

다중 FIB 용 다중개구 제작 및 평가 Evaluation and Fabrication of Multi-Aperture 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}

¹ 연세대학교 정보저장공학 협동과정, ² 연세대학교 기계공학과

Key words FIB, Multi-aperture, protective layer

1. 서론

반도체, 디스플레이 등 최첨단 산업이 발달함에 따라 초미세 제품들의 개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 초미세 제품들을 생산하기 위해서 미세 가공 장비 개발 또한 중요한 이슈가 되고 있다. 집속이온빔(FIB, focused ion beam)은 수십 nm 단위까지 가공할 수 장비로써, 미세 가공과 관련된 연구에 널리 사용되고 있다. 하지만 단일빔을 이용한 장비이기 때문에 가공시간 길어 생산라인에 적용하기에는 어려움이 있다. 집속이온빔의 낮은 생산성을 높이기 위해 다중빔 방식의 시스템을 개발하여 가공속도를 향상시키기 위한 연구가 진행 되고 있다. 다중빔 방식의 시스템을 구축하기 위해서 기존의 집속이온빔 장비의 여러 부분에서 개조가 이루어져야 한다. Fig.1 에서 보는 바와 같이 이온빔은 기존의 단일빔 방식의 집속이온빔에서 사용했던 LMIS(liquid metal ion source)는 가스 플라즈마 소스로 대체되며, 다중개구판은 다중구조로 설계되었다.

하는 다중집속빔에 사용할 개구는 플라즈마 강도가 증가하기 때문에 더욱 심한 손상이 발생할 것으로 예상된다. 이 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 아르곤(Ar, argon)가스 플라즈마 분위기에서 다중개구판이 가지는 내구성을 평가하였다. 내구성을 향상시키기 위해 몰리브덴(Mo) 개구원판 위에 박막 장비를 이용하여 두 가지 세라믹 재료로 보호층을 증착하였으며, 증착시킨 개구판을 가스 플라즈마에 노출시켜 개구벽면과 주변의 표면에서 일어나는 현상을 관찰 하였다. 그리고 개구원판으로 강성과 내열성이 우수한 스테인리스(SUS)를 사용하여 개구원판의 재료에 따른 박막에 균일성과 내구성도 비교하였다. 다중 개구판은 1cm X 1cm 크기의 개구원판에 간격 250µm 로 1 X 2 의 직경 100µm 개구를 마이크로 머닝센터의 드릴을 이용하여 제작하였다[1]. 그리고 보호층을 증착하기 위한 박막장비로 Evaporator 를 사용하였다. 보호층 재료는 내열성 및 내구

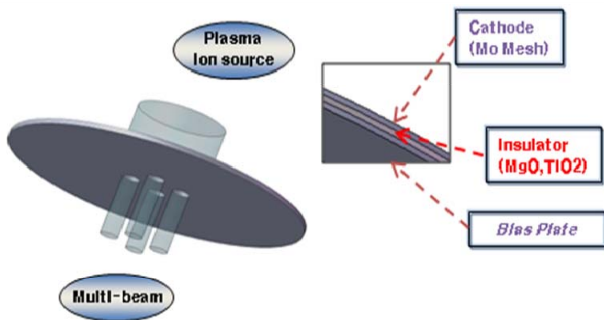


Fig.1. Multi-Aperture plate for multi-FIB

2. 다중개구 설계 및 제작

Fig.2 에서 보는 바와 같이 LMIS 를 사용한 기존 집속이온빔에서 개구를 장시간 사용시 개구벽면과 주변에 손상이 발생한 것을 확인할 수 있다. 따라서 가스 플라즈마를 사용

