

다중 FIB 용 다중 개구 소재의 에칭속도 및 내구성 평가

Evaluation of durability and etching rate of material of the Multi-aperture plate for Multi-FIB

*최연순¹, 김태곤², 민병권², #김영주^{1,2}

*Y. S. CHOI¹, T.-G. KIM², B.-K. MIN², #Y.-J. Kim (yjkim@yonsei.ac.kr)^{1,2}
 연세대학교 정보저장기기연구센터¹, 연세대학교 기계공학부²

Key words : FIB, Multi-aperture, protective layer, etching rate

1. 서론

집속이온빔 가공장비(FIB, focused ion beam)는 최소 선폭이 수십 nm 까지 이르는 초미세 가공장비 중 하나로써 주로 반도체 산업에 시편 검사 측정용으로 사용되고 있다. 그러나 가공장비로서는 느린 가공속도로 인해 대량생산을 위해 사용하기에는 제한성을 가진다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 다중빔 방식의 이온빔 장비가 개발 되고 있다. Fig.1 과 같이 면적이 넓은 하나의 이온빔에서 여러 개의 빔을 만들어 생산성이 높은 다중 이온빔 장비를 개발하기 위해서는 기존의 단일빔 장비에서 사용했던 액체금속이온소스(LMIS, liquid metal ion source)대신 빔 퍼짐(spread) 및 방사력(emittance)이

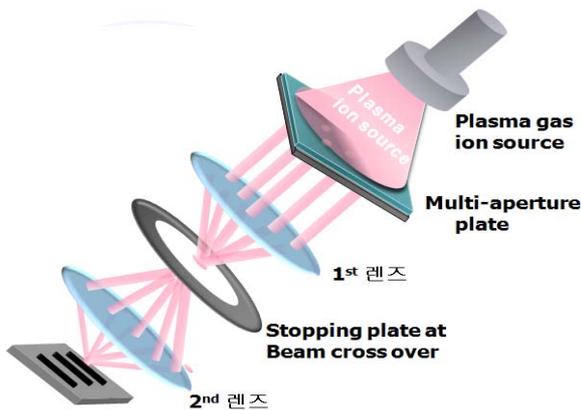


Fig.1. Scheme of the Multi-FIB system

적어 균일한 에너지 밀도로 가공이 가능한 플라즈마 가스 이온소스를 사용해야 한다. 높은 전류밀도와 가속전압을 가지는 플라즈마 가스 이온 소스가 개구관에 도달했을 때 높은 온도와 이온입자의 표면과의 충돌로 인해 개구관 표면에 손상이 발생하게 된다. 따라서 높은 에너지를 지닌 플라즈마 가스 이온빔에 대하여 내구성이 우수한 재료의 선정과, 내구성을 높이는 방법을 제안하고자 본 연구를 수행하였다. 뿐만 아니라 전류밀도와 가속전압을 변화시켜 에칭하는 실험을 통해 전류밀도와 가속전압 따라 에칭속도의 변화를 알 수 있었다.

2. 개구판 설계 및 제작

다중 집속이온빔에 사용되는 개구판은 Fig.1 과 같이 1cm x 1cm 크기의 base plate 에 직경 50 μm 크기의 개구를 150 μm 간격으로 9 개를 제작하였다. 또한 base plate 위에 표면의 손상을 줄이기 위해 세라믹 재료를 보호층으로 증착시키는 형태로 설계하였다. 그리고 플라즈마 가스 이온빔에 대한 개구판의 손상을 최소화할 수 있는 재료를 선정하기 위해 4 가지 재료의 base plate 와 2 가지의 세라믹 재료를 이용하여 플라즈마 가스 이온빔에 대한 에칭속도를 알아보는 실험을 실시하였다. Base plate 의 재료는 가공이 우수한 실리콘(Si), 기존의 단일집속빔 장비에서 사용되

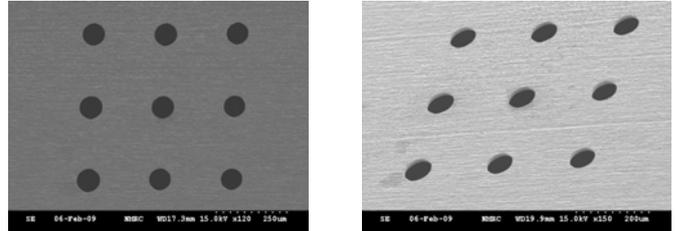


Fig.2 Image of the Multi-aperture

고 있는 몰리브덴(Mo), 강도가 높은 글래스카본(Glass-Carbon), 전기저항이 낮은 그라파이트(Graphite)를 사용하였으며, 보호층의 재료는 PDP (plasma display panel)의 전극 보호막으로 사용되고 있는 마그네슘옥사이드(MgO)와 여러 분야에서 보호층으로 사용하고 있는 티타늄옥사이드(TiO₂)를 사용하였다.

