

폴리머와 금속을 이용한 유리 식각 마스크의 제작 및 이를 이용한 유리 가공

전도한, 심우영, 양상식
아주대학교 전자공학부

Fabrication of Glass Etching Mask using Various Polymers and Metals and Test of it in Glass Micromaching

Do Han Jeon, Woo Young Sim, Sang Sik Yang
School of Electronics Engineering, Ajou University

Abstract - This paper reports a novel masking method with various mask materials for wet etching of glass. Various mask materials such as Cr/Au, Ti/Au, Polyimide and thick SU-8 photoresist were investigated for borosilicate glass (Borofloat33) etching in concentrated hydrofluoric acid (48% HF). Polyimide and thick SU-8 photoresist are not suitable as masking material due to its poor adhesion to glass surfaces. Titanium has good adhesion is suitable as the first layer to make multi-protective layers. The best protection was obtained with a combination of Ti/Au, polyimide and Ti/Au as masking material with etch depth of 350 μ achieved.

1. 서 론

MEMS(Micro Electromechanical Systems)분야에서 패키징은 MEMS 소자 가격의 70% 이상을 차지할 정도로 MEMS 기술의 상용화에 중요한 부분을 차지하고 있다. 저가격화, 소형화에 유리한 웨이퍼 레벨 진공 패키징의 기술 개발과 신뢰성 문제 해결에 대한 연구가 요구되고 있다.

진공패키징이 필수적인 MEMS 소자의 예로 자이로스코프를 들 수 있다. 진동형 실리콘 마이크로 자이로스코프는 구조물의 공진을 이용하여 큰 감도를 얻는다. 이때 주위의 공기에 의한 감쇠현상을 줄이기 위하여 진공 패키징이 필요하다. 일반적으로 자이로스코프의 패키징은 내부 구조물의 동작을 시각적으로 확인하기 위하여 유리나 실리콘을 양극 접합 방법으로 접합한다.

HF로 유리를 식각할 때 식각 마스크로 폴리실리콘 혹은 Cr/Au 등이 사용되고 있으나 300 μm 이상의 깊이를 식각하는 경우에는 다수의 핀홀이 발생하고 마스크와 기판이 분리되는 문제가 발생하여 깊은 깊이의 식각에는 부적합하다.[1-3]

이에, 본 논문에서는 여러 종류의 폴리머와 금속을 다양하게 조합하여 단층 혹은 다층의 구조로 마스크를 제작하고 이를 이용하여 마이크로 자이로스코프의 진공 패키징에 사용되는 유리를 가공하고자 한다.

2. 습식 식각 가공

HF용액을 이용한 습식 식각은 마스크로 사용한 물질의 조합에 따라서 언더컷이나 핀홀의 발생정도에 차이를 나타내며 가공시간이 짧고, 표면이 매끄럽다는 특징을 가지고 있다.

습식식각 실험에서 사용한 Borofloat33 유리는 MEMS 분야의 다양한 미세 구조물 제작에 널리 사용되고 있는 코닝사의 #7740 파이렉스 유리와 열팽창 계수가 같고 평면도가 보다 우수하여 실리콘과의 양극 접합에 있어 뛰어난 장점을 가지고 있다.

2.1 습식 식각 마스크 물질

기존의 유리가공을 위한 습식 식각에서는 마스크 물질로 폴리실리콘, Cr/Au 등이 있으며, 이들 물질은 식각 깊이가 얇을 경우에는 유용하나 식각 깊이가 깊어지면 다수의 핀홀이 발생하고 언더컷의 발생 정도가 심해지며, 마스크로 사용된 물질이 기판에서 분리되는 문제가 발생한다. 각 물질들을 단층 마스크로 사용할 때보다 다층 마스크로 사용할 때 마스크 능력이 향상되는 결과를 얻었다.[1-2]

본 실험에서는 Cr/Au, Ti/Au, 폴리이미드, SU-8을 조합하여 표1과 같이 5종류의 시편을 제작하고 HF 습식 식각 실험을 수행하였다.

