NCC 및 Sobel 필터를 활용한 두 이미지의 위치 정합 개선에 대한 방안 연구

유승환, 김양중*
한국공학대학교 소프트웨어융합공학과
{yoochi, *zeroplus}@tukorea.ac.kr

A Study on the Improvement of Position Alignment Using NCC and Sobel Filter Between Two Digital Images

Seunghwan Yoo, Yangjung Kim*
Tech University of Korea

요 약

본 논문은 레티클의 패턴 불량이나 이물질이 존재하는 역할을 하는 레티클 검사 시스템 장비에 적용될 수 있는 이미지 위치 정합 방법을 제시하며, 장비에서 유사한 두 패턴 이미지의 차를 이미지로 생성하여 결함을 검출한다. 유사한 두 패턴 이미지의 영역을 결정하기 위해 필요한 위치 정합 알고리즘은 NCC 과 Sobel 필터를 활용하며, 두 알고리즘을 함께 사용하여 위치 정합의 정확도를 올리고, 이를 통해 검출도를 평가할 수 있었으며, 각 알고리즘에 대한 가중치를 조정함으로써 평가결과를 확인하고 그 차이를 분석한다.

Ⅰ. 서 론

레티클 마스크에는 동일한 패턴이 반복적으로 존재하며, 레티클 마스크 검사 장비에서는 이러한 특징을 활용하여 인접한 패턴들 과의 차이를 비교하여 생산과정에서 발생한 패턴의 불량이나 이물질을 검출하기 위한 작업을 수행한다. 광학 장비를 통해 마스크의 이미지를 획득하고, 마스크의 설계 디자인 정보를 활용하여 마스크 내에 존재하는 패턴들의 위치를 얻어낼 수 있다. 최종적으로 획득된 이미지 내, 패턴들 간 비교를 통해 결함을 검출하는 과정을 거친다. 따라서 이미지 내에서 비교하려는 두 영역을 계산하는 과정의 정확도는 대단히 중요하다. 하지만 장비의 설계, 조립 상태, 카메라 해상도, 마스크의 정렬 상태에 따라 오차가 발생할 수 있다. 이 오차는 이미지 내 비교 영역을 계산하는 과정에 영향을 주면서 잘못된 검사 결과를 발생시킬 수 있다. 위치 정합은 비교하는 두 영역의 위치를 맞춰주기 위한 과정으로, 본 논문에서는 NCC 알고리즘과 Sobel 필터를 혼합하여 위치 정합에 사용하는 방법을 제시하고 그에 따른 결함 검출 결과를 분석하고자 한다.

Ⅱ. 본 론

1. 위치 정합 알고리즘

NCC(Normalized Cross-Correlation) 알고리즘은 두 이미지 간에 유사도를 측정하는데 효과적인 알고리즘이지만 통계적인 방법을 기반으로 하기 때문에 이미지의 위치나 특징을 고려하여 유사도를 측정해야 한다. 따라서 Sobel 필터를 응용한 단계를 두 이미지 간에 유사도를 측정하는데 추가하였다. 두 비교 이미지 원본을 대상으로 NCC 알고리즘을 거쳐 산출된 점수를 NCC_{Orig} 라 한다. 그리고 Sobel 필터를 통해 두 비교 이미지의 Edge 성분으로 구성된 이미지를 생성하고, 이 Edge 성분 이미지를 대상으로 NCC 알고리즘을 거쳐 산출된 점수를 NCC_{Edge} 라 한다. 이렇게 산출된 NCC_{Orig}, NCC_{Edge} 점수를 합산하여 최종 유사도 점수를 산정한다. 또한 가중치 w 를 통해 NCC_{Orig}, NCC_{Edge} 점수 비율을 조절할 수 있도록 하며, 가중치 w 는 0 ~ 1 의 값을 가진다. [1]

$$Score = w \cdot NCC_{Orig}(I,J) + (1-w) \cdot NCC_{Edge}(I,J) \quad \text{(식 1)}$$

2. Sobel Filter 를 통한 Edge 이미지 생성

NCC 알고리즘은 확률적인 방법론을 기반으로 한 알고리즘이기 때문에 이미지의 노이즈나 반복되는 유사한 패턴에 의해 위치 정합 오차가 발생할 가능성이 존재한다. 이에, 위치 정합 과정의 오차를 보완하기 위해 추가적인 방안이 요구된다. 따라서, 결함 검출의 대상이 되는 반도체 레티클 마스크의 이미지의 특성상 X, Y 축의 일직선 방향으로 설계된 패턴의 이미지 특징이 표출되는 특성이 나타난다. 따라서 위치에 따른 패턴의 특징을 위치 정합의 점수 산정에 반영하여 정확도를 높일 필요가 있으며, Sobel 필터는 수직, 수평 방향으로 Edge 성분을 검출하기 위한 필터로, X, Y 축 필터로 얻어낸 성분 별 데이터를 통해 픽셀 별로 Edge 강도를 계산한다.

$$G = \sqrt{{G_x}^2 + {G_y}^2} \quad \text{(식 2)}$$

비교하려는 두 이미지를 대상으로 Edge 성분을 얻어낸 이미지를 생성하고, 이 Edge 성분의 이미지에 대해 NCC 알고리즘을 거쳐 점수를 추가적으로 보정하게 된다[2].

3. 결함 검출

본 논문에서는 레티클 마스크 내 반복적으로 존재하는 동일한 패턴들을 비교하는 검사 방법을 기반해 검출 정확도를 산정하게 되며, 패턴 간의 동일한 위치에서의 이미지를 비교해 결함을 검출한다.

