

# 비전도성 에폭시를 사용한 RF-MEMS 소자의 웨이퍼 레벨 밀봉 실장 특성

박윤권<sup>1,4</sup>, 이덕중<sup>1</sup>, 박홍우<sup>1</sup>, 송인상<sup>2</sup>, 김정우<sup>2</sup>, 송기무<sup>2</sup>, 박정호<sup>3</sup>, 김철주<sup>4</sup>, 주병권<sup>1</sup>  
1한국과학기술연구원 디스플레이 및 나노소자연구실, 2삼성종합기술연구원 MEMS Lab,  
3고려대학교 전자공학과, 4서울시립대학교 전자전기공학부

## Abstract

In this paper, hermetic sealing was studied for wafer level packaging of the MEMS devices. With the flip-chip bonding method, this B-stage epoxy sealing will be profit to MEMS device sealing and further more RF-MEMS device sealing. B-stage epoxy can be cured 2-step and hermetic sealing can be obtained. After defining 500 $\mu$ m-width seal-lines on the glass cap substrate by screen printing, it was pre-baked at 90 $^{\circ}$ C for about 30 minutes. It was then aligned and bonded with device substrate followed by post-baked at 175 $^{\circ}$ C for about 30 minutes. By using this 2-step baking characteristic, the width and the height of the seal-line were maintained during the sealing process. The height of the seal-line was controlled within  $\pm$  0.6 $\mu$ m and the strength was measured to about 20MPa by pull test. The leak rate of the epoxy was about  $10^{-7}$  cc/sec from the leak test.

**Key Words** : hermetic, B-stage epoxy, MEMS, leak test, pull test

## 1. Introduction

최근 반도체 소자 공정 기술 및 MEMS 소자의 제조 기술의 급속한 발전으로 고밀도, 소형화가 실현됨으로써 패키지도 이에 따른 소형화가 요구된다. 패키징의 소형화와 고밀도 실장을 실현하기 위하여, 주변단자 패키지인 QFP에서 영역(area)단자형인 BGA, CSP 방식과 수직방향으로 접합하는 flip-chip 방식이 시도되고 있다[1]. 수직형 플립칩 패키징 기술을 이용함으로써 패키징 영역을 줄이고, 더 많은 밀도의 I/O 들을 연결할 수 있으며, 또한 RF 소자 응용에 있어 전기적 연결 신호 선의 길이를 줄임으로써 지연시간과 기생 파라미터의 양을 작게하여 삽입손실(insertion loss)을 줄일 수 있다[2]. 또한 MEMS 소자의 칩 크기의 밀봉 실장은 소자 제작 기술과 더불어 안정적인 동작 특성을 제공하는 중요한 기술중의 하나이다. 일반적으로 MEMS 패키징 기술은 정전 열 접합을 이용한 패키징 방법이 널리 사용되고 있으나, 이는 300 $^{\circ}$ C 이상의 공정으로 thermal stress, stiction, 열산화 등의 문제점들을 가지고 있다[3]. 웨이퍼 상의 소자 밀도 증가와 저가격의 제품을 생산하기 위한 웨이퍼 레벨의 패키징 기술이 연구되어 지고 있으며, 이들의 동작 특성 지원을 위한 미세 소자의 고성능 패키징 기술은 중요한 기술로 대두되고 있다[4].

본 논문에서는 RF-MEMS 소자의 전기적 연결 및 칩 크기의 패키징을 위하여 유리 기판에 via hole을 형성하고 전기도금(electro plating)방법을 이용하여 via hole을 gold로 채우고 끝단에 마이크로 gold bump를 형성하였으며, B-stage epoxy를 이용하여 실장라인을 형성함으로써 웨이퍼 레벨 밀봉 실장을 시도하였다. 본 재료는 일반적으로 사용되어지고 있는 epoxy에 비해 점도 조절이 용이하며, 낮은 투습도 및 유리 벌크에 해당하는 접합 강도를 가지고 있으며, 공정이 간단

하다는 장점이 있다. 또한 2차 경화가 가능한 비전도성 에폭시를 사용함으로써 RF-MEMS 소자를 외부환경에 대한 보호와 충격에서 보호하며, 에폭시에 의한 고주파의 손실을 줄이고자 하였으며 웨이퍼 레벨로 접합함으로써 공정 비용을 줄이고자 하였다.

## 2. Experimental

B-stage epoxy는 2차 경화 가능한 epoxy의 일종으로서 다른 재료와는 달리 접합 패턴의 형성 후 90°C에서의 soft bake와 175°C의 hard bake 공정을 하게 된다. Soft bake 시 에폭시는 일정 강도를 가짐으로써 다른 기판과의 정렬 공정에서 타 재료에서와 같은 flow에 의한 오염의 문제점들을 제거할 수 있으므로 aligner를 이용한 두 기판의 정렬이 가능하다. 이후 175°C의 분위기 하에서 일정한 압력을 인가하면 두 기판은 접합된다.

