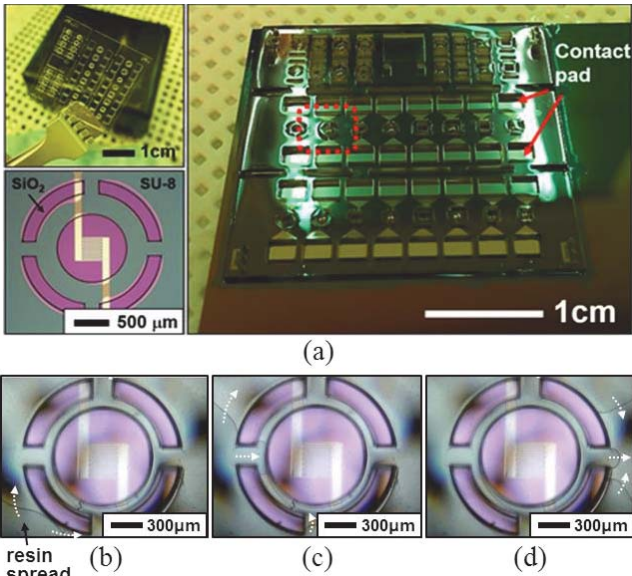


그림 2. 접합 패키징 된 습도 센서. (a) 제작된 보호막 (좌상단), 습도 센서 (좌하단), 그리고 완벽히 접합된 웨이퍼 (우). (b)-(d) 셋 모두 (a)의 빨간 점선 안을 확대한 현미경 사진이며, 각각 순서대로 자외선 경화 수지가 모세관력에 의해 접합 면에 점점 흡수되며 퍼지는 과정을 보여준다. 흰색 점선은 자외선 경화 수지가 퍼지는 방향을 나타낸다.

참고 문헌

1. F. Niklaus, G. Stemme, J. -Q. Lu, R. J. Gutmann, *J. Appl. Phys.*, vol. 99, pp. 031101, 2006.
2. F. Niklaus, P. Enoksson, E. Kalvesten, G. Stemme, *J. Micromech. Microeng.*, vol. 11, pp. 100-107, 2001.
3. Y. T. Cheng, L. Lin, K. Najafi, *J. Microelectromech. Syst.*, vol. 9, pp. 3-8, 2000.
4. S. Satyanarayana, R. N. Karnik, A. Majumdar, *J. Microelectromech. Syst.*, vol. 14, pp. 392-399, 2005.
5. C.-H. Han, D.-H. Choi, H.-H. Yang, Y.-H. Yoon, J.-B. Yoon, *J. Microelectromech. Syst.*, vol. 22, pp. 1403-1413, 2013.

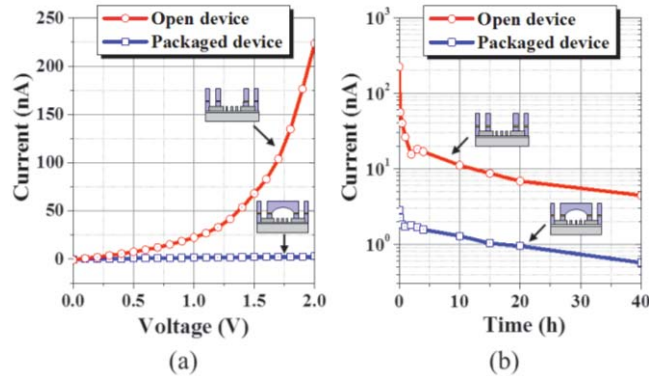


그림 3. 85 °C / 85 % RH 실험 결과. (a) 전류-전압 특성. (b) 2 V의 인가 전압에서 시간에 따른 전류량.

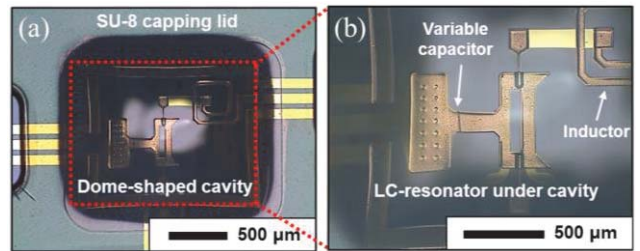


그림 4. 접합 패키징 된 LC-공진자. 보호막은 돔 형태의 공간을 갖으며 SU-8 으로 제작되었다. LC-공진자는 전압에 따라 구조물의 평행판을 위아래로 움직여 C-V 특성을 조절하는 MEMS 가변 축전기와 인덕터로 이루어져 있다. (a) 패키징 된 소자의 현미경 사진. (b) 확대된 사진.

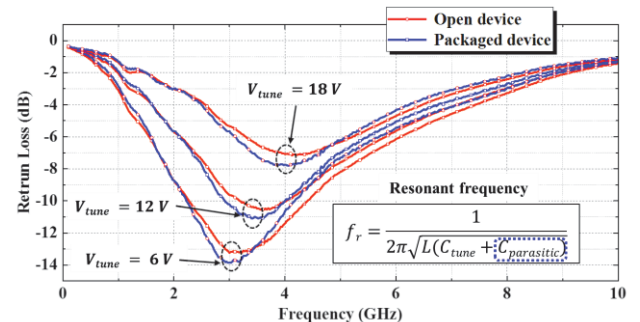


그림 5. LC-공진자의 패키징 전, 후 인가 전압에 따른 반사 손실과 공진 주파수를 비교한 그래프이다. $V_{tune} = 6, 12, 18 V$ 에서 각각의 공진 주파수는 4.2, 4.3, 5.7 % 만큼의 변화를 보인다. 이는 LC-공진자를 패키징하는 보호막이 소자 주변을 감싸면서 생기는 기생 용량($C_{parasitic}$)에 의한 것이며 공진 주파수를 얻는 식으로부터 쉽게 알 수 있다.