

전자빔 리소그래피용 칼럼 렌즈의 자계 분석 시스템 개발

Analysis system development of column lens used to Electron Beam Lithography

*인재준¹, #이응기¹

*J. J. In(injaejun@hotmail.com)¹, #E. K. Lee(eklee@kongju.ac.kr)¹

¹ 공주대학교 기계자동차공학부

Key words : electric field, magnetic field, magnetic force, magnetic gradient and electron beam

1. 서론

전자 빔을 이용한 리소그래피(electron beam lithography) 기술은 마스크를 쓰지 않으며 반도체 소자 개발 주기를 단축시킬 수 있는 장점이 있다. 저 에너지 방식의 나노 리소그래피 기술은 기존의 고효율 에너지 빔 기술이 가지고 있는 초미세 부품 제조 공정 적용 시 효율성 한계를 극복하기 위한 새로운 방법이다. 고 에너지 방식의 전자 빔 리소그래피는 낮은 생산성이 가장 큰 문제로 지적되고 있다. 현재 저 에너지 방식의 나노 리소그래피 기술은 세계적으로 개발 초기 단계에 있고 소형 전자 빔 칼럼을 활용한 다중 전자 빔 가공 기술은 전자 빔 가공 공정을 고속화, 고 효율화함으로써 각종 초미세 부품의 극 초정밀가공수단으로의 활용성이 뛰어난 전자 빔 이용 기술이다.

전자 빔의 칼럼(column)을 구성하는 전자 렌즈(lens)는 균형 있는 자계를 형성하여 전자 빔의 궤적을 제어함으로써 원하는 위치에 전자빔의 초점(focus)을 맞추는 것이 핵심이다. 이를 위해 전자 렌즈 방식 중 하나인 4극 자석의 자력분포를 측정하였고 렌즈 가공 시 극 단면의 거칠기가 자력분포에 미치는 영향에 대해 논의하였다.

2. 자력측정을 위한 3D 이송장치

이 장치의 제작 목적은 자계가 형성된 자력구배의 정 좌표에서 데이터 측정을 목표로 하였다. 3개의 AC Servo Motor를 이용하여 XYZ축으로 이동이 가능하며 장치의 Y축에 가우스-메타(Gauss-Meter)를 장착하여 측정을 하였다. 장착된 가우스-메타는 Gauss 또는 A/m단위로 측정이 가능하다. Servo Motor는 PLC로 제어되며 각 축에 리미트(limit) 센서를 부착하여 기계적 측정 범위가 결정된다. 특이형상 렌즈의 측정을 위하여 수동모드(jog mode)를 추가 하였다. 장치의 재질은 장치가 자력 구배에 영향을 미치지 않게 하기 위해 알루미늄재질을 사용하였다. 상하로 움직이는 Z축에 축과 반대로 상하 운동을 하는 추(a counter weight balance)를 장착하여 모터구동 시 걸리는 부하를 최소화 하였다. Fig. 1의 (A)와 (B)는 장치의 설계도와 제작된 장치 사진이다.

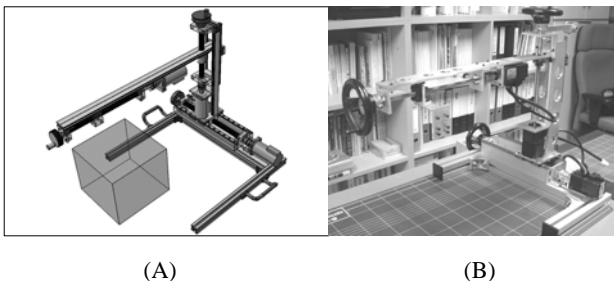


Fig. 1 A general design and equipment

3. 평면 4극 자석 측정

실험에 사용된 4극 자석과 측정 데이터를 3D로 표현한 것이 Fig. 2의 (A)와(B)이다. 각 면이 맞는 부분에서 자력이 가장 크게 형성되었다. 또한 그래프의 중앙부에서 자력이 가장 작고 단면으로부터의 거리가 가까울수록 자력이 비선형적으로 증가하였다. Fig. 3은 자력구배를 형상화 한 것이다. 각각의 네 꼭짓점에서 중앙부의 값에 비해 상대적으로 값이 매우 커 중심면을 기준으로 잘랐다. 서로 이웃하는 면끼리 극이 달라 위로

향하는 것은 +극이고 아래로 향하는 것은 -극이다. 단면으로부터 멀어질수록 자력이 급격히 감소하였다.

4. 거칠기를 표현한 단면 측정

4극 자석의 단면 가공정밀도에 따른 자력분포의 영향을 확인하기 위하여 단면 거칠기를 표현하였다. 비교 대상에 사용된 철판은 10mm두께의 철이며 안으로 파인 깊이는 10mm이다. 전체 크기는 가로*세로 각각 100mm * 100mm이다. 측정결과 면의 형상에 따라 자력분포에 영향을 주었다.

Fig. 4의 (A)는 비교 대상 렌즈 이고 (B)는 측정 데이터를 절대 값으로 변환하여 표현한 것이다. Fig. 5로부터 불규칙한 단면을 가진 자계렌즈는 단면 부위에서 자력의 분포가 균일하지 못하였다. 자력의 형성은 자화된 물체내부를 통과해 대기 중으로 표출될 때 단면의 모서리 부분에서 가장 큰 값을 갖는 실험 결과 Fig. 2의 (B)를 반증한다. 렌즈의 단면을 기준으로 불규칙한 면으로부터 형성된 자력은 Fig. 5와 같이 자력구배의 형성이 불규칙하였다.

