초음파 기술을 이용한 실리콘 이방성 식각 공정에서의 표면 평탄화 향상 연구

윤의중, 김좌연*, 이강원**, 이석태**
호서대학교 정보제어공학과, *호서대학교 신소재공학과, **한국생산기술연구원

Surface Flatness Improvement in Si Anisotropy Etching Process Utilizing Ultrasonic Wave Technology

Eui-Jung Yun, Jwayeon Kim*, Kang-Won Lee** and Seok-Tae Lee**
Dept. of Information & Control Engin.,Hoseo Univ., *Dept. of New Material Engin., Hoseo Univ., **KITECH

Abstract : In this study, we optimized the process of Si anisotropy etching by combing tetramethyl ammonium hydroxide (TMAH) etching process with ultrasonic wave technology. New ultrasonic TMAH etching apparatus was developed and it was used for fabricating a 20㎛ thick diaphragm for Si piezoresistive pressure sensors. Based on comparison study on etch rate and surface flatness, it was observed that the Si anisotropy etching methode with new ultrasonic TMAH etching apparatus (at 40 kHz/ 500 watt) was superior to conventional etching methods with TMAH or TMAH+ammonium persulfate(AP) solutions.

Key Words : Ultrasonic , TMAH, AP, Piezoresistive Si sensor

1. 서 론

실리콘 센서는 산업용 공압 제어 분야의 압력 스위치, 자동차의 엔진 제어 및 가정용 전자 혈압계 등, 우리 주위에서 쉽게 접할 수 있는 제품에 사용되고 있다. 압저항형 압력센서의 경우, 실리콘 기판을 에칭(etching) 공정에 의해 얇게 한 다이아프램 위에 확산 또는 이온주입 공정으로 형성한 압저항(게이지 저항)의 압저항 효과를 이용하고 있으며 이때 실리콘 에칭에 의한 박막 제작 기술이 센서의 감도에 있어서 중요한 역할을 한다.

박막 다이아프램 형성용 Si 이방성 식각공정에 현재 KOH, EDP, Hydrazine등의 Si 이방성 식각 용액이 많이 사용되어 왔다. 또한 NH_4OH를 기본으로 하는 암모니아계의 식각 용액은 이온에 의한 오염이 없고, 반도체 제조 공정에 사용이 가능하지만 우수한 평탄도와 hillock이 없는 식각 표면을 형성하기가 어렵다.[1-3] TMAH 용액은 암모니아 계열의 용액 중에서도 가장 안정되고 독성이 적으며 130℃ 이하에서는 분해되지 않기 때문에 반도체 제조 공정에 사용하기 적합하다. 따라서 최근 유동전하의 오염이 없어 반도체 제조공정에 사용이 가능한 Si 이방성 식각용액으로 TMAH가 주목을 받고 있다[1,2]. 또한 최근에 식각율이 떨어지는 TMAH의 단점을 ammonium persulfate(AP)를 이용하여 보완하고 있으나 효율의 개선이 요구되고 있다[2].

본 논문에서는 Si 압력센서 제작의 핵심 공정인 박막 다이아프램 형성용 Si 이방성 식각공정을 TMAH와 초음파 장치를 적용하여 최적화 하였다. 본 연구에서 개발된 Si 이방성 식각공정방법은 Si 압력센서 제작용 양산설비에직접응용이 가능하여 제작효율을 극대화시키는 기여하리라 사료된다.

2. 실 험

본 실험에서는 TMAH와 초음파에 의한 Si 이방성 에칭 장치를 설계 제작 하였다. 그림 1은 초음파를 이용한 TMAH 에칭장치 구성 도를 나타낸다. 제작된 장치로 20wt% TMAH 및 40kHz/500 Watt를 사용하여 에칭을 실시하였고 박막 diaphragm을 제작하였으며 초음파를 사용하지 않은 경우 (TMAH/AP를 사용하거나 30wt% KOH를 사용)의 결과와 비교하였다.

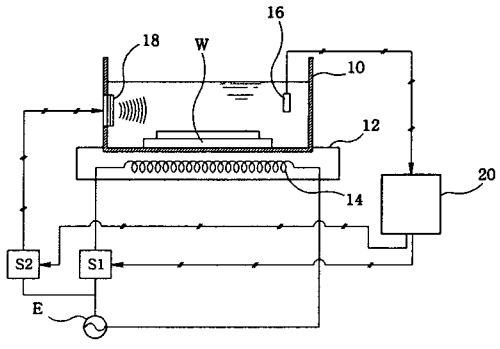


그림 1. 초음파를 이용한 TMAH 에칭장치 구성 도
(S1-12-14:가열장치, S2-18:초음파발생장치, W:silicon wafer, 10:에칭조, 16:온도센서, 20:장치제어부, E:전원)