표 1. HF 식각용 마스크 물질 조합

마스크 층 시편번호	1층	2층	3층
I	Cr/Au	SU-8	
II	Ti/Au	SU-8	
III	Cr/Au	Polyimide	SU-8
IV	Ti/Au	Polyimide	SU-8
V	Ti/Au	Polyimide	Ti/Au

2.2 습식 식각용 마스크 제작

시편 I과 시편 II의 경우에는 유리기판 위에 Cr/Au나 Ti/Au를 각각 500 Å과 2500 Å 두께로 올리고 그 위에 SU-8을 20 μ 두께로 스핀코팅하여 패터닝하는 방식으로 마스크를 제작하였다. 그림1은 시편 III과 시편 V의 제작 공정을 나타낸 그림이다. 습식 식각용 마스크 1층 재료로는 Cr/Au이나 Ti/Au를 사용하였으며, 이 때 각 물질의 두께는 각각 500 Å과 2500 Å로 스퍼터 장비를 이용하여 증착하였다. 2층 재료로는 폴리이미드나 SU-8를 사용하였으며 SU-8의 두께는 20 μ, 폴리이미드(PI-2611, HD Microsystems)의 두께는 8 μ로 Borofloat33파이렉스 유리 위에 스핀코팅 하였다. 폴리이미드는 시편위에 스핀코팅하고 열판 위에서 온도를 350 ℃까지 올리며 6시간 경화시킨다. 폴리이미드는 RIE 장비를 사용하여 압력은 100 mTorr, 가스는 산소로 80 sccm, 파워는 150 W로 1시간 40분간 식각하여 패턴을 만든다. 3층 재료로는 SU-8과 Ti/Au를 사용하였으며 각각 20 μ, 500 Å, 2500 Å의 두께로 사용하였다. 시편 IV는 시편 III의 공정도에서 1층의 재료로 Cr/Au대신 Ti/Au를 증착하였으며 그 후의 과정은 시편 III과 동일하다.

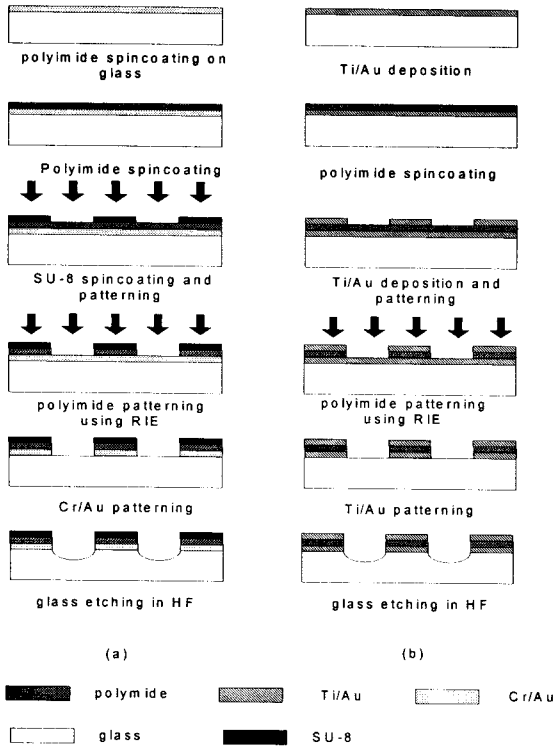


그림 1. (a) 시편III, (b) 시편V 마스크 제작 공정도.

2.3 습식 식각 실험 결과

그림2는 습식 식각용 마스크로 사용한 다양한 크기와 형태를 갖는 패턴 사진이다. 패턴은 미세유로 생성 및 다양한 응용을 위하여 U자형, 삼각형, 사각형, 십자형 모양 등의 다양한 패턴과 서로 다른 크기로 제작하였다. 습식 식각 실험은 제작된 시편을 48% HF 용액에 넣어 유리를 식각하는 방식으로 하였다. 유리의 식각율을 측정하기 위해 HF 용액에서 10분간 식각 후 시편을 꺼내어 DI water로 세척한 뒤 표면단차측정기로 식각 깊이를 측정하였다. 측정 결과 식각 깊이는 평균 약 $90 \pm 5 \mu\text{m}$ 로 식각율은 $9 \mu\text{m}/\text{min}$ 으로 측정되었다. 두께 $350 \mu\text{m}$ 인 시편이 완전히 식각되어 구멍이 뚫리는데 약 40분이 걸린다. 그림3은 48% HF에서 10분 식각한 후 마스크 층의 변형을 보여준다. 그림3 (a)는 Cr/Au과 SU-8을 마스크 층으로 사용한 시편 I의 사진으로 10분 식각 후 마스크가 떨어져서 십자형 패턴 가운데 부분의 모양이 변한 것을 볼 수 있다. 반면 그림3 (b)는 마스크층으로 Ti/Au와 SU-8을 사용한 시편 II의 사진으로 10분 식각 후에도 패턴의 모양이 변하지 않는 것을 볼 수 있다.

