

다중칼럼 방식의 고효율 전자빔 시스템 및 공정기술 개발 Development of High Effective Multi-Column Type Electron Beam Machining System

*#강은구¹, 김진석¹, 최동영², 김경매², 이석우²

*#E. G. Kamg(egkang@kitech.re.kr)¹, J. S. Kim¹, D. Y. Choi², K. T. Kim², S. W. Lee²

¹한국생산기술연구원 디지털협업센터, ²한국생산기술연구원 생산시스템연구부

Key words : Mult Column Electron Beam, Micro Column, Electron Beam

1. 서론

본 연구는 미래 첨단 제품 수요에 대응하기 위해 전자빔 기술을 이용한 고효율의 초미세 가공시스템 개발을 목적으로 하고 있으며, 이를 통해 수백 μm 이상의 패턴길이와 $1\mu\text{m}$ 이하의 패턴 폭을 가공하기 위한 시스템을 개발하고자 한다. 따라서 기존의 단일 전자빔 기술을 통한 초미세 부품 제조공정 적용의 문제점인 생산성 한계를 극복하기 위해 다중빔 방식을 제안하여 가공 속도를 향상하고, 기존 방식에 비해 넓은 면적의 가공을 하고자 한다. 이러한 기술의 개발을 위해서는 전자빔 칼럼의 소형화(Micro-column) 뿐만 아니라 칼럼의 병렬배치를 통한 다중빔 시스템화, 제어기술, 고 분해능의 측정기술 개발 등이 요구되고 있다.^[1]

Master 또는 Mask 제작 등에 일반적으로 사용되는 기존의 고 분해능(High resolution) 고에너지 전자빔 장비는 단일빔으로 높은 생산성을 구현하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 병렬 마이크로칼럼 기술 방식을 제안하며 여기에 필요한 초소형 Micro-column을 개발하고자 한다.

2. 소형칼럼 전자빔 구조 및 제작

소형칼럼 전자빔의 경우 기존 일반 전자빔보다 1/10이하의 사이즈로 외부 진동의 안정성, 진공유지관리의 효율성, 다중화를 통한 생산성 향상 및 개별 전자빔칼럼의 다기능화가 가능하여 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.^[2]

Fig.1은 소형 전자빔 칼럼 세트의 배치도이다. 상단에서부터 전자방출원인 FE-Tip, 방출된 전자를 집속하는 1차 Condenser Lens, 팁 모듈과 렌즈모

듈간의 얼라인을 위한 Alignment Lens, 2차 Condenser Lens, 비점수차를 감소시키는 Stigmator, 전자빔 방출을 차단할 수 있는 Beam Blanker, 그리고 Objective Lens와 Deflector로 구성되어 있다.

본 소형 칼럼은 조립방법에 따라 크게 3개의 모듈 단위로 구분 할 수 있다. 첫 번째 모듈은 전자방출 팁과 1차 Condenser Lens이며, 두 번째 모듈은 2차 Condenser Lens, Stigmator, Beam Blanker로 이루어지고, 세 번째 모듈은 Objective Lens와 Deflector로 구성된다.

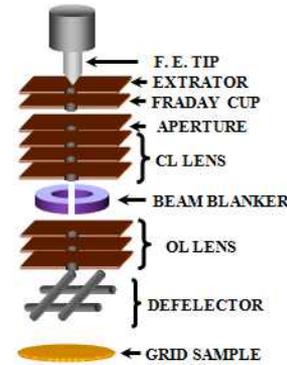


Fig. 1 Layout of micro column design

소형 전자빔 칼럼의 조립 순서는 두 번째 모듈과 세 번째 모듈 그리고 첫 번째 모듈순서로 조립을 하였다. 얼라인 오차 목표는 $5\mu\text{m}$ 로 진행하였으며, 특히 첫 번째 모듈과 두 번째 모듈의 정밀 얼라인은 $300\mu\text{m}$ 이내의 Condenser Lens 홀과 10nm 이하의 전자 방출 팁 간의 정렬이기 때문에 매우 까다롭다.

