

Damage reduction of FIB-TEM specimen preparation By using Low keV FIB milling

이승현, 어희주, 김 원, 박주철, 이순영

(주) 하이닉스 반도체 메모리연구소 분석개발팀

1. Introduction

반도체 공정 평가 및 분석에서 Focused Ion Beam (FIB) 장치는 일반적으로 미세 회로의 수정 및 불량 부위의 단면 제작 등에 널리 사용되고 있다., 최근 이를 응용하여 특정 위치의 Transmission Electron Microscopy (TEM) 시료 제작 방법의 종류가 매우 다양해지면서 특정 위치의 고 분해능 분석에 많은 도움을 주고 있다., 그러나 FIB를 이용한 TEM 시료 제작은 기존의 ion miller에 의하여 제작되는 것에 비하여 damage나 시편 자체의 두께가 두꺼워 crystal defect등의 high-resolution을 관찰하기에 어렵다는 단점을 지니고 있다. 실제로 25keV의 가속 전압을 갖는 FIB에서 제작한 시편의 damage는 약 20nm 정도로 보고되고 있으며 시료 제작과정에서 금속이나 반도체와 같은 high thermal conductivity를 지닌 물질들은 국부적으로 온도가 올라가게 되어 artifact를 유발하는 요인이 된다. 이와 같은 damage나 artifact들을 최소화하기 위해 thinning 단계에서 I₂, XeF₂등의 gas를 사용하거나 시편의 하부에 구멍을 내어 thinning하는 등 많은 연구가 이루어지고 있다. 근래에 들어와서 FIB 장비 자체가 가지는 고유의 가속 전압을 줄여서 시편을 제작함으로써 damage를 제거하는 시도가 진행되고 있다. 본 실험에서는 이와 같은 일련의 simulation 결과 및 시험적 기술들을 토대로 기존의 상용화된 50keV의 가속전압을 갖는 FIB장비를 이용하여 가속전압을 10keV, 5keV로 고정하여 제작하였으며, 이는 50keV로 제작된 TEM 시료를 보다 얇고 향상된 thickness uniformity를 갖도록 제작하는 방법을 개발하였으며 시료의 damage 영역을 실제로 확인하고, 이를 제거하기 위하여 시도된 처리 방법과 결과에 대하여 논의하고자 한다.

2. Experiment

본 실험에서는 FIB장비는 분해능과 milling 속도 향상을 위하여 장비 자체의 최고 가속 전압 (50~30keV)에 고정되어 있으나 장비(Micrion 100CM)를 전기적으로 변형하여 10keV, 5keV에서도 Milling이 가능하도록 조절하였다. 우선 FIB를 이용한 TEM 시편의 문제점을 파악하기 위하여 가속 전압 50keV 에서 milling면의 경사 정도와 damage의 실제 두께를 확인하였다. 이 결과를 토대로 Si bare wafer 를 이용하여 10keV, 5keV의 가속

전압 하에서 시편을 제작한 후 Damage 영역을 측정 하였다.

그림 1은 이 실험을 하기 위하여 시편의 제작과정을 나타낸 모식도이다. Damage 관찰을 위한 시료의 제작은 일단 Si bare wafer를 SOG Capping한 다음 제작하고자 하는 위치를 W layer deposition한다. 제작과정에 따라 시편을 rough milling 을 한 후, Epoxy나 SOG등을 protective layer로 채워 넣은 다음 단면의 수직 방향으로 다시 일반적인 단면 제작 방법으로 시편 제작한다, 마지막으로 polish milling단계에서 원하는 가속 전압으로 변형하여 시편을 milling하여 TEM 시료를 제작하여 관찰하였다.

이렇게 제작된 시편은 현재 Lab 에서 사용되고 있는 lift-out 법을 이용하여 Cu grid에 탈착시켜 관찰한다.

Damage 영역 관찰에는 200keV의 TEM - CM200(Philips)을 사용하였으며, HRTEM관찰에는 TEM-JEM2010UHR(Jeol)을 사용하였다.

3. Results

그림2.는 변형된 가속전압에 따른 FIB-TEM 시편 제작 후의 Damage 영역을 측정한 결과이다. 3가지 조건(50keV,10keV,5keV)에 따른 시편 제작 후 Damage 영역을 측정한 결과, 50kV의 경우 damage 영역이 약 34 ~ 35nm, 10keV에서는 약 24 ~ 25 nm, 5keV의 경우는 damage 영역은 거의 없는 것으로 관찰되었다. 5keV의 경우 damage 영역을 관찰할 수 없을 정도로 현저하게 감소한 반면, Si substrate의 roughness가 취약해 진 것으로 관찰되었다.

그림 3은 50keV와 5keV의 High resolution Image를 관찰한 결과 이다. 50keV에서는 선명한 High resolution Image 얻기가 힘들었으나, 5keV에서는 선명한 high resolution image를 관찰할 수 있는 가능성을 확보할 수 있었다.

