

다중칼럼 방식의 고효율 전자빔 응용 시스템기술 개발

Development of High Effective Multi-Column Type Electron Beam Machining System

*이석우, #강은구, 홍원표, 최현중

*S. W. Lee, #E. G. Kang(egkang@kitech.re.kr), W. P. Hong, H. Z. Choi
한국생산기술연구원 e가공공정팀

Key words : Multi Column Electron Beam, Micro Column, Electron Beam, FE Tip

1. 서론

향후 전통산업 및 6T 신산업 분야에서 필요로 하게 될 미래 첨단 제품의 특징은 초미세화, 다기능화, 저전력화, 저가격화 일 것으로 예측하고 있다. 이에 전략적 대응을 위해서는 초정밀화와 초미세화를 기반으로 마이크로단위에서 나노단위에 이르는 산업용 부품의 설계·제어·측정·제조분야에서 저비용, 고생산성, 고정밀화를 추구하는 혁신기술이 요구된다. 최근 각광받고 있는 나노가공기술은 기존기술의 한계를 극복하여 모든 산업분야의 혁신을 이끌어낼 수 있는 기반기술이고 종합기술로써, 선진국의 경우 산업화를 위해 정부 주도로 기초부터 실용화까지 지원하고 있는 실정이다. 현재 연구개발 초기단계이므로 분야별 연구 집중에 의해 선진국 이상의 기술개발 및 산업화를 통한 국가 경제 성장 추구가 가능할 것으로 판단되기 때문에 이에 대한 연구는 매우 절실한 실정이다.

이러한 미래 첨단 제품 수요에 대응하기 위해 전자빔 기술을 이용한 고효율의 초미세 가공시스템개발을 목적으로 하고 있으며, 이를 통해 수백 μm 이상의 패턴길이와 수 μm 이하의 패턴폭을 가공하기 위한 시스템을 개발하고자 한다. 따라서 기존의 단일 에너지빔 기술을 통한 초미세 부품 제조공정 적용의 문제점인 생산성 한계를 극복하기 위한 새로운 방법으로 다중빔 방법을 제안하여 가공 속도를 향상하고, 기존 방식에 비해 넓은 면적의 가공을 하고자 한다. 이러한 기술의 개발을 위해서는 에너지빔 칼럼의 소형화(Micro-column) 뿐만 아니라 칼럼의 병렬배치^[1]를 통한 다중빔 시스템화, 제어기술, 롤 금형가공 공정기술의 개발, 고분해능의 측정 기술 개발 등이 요구되고 있으며, 본 기술개발이 완료될 경우 미래 첨단 제품에 대한 국내의 시장요구 대처능력이 향상되고 이로 인한 고부가가치 제품 개발이 가능하게 될 것으로 예상된다.

Master Mask 제작 등에 일반적으로 사용되는 기존의 고분해능(High resolution) 고에너지 전자빔 장비는 단일빔으로 높은 생산성을 구현하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 병렬 마이크로 칼럼 기술 방식이 제안되고 있으며 여기에 필수적으로 초소형 Micro-column의 개발이 필요하다.

초소형 전자칼럼은 기존 전자칼럼 직경을 수십mm이하로 최소화하여 광학 수차 값을 최소화함으로써 성능을 향상시킬 수 있으며, 저전압으로 구동하여도 고밀도의 beam current를 얻을 수 있다. 또한, 소형이며 경량화된 구조는 멀티빔 구조가 가능하며, sample current값이 일반적인 SEM보다 약 10~100배 정도 높기 때문에 생산성이 높은 멀티 전자빔으로 적용이 가능하다.

이렇게 제작된 Micro-column은 Fig.1 에서와 같이 병렬 배치가 가능하며, 궁극적으로는 wafer-scale로 집적화되어 높은 생산성 증대 효과를 기대할 수 있다. 이때의 생산성은 300mm웨이퍼 상에 50nm선폭을 시간당 25wafer를 생산할 수 있는 것으로 알려져 있으며, 이는 기존 EUVL과 같은 리소그래피 기술보다 생산 설비 및 가격 경쟁력에서 우월하여 대량생산 시스템에 적합한 기술이 될 것으로 예상된다.