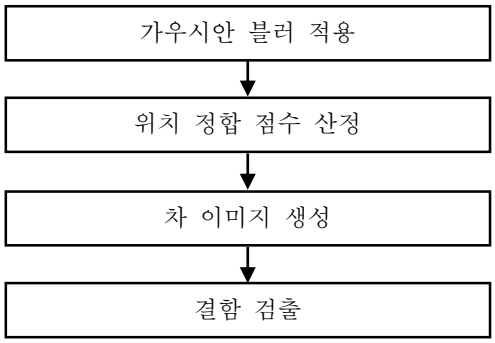

그림 1. 결함 검출 전체 과정

첫째로는 검사의 대상이 되는 이미지에 가우시안 블러(Gaussian Blur)를 적용하여 이미지의 노이즈 성분을 줄여주고, 이후 이어지는 과정부터는 이미지를 'Window'라고 하는 일정 크기의 영역으로 나누어 연산을 진행한다. 두번째 과정에서는 Window 단위 별로 비교 대상이 되는 영역 이미지 간에 위치 정합을 거쳐 위치 정합 점수를 계산한다. 이 위치 정합 점수에 따라 비교하고자 하는 이미지 내 두 영역의 위치가 결정된다. 세번째 과정에서는 두 비교 영역의 이미지끼리의 차이가 나는 성분으로 구성된 '차 이미지' (Difference Image)를 생성한다. 네번째 과정은 차 이미지에서 '임계값(Threshold)' 을 초과하는 성분을 결함으로 최종 검출한다[3].

그림 2. 결함 이미지, 비교 이미지 및 차 이미지

4. 평가결과

Sobel 필터에 의한 영향을 확인하기 위해 X, Y 축 방향으로 패턴이 구성된 레티클 마스크를 검사 대상으로 선택하였다. 그리고 획득된 이미지에 노이즈가 존재하여 위치 정합의 오차 발생 가능성이 있는 상태로 검사를 진행하였다. 위치 정합 점수 산정 과정에서 적용되는 가중치 w 를 다르게 적용하여 검사를 진행한 결과를 가중치 별 오검 및 진성 결함으로 분류하여 표 1 과 같이 결과를 분석하였다.

표 1. 가중치 w에 따른 검사 결과

w	*오검 개수*
1	696
0.75	381
0.6666	291
0.6	220
0.5	176
0.4	178
0.3333	190
0.2	212
0	417

위치 정합 과정에서 가중치 w 가 1 에 가까울수록 NCC_{Orig} 에 의한 점수를, 가중치 w 가 0 에 가까울수록 NCC_{Edge} 에 의한 점수를 더 반영하게 된다. 가중치 w 의 값이 1 인 경우 오검 개수는 696 개, 0 인 경우 오검 개수는 417 개로, 0 또는 1 의 값에 가까울수록 오검 개수가 늘어나는 결과를 확인할 수 있다. 또한, 가중치 w 가 0.5 로 설정된 검사에서의 오검 개수가 176 개로 가장 적은 것을 확인할 수 있다. 따라서 NCC_{Orig} , NCC_{Edge} 별 점수를 조합하여 위치 정합 점수를 산출하는 것이 위치 정합 정확도를 개선하는데 도움이 되는 것으로 분석된다. 오검이 발생한 이미지를 확인해보면, 주로 이미지의 노이즈나 Edge 영역 근처에서 위치 정합 오차로 인해 오검이 발생하는 것으로 유추해 볼 수 있다.

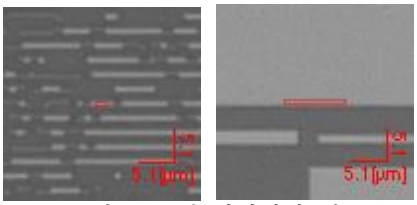

그림 3. 오검 이미지의 예

위치 정합의 결과가 정확하지 않다면 이러한 패턴의 이미지 영역에서 오검이 발생할 가능성이 높기 때문에, 평가결과를 통해 위치 정합 과정에서 Sobel 필터를 통한 이미지를 대상으로 NCC 알고리즘을 거친 점수를 결합해 결과를 산정할 때, 결과적으로, 위치 정합의 정확도가 향상되어 검사의 정확도가 향상된 것을 확인할 수 있다.

Ⅲ. 결론

본 논문에서는 이미지 간 비교를 통해 생성된 차 이미지를 바탕으로 결함을 검출하는 검사 방식에서 적용될 수 있는 개선된 위치 정합 알고리즘을 제시하였고, 이에 패턴 구성의 특징을 활용한 위치 정합 방안을 도출하는 프로세스 및 시뮬레이션 분석을 통해 확인하였다. 반도체 레티클 마스크와 같이 일직선 상으로 방향성을 가진 형태의 패턴 구성은 Sobel 필터에 의해 위치 정합 과정에 영향을 주었고, 결과적으로 결함 검사의 검출도를 높임으로 정확도 향상을 유도할 수 있을 것으로 분석되며, 추후 이미지의 구성에 따른 특징을 통해 검사의 정확도를 향상시킬 수 있는 보다 견고한 알고리즘에 대해 연구할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 고용노동부 및 한국산업인력공단의 '2024 년 고숙련 마이스터 사업의 지원을 받음

참 고 문 헌

[1] J. P. Lewis, "Fast template matching," in Vision Interface. Canadian Image Processing and Pattern Recognition Society, May 15-19 1995, pp. 120-123.

[2] Liu Cai. A modified Sobel edge detection algorithm. GuizhouUniversity of Technology (Natural Science) [J]. 2004,33(5): 77-79.

[3] H. J. J Choi, "Self-inspection for defect in photomask image," Convergence Information Technology, International Conference, vol. 1, pp. 364-368, 2008.