4. Conclusion

본 실험을 통하여 FIB를 이용한 TEM 시료의 기존의 문제점을 해결하여 보다 깊이 있는 특정 부위의 분석을 수행할 수 있게 되었다. 이 외에도 최근 각광을 받고 있는 신물질에 적용하기 위하여 FERAM용 강 유전체 BLTO((BiLa)4Ti3O12)박막을 대상으로 가속 전압에 대한 Damage실험과 FIB 자체에서 5keV 이하의 저 가속 전압을 이용할 수 있도록 설정하여 마지막 thinning에 사용하는 등의 방법으로 보다 재현성 있게 문제점을 제거하기 위한 실험을 진행 중이다.

1. J. Melngilis, SPIE, vol 1465 (1991)
2. C. T. Kim, H. J. Kim and S.H. Choi, Semicon/Korea Technical Symposium, (1992)
3. R. J. Young, E. C. G.Kirk, D. A. Williams, and H. Ahmed, Meter. Res. Soc. Symp.

Proc. 199, 205 (1990)

4. F. A. Stevie, T. C. Shane, P. M. Kahora, R. Hull, D. Bahnck, V. C. Kannan, and E. Davis, Proceedings of the symposium on Applied Surface Analysis, Burlington, MA (1995) Vol. 23, P. 61

5. M. Tarutani, K. Min, Y. Takai, and R. Shimizu, Extended Abstract of the 55th Autumn Meeting, Japan Soc. App. Phy (1994)

6. T. Ishitani and Y. Kaga, J. Electron Microsc. 44 (1995) P. 331

7. A. Yamaguchi and T. Nishikawa, J. Vac. Sci. Technol. B13(3) (1995)

8. R. Pantel, G. Auvert and G. Mascarin, Mat. Advanced Mentalization (1997) P.99

9. Y. W. Beag, M. Gotoh, R. Shimizu, R. Aihara and H. Takahashi, IEEE (1999)

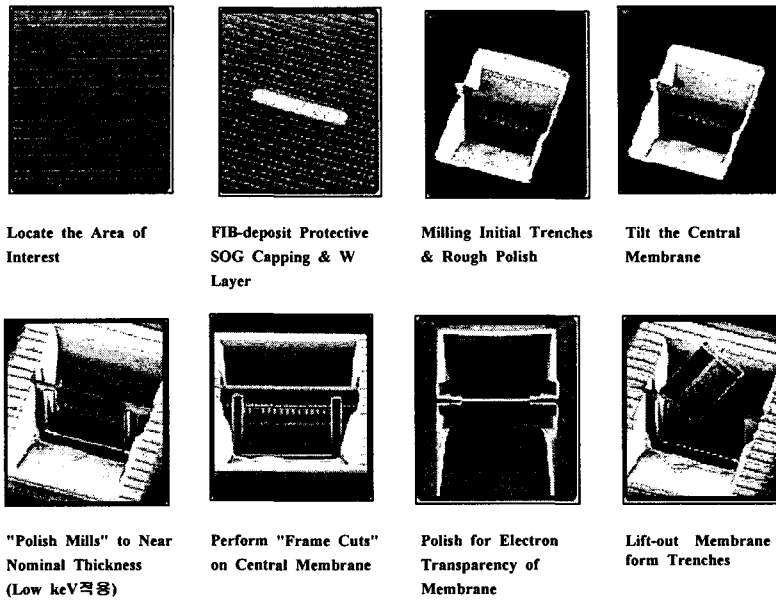


그림 1. lift-out법을 이용한 Low keV시편 제작 과정

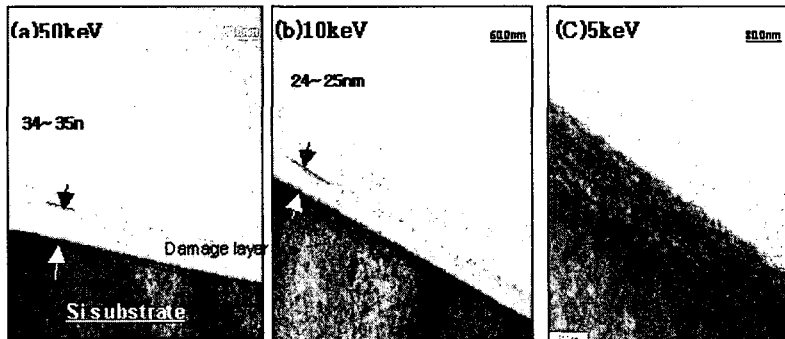


그림 2. 가속 전압의 조건에 따른 시료의 Damage 영역 측정 (a)50keV,(b)10keV,5keV

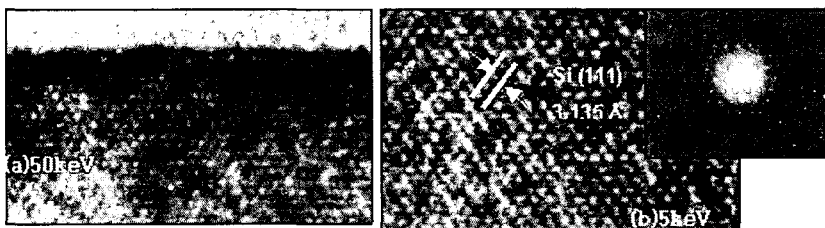


그림 3. (a) 50keV & (b)5keV HRTEM Image.