본 실험에서는 Ablestik(주)으로부터 협조 받은 B-stage epoxy (RP-598-2)를 스크린 프린팅을 사용하여 4인치 웨이퍼 레벨로 형성하였다.

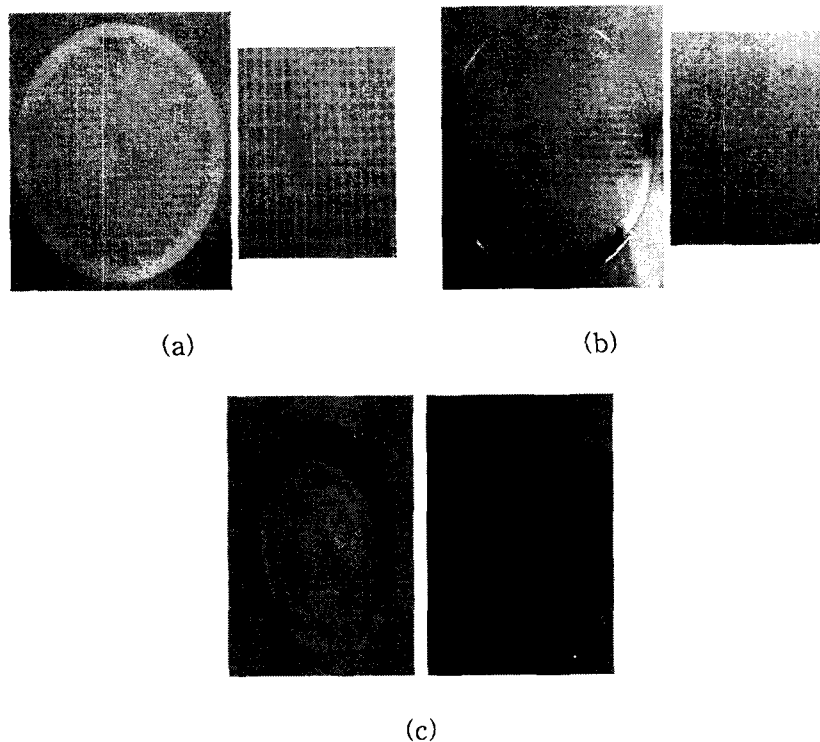


그림 1. Patterning properties for general epoxy(a) and B-stage epoxy(b), and comparison of align key(c).

기판상에는 수백개의 칩들이 포함되어 있으며, 프린팅 선폭은  $500\mu\text{m}$ 로 하였다. 그림 1은 프린팅 방법에 의해 형성된 에폭시 형상을 보여주고 있다. 그림 1(a)는 일반적으로 사용되어지고 있는 에폭시의 프린팅 특성을 보여주고 있으며, 우측의 그림은 부분적으로 확대한 사진이다. 그림 1(b)는 B-stage adhesive material을 보여주고 있다. 일반적인 재료의 경우, 낮은 점도로 인해 flow되어 패턴을 유지하지 못하여 align key 및 cell들이 뭉그러짐을 볼 수 있다. B-stage 에폭시의 경우 각 cell 및 align key에 대한 형상을 지속적으로 유지하고 있음을 확인할 수 있다. 그림 1(c)는 두 재료에 대한 align key 형상의 변화를 보여주고 있다.

4인치 웨이퍼 내에  $1.7\text{mm} \times 3.4\text{mm}$ 의 크기로 cell이 형성되어 있으며 선폭  $500\mu\text{m}$ 의 간격으로 제작되었다. 프린팅은 증착 횟수, squeeze의 각도 및 인가 압력 등에 따라 높이의 조절이 용이하다. 본 실험에서는 에폭시의 높이를  $9.5\mu\text{m}$ 로 조절하였으며, 4인치 웨이퍼 상에서  $\pm 0.6\mu\text{m}$ 의 오차로 조절이 가능하다.

그림 2은 4인치 wafer 상에 형성하였을 시의 높이의 분포를 보여주는 그림이다. 그림 위의 숫자는 높이를 보여주며 좌측 상단의 그림은 형성된 epoxy의 높이를 Tencor사의  $\alpha$ -step 으로 측정 한 이미지이다.

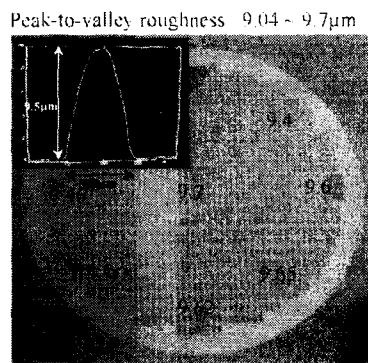


그림 2. Height distribution of B-stage epoxy patterned by screen printing on 4inch glass wafer.

그림 3(a)는 B-stage epoxy를  $500\mu\text{m}$ 의 선폭으로 웨이퍼 레벨로 증착 후 다른 기판과 접합한 사진을 보여준다. 전처리된 B-stage epoxy에 일정한 압력하에서  $175^\circ\text{C}$ 의 열처리를 수행하였다. 접합된 시편의 단면 SEM 사진으로부터 하부  $600\mu\text{m}$ , 상부  $400\mu\text{m}$ 로 하부기판에서 약  $100\mu\text{m}$ 의 증가된 영역으로 접합되었음을 확인하였다(그림 3(b) 참조).

