

# 전자빔 가공 패턴 정밀 측정 알고리즘

## Accurate Measurement Algorithm of E-Beam Processed Pattern

\*#하종은<sup>1</sup>, 최이삭<sup>2</sup>, 허강욱<sup>2</sup>

\*#J. E. Ha(jeha@seoultech.ac.kr)<sup>1</sup>, S. I. Choi<sup>2</sup>, K. W. Her<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 자동차공학과, <sup>2</sup>서울과학기술대학교 NID 융합대학원

Key words : Electron Beam, Measurement, Subpixel

### 1. 서론

전자빔을 이용하여 가공한 패턴의 검사는 관련 공정의 개발에 있어 필수적인 부분이다 [1]. 일반적으로, SEM 을 이용하여 영상을 취득후 검사를 수행하게 된다. 또한 정밀한 계측을 위해 픽셀보다 정확한 정보의 추출이 요구된다 [2]. 본 연구에서는 전자빔 가공 패턴의 정밀 측정을 위해 서브픽셀 추출 알고리즘에 대해 다루도록 한다.

### 2. 서브픽셀 처리

정밀도의 향상을 위해서는 픽셀 단위의 측정에서 서브 픽셀단위로의 확장이 필요하다. 전자빔에 의해 가공된 패턴의 2D 계측 정보를 얻기 위해서는 먼저 대상 물체의 경계 정보를 추출할 필요가 있다. 추출된 각 경계 정보는 픽셀 단위이며 이를 서브 픽셀로 확장하기 위해서는 다음과 같다. 먼저 정수 단위로 추출된 에지 지점의 주변 밝기값 정보를 이용하여 다음과 같은 삼차 다항식으로 근사화한다 [3].

$$I(r,c) = a_1 + a_2r + a_3c + a_4r^2 + a_5rc + a_6c^2 + a_7r^3 + a_8r^2c + a_9rc^2 + a_{10}c^3 \quad (1)$$

현재 에지 지점 주변 5X5 영역의 밝기값 정보를 이용하여 Eq. (1)의 계수를 구하도록 한다. Eq. (1)의 보정식을 이용하여 1/m 의 서브픽셀 위치를 찾는 경우, 원래 이미지 사이즈보다 m 배 큰 이미지를 만든 후 이 이미지상에서 LoG (Laplacian of Gaussian) 및 에지 크기를 이용하여 서브픽셀 위치를 구하도록 한다. 서브픽셀의 위치는 에지 성분의 크기와 LoG 상의 결과에서 영점 교차

(zero crossing) 여부를 이용하여 다음과 같은 비용함수를 이용하여 구한다.

$$C(i,j) = -|\nabla I(i,j)| + \lambda Z(i,j)$$

$$Z(i,j) = \begin{cases} -\alpha & \text{if } (i,j) \text{ is zero crossing} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

$|\nabla I(i,j)|$  는 (i,j) 지점의 에지 크기이며,  $Z(i,j)$  는 영점 교차 여부를 나타내며  $\lambda$  는 두 비용의 크기를 조절하기 위한 계수이다.

### 3. 실험 결과

실험은 SEM 영상을 이용하여 수행하였다. Fig. 1 은 실험에 사용된 SEM 영상과 서브 픽셀을 추출하기 위한 지점들을 보여주고 있다. Fig. 2 는 식 (1)의 삼차 다항식을 이용하여 각각 Fig. 1의 A, B 지점 주변의 밝기값 정보를 이용하여 근사화한 후 1/5 정도의 서브픽셀 정밀도를 위해 5 배 크기로 확장한 이미지들이다. Fig. 3 은 Fig. 2-(a) 영상을 이용하여 LoG 적용후의 결과와 에지 크기 분포를 보여주고 있다.

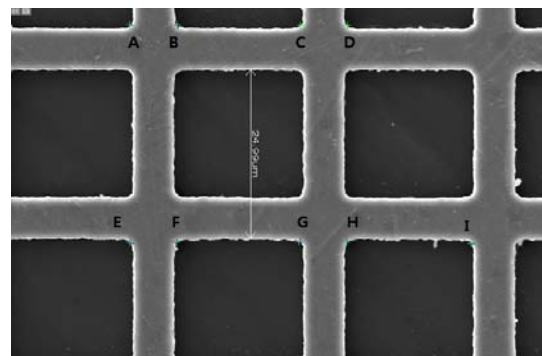


Fig. 1 SEM image used in experiments.

