

## 소형 전자빔용 정전렌즈 구조에 따른 전자빔 경로 분석

### Analysis on E-beam Trajectory according to Electro-Static Lens Structure for E-Beam System

\*강은구<sup>1</sup>, 김진석<sup>1</sup>, 최동영<sup>1</sup>, 이석우<sup>1</sup>

\* #E. G. Kang<sup>1</sup>([egkang@kitech.re.kr](mailto:egkang@kitech.re.kr)), J. S. Kim<sup>1</sup>, D. Y. Choi<sup>1</sup>, S. W. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원, 디지털협업지원센터

Key words : Electro-Static Lens, Electron Beam Trajectory, Miniaturized E-Beam System

#### 1. 서론

최근 제품 패턴의 소형화에 따라 레이저를 이용한 광학적 리소그래피의 한계에 대한 도전적 과제로서 전자빔을 이용한 기술이 연구되어 지고 있다. 특히, 전자빔 리소장치의 단점인 수율향상을 위해 전자빔 칼럼의 소형화와 다중 전자빔에 관한 연구가 수행되어 지고 있다.[1-3]

일반적인 전자빔 리소장치의 경우 칼럼 외경크기가 대략 100mm 수준이나, 소형 전자빔의 경우 20mm 수준의 외경크기를 가짐으로 어레이 배치가 가능하여 수율향상을 기대하고 있다.[1] 이러한 소형전자빔 칼럼개발을 위해 전자빔의 광학적 해석기술 및 조립기술 등의 연구가 수행되어지고 있다.[4-7]

일반적인 전자빔의 광학적 특징에서 가속전압 향상시의 수차 감소특성과 전자빔 리소공정시 고려되어야 할 PR의 Selectivity 및 Focusing Diameter 등 측면에서 가속전압의 향상은 중요하다.[4]

그러나 전자빔 리소장치의 소형화를 추구하며, 가속전압을 향상시키기 위한 노력은 설계자에게 큰 어려움을 주고 있으며, 기존 소형전자빔 연구의 경우 대부분 -1kV이하에서 수행되어졌다.[4-7]

본 연구는 가속전압을 -3kV로 향상시 렌즈의 구멍크기의 변화에 따른 전기장 및 전자빔 거동특성을 분석하고자 하였으며, 렌즈의 전압변화에 따른 전자빔 거동특성을 분석하고자 하였다.

#### 2. 렌즈의 홀사이즈에 따른 전기장 및 전자빔 경로 해석

Fig.1은 전자빔 해석을 위한 팁 및 렌즈배치의 구조를 나타내고 있다. Fig.2(a)는 렌즈구멍이 700um시의 반경방향의 전기장 맵이며, Fig.2(b)의 렌즈구멍이 200um시의 전기장 맵으로 전자빔의 집속은 이러한 렌즈의 전기장에서 발생하는 힘의 크기와 위치에 따른 전압크기로 인한 전자의 이송속도와와의 관계로부터 전자빔의 거동을 이해 할 수 있다.

Fig. 3은 700um 홀 크기의 CL2렌즈 부위의 반경방향 전기장이며, Fig. 4는 200um 홀 크기의 CL2렌즈 부위의 반경방향의 전기장이다. 특징은 동일한 인가전압인 -2000V를 CL2에 인가하였으며, 렌즈 내경면에서 발생하는 최대 반경방향 전기장의 경우 700um 일경우가 +/- 1,200,000 V/m으로 200um 경우의 +/- 450,000 V/m보다 3배 정도 크다. 반면, Fig.5와 Fig.6에서 나타난 전자빔 거동이 일어나는 반경 10um 이내의 전기장의 경우 700um의 경우 +/-30000V/m이나 200um의 경우 +/-70000V/m로, 200um 구멍크기의 렌즈일 경우 반경방향에 따른 힘(전기장)의 변화율이 커짐을 확인 할 수 있다.

따라서 Fig. 7과 Fig.8에 나타난 전자빔 집속거리가 200um일 경우가 보다 더 짧게 예측되는 것을 확인 할 수 있다. 반면, Fig.9 및 Fig.10에서 보듯이 반경방향에 따른 전기장의 변화율이 커질 경우 수차발생의 경향성이 커져서 전자빔 집속 직경 및 전자빔 집속깊이 측면에서 불리한 것으로 예측되며, Fig.11의 경우 CL2렌즈의 전압을 -1000V로 줄여서 전자빔 집속직경 및 전자빔 집속깊이의 향상을 꾀하였지만 렌즈구멍이 700um인 경우보다 효과가 크지 않음을 확인 할 수 있었다.

