

퍼지 기법을 이용한 반도체 불량 검사

이동균 · 김광백

신라대학교 컴퓨터정보공학부

A Semiconductor Defect Inspection Using Fuzzy Method

Dong-gyun Lee · Kwang-baek Kim

Division of Computer and Information Engineering, Silla University

E-mail : finht@naver.com, gbkim@silla.ac.kr

요 약

본 논문에서는 굴곡에 의한 조도량의 차이와 명암도 차이를 퍼지 기법에 적용하여 개선된 반도체 불량 검출 방법을 제안한다. 제안된 방법은 먼저 회전각과 양선형 보간법을 이용하여 반도체 영상의 각도를 보정하는 전처리 과정 수행한다. 그리고 굴곡에 대한 조도량의 차이와 패턴 매칭을 이용하여 얻어진 오류 영역의 명암도 차이를 퍼지 소속 함수에 적용하여 결과 값을 추론한다. 최종적으로 비퍼지화된 결과 값을 적용하여 반도체의 초기 불량을 검출한다. 본 논문에서 제안한 방법을 실제 사용되는 반도체 정면 영상과 측면 영상 30쌍을 대상으로 실험한 결과, 기존의 방법에 비해서 반도체의 초기 불량 판단에 효과적인 것을 확인하였다.

I. 서 론

우리나라의 반도체 산업은 정부의 적극적인 지원 정책과 기업의 과감한 투자에 힘입어 급격하게 발전해왔다[1].

반도체는 크기가 매우 작기 때문에 불량을 육안으로 판별하기 어렵다. 따라서 생산과정에서 자동으로 반도체의 불량을 검출하여 생산성 및 경제성을 향상 시키는 영상처리 기법 들이 대두되고 있다. 기존의 영상처리 기법은 반도체의 정면 영상에서 명암도 패턴 매칭 방법을 이용하여 반도체의 불량을 검출하였다. 이러한 기법은 반도체의 굴곡에 대한 조도량을 고려하지 않고 명암도만 비교하기 때문에 제품 성능에 영향을 미치지 않는 미세한 굴곡을 불량으로 오판 하는 문제가 발생한다.

따라서 본 논문에서는 기존의 반도체 불량 검출 방법의 문제점을 개선하기 위해서 퍼지 기법을 적용하여 반도체 불량을 판독하는 방법을 제안한다.

II. 불량 제품 검출

본 논문에서는 명암도 패턴 매칭 기법을 적용하기 위해서 정면 영상을 획득한 후에 양자화를 수행한다. 그리고 굴곡에 대한 조도량 차이 측정하기 위해서 기준 영상을 습득할 때 얻어진 단위 면지량 및 습도량, 전락량을 학습한다.

반도체 영상을 촬영하는 도중에 기계의 미세한 진동에 의해서 반도체 영상의 각도가 기울어져 있는 경우가 존재하기 때문에 명암도 패턴 매칭 기법을 사용하는데 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 영상에 존재하는 반도체 영역의 회전각을 측정하여 영상을 회전하고, 회전에 발생하여 손실되는 정보를 복원하기 위하여 양선형 보간법[2]을 적용한다.

반도체의 각도를 보정하기 위하여 COS 삼각함수를 이용하여 반도체 영역의 회전각(θ)을 구한 후에 식(1)에 적용한다.

$$\begin{bmatrix} x_a \\ y_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_x \\ c_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

식(1)을 이용해서 얻어진 결과 값을 정수화한 후에 그림 1과 같이 해당 좌표를 기준점으로 주변 픽셀의 명암도 a, b, c, d를 구한 후, 식(2)에 적용한다.

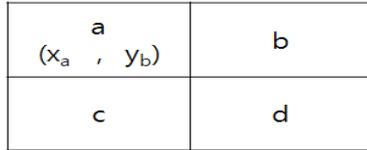


그림 1. 양선형 보간법 마스크

$$\begin{aligned} x &= (1-p)a + pb \\ y &= (1-p)c + pd \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)에서 p는 식(1)에서 x_a의 소수점 값이다. 식(2)의 결과 값을 식(3)에 적용하여 손실된 명암도 정보를 복원한다.

$$z = (1-q)x + qy \quad (3)$$

식(3)의 q는 식(1)에서 y_b의 소수점 값이다.

명암도 소속 함수의 구간은 [Low, Normal, High] 구간으로 구성한다. Low 구간은 기준 영상의 명암도보다 -20 보다 작고, Normal 구간은 -20 ~ +20, High 구간은 +20 이상으로 설정한다.

명암도 소속 함수의 입력 값은 그림 2와 같이 기준 영상과 테스트 영상의 명암도 패턴 매칭 기법을 적용하여 얻어진 오류 영역의 명암도 차이 값이다.

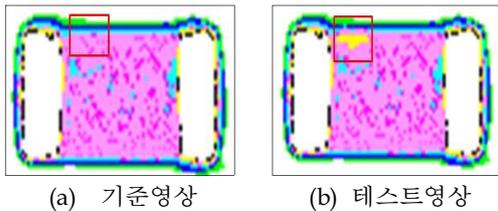


그림 2. 패턴 매칭 기법

패턴매칭 기법을 적용하여 얻어진 오류 영역의 명암도 차이 값을 미리 설계된 퍼지 소속 함수에 적용하여 퍼지 소속도 구한다. 명암도의 소속 함수는 그림 3과 같다.