렌즈 모듈간 얼라인 오차는 렌즈별 홀 중심을 맞추는 작업이며, 각 홀 중심간 편심오차와 더불어 각각의 평행도를 고려하여 얼라인이 진행되었다.

조립 후 홀 중심간 편심오차 및 평행도 측정이 가능한 장치를 제작하였으며, 적외선을 이용한 방식이 채택되었다.^[4]

3번째 모듈에 포함된 Deflector는 전자빔의 진행 방향을 제어하는 장치이며, 이미지 스캐닝 및 전자빔 가공을 위한 패터닝에서 매우 중요한 부품중의 하나이다.

종래 Deflector는 길이방향으로 긴 봉 형태의 부재를 절단하여 동일 높이 상에서 서로 대향하도록 배치된 4개의 방향전환전극으로 구성되며, 이러한 Deflector는 절단면의 가공오차에 따라 정확한 방향전환이 이루어지지 않아 이미지왜곡의 발생이 문제점이다.^[2] 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 새로운 구조의 Deflector를 개발하였다.^[3] 전극의 방향을 평행구조로 변경하였으며, X/Y축의 개별적으로 분리/제어를 수행하여 전기장의 균일한 형성이 가능하여, 이미지 왜곡이 최소화 되었으며, 또한 가공정밀도의 개선이 가능할 것으로 판단된다.

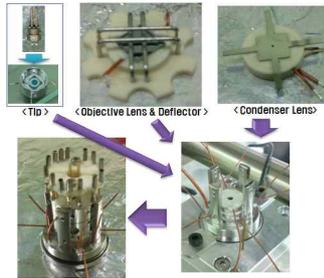


Fig. 2 Photograph of major parts of micro column ebeam equipment

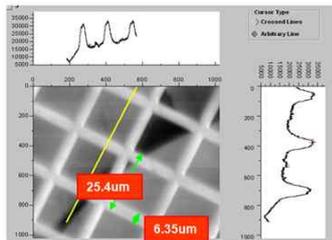


Fig. 3 SEM image by micro column ebeam equipment (#1000 Copper Grid)

Fig.2는 소형 전자빔 칼럼 세트의 제작 과정 및 제작 결과 이다. 제작된 소형 칼럼을 적용하여 전자빔 시스템을 제작하였다. Fig.3은 제작된 전자빔

시스템의 가속전압 -800V일 때의 Copper grid 이미지 결과 이다.

3. 결론

전자빔 장비의 수율향상 및 다기능화를 구현하기 위하여 소형칼럼구조의 전자빔 가공 및 측정장비를 개발하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 전자빔의 성능에 있어 렌즈간 조립정밀도는 매우중요하게 작용하였으며, 적외선 방식의 얼라인 장치를 통하여 5um이내의 렌즈 모듈간 얼라인이 가능하였다.

둘째, 전자빔 성능에 있어서 렌즈모듈간의 얼라인 오차는 각 홀 중심간 편심 오차와 평행도 오차가 큰 영향을 차지하였다.

셋째, 전자빔 가공 및 측정정밀도를 향상시키기 위하여 Deflector 구조를 4극의 배향형 구조에서 평행형 전극 2set의 구조로 개선하였으며, 이미지 왜곡을 감소시킬 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. "Analysis on Markets and Technology Trends of High Effective Energy Beam In-Line System for Micro Structured Part Manufacturing", Analysis Report of Market and Technology by Ministry of Commerce, Industry and Envergy (MOCIE), 2007.
2. Kim H.S. et al, "Low energy electron beam micro-column lithography," Microelectronic Engineering, Vol. 83, pp.962-967, 2006.
3. E. G. Kang, S. W. Lee, H. J. Choi, Y. J. Choi, "Deflector of electric beam device having direction changing electrode arranged parallel each other", Patent Pending, 10-2010-0045647, 2010
4. E. G. Kang, Y. J. Choi, S. W. Lee, D. Y. Lee, "The minute hall of the multilayer structure which uses the infrared ray line error measurement and the method of adjustment which will alignment", Patent Pending, 10-2009-0018715, 2009