이는 반경방향에 따른 전기장의 변화율이 전자빔 반경방향 경로에 많은 영향을 주며, 가속전압이 향상되어 전자의 이속속도가 빠를 경우 전자빔의 집속크기와 전자빔 집속깊이를 고려하여 렌즈의 전압크기의 조절과 더불어 렌즈의 구멍크기 변화가 중요함을 알 수 있다.

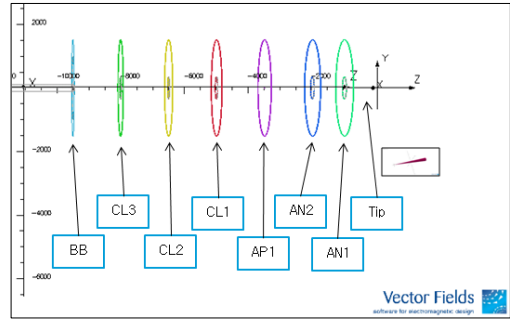
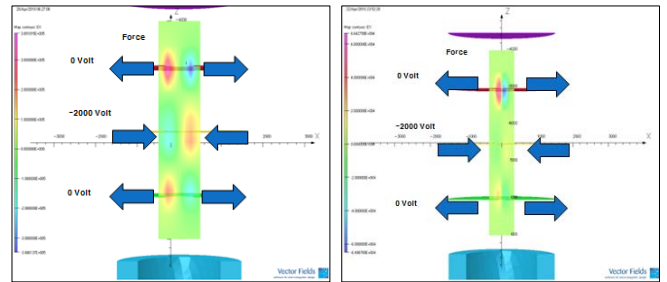


Fig.1 Lens Layouts including FE-Tip for E-beam Trajectory Simulation



(a) Hole Diameter of 700um (b) Hole Diameter of 200um  
Fig.2 Zone Map of Radial Electric Field according to Hole Diameter

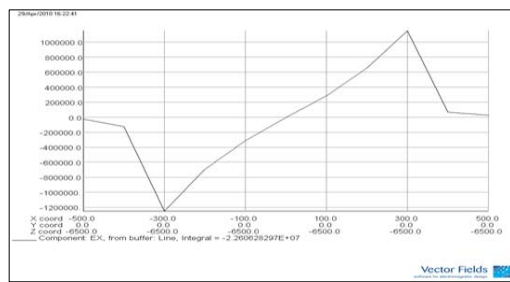


Fig.3 Plot of Radial Electric Field of Hold Diameter of 700um at CL2 Lens: X=-350um to 350um, Y=0, Z=-6500um (Electric Field at R=350um is about +/- 1,200,000 V/m)

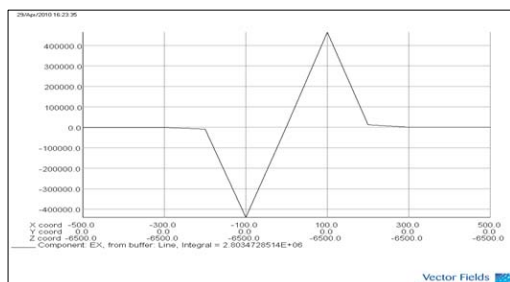


Fig.4 Total Plot of Radial Electric Field of Hold Diameter of 200um at CL2 Lens: X=-350um to 350um, Y=0, Z=-6500um (Electric Field at R=100um is about +/- 450,000 V/m)

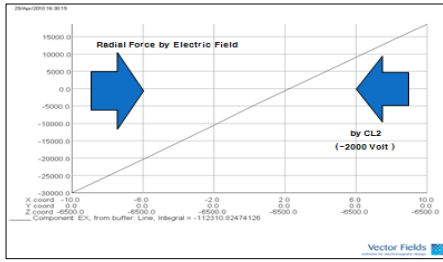


Fig.5 Internal Area Plot of Radial Electric Field of Hold Diameter of 700um at CL2 Lens: X=-10um to 10um, Y=0, Z=-6500um (Electric Field at R=10um is about +/- 30,000 V/m)

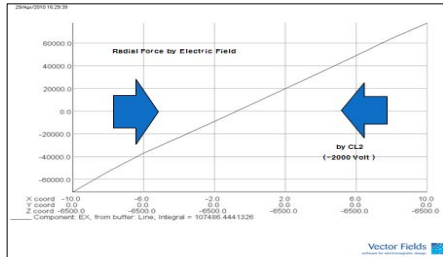


Fig.6 Internal Area Plot of Radial Electric Field of Hold Diameter of 200um at CL2 Lens: X=-10um to 10um, Y=0, Z=-6500um (Electric Field at R=10um is about +/- 70,000 V/m)