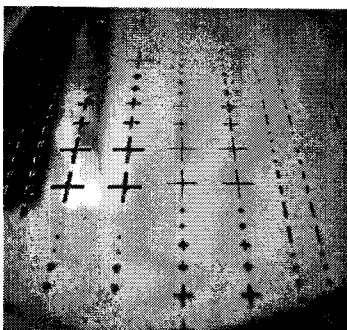


그림 2. 다양한 형태와 크기의 패턴.

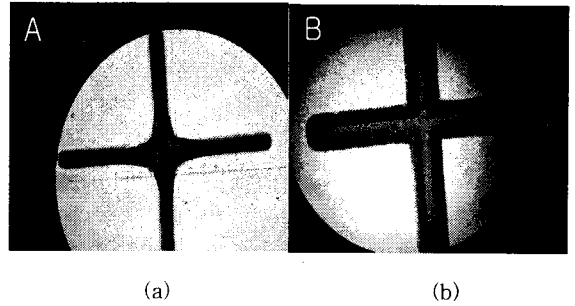


그림 3. 48% HF에서 10분간 식각 후 시편사진. (a) 시편 I(Cr/Au + SU-8) (b) 시편 II(Ti/Au + SU-8)

그림 4는 시편 I부터 시편 IV의 선폭 $400 \mu\text{m}$ 인 십자패턴을 48% HF에서 40분간 식각한 후 단면 SEM 사진이다. 마스크를 2층으로 제작한 시편 I과 II의 경우에 40분간 HF 식각실험 후 마스크가 완벽하게 버티지 못하였다. 첫 번째 금속 층인 Cr층과 Ti층이 일부 떨어져 나가는 것을 관찰할 수 있었다. 그로 인해 식각 후에 패턴되지 않은 부분에서 핀홀이 다수 발생하였고 유리의 두께가 원래의 $350 \mu\text{m}$ 보다 얇은 것을 그림4의 a, b인 시편 I과 II의 단면 SEM사진을 통해 확인할 수 있었다. 언더컷이 발생한 정도는 시편I의 경우 $400 \mu\text{m}$ 선폭의 패턴이 식각 후 폭이 1.12mm 가 되었으며 시편 II의 경우에는 $400 \mu\text{m}$ 선폭의 패턴이 식각 후 폭이 1.06mm 가 되어 각각 1 : 1.02, 1 : 0.94의 식각비를 갖는 것을 측정하였다. 마스크 구조가 3층이며 3층으로 SU-8을 사용한 시편 III과 IV의 경우에는 2층으로 마스크를 제작했을 경우에 비해 패턴되지 않은 부분에서 발생한 핀홀의 수는 줄어들었으나 식각하는 동안 첫 번째 금속 층은 Cr과 Ti가 분리되는 현상으로 인해 식각 후 유리 두께가 원래의 두께인 $350 \mu\text{m}$ 보다 얇아지는 문제가 여전히 발생하였다. 이 때 금속층으로 Cr을 사용한 시편 III이 금속층으로 Ti를

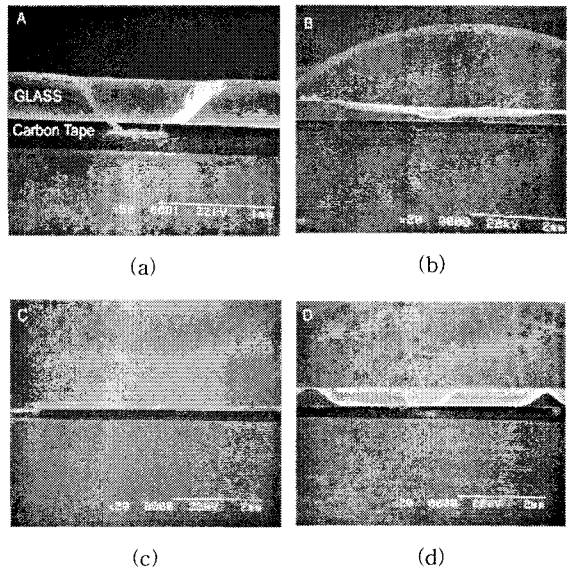


그림 4. 48% HF에서 40분간 식각한 선폭 $400 \mu\text{m}$ 인 십자 패턴 단면 SEM 사진. (a) 시편 I (Cr/Au +SU-8) (b) 시편 II(Ti/Au + SU-8) (c) 시편 III(Cr/Au +폴리이미드 +SU-8) (d) 시편 IV(Ti/Au +폴리이미드 +SU-8)

