

습식식각법을 이용한 Wedge-shaped Si tip의 제작

(Fabrication of Wedge-shaped Si Tips using Wet Etching Process)

서울시립대학교 박훈우, 고창기, 하병주, 홍순관, 김철주

한국과학기술원 주병권, 정재훈, 오용수, 오명환

1. 서 론

전자방출원(electron source)으로서 전계방출 소자¹⁾(field emitter)를 사용하는 미세진공 소자에 대한 연구가 활발히 진행중이다. 여기서 전계방출 소자란 다수개의 tip을 반도체 기판상에 제작한 것으로, 전계방출(field emission)은 tip 끝에 걸리는 전계의 세기에 강하게 의존하며 전계의 세기는 tip의 뾰족한 정도에 비례관계를 갖는다²⁾. tip을 제작하기 위한 방법에는 등방성(isotropic) 식각법³⁾, 비등방성(anisotropic) 식각법⁴⁾, 재산화 방법⁵⁾ 등이 있고 tip의 형태에는 쐐기(wedge)형과 원뿔(cone)형이 있다. Si 기판위에 원뿔형의 tip을 제작하기위한 시도는 많이 있었으나 쐐기형의 tip을 제작하기위한 시도는 별로 없었다. 본 연구에서는 등방성 습식식각과 비등방성 습식식각 방법으로 (100)과 (111)의 Si 기판을 식각하여 이상적인 쐐기형 tip을 제작하기위한 조건을 구하고자 한다.

2. 실험방법

(100)과 (111) Si를 RCA cleaning 공정을 거쳐 1100°C 에서 140분 동안 건식산화를 하여 2000 Å의 산화막을 성장시켰다. 다음으로, 5 μm ×7 μm 크기를 갖는 사각형들이 35×35개 배열된 1mm²넓이의 마스크를 이용하여 산화막을 (110)면에 수평 또는 수직으로 정렬하여 식각공정한 후, 각각에 대하여 등방성과 비등방성 식각을 하였다. (100) Si에 대하여 등방성 식각에서는 식각시간을 2분씩 증가시키며 식각하였고 비등방성 식각에서는 식각시간을 30초씩 증가시키며 식각하여 tip 끝의 폭이 작아지는 과정을 SEM으로 관찰하였다. 그리고, (111) Si에 대하여 등방성 식각에서는 식각시간을 2분씩 증가시키며 식각하였고 비등방성 식각에서는 30초씩 증가시키며 식각하여 tip 끝이 작아지는 과정을 SEM으로 관찰하였다. 여기서, 등방성 식각과 비등방성 식각에서 식각시간 간격이 다른 이유는 등방성 식각액의 식각속도가 비등방성 식각액의 식각속도보다 빠르기 때문이다. 등방성 식각액³⁾은 HF : CH₃COOH : HNO₃ = 2 : 3 : 95이고 비등방성 식각액⁴⁾은 Ethylenediamine : Pyrocatechol : Water : Pyrazine = 1000ml : 320g : 320ml : 6g이다. 식각온도는 등방성 식각에서 약 27°C, 비등방성 식각에서 105~110°C이다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 (100) Si를 등방성 식각액으로 식각한 경우이다. Fig.1(a)는 (100) Si를 16분동안 식각한 경우의 tip 배열을 보여주는 SEM사진으로서, under-etching이 종료되어 tip이 형성된 경우인데 시편내의 모든 tip들이 안정되고 균일한 모습을 알 수 있다. Fig.1(b)는 16분동안 식각한 경우의 고배율 SEM 사진으로서, tip 끝이 500Å 이하이며 tip이 쐐기 모양을 하고 있다. 따라서, (100) Si의 등방성 식각은 쐐기형 tip의 제작에 있어서 효과적인 방법임을 알 수 있다. Fig.2는 (100) Si를 비등방성 식각액으로 식각한 경우이다. 여기서, Fig.2(a)는 4분 30초동안 식각한 경우의 tip 배열을 보여주는 SEM사진이다. under-etching이 종료되고서 약간의 over-etching이 된 경우로서 뾰족한 tip이 형성된 경우인데 시편내의 모든 tip들이 안정되고 균일한 모습을 하고 있다. Fig.2(b)는 4분 30초동안 식각한 경우의 tip 단면을 보여주는 고배율 SEM 사진으로서 tip의 중간부분이 남아있는 것이고⁵⁾, 시편내의 다른 tip

