

전자빔 가공장비용 소형 전자빔칼럼개발 Development of Micro Column for Electron Beam Lithography Equipment

*#강은구¹, 김진석¹, 김한수², 이동윤³, 이석우⁴

*#E. G. Kang(egkang@kitech.re.kr)¹, J. S. Kim¹, H. S. Kim², D. Y. Lee³, S. W. Lee⁴

¹한국생산기술연구원 디지털협업센터, ²한국생산기술연구원 생산시스템연구부, ³한국생산기술연구원 융합생산기술연구부, ⁴한국생산기술연구원 충청지역본부장

Key words : Micro Column Electron Beam, Electron Beam Lithography, Multi-column e-beam litho. system

1. 서론

소형전자빔 리소 기술의 경우 수kV 정도의 가속 전압이 이용되고 있으며, 기존 -30kV이상의 리소 장비에 비하여 가속전압 저하로 인한 빔 수차 향상 및 빔 사이즈가 확대되는 효과로 인해 가공분해능이 저하되는 단점이 있다. 그러나 -30kV 이상에서 발생하는 Proximity Effect의 저하 및 Multi-ebeam 등에서 발생하는 Fogging Effect의 단점을 최소화할 수 있는 특징을 가지고 있다.

소형전자빔 리소 기술에 적용되는 주요 부품 중 소스부(Tip)는 Thermal Tip이 주로 이용되고 있다. 이는 Cold Tip의 경우 전계방출로 인한 빔 방출 안정화가 어려운 반면 Thermal Tip의 경우는 상대적으로 빔 방출의 안정화가 어렵지 않다. 그러나 Thermal Tip의 경우는 빔 방출 소스부의 직경이 500nm ~ 수 μ m까지 크기 때문에 Cold Tip보다는 빔 사이즈를 줄이기 위한 연구가 필요하다.

본 연구는 소형전자빔 가공장비에 적용하기 위한 주요 부품 중 Thermal Tip과 Wehnelt의 전압차에 의한 빔 방출 특성을 분석하고자 하였으며, 또한 이미지의 특성을 분석하고자 하였다.

2. Wehnelt 전압특성 해석

Fig. 1은 Thermal Tip 및 Wehnelt의 구조 및 개념을 나타내고 있다. Wehnelt의 경우 전자빔량의 제어가 가능하며, 전자빔 안정화 및 Brightness에 유리한 특성이 있어 대부분의 Thermal tip을 이용한 전자현미경 및 리소 장비에 많이 사용되는 구조이다. 이러한 Wehnelt의 경우 Tip과의 거리 및 전압차에 따라 전자빔의 인출 특성이 다양하게 나타난다. Fig. 1은 Thermal Tip과 Wehnelt가 적용된 직경 30mm정도의 개발된 소형전자빔 칼럼을 나타내고

있다. 개발된 소형전자빔의 경우 최대 가속전압은 -3kV까지 인가가 가능하도록 설계가 되어있다.

Fig.2의 경우는 Thermal Tip과 Wehnelt 및 Anode로 구성된 Source Lens의 모델링 결과이다. Thermal tip이 사용되는 전자빔 칼럼의 Source Lens의 최소 구성요소이며, Wehnelt와 Tip에 인가된 전압에 따른 빔 방출 특성을 해석하고자 하였다.

Fig. 3은 Wehnelt와 Tip간의 인가된 전압에 따른 빔 방출 특성을 보이고 있다. Fig. 3(a)는 -70V의 전압차(Wehnelt 전압-Tip 전압)의 빔 방출 특성의 해석결과이며, Fig. 3(b)과 Fig.(c)는 각각 -115V와 -120V의 전압차의 결과이다. 해석결과 전압차가 커질수록 빔 방출 영역이 작아지는 특성이 있으며, 임의의 임계점 이상에서는 전자빔 방출이 일어나지 않는 특징이 발생된다. 또한 -70V의 전압차에 비해 -115V의 전압차의 경우 빔의 밀도가 향상되는 특성을 보이고 있다.