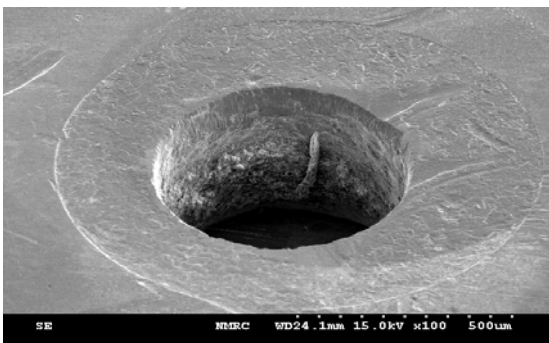
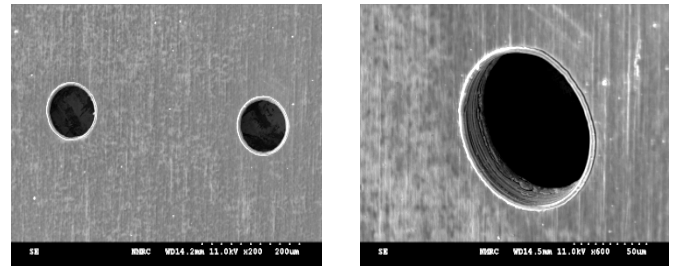
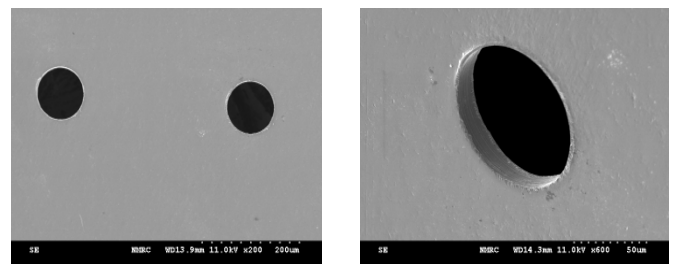


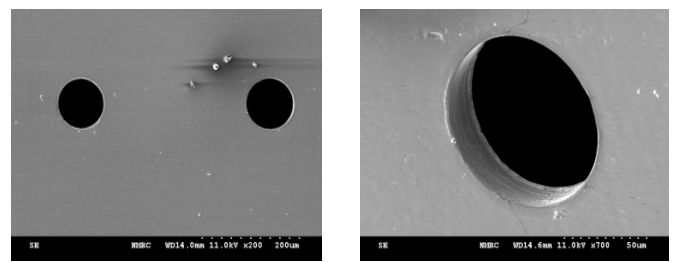
Fig.2 Detected surface on aperture after focusing beam



(a)



(b)



(c)

Fig.3 (a) MgO on Mo (b) TiO2 on Mo (c) TiO2 on SUS

성이 우수한 마그네슘옥사이드(MgO)와 티타늄옥사이드(TiO₂), 두 가지 재료를 사용하였다[2,3]. 개구 주변의 표면과 벽면에 보호층이 균일하게 증착되지 않을 경우 빔 형상에 영향을 주기 때문에 Fig.3 과 같이 박막증착 후 주사전자현미경(SEM, scanning electron microscope)을 통해 원판 재료별로 개구벽면 및 표면에 보호층의 균일성을 확인 및 비교하였다.

3. 다중개구 내구성 평가

세라믹 보호층이 증착된 다중개구관은 플라즈마 분위기에서의 그 내구성을 평가 하였다. 내구성실험은 플라즈마 에치(RIE, reactive ion etching)장비를 이용하여 600 와트(W)의 아르곤(Ar) 가스 플라즈마 분위기에서 100 분 동안 개구관을 노출시킨 후 보호층의 벽면과 홀 주변의 표면에서 발생하는 변형을 주사전자현미경으로 확인 및 비교 하였다. 실제 다중집속빔 환경에서는 수십 와트(W)의 플라즈마 강도로 사용되므로 본 연구에서 진행한 플라즈마는 가혹한 환경이라 할 수 있다. SEM 이미지를 관찰한 결과 스테인리