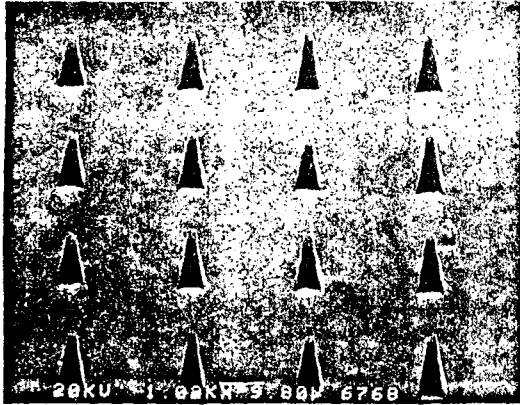
은 중간부분이 떨어져 나가서 뾰족한 형태를 하고 있는 것도 있다. 따라서, (100) Si의 비등방성 식각은 췌기형 tip의 제작에 이용되기가 어렵다는 것을 알 수 있다. Fig.3(a)는 (111) Si을 등방성 식각액으로 8분동안 식각한 경우의 tip 배열을 보여주는 SEM 사진으로서 tip의 끝이 기둥모양인 것을 알 수 있다. 식각시간이 8분이상 경과하여도 tip의 모양은 높이가 낮아지기만하고 (100) Si의 식각에서처럼 뾰족한 tip이 형성되지는 않는다. Fig.3(b)는 (111) Si을 비등방성 식각액으로 3분동안 식각한 경우의 tip 배열을 보여주는 SEM 사진으로서 tip 끝이 기둥 모양을 하고 있다. 이경우 역시 3분이상 식각을 하여도 tip이 뾰족해지지 않고 높이가 낮아지기만 한다. 따라서, (111) Si을 본 실험에서 사용한 등방성 식각액이나 비등방성 식각액만을 이용하여서는 tip 끝의 폭이 500Å 이하인 tip을 제작하는 것이 어렵다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

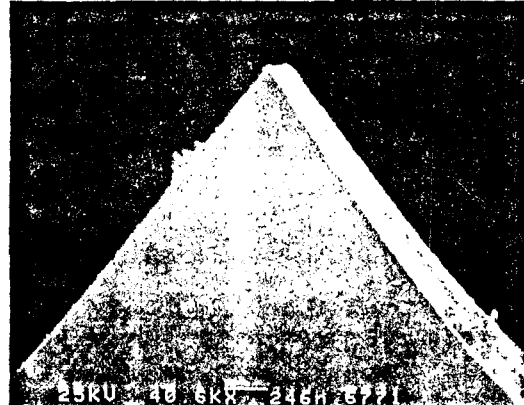
(100) Si의 등방성 식각과 비등방성 식각은 tip 끝의 폭이 좁고 꼭지각이 작으며 높은 tip 밀도를 얻을 수 있어서 이상적인 tip을 얻기 위한 효과적인 방법임을 알 수 있다. 특히, 췌기형의 tip을 제작하기 위해서는 등방성 식각법을 이용하는 것이 더 효과적이라는 것을 알 수 있다. 또한, (111) Si의 식각에서는 본 실험에서 사용한 등방성 식각액이나 비등방성 식각액만으로는 (100) Si의 식각에서처럼 tip의 끝이 500Å이하가 되지 않기 때문에 tip을 제작하기가 어렵다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. C.A.Spindt, C.E.Holland et al., IEEE Trans. Elec. Dev., Vol. 36, 225 (1989)
2. Hsein-Chung Lee et al., IEEE Trans. Elec. Dev., Vol. 39, No. 2, 313 (1992)
3. T.S.Ravi, R.B.Marcus and D.Liu, J. Vac. Sci. Technol.B, Vol. 9, No. 6, 2733 (1991)
4. A.Reisman and M.Berkenblit et al., J. Electrochem. Soc., Vol. 137, No. 11, 3625 (1990)
5. Donald F.Weirauch, J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 4, 1478 (1975)