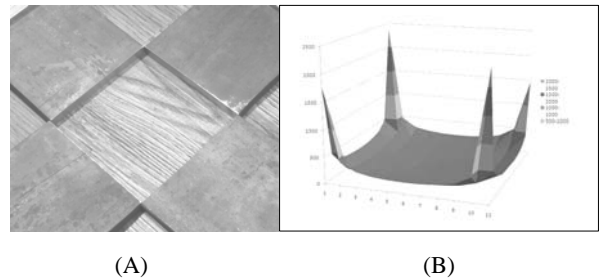


Fig. 2 A quad poles magnetic lens and absolute value data



Fig. 3 magnetic gradient of normal surface quad poles magnetic

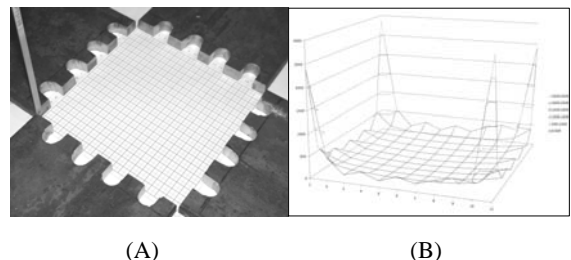


Fig. 4 rough surface lens and absolute value data

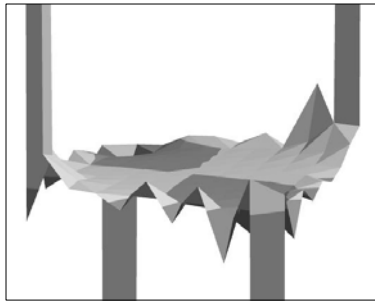


Fig. 5 magnetic gradient of rough surface quad poles magnetic

5. 데이터의 비교

4극 자석의 단면 가공정밀도에 따른 자력분포를 비교 하였다. Fig. 6은 단면형상에 따른 자력분포도로서 한눈금당 10mm의 간격이다. 두 경계의 구분은 데이터의 +값과 -값으로 이분화한 것이다. Fig. 6의 (A)는 일반 단면의 자력 분포를 나타내고, Fig. 6의 (B)는 표면 거칠기를 표현한 단면의 자력 분포를 나타낸다. (A)의 경우 구배의 경계가 균일하고 중심을 향해 4등분 되는 경향성이 있지만 (B)의 경우 자력분포가 불규칙하고 극의 경계를 넘나드는 경향성을 보인다. 전자 렌즈의 중요한 특성중 하나인 자계 렌즈의 중심까지 분포되어야 하는 것 또한 렌즈의 중심에서 (A)와 (B)의 거리 차가 크다. 또한 Fig. 3과 Fig. 5를 비교, 자계렌즈단면의 가공도에 따른 자력구배에 미치는 영향력이 매우 크다.

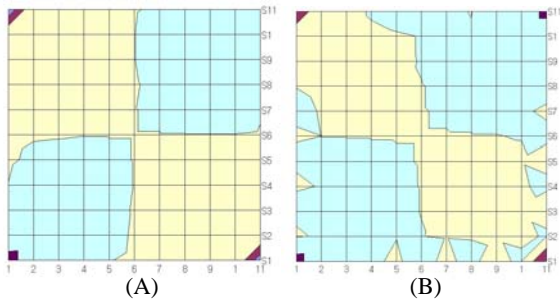


Fig. 6 between different surface have different magnetic force distribution

6. 결론

본 연구는 소형 전자 빔 가공 공정 중 칼럼을 구성하는 전자 빔 렌즈의 설계를 위해 자계렌즈의 특성을 분석하였다.

자계 렌즈의 특성 분석 실험을 위하여 우선 자계를 측정하는 가우스-메타를 이송하는 장치를 설계 및 제작 하였다. Z축으로 이송 시 축의 운동방향과 반대 방향으로 움직이도록 하는 추를 설치하여 모터에 걸리는 부하를 최소화 하였다. 또한 선형성을 갖지 않는 형상을 가진 렌즈 분석을 위해 수동모드(jog mode)를 추가 하였다.

자계렌즈의 자력 측정 실험의 결과 4극 자계 렌즈의 특성은 이웃한 상대 극으로 자력이 분포하고 마주보는 동일 극과 대치된다. 이때 자력은 단면의 모서리에서 가장 큰 자력 값을 갖는다. 또한 단면에서 멀어 질수록 자력은 급격히 감소하였다.

자계 렌즈의 제작 시 단면 가공정밀도를 깊이 있게 고려해야 한다. 이는 자력구배에 매우 중요하게 작용하는 요소라는 것이 실험결과를 통해 입증되었다. 결과적으로 렌즈의 성능에 직접적인 연관이 있어 렌즈 단면의 가공정밀도가 요구된다.

참고문헌

1. Soun byung-tae, "Electro magnetics," Sung An Dang, Vol. Issue 3, pp127-138, 2007
2. Floyd, "Electronics Fundamentals," Prentice Hall, Vol. Issue 6, pp314-348, 2004.

3. Revrow, V. A., Ponomarev, A. G., Palchik, V. K. and Melnik, N. G., "The new design of magnetic quadrupole lens doublet manufactured from a single piece," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 260, Issue 1, pp. 34-38, 2007.
4. Peter V.O'Neil "Engineering Mathematics," Thomson Issue 5, pp274-282, 2007.