3. 에칭속도 평가

본 실험에서는 이온빔 장비의 환경과 유사한 Ion milling(AG RES 101 GVN)을 사용하였다. 직경 0.1cm 의 이온빔에 40mA/cm² 의 전류밀도와 10kV 의 가속전압을 적용하여 30 분 동안 시편을 노출시킨 후 알파스텝(contact surface profiler)를 이용해 에칭깊이를 측정하고, 측정된 에칭깊이와 시간을 이용해 에칭속도를 계산하였다. 계산된 에칭속도는 Table 1 에서 확인할 수 있으며, 가장 낮은 에칭속도가 보인 재료를 선정하여 전류밀도와 가속전압을 변화에 따른 에칭속도의 변화를 확인하는 실험을 실시하였다.

Table 1 Etching rate of aperture plate

Part	Material	etching rate
Base plate	Si	3
	Mo	266
	Graphite	51
	Glass-Carbon	2.3
Protective layer	MgO	3.2
	TiO ₂	5.7

(단위: nm/min)

알파스텝으로 에칭된 부분의 단차를 측정된 결과 base plate 재료 중에는 글래스카본과 실리콘이 가장 느린 속도로 에칭 되었으며, 보호층은 마그네슘옥사이드가 가장 낮은 에칭속도를 보였다. 그리고 실리콘과 글래스카본, 그리고 마그네슘 옥사이드의 에칭된 이미지를 Fig.3 과 같이 나노스캔(Nano scan, noncontact surface profile)의 3 차원 형상으로 확인하였다. 3 차원 형상을 통해 에칭으로 인해 형성된 단차와 에칭된 부위의 변형된 형상을 확인할 수 있었다.

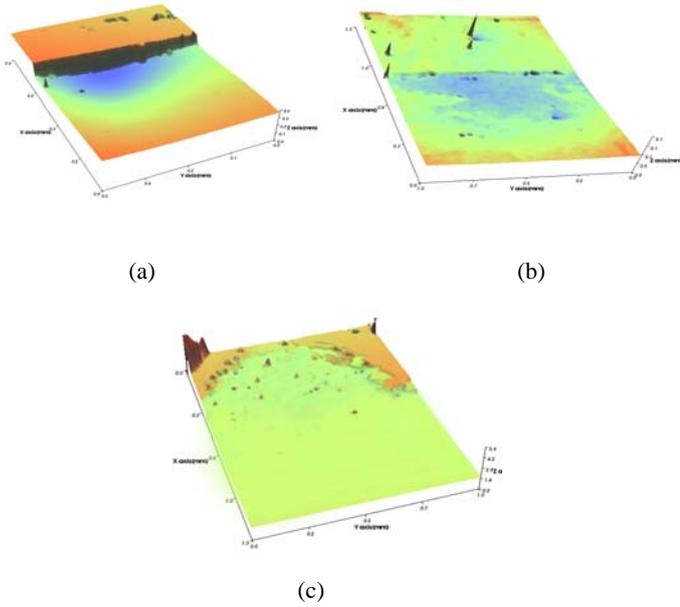
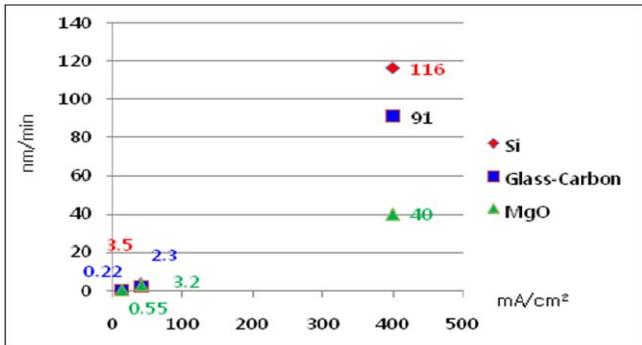
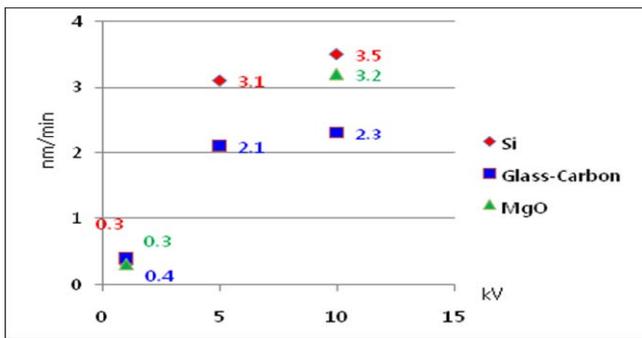


Fig.3 Etched Image; (a) Si, (b) Glass-Carbon, and (c) MgO

그리고 에칭속도가 가장 낮은 세 재료를 가지고 전류 밀도와 가속전압을 변화시켜 실험하였다.