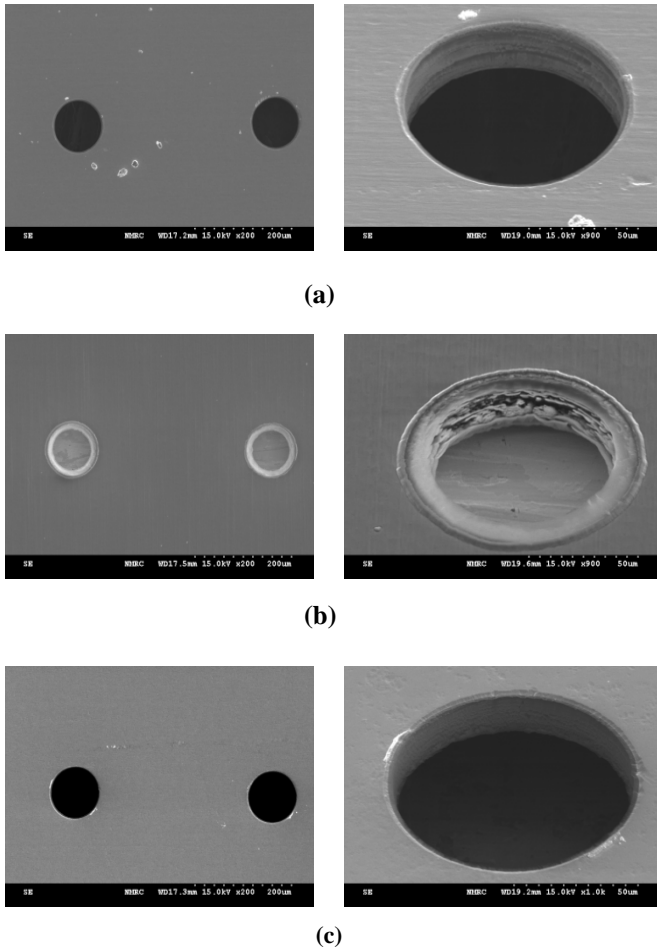


Fig.4 (a) MgO on Mo, (b)TiO₂ on SUS, (c) TiO₂ on Mo of surface after exposing in Ar Plasma

스를 개구원판으로한 보호층은 증착상태가 불균일하며 내구성 실험 후에 개구 벽면과 주위 표면에서 손상이 발생하였다. Mo 를 개구원판으로 한 경우에는 표면상태가 양호함을 확인하였고, 재료별 내구성평가를 나노스캔(Nano scan)을 이용해 개구 주변에서의 표면거칠기를 측정하여 표면상태를 확인 하였다. 그 결과를 Table.1 에서 정리하였으며, 플라즈마 내구성 실험 후 보호층의 표면거칠기는 티타

늄옥사이드의 경우가 우수함을 확인할 수 있었다.

Table.1 Roughness of MgO, TiO₂ on Mo plate after exposure in Ar gas Plasma

Material \ Roughness	MgO	TiO ₂
Ra	202.12nm	97.79nm
Rq	427.08nm	165.65nm
Rt	15.61µm	15.71µm
Rz	10.84µm	11.06µm

4. 결론

가스 플라즈마 환경에서 장시간 안정적으로 사용 가능한 다중집속빔용 다중개구의 제작 및 내구성 평가 연구를 실시하였다. 우선 원판 재료의 경우, 보호층 증착실험 결과 몰리브덴이 스테인리스보다 증착 균일성이 우수함을 확인하였다. 또한 보호층의 경우에는 티타늄옥사이드가 마그네슘옥사이드보다 내구성 평가 후 더 좋은 표면거칠기를 나타냄을 알 수 있었다. 결과적으로 증착 균일성이 우수한 몰리브덴 원판 위에 티타늄옥사이드를 보호층으로 증착한 다중 개구관이 우수한 것을 알 수 있다. 최적을 개구관 제작을 위해 플라즈마 분위기에서의 노출 시간 및 아르곤 가스의 양, 그리고 박막 증착 두께 및 실험 환경 등 변수들을 고려하여 계속적으로 연구가 되고 있다. 또한 향후 연구로서 다중 개구를 통과한 빔을 개별적으로 제어할 수 있는 장치에 대한 연구도 진행 될 예정이다.

후기

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

참고문헌

- HidehitoWatanabe, Hideo Tsuzaka, Masami Masuda, “Microdrilling for printed circuit boards (PCBs)-Influence of radial run-out of microdrills on hole quality”, Precision Engineering32, (2008) 329-335
- Katsuhiro Yokota, Kazuhiro Nakamura, Yoshinori Yano, Fumiyoishi Miyashita, “Preferential orientation of high permittivity TiO₂ deposited on Si wafers by an IBAID technique”, Surface and Coatings Technology 158-159, (2002) 573-576
- Yoshikazu Tanaka , Shih Hsiu Hsiao, Yasuhiko Morimoto, Akihiro Nakao, Ari Ide-Ekessabi , ” 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