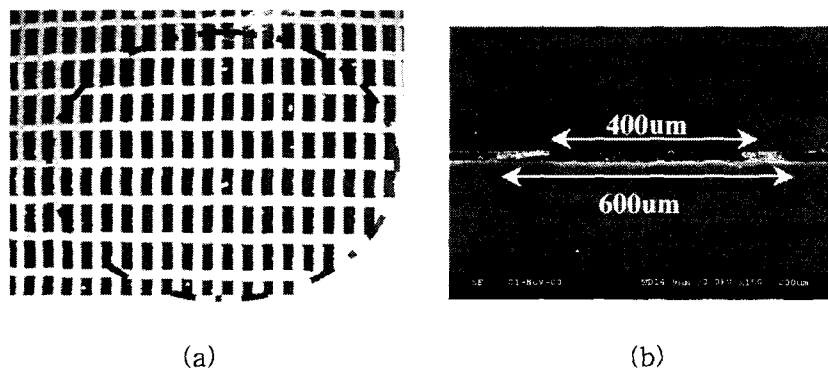


그림 3. Photograph of bonded pair(a) and the cross sectional view by SEM(b).

### 3. Results and Discussion

B-stage 에폭시를 이용하여 웨이퍼 레벨로 밀봉 실장된 샘플의 패키징 적용 및 밀봉 특성을 알아보기 위하여 접합 강도 및 투습도 등을 측정하였다.

그림 4는 접합된 두 기판의 접합 강도를 보여준다. 그림 4(a)는 tensile test로부터 약  $20\text{MPa}$  이상의 접합 강도를 얻을 수 있었으며, 반대쪽 기판이 깨어지거나 에폭시의 내부에서 분리됨을 보

여준다. 그림 5(b)는 B-stage epoxy의 시간 변화에 대한 접합 강도 변화 및 수분의 영향에 대한 접합 강도의 변화를 측정된 결과이다. 대기 분위기의 경우 약 20MPa의 접합 특성을 유지하고 있으며, 물속에 담구어 놓은 시편에 대해서는 접합 강도 강하현상이 보인다. 그러나, 일반적으로 에폭시는 수분에 취약하여 수 시간 안에 접합이 손상된다는 보고에 비해, 강한 특성을 나타내고 있으며 소자에 패키징에 사용할 수 있음을 확인하였다. 표 1은 B-stage epoxy를 이용하여 웨이퍼 레벨로 패키징 하였을 시 각 cell에 대한 leak 특성을 조사한 결과이다. Leak test 는 1개, 3개, 4개의 cell별로 절단하여, 각각의 cell을 챔버에 넣고 He을 양압 이상으로 채운 후 하루 이상을 유지하고 꺼내어 detector로 leak rate을 측정하였다. 이상의 측정 결과로부터 평균 leak rate는  $10^{-7}$  cc/sec 정도로 양호한 결과 값을 얻었다.

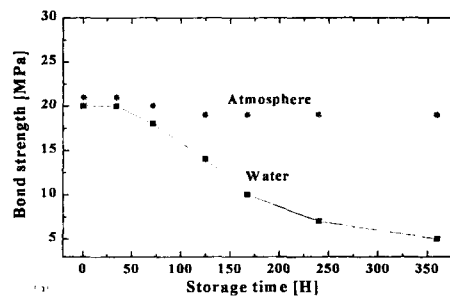
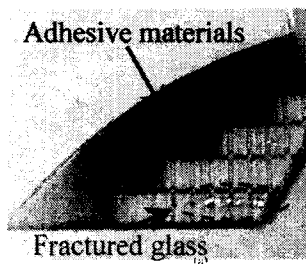


Fig. 4. Photograph of fractured glass and bonding strength variation for time variation in ambient and water environment.

Table 1. Leak rate of unit cell by He leak detector

Measured rate [cc/sec]		
One cell	Three cell	Four cell
$1 \times 10^{-7}$	$1.6 \times 10^{-7}$	$2.2 \times 10^{-7}$
$1.5 \times 10^{-7}$	$2.3 \times 10^{-7}$	$3.1 \times 10^{-7}$
$1.3 \times 10^{-7}$	$1.9 \times 10^{-7}$	$1.7 \times 10^{-7}$

## References

- [1] S.F.Al-Sarawi et al., "A review of 3D Packaging Technology", IEEE CPMT(B), Vol. 2, pp. 21-26, 1988.
- [2] M.Adrian Michaiek and Victor M. Bright, "Flip-chip fabrication of advanced micromirror arrays", Proc. of the 14th IEEE MEMS'01, pp.313-316, 2001 Japan.
- [3] Cozma A and Puers B, J. Micromech. Microeng., Vol. 5, p.98, 1995.
- [4] R. Gooch et al., J. of Vac. Sci. and Tech. A, Vol. 17, p. 2295, 1999.