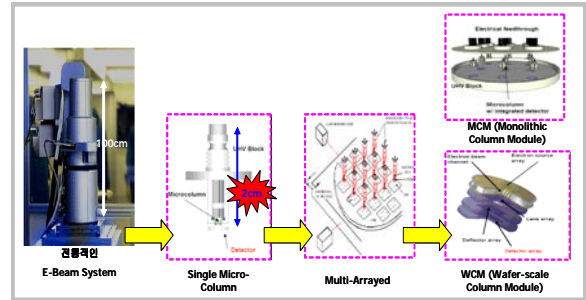


Fig. 1 Micro-column Array Concept : SCM(Single Column Module), MCM(Monolithic Column Module), WCM(Wafer-scale Column Module)

2. 국내의 기술개발 현황

미국의 산업계에서는 2005년 IBM, AMD, Infineon Technologies, Micro 사 등이 ASML, KLA-Tencor 등의 장비 업체와 차세대 나노리소그래피 개발을 위한 컨소시엄을 구성하며 일찍부터 전자빔 리소그래피 개발을 시작하였다. 미국이 국가 나노기술 이니셔티브(NII)를 발표한 후 일본, 영국, 독일, 중국 등 주요국들이 나노기술 전략을 경쟁적으로 수립, 세계적인 나노기술개발 경쟁분위기가 고조되고 있으며 이와 함께 나노기술개발에 따른 투자규모도 증가하고 있으며 이에 따라 나노기술의 산업화는 전자, 통신, 환경, 생명과학, 재료공학, 방위산업, 의학 등 사회 전반의 패러다임을 바꿀 수 있는 기술로 그 중요성이 더욱 부각되어 가고 있다. 미국의 IBM사는 1988년경부터 리소그래피기술로서 Micro-column, Multi E-beam 기초연구를 시작하였으며 1992년도 시제품 개발을 발표하였으며, IBM사의 마이크로 칼럼기술은 1996년 미국 ETEC사로 연구 인력과 기술이 이전되어 미국정부의 지속적인 지원으로 차세대 멀티빔 리소그래피 사업화 연구를 시행 중에 있다. 또한, 4개의 리소그래피 칼럼구조를 완성하여 실험중이며 75nm 리소그래피 패터닝을 발표하였다.

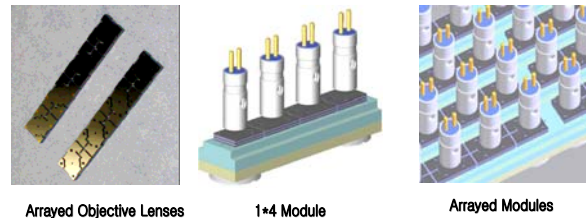


Fig. 2 Photograph of Molithic Column Module Type Electron Column made by Novelx in USA(reference : 31st International Conference on Micro- and Nano- Engineering, Novelx)

미국의 Multi-Beam Systems는 벤처투자를 받아 기존 전자빔 기술을 바탕으로 미니 전자칼럼 개발을 수행하고 초기 결과를 얻었으며, Arradance회사도 벤처투자를 마이크로칼럼 방식의 멀티빔 구조의 리소그래피 개발을 진행하여 현재 전자방출원

부분의 개발이 진행되고 있다. Novelx, Zyvex 회사는 마이크로칼럼의 기본 개념을 바탕으로 미국 DARPA로부터 지원을 받아 개발을 수행하고 있으며 2006년 초반에 1차적인 결과를 보여주고 있는 수준에 있다.

일본은 나노기술산업화에 초점을 둔 “나노기술프로그램”을 수립·운영하여 중점육성하고 있으며, 비메모리 생산 분야를 대상으로 EPL(Electron-beam Projection Lithography) 등이 차세대 리소그래피 기술로 집중 연구되고 있다. JEOL사는 SCM방식을 이용한 100nm급 전자빔 리소그래피 장비를 생산·판매중이며 현재 연구개발이 지속적으로 수행하고 있고, 전자빔을 이용한 측정 장비 분야에서도 시장을 선점하고 있는 상태이다. ELIONIX 사 또한 독자적으로 개발한 전자빔 연구를 통해 100nm급 리소그래피 장비를 생산하여 판매하고 있다. 현재 국내 소형 칼럼은 한국전자통신연구원에서 개발되어 있으나, 전자빔 칼럼위주 연구가 진행되었으며, 가공시스템에 대한 연구가 부족하여 향후 초미세 부품 시장의 확대에 대비하기 위한 가공 장비로서의 많은 연구가 필요한 실정이다.

3. 다중칼럼방식 전자빔 응용시스템 기술

다중칼럼 방식의 전자빔 시스템 개발을 위한 핵심 기술개발 분야로는 소형 렌즈 설계 제작기술, 전자빔 가공공정기술, 다중칼럼 방식 전자빔 시스템 기술, 가공공정 최적화 및 시스템 제어기술 등 많은 연구가 요구되고 있다. Fig. 3은 소형 칼럼 렌즈부의 3D 모델이며, 주요 렌즈 크기는 20mm이내이며, 전자빔의 경로 직경은 100um 이내로 설계제작이 된다. 주요 부품 구성은 FE-Tip과 Extractor, Beam Blanker, Deflector, Einzel Lens 등으로 구성되고 있다.