3. 결과 및 고찰

그림2는 본 연구에서 사용한 식각용액 종류에 따른

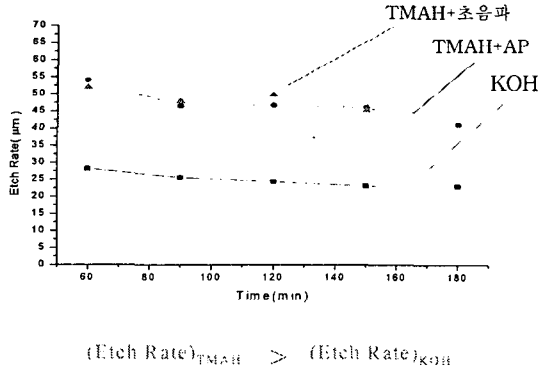
Si 이방성 식각율 특성을 나타낸다. 그림 2에서 나타나듯이 TMAH+AP에 의한 식각률이 KOH에 의한 식각률에 비하여 우수한 것을 알 수 있다. 그러나 별도의 첨가제(AP) 없이 TMAH 만을 사용한 경우(그림 3 (a) 참조)표면의 평탄도가 저하되는 것을 알 수 있다. 이러한 AP의 평탄도 개선 효과는 다음과 같이 설명 될 수 있다. Si 식각은 아래의 반응식(1)[3]의

$$Si + 2OH^- + 2H_2O \leftrightarrow 2H_2 + Si(OH)_2(O^-)_2 \quad \text{--- (1)}$$

왼쪽에서 오른쪽으로 향하는 반응식이고, hillock의 형성은 그 반대이다. 즉 Si 식각과 hillock이 서로 동시에 일어나면서 식각과 hillock형성의 경쟁이 일어나게 된다. AP를 첨가하면 TMAH 용액자체의 OH^-기 함유량이 증가하게 되고 식각의 진행속도는 증가한다. 따라서 상대적으로 hillock 형성이 적어지게 되어 etching surface의 평탄도가 좋아지게 된다[2]. 이러한 TMAH+AP에 의한 식각률을 최적화시키기 위해서는 TMAH용액에 AP를 규칙적으로 공급할 수 있는 장치가 절대적으로 필요하다. 또한 AP라는 화학물질이 첨가 되므로 Si 다이아프램 제작공정이 복잡하게 된다.

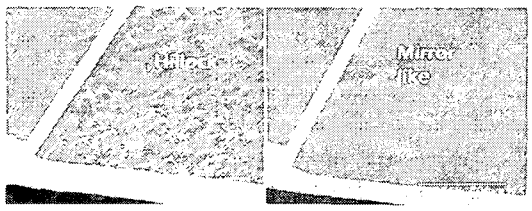
본 연구에서는 초음파 식각장치를 제작하여 AP를 규칙적으로 공급하는 장치와 AP의 필요성을 제거 하였다. 그림 2에서 초음파 TMAH의 경우, TMAH+AP의 경우와 비슷하게 높은 에칭률을 지속적으로 유지할 수 있음을 알 수 있다.

그림 3은 TMAH식각에 의한 Si 표면 평탄도와 초음파 TMAH 식각에 의한 표면 평탄도를 비교한 SEM 사진을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 초음파 TMAH 식각의 경우 우수한 표면 평탄도를 얻었다. 이는 초음파에서 발생하는 캐비테이션 현상이 Si 표면에 붙어있으면서 힐락 발생을 촉진시키는 H_2를 제거하여 힐락 발생을 방해하기 때문으로 생각된다.



$(\text{Etch Rate})_{TMAH} \gg (\text{Etch Rate})_{KOH}$

그림 2. 식각용액 종류에 따른 Si 이방성 식각율 특성.



(a) (b)

그림 3. (a)TMAH식각(초음파 사용 전) 및(b)초음파 TMAH 식각(초음파 사용 후)에 의한 표면 평탄도를 비교한 SEM 사진

4. 결 론

본 논문에서는 Si 압력센서 제작 핵심 공정인 박막 다이아프램 형성용 Si 이방성 식각공정을 연구하였다. 이를 위해 초음파 TMAH 식각실험 장치를 구성하여 <100>방향의 n-type 실리콘을 TMAH/AP, KOH와, 초음파 TMAH로 각각 식각하여 두께가 20㎛이 되는 박막 다이아프램을 제작하여 에칭률 및 평탄도를 비교 분석하였다. 그 결과, 초음파 TMAH에 의한 식각 특성이 우수하다는 것을 알 수 있었다. 또한 본 연구에서는 MEMS에 의한 Si 이방성 식각 공정에 있어서 효율적인 방법을 제안하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 호서대학교 반도체 제조장비 국산화연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었습니다

참고 문헌

[1] O. Tabata, R. Asahi, H. Funabashi, S. Sugiyama, "Anisotro ic etching of silicon in $(CH_3)_4NOH$ solutions", tech. Dig. IEEE int. conf. on Solid-State Sensors and Actuators, p. 811, 1991

[2] 윤의중, 김좌연, 이태범, 이석태, "압저항 압력센서 응용을 위한 TMAH/AP/IPA 용액의 실리콘 이방성 식각특성에 관한 연구," 전자공학회 논문지, 제 41권 SD편 제 3호, 9쪽, 2004

[3] 정귀상, 박진성, "TAMH/IPA/pyrazine 용액에서의 전기화학적 식각특성," 센서학회지, 제7권 제6호, 426쪽, 1998