

마이크로 전자칼럼을 이용한 대면적 스캔

장원권, 박성순*, 김호섭*
한서대학교, *선문대학교

Scanning large area with a micro-electron column

Won Kweon Jang, Seong Soon Park*, Ho Seob Kim*
Hanseu Univ. *Sunmoon Univ.

Abstract : In large area scanning with a micro-electron column, the optimal operation condition for the best visibility was studied. A micro-electron column can realize nearly unlimited scanning size with distribution of micro-electron columns, therefore applicable to large sized SEM or VSEM. The maximum scanning size with a micro-electron column was about 200cm² when only one deflector was employed. However, a double deflector equipped micro-electron column provided 1.7 times larger scanning area with the same visibility as that of one deflector.

Key Words : micro-electron column, scanning, visibility, large area, deflector

1. 서론

10여 년 전 처음으로 소개된 초소형 전자칼럼에 대한 연구는 최근 산업에의 실용화에 대한 연구가 진척되면서 많은 관심을 끌고 있다[1-2]. 전통적인 전자칼럼의 크기가 1m 이상의 크기를 가지고 있는 것에 비해 전체가 35 mm의 길이를 가지고 있으면서도 거의 같은 성능을 갖는 마이크로 전자칼럼은 여러 개를 격자 구조로 배열할 경우 대면적을 스캔할 수 있는데, CRT 디스플레이와 SEM과 같은 분야를 비롯하여 다양하게 응용될 수 있다.

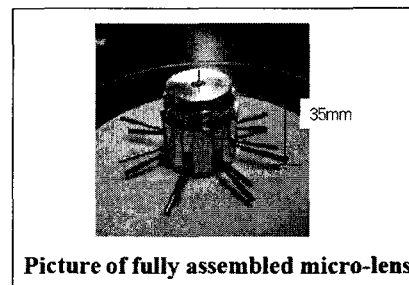
이러한 초소형 전자칼럼의 설계 및 제작은 기껏해야 수-수백 μm 의 직경을 갖는 전자렌즈의 제작 및 정밀 조립에 의해 실현 가능하다. 각각 3개의 전자렌즈로 구성되는 전자방출 렌즈와 아인젤 렌즈 및 디플렉터로 구성되는 마이크로 전자칼럼은 렌즈 축과 전자가 진행되는 경로축이 정확하게 일치하여야 가능하며 이에 대한 개발과 연구는 이미 상당부분 진행되어왔다.[3-4]

본 연구에서는 디스플레이용 LCD와 같은 대면적을 스캔할 필요가 있는 경우 working distance 및 시야각(field of view)의 변화에 따른 전류영상의 선명도의 변화를 추적하여 가장 적합한 주사면적 크기를 조사하였으며, 디플렉터의 개수를 하나로 하였을 경우와 두 개로 하였을 경우의 주사면적의 변화 및 선명도의 변화를 조사하여 주사면적의 확대를 이루기 위한 가장 주요한 변수를 조사하였다. 좁게는 통신 단말기의 SAW필터와 같은 작은 면적에 대한 정밀한 측정을 초소형 장치를 이용하여 얻을 수 있는 반면 여러 개의 초소형 전자칼럼을 부착할 경우 얻을 수 있는 무제한의 스캔 면적에 대한 연구는 이 분야의 산업화에 있어 매우 중요한 정보를 지니고 있다.

2. 실험

주사면적을 크게 하기 위해서는 전자방출원 팁의 인가 전압, 주사 대상물로부터 전자칼럼까지의 working distance,

디플렉터의 수 등을 고려하여야 한다. 전자방출원 팁의 전압을 높일 경우 선명도는 증가하지만 주사 면적은 좁아지고 상의 왜곡이 불안정하게 변한다. 반면, 전자 칼럼과 주사 대상물 사이의 working distance를 크게 하면 주사 면적은 증가하지만 상의 왜곡이 심화되고 선명도가 떨어진다. 또한 편향각을 크게 하기 위해 디플렉터를 추가하면 주사면적은 증가하지만 시스템의 크기가 크고 복잡해지며, 제작비가 증가하는 단점이 있다. 일반적으로 주사 면적을 증가시킬 경우 대상물의 중앙 부분에서는 선명도가 유지되지만 외곽 부분은 렌즈 수차로 인해 상의 왜곡(distortion)이 크게 발생한다. 이를 극복하기 위해 기존의 전자 칼럼은 최대한 근접하게 배열을 하여도 전자 칼럼 자체의 부피 때문에 주사 면이 겹치는 부분에서 상의 왜곡이 여전히 발생하게 되며, 장비가 크고 복잡하게 되는 문제가 있다. 이처럼 상의 왜곡은 기존의 전자칼럼이 가지고 있는 근본적인 문제이지만 초소형 전자 칼럼을 이용할 경우 좁은 간격으로 전자 칼럼을 나열할 수 있어 상의 왜곡을 최소화하는 것이 가능해진다.