Fig. 4는 사용 Opera 3D를 활용한 렌즈 해석결과이다. 소형전자빔의 경우 현재 1kV이하의 저전압에서 주로 사용이 되고 있으며, 현재 상용 전자빔 시스템에 비하여 집속도 등의 연구가 절실하다. 따라서 전자빔 리소 가공에 필요한 보다 높은 전압의 소형전자빔 기술 및 집속도 향상을 위한 렌즈 설계기술의 확보가 필요하다.

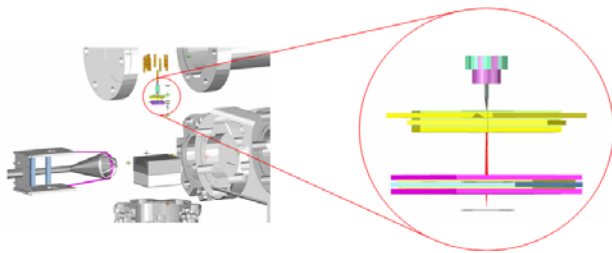


Fig. 3 Photograph of Micro Column Electron Beam Lens System

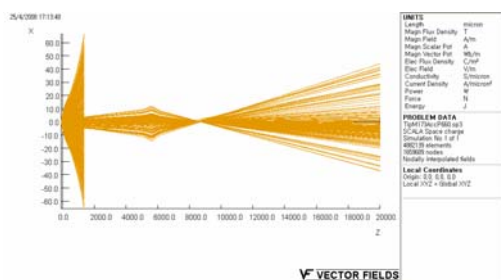


Fig. 4 Electron Beam Lens System FEM Analysis using OPERA 3D Commercial Software

Fig. 5는 4칼럼 방식의 전자빔 배치에 대한 3D 모델이다. 전자빔의 경우 나노크기의 패턴제작이 가능한 반면 수백 μm 이상 영역의 가공이 어렵다는 단점이 있다. 이는 초정밀 스테이지 등과 복합적으로 운용되어 해결되어야 할 것이며, 이를 위해 롤 구동 방식을 채택하였으며 이를 위한 4칼럼 방식의 배치를 모델화한 것이다.^[1]

Fig. 6의 경우는 4칼럼 방식의 배치를 활용하여 보다 넓은 영역의 패턴가공 및 측정에 대한 세부적인 Stitching 개념을 설명하고자 한 것이다. 각 칼럼의 경우 해당영역을 수백 μm 영역에서 가공을 하며, 롤 구동에 의해 원주방향의 회전가공을 하며, 롤 길이 방향의 Stitching이 각 칼럼별로 이루어진다.



Fig. 5 4 Column Electron Beam Column Array Concept

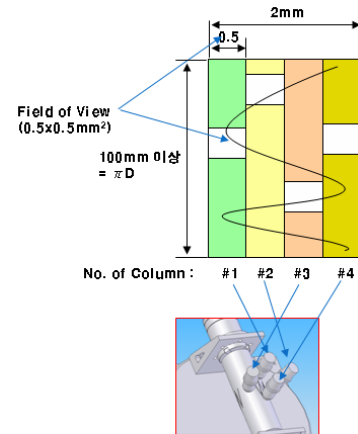


Fig. 6 Stitching Concept using 4 Column Electron Beam System

4. 결론

본 연구에서는 초미세부품 및 마스터 금형 제작용 고효율 소형 다중칼럼 방식의 전자빔 응용 In-line 시스템 및 공정기술 개발을 위해 다중전자빔 시스템 요소기술 및 가공공정기술 개발, 초미세부품 가공용 다중전자빔 시스템 개발 및 가공공정기술 개발 및 다중전자빔 활용 지능형 초미세 부품 가공 공정시스템 개발 연구를 수행하고자 한다.

향후 미세 가공 기술은 고정밀화, 형상의 초미세화, 대형 대면적 부품의 초미세 형상가공 등의 수요 증가할 것이며, 따라서 다중빔을 이용한 초미세와 고속·고생산성의 두 가지 목표를 동시에 만족시키기 위해 적합한 기술로서 발전시키고자 한다.

후기

본 연구는 지식경제부 차세대신기술개발사업 “고효율 에너지빔 응용 초미세 부품 제조용 In-line 시스템 개발”과제의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

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.