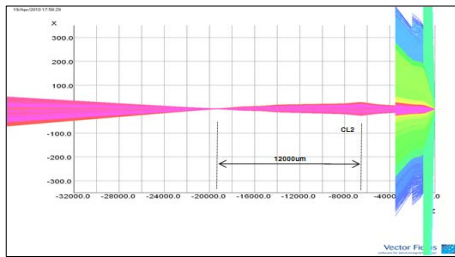


Fig.7 Simulation Results E-Beam Trajectory of Hold Diameter of 700um for CL2 Lens of -2000V using Opeara 3D Software (Focal Length from CL2 Lens is about 12,000um)

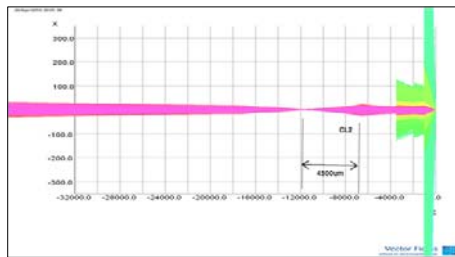


Fig.8 Simulation Results E-Beam Trajectory of Hold Diameter of 200um for CL2 Lens of -2000V using Opeara 3D Software (Focal Length from CL2 Lens is about 4,500um)

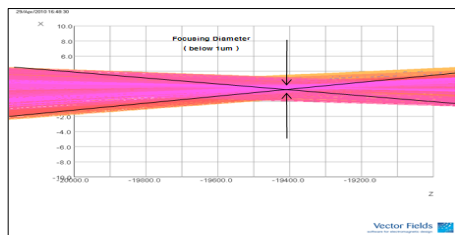


Fig.9 E-Beam Trajectory of Hold Diameter of 700um for CL2 Lens of -2000V at Focusing Area (Focusing Diameter is below 1um)

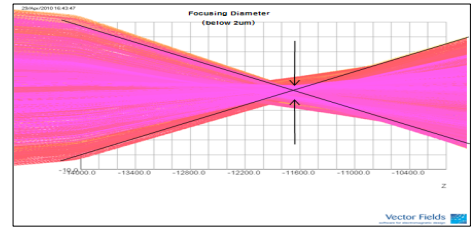


Fig.10 E-Beam Trajectory of Hold Diameter of 200um for CL2 Lens of -2000V at Focusing Area (Focusing Diameter is below 2um)

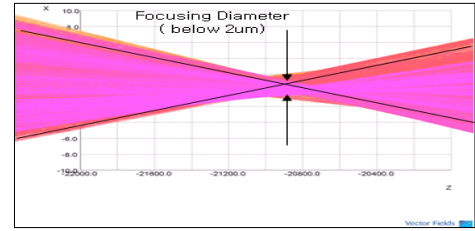


Fig.11 E-Beam Trajectory of Hold Diameter of 200um at Focusing Area for CL2 Lens of -1000V (Focusing Diameter is below 2um)

### 3. 결론

전자빔 리소장치의 소형화를 추구하고, 가속전압을 향상시키기 위한 노력은 설계자에게 큰 어려움을 주고 있으며, 기존 소형전자빔 연구의 경우 대부분 -1kV 이하에서 수행되어 왔다. 따라서 가속전압을 -3kV로 향상시 적절한 렌즈의 구멍사이즈에 대한 전기장 및 전자빔 거동특성을 분석하였다. 분석결과 반경방향 전기장의 변화율이 전자빔 반경방향 경로에 많은 영향을 주며, 가속전압이 향상되어 전자의 이속속도가 빠를 경우 전자빔의 집속크기와 전자빔 집속깊이를 고려하여 렌즈의 전압크기의 조절과 더불어 렌즈의 구멍크기 변화가 중요함을 알 수 있었다.

### 후기

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

### 참고문헌

1. Muray, L.P., et al, "Experimental evaluation of arrayed microcolumn lithography, Microelectronic Engineering, Vol. 53, pp.271-277, 2000.
2. Chang, T.H.P, et al, "Electron beam technology-SEM to microcolumn," Microelectronic Engineering, Vol. 32, pp.113-130, 1996.
3. Kim H.S. et al, "Low energy electron beam microcolumn lithography," Microelectronic Engineering, Vol. 83, pp.962-967, 2006.
4. 김영철, 김애옥, 안승준, 김호섭, “초소형 전자 칼럼 설계를 위한 전자 방출원 연구,” 광학학회지, Vol. 13, pp. 314-318, 2002.
5. 김호섭, 김대욱, 김영철, “초소형 전자 렌즈의 전자 광학적 분석,” 한국광학학회지, Vol. 14, pp. 194-199, 2003.
6. 김영철, 김대욱, 안승준, 김호섭, “초소형 전자칼럼을 위한 마이크로 자기장 디플렉터 연구,” 한국광학학회지, Vol. 18, pp. 426-431, 2007.
7. Park, S.S, et al, "High-Beam-Current Microcolumns with Large Apertures," Japanese Journal of Applied Physics, Vol.43, pp.3986-3989, 2004.