이번 실험에서는 주사면적을 극대화하기 위하여 대상물에 전자빔을 집속하는 아인젤렌즈를 제거하였으며, 세 층으로 이루어진 전자방출렌즈를 집속렌즈(focusing lens)로 활용하였다. 왜냐하면, 아인젤렌즈를 사용할 경우 선명도는 우수하나 디플렉터가 아인젤렌즈 위에 위치하므로 넓은 영역의 주사가 불가능하다. 그러므로 아인젤렌즈를 제거한 상태에서 전자방출렌즈만을 이용하여 집속된 전자빔

을 이용하여 시료의 형상을 얻었다.

3. 결과 및 검토

전자빔의 전자방출원에 인가되는 인가전압, 주사 면적 및 선명도 등의 상관관계를 조사하였다. 추가의 측정 장비는 사용하지 않았으며 단순한 전류 값만을 형상화한 결과를 분석하였다.

최적의 선명도를 얻은 조건은 전자빔의 에너지가 150eV 이고 전자방출원의 전류가 약 300 nA, 전자방출렌즈의 집속 전압이 -63 V일 때 가장 안정적인 전류값을 얻을 수 있었으므로 이 조건에서 실험을 수행하였다. 시료로부터 측정된 전류 값은 약 0.1nA이하였으며, 전자방출렌즈와 시료사이의 working distance는 30mm이었다.

주사면적은 작업거리가 30mm일 때 13.9×13.9mm²에서 작업거리가 80mm일 때 33.6×33.6mm²까지 정사각형의 모양으로 한 변 길이의 증가에 비례하여 증가하였다. 이때 선명도는 working distance에 가장 의존적이었으며, 전자방출원의 인가전압과 전자방출렌즈의 집속전압을 조절하여도 선명도는 작업거리의 증가에 따라 현저하게 낮아졌다.

선명도에 가장 큰 인자인 working distance를 30mm부터 100mm까지 변화시켜가며 측정하였다. 시료로부터 얻은 전류 값은 작업거리가 30mm일 때 1nA 정도였으며, working distance가 증가하여도 크게 변화하지 않았다. 40mm이상의 working distance에서 선명도는 급격하게 떨어지기 시작하였으며, 전자방출원의 전압 및 집속전압의 조절에도 불구하고 크게 개선되지 않았다. 주사면적은 working distance가 30mm일 때 13.9×13.9mm²로 이 때 전자방출원의 인가전

압은 150V이었다.

주사면적을 증가시키는 다른 방법으로 데플렉터의 수를 두 개로 하여 편향각을 증가시키는 것이 가능하므로 디플렉터의 수를 두 개로 하여 같은 실험을 반복하였다. 가장 좋은 선명도는 두 회절장치의 간격을 1mm 로 하였을 때였으며, 이 때 주사면적은 디플렉터를 한 개 사용하였을 경우에 비해 1.7배정도 증가하였으나 선명도는 감소하였고 이는 전자방출원의 전압이나 집속전압의 변화에도 크게 개선되지 않았다. 즉 주사면적의 확대는 1.7배정도로 회절장치의 수에 비례하여 증가하지 않았으며 분해능 역시 주사면적에 비례하여 감소하는 것이 확인되어 주사면적의 가장 큰 변수는 working distance 임을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] E. Kratschmer, H. S. Kim, M. G. R. Thomson, K. Y. Lee, S. A. Rishton, M. L. Yu, S. Zolgharnain, B. W. Hussey, and T. H. P. Chang, "Experimental evaluation of a 20×20mm footprint microcolumn", *J. Vac. Sci. Technol.* Vol. B14, no. 6, p.3792, 1996.
- [2] T. H. P. Chang, M. G. R. Thomson, E. Kraschmer, H. S. Kim, M. L. Yu, K. Y. Lee, S. A. Rishton, B. W. Hussey and S. Zolgharnain: *J. Vac. Sci. & Technol.*, Vol. B 14, p.3774, 1996.
- [3] 박종선, 장원권, 김호섭, "마이크로 전자렌즈의 광학적 정렬과 조립", *한국광학회지*, Vol.17, No. 4, p.216, 2006.
- [4] 장원권, 박성순, 김호섭, *한국전기전자재료학회지*, 2007