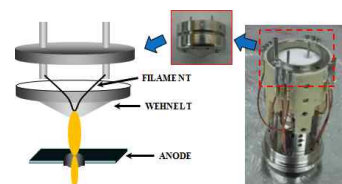


Fig. 1 Photographs of Micro-column for Low Energy EBeam Lithography

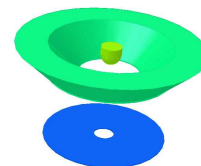


Fig. 2 3D Model of Source Lens for Low Energy Ebeam Lithography

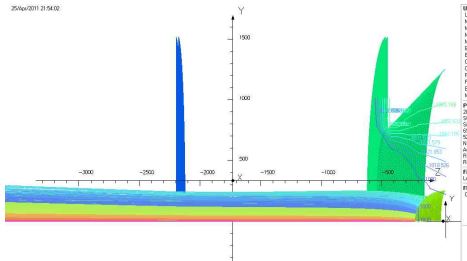


Fig. 3(a) E-beam characteristics with respect to the voltage difference between wehnelt and thermal tip (Wehnelt = -1070V and Tip=-1000V)

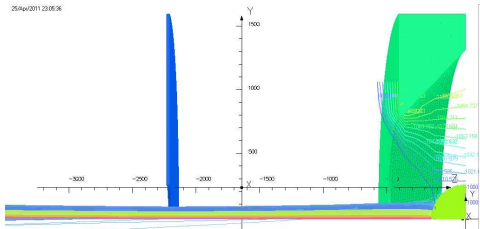


Fig. 3(b) E-beam characteristics with respect to the voltage difference between wehnelt and thermal tip (Wehnelt = -1115V and Tip=-1000V)

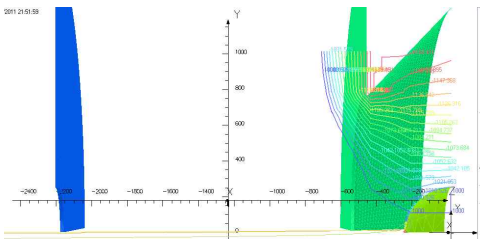


Fig. 3(c) E-beam characteristics with respect to the voltage difference between wehnelt and thermal tip (Wehnelt = -1120V and Tip=-1000V)

3. Wehnelt 전압에 따른 시료이미지 분석

Fig. 4는 개발된 소형전자빔 칼럼에서 Wehnelt 전압과 Tip 전압차에 의한 이미지 측정결과를 나타내고 있다. 이미지 측정결과 전압차가 -80V ~ -100V 정도에서 가장 좋은 이미지를 보이고 있으며, 전류량 또한 가장 크게 나타나는 특성을 보이고 있다.

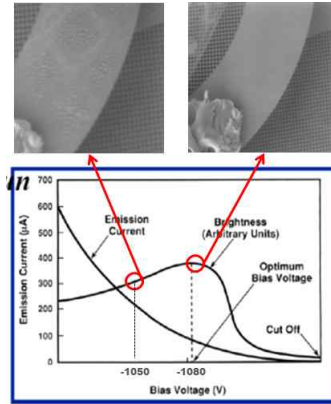


Fig. 4 E-beam images with respect to the voltage difference between wehnelt and thermal tip (#1000 Copper Grid SEM image)

4. 결론

본 연구는 소형전자빔 가공장비에 적용하기 위한 주요 부품 중 Thermal Tip과 Wehnelt의 전압차에 의한 빔 방출 특성을 분석하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, Wehnelt와 Tip간의 전압차에 의해 빔 방출 시 Brightness가 변화되며, Brightness 최대 임계점 이후 빔 방출이 급격히 감소되는 특성이 나타났다.

둘째, Brightness가 최대가 되는 부근에서 전자빔 이미지가 상대적으로 좋은 특성을 보임을 알 수 있었다.

셋째, 개발된 소형 전자빔 시스템의 경우 최대 Brightness시점은 -80V~-100V의 전압차가 발생되는 영역임을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천 기술개발사업 "고효율 에너지빔 응용 초미세 부품 제조용 In-Line 시스템 개발"과제의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Muary, L. P., et al, "Experimental evaluation of arrayed micro-column lithography", Microelectronic Engineering, Vol. 53, pp. 271 ~ 277, 2000
2. Kim H. S., et al, "Low energy electron beam micro-column lithography", Microelectronic Engineering, Vol. 83, pp. 962~967, 2006