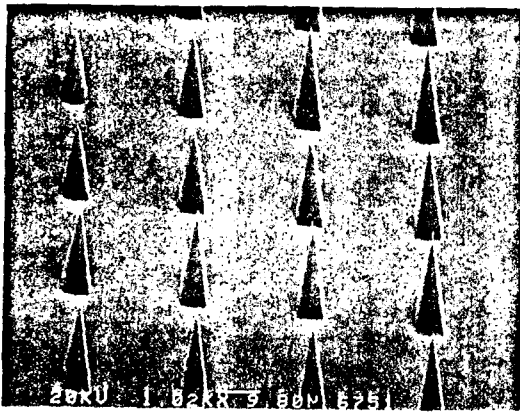


(a) low magnification

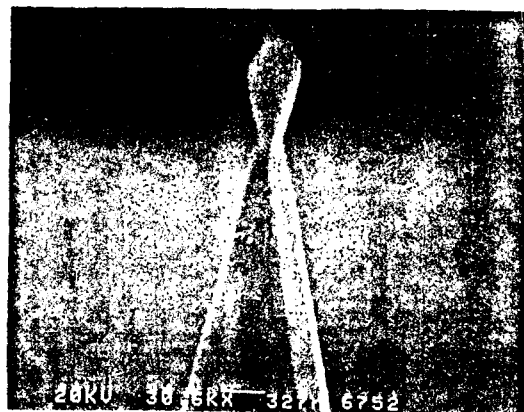


(b) high magnification

Fig. 1 SEM photograph of isotropically 16 min etched (100) Si

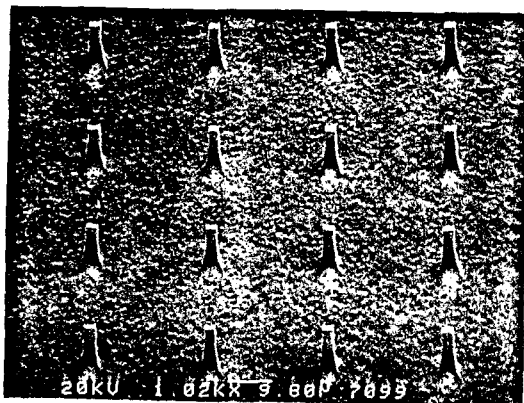


(a) low magnification

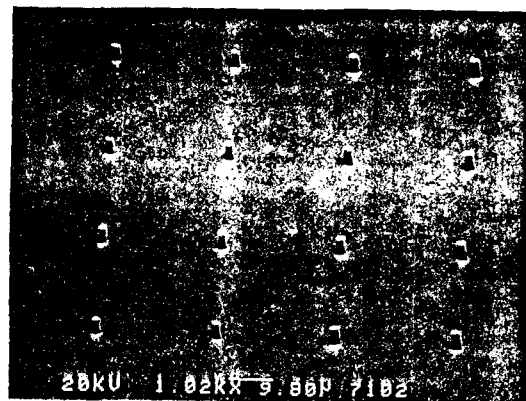


(b) high magnification

Fig. 2 SEM photograph of anisotropically etched (100) Si



(a) isotropically 8 min etched



(b) anisotropically 3 min etched

Fig. 3 SEM photograph of etched (111) Si