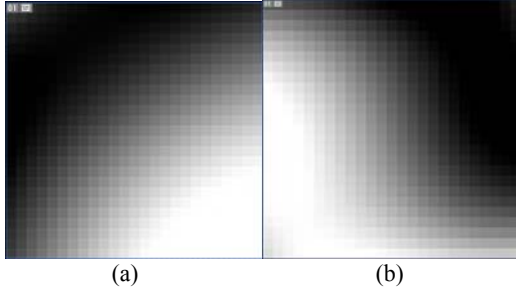


Fig. 2 Result of fitting using Eq. (1) (a) A position (b) B position in Fig. 1

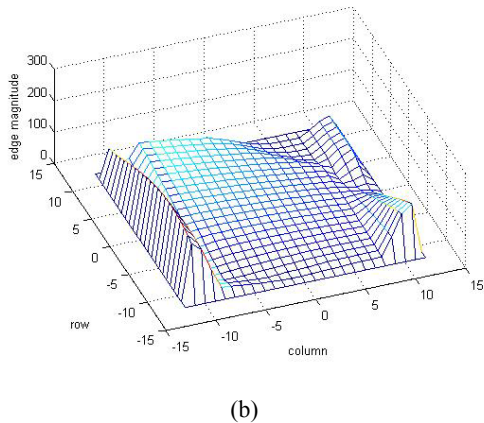
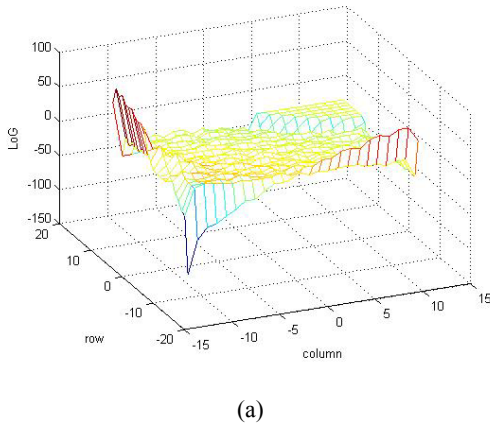


Fig. 3 Result of LoG and edge magnitude distribution using Fig. 2-(a) (a) LoG (b) edge magnitude

최종적인 서브픽셀 위치는 Eq. (2)를 이용하여 구하게 되며 결과는 Table 1 에 나타나 있다.

Table 1. Result of subpixel extraction

지점	특징점 위치 [pixel]	서브 픽셀 추정 위치 [pixel]
A	(178, 27)	(178.30, 26.50)
B	(250, 27)	(249.70, 26.30)
C	(433, 27)	(433.70, 27.50)
D	(503, 27)	(503.70, 27.10)
E	(179, 354)	(178.30, 353.50)
F	(249, 353)	(248.70, 352.50)
G	(433, 353)	(431.90, 352.10)
H	(503, 353)	(502.10, 353.50)
I	(688, 355)	(688.50, 354.70)

#### 4. 결론

본 연구에서는 전자빔 가공 패턴의 정밀 검사를 위한 서브픽셀 추출 기법에 대해 다루었다. 픽셀 주변의 밝기값의 삼차 다항식 근사화 과정을 통해 원하는 정밀도의 서브 픽셀 위치를 구할 수 있었다.

#### 후기

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

#### 참고문헌

- Hess, H. F., Pettibone, D., Adler, D., and Bertsche, K., “Inspection of templates for imprint lithography,” J. Vac. Sci. Technol. B **22(6)**, 3300-3305, 2004.
- Steger, C., Ulrich, M., and Wiedermann, C., Machine Vision Algorithms and Applications, WILEY-VCH, 2008.
- Haralick, R. M., "Digital step edges from zero crossing of second directional derivatives," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, **6(1)**, 1984.