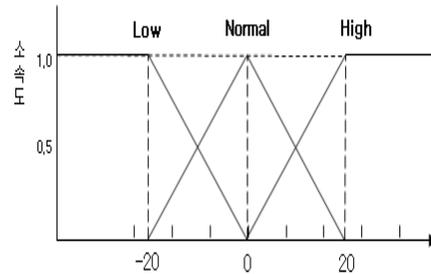


그림 3. 명암도 소속 함수

조도 소속 함수의 입력 값은 식(4)를 이용하여 계산한다.

$$\text{조도} = \frac{\text{광원의 밝기}(cd) - \frac{\text{단위면적당}(\%) + \text{습도량}(\%)}{100}}{\text{거리의 제곱}(m^2)} \quad (4)$$

식 (4)에서 거리의 제곱은 두 방향에서 촬영한 측면 영상을 이용하여 굴곡의 위치를 측정된 카메라에서 굴곡까지의 거리이다.

식(4)를 이용하여 계산된 값을 미리 설계된 퍼지 소속 함수에 적용하여 소속도를 구한다. 조도 소속 함수는 그림 4와 같다.

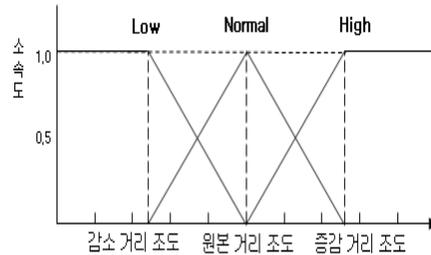


그림 4. 조도 소속 함수

소속 함수에서 구해진 소속도를 정의된 퍼지 추론 규칙에 적용하여 최종 소속값을 구한다. 제안된 방법에서는 Min-Max 추론방법[3]을 적용한다. 표 1은 정의된 퍼지 추론 규칙이다.

표 1. 퍼지 추론 규칙

규칙	조도량	명암도 차이	->	오류 가능성
규칙1	L	L	->	B
규칙1	L	M	->	A
규칙1	L	H	->	A
규칙1	M	L	->	A
규칙1	M	M	->	B
규칙1	M	H	->	A
규칙1	H	L	->	A
규칙1	H	M	->	A
규칙1	H	H	->	B

표 1과 같이 정의된 규칙을 이용하여 반도체 불량 값을 판별하기 위해 각 규칙의 전반부 소속도의 Min값을 선택하고 불량 가능성에 대한 소속 함수 구간에 Max값을 무게중심법[4]에 적용하여 비퍼지화 하고 반도체 불량 여부를 판독한다. 그림 5는 불량 가능성을 나타내는 소속 함수 이다.

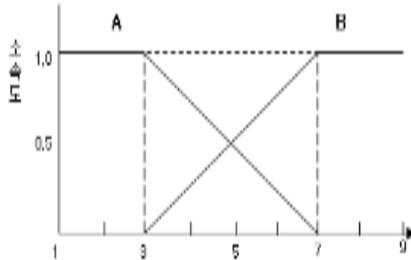


그림 5. 불량 가능성 소속 함수

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 실제 사용되는 반도체 정면 영상과 측면 영상 30쌍을 대상으로 실험하였다.

제안된 방법을 실제 사용되는 멀티레이어 세라믹 칩 영상 30장을 대상으로 적용한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 반도체 불량 추출 결과

	기존의 방법	제안된 방법
정상 제품	17 / 20	20 / 20
불량 제품	13 / 10	10 / 10

(a) 05A104M

	기존의 방법	제안된 방법
정상 제품	16 / 20	18 / 20
불량 제품	14 / 10	12 / 10

(b) 21B474MQ

표 2(a)에서 기존의 방법으로 반도체의 불량을 판독한 결과, 20장의 정상제품에서 17장만을 정상 제품으로 판별하고 제품에 영향을 미치지 않는 1mm내의 미세한 굴곡을 가진 정상 제품 3장은 불량으로 판별하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 각도 보정을 위해서 회전각과 양선형 보관법을 이용하여 반도체 영상의 각도를 보정하는 전처리 과정 수행하였다. 그리고

제품 성능에 영향을 미치지 않는 미세한 굴곡을 불량으로 오판하는 문제를 해결하기 위해서 굴곡에 대한 조도량의 차이와 패턴 매칭을 이용하여 얻어진 오류 영역의 명암도 차이를 퍼지 소속 함수에 적용하여 결과 값을 추론하였다. 그리고 최종적으로 비퍼지화된 결과 값을 적용하여 반도체의 초기 불량을 판독하였다. 실험에서도 알 수 있듯이 기존의 방법에 비해서 반도체의 초기 불량 판별률이 개선된 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] 신장섭, 삼성반도체 세계 일등 비결의 해부, 삼성경제연구소, 2006.
- [2] 황선규, IT EXPERT 영상 처리 프로그래밍 by Visual C++ ,2007
- [3] A. Kandel, G. Langholz, Fuzzy Control Systems, CRC Press, Inc., 1994.
- [4] W. Pedrycz, Fuzzy Control and Fuzzy Systems, Research Studies Press Ltd., 1989.