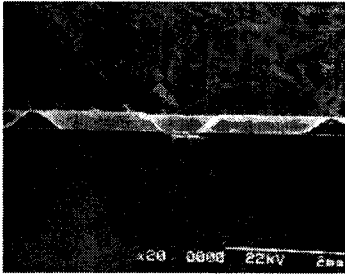


그림 5. 48% HF에서 40분간 식각한 시편 V(Ti/Au + 폴리이미드 + Ti/Au)의 선폭 400 μm인 십자패턴의 단면 SEM 사진.

사용한 시편 IV보다 유리 시편의 두께가 얇은 것을 그림 4의 c, d인 시편 III과 시편 IV의 단면 SEM사진을 통해 확인하였으며 이를 통해 Cr보다 Ti가 HF에서 오래 버틴다는 결론을 얻을 수 있었다. 시편의 식각비를 측정된 결과 시편 III은 400 μm의 선폭을 갖는 패턴이 식각 후 패턴의 폭이 1.06 mm이 되었으며, 시편 IV는 400 μm의 선폭을 갖는 패턴이 식각 후 패턴의 폭이 1.05 mm가 되어 각각 1 : 0.94, 1 : 0.93의 식각비를 갖는 것을 측정하였다.

그림 5는 시편 V의 선폭 400 μm인 십자 패턴 단면 SEM 사진이다. 시편 V의 경우 이전 4개의 시편에 비해서 발생한 핀홀 수가 크게 줄어들었으며, 식각 후에도 마스크로 사용한 물질들이 큰 변화 없이 그대로 남아있는 것을 관찰하였다. 350 μm 두께의 유리를 습식 식각하는 동안 마스크가 분리되지 않고 유리를 완전히 보호할 수 있었으며 이는 단면 SEM 사진에서 유리의 두께가 변하지 않은 것에서 확인 할 수 있다. 식각비를 측정된 결과 400 μm의 선폭을 갖는 패턴이 식각 후 패턴의 폭이 1.08 mm가 되어 식각비가 1 : 0.97이 되는 것을 측정하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 여러 종류의 폴리머와 금속을 다양하게 조합하여 식각용 마스크를 제작하고, 이를 이용하여 Borofloat33 유리를 HF 습식 식각한 후 비교하였다. 마스크 물질로서 폴리머는 HF에 강하지만 유리와의 접착력이 약하여 마스크의 1층 재료로 사용하기 불가능하였으며, 유리와의 접착력이 우수한 금속의 경우 Cr보다는 Ti가 HF에 장시간 견디어내고 핀홀 등이 적게 발생하였다. 그리고 마스크층의 수는 많은 경우가 적은 경우에 비해 마스크 능력이 향상되는 것을 볼 수 있었다. 본 실험에서는 마스크층으로 Ti/Au + 폴리이미드 + Ti/Au를 사용한 경우가 350 μm 깊이의 식각을 하였을 때 패턴되지 않은 표면을 완벽하게 보호하였다.

향후, 등방성 식각의 단점인 과도한 언더컷 발생을 개선하기 위해 레이저 가공 등과 연계한 복합가공 방식을 사용하거나, HF를 분사시켜 식각하는 스프레이 방식 식각에 대한 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 자동차 부품 연구원과 삼성전기의 지원(미래형 자동차 기술 개발사업, 산업자원부)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

[1] D C S Bien, P V Rainey, S J N Mitchell and H S Gamble, "Characterization of masking materials for deep glass micromachining," Journal of Micromechanics and

Microengineering, vol. 13, pp. 34-40, 2003.

[2] Minqiang Bu, Tracy Melvin, Graham J. Ensell, James S. Wilinson, Alan G. R. Evans, "A new masking technology for deep glass etching and its microfluidic application," Sensors and Actuators A, In press, 2004.

[3] Byeungleul Lee, Seonho Seok and Kukjin Chun, "A Study on wafer level vacuum packaging for MEMS devices", Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol.13, No.5, pp.663-669, Sep.2003