(a)



(b)

Fig.4 Change of the etching rate according to (a) current density, and (b) acceleration voltage

Fig.4 와 같이 이온빔 에너지를 변화시켜 실시한 실험 결과 전류밀도와 가속전압이 커질수록 에칭속도의 증가율은 점점 커지는 것을 알 수 있었으며, 전류밀도가 가속전압보다 에칭속도에 더 큰 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 재료별 에칭속도를 알아보는 실험 결과 에칭속도만을 고려했을 때 글래스카본이 base plate 로서 적합하지만, 높은 전기저항을 가지고 있기 때문에 이온빔이 재료의 표면에 닿았을 경우 charging 이 발생해 이온빔이 개구를 통과하지 못하게 된다. 뿐만 아니라 글래스카본은 강도가 매우 높기 때문에 개구를 제작하기 매우 어렵다. 그래서 글래스

카본은 다중 개구판의 base plate 로서 적합하지 않다. 반면 실리콘은 비록 에칭속도는 글래스카본보다 빠르지만, 그 차이가 크지 않고, 가공성 또한 우수하여 많은 개구를 단시간에 제작할 수 있기 때문에 base plate 로서 가장 적합하다. 그리고 보호층으로는 에칭속도가 낮은 마그네슘옥사이드가 사용하기 적절하지만 마그네슘옥사이드 또한 전기저항이 높아 Charging 의 가능성이 있다. 그에 대한 해결방안으로 Fig.5 와 같이 보호층 위에 mesh 타입의 폴리브텐(Mo)을 부착하여 Ground 역할을 하게 하는 도안을 제시하였다.

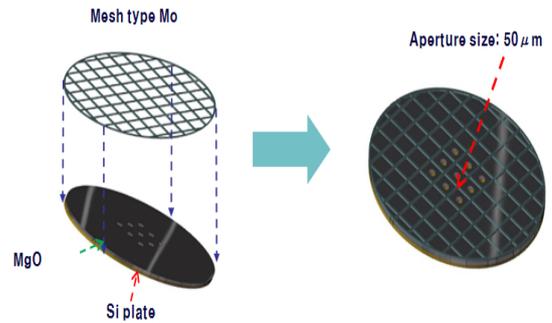


Fig.5 Scheme of the Multi-aperture plate

4. 결론

에너지가 높은 플라즈마 가스 이온소스를 사용하는 다중빔 방식의 집속 이온빔 장비에는 장시간 사용 가능한 개구판이 필요하다. 이에 따라 플라즈마 가스 이온빔에 대한 내구성 높은 재료를 선정하게 위해 재료별 에칭속도를 알아보는 실험과, 이온빔의 전류밀도와 가속전압과 변화시키면서 실시한 실험을 통해 전류밀도와 가속전압이 각각의 재료의 손상에 미치는 영향과 플라즈마 가스 이온빔 분위기에서 개구판으로 사용될 적절한 재료를 선정할 수 있었다. base plate 로는 느린 에칭속도와 가공성이 우수한 실리콘이 적합하며, 보호층으로는 마그네슘옥사이드가 우수한 내구성을 보였다. 또한 보호층과 이온빔간의 발생할 수 있는 Charging 문제를 해결하기 위해 mesh 타입의 폴리브텐을 사용하는 도안을 도출하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업기술개발사업인 “고효율 에너지빔 응용 초미세 부품제조용 In-line 시스템 개발” 연구비 지원으로 이루어 졌으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Katsuhiro Yokota, Kazuhiro Nakamura, Yoshinori Yano, Fumiyoshi Miyashita, “Preferential orientation of high permittivity TiO₂ deposited on Si wafers by an IBA technique”, Surface and Coatings Technology 158-159, (2002) 573-576
2. Yoshikazu Tanaka, Shih Hsiu Hsiao, Yasuhiko Morimoto, Akihiro Nakao, Ari Ide-Ektessab, ” The influence of the properties of evaporation source on the discharge characteristics of MgO film”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 261, (2007) 209-212