

웨이퍼 다이 위치 인식을 위한 명암 영상 코너점 검출

(Corner Detection in Gray Level Images for Wafer Die Position Recognition)

나재형[†] 오해석^{**}
(Jae Hyung Na) (Hae Seok Oh)

요약 본 논문에서는 웨이퍼 영상에서 다이 위치를 인식하기 위한 새로운 코너점 검출 방법을 제안한다. 웨이퍼 다이 위치 인식은 WSCSP(Wafer Scale Chip Scale Packaging)기술에 필수적인 과정으로서 웨이퍼 윗면의 다이 패턴을 얼마나 정확히 인식하느냐에 따라서 후 공정의 정확도가 결정된다. 본 논문에서는 정확한 다이 위치를 인식하기 위하여 계층적 명암 영상 코너 검출 방법을 제안한다. 새로운 코너 검출자는 코너 영역을 마스크 크기에 따라서 동심원으로 나누어 각각의 동심원에서의 코너성과 방향성을 구하여 정확한 코너점을 검출하도록 하였다. 또한 계층적 구조를 가지고 처리하여 기존의 명암 영상 코너 검출자보다 더 빠른 처리 속도를 얻을 수 있도록 하였다.

키워드 : 웨이퍼, 다이, 패턴인식, 코너점 추출

Abstract In this paper, we will introduce a new corner detector for the wafer die position recognition. The die position recognition procedure is necessary for WSCSP(Wafer Scale Chip Scale Packaging) technology, decide the accuracy of post-procedure.

We present a hierarchical gray level corner detection method for the recognition of the die position from a wafer image. The new corner detector divides the corner region into many homocentric circles, and calculates the corner response and the angle of direction about each circle to get an accurate corner point. The new corner detector has a hierarchical structure so it can detect corner point more quickly than general gray level corner detector.

Key words : wafer, die, pattern recognition, corner detection

1. 서론

머신 비전은 영상 처리와 영상 분석을 함께 사용하는 기술로서 현재 많은 분야에서 응용되고 있다. WSCSP(Wafer Scale Chip Scale Packaging) 기술은 새로운 반도체 제조 기술로서, 모든 반도체 제조 공정을 웨이퍼 수준에서 마친 후 날개의 칩 단위로 분리 하는 공정 기술을 일컫는다. WSCSP 공정에서는 웨이퍼 윗면의 다이 패턴 위치에 따라서, 웨이퍼 아래 전 면적에 레이저로 마킹하는 기능이 요구된다. 이 마킹 공정은 웨이퍼 공정의 마지막 단계로서 제품의 품질을 결정하는 매우 중요한 공정으로 현재까지는 사람이 눈으로 패턴을 일

일이 판별하거나 또는 모든 종류의 다이 패턴을 미리 저장한 후 입력된 패턴과 비교하여 다이 위치를 검출하는 방법을 취하고 있다. 현재 많은 반도체 제조 공정이 웨이퍼 레벨로 올라감에 따라 빠른 처리속도와 마킹의 정확도를 위하여 공정의 자동화에 대한 요구가 증가되고 있다. 마킹 공정의 자동화를 위해서는 웨이퍼 윗면의 다이 위치를 인식하는 과정이 요구되는데 이는 카메라로 웨이퍼의 위 패턴 부분을 보고 각각의 다이 패턴에 따라서 레이저를 이용하여 웨이퍼의 뒷면에 마킹함으로써 이루어질 수 있다. 따라서 웨이퍼 다이 위치를 얼마나 정확히 인식하느냐에 따라서 마킹의 정확도가 결정된다.

웨이퍼의 다이 위치를 인식하기 위하여 다양한 영상 처리 기법이 적용될 수 있는데 본 연구에서는 명암 영상에서 각 다이의 코너점을 검출하여 다이 위치를 인식하는 일련의 과정을 이용하였으며 정확한 다이 위치 검

[†] 정 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학과
jhna@eotechnics.com

^{**} 비 회 원 : 경원대학교 소프트웨어대학 교수
oh@kyungwon.ac.kr

논문접수 : 2003년 8월 29일
심사완료 : 2004년 3월 24일

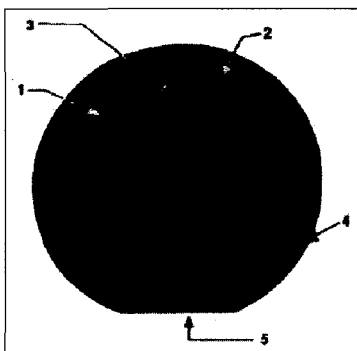
출을 위해 새로운 코너점 검출 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 웨이퍼 영상의 특징을 설명하고 3장에서는 관련연구에 관하여 설명하고 4장에서는 계층적 명암 영상 코너점 검출 방법을 설명한다. 5장에서는 실험 및 평가를 하고 마지막으로 6장에서 결론을 내리도록 한다.

2. 웨이퍼 영상

그림 1은 전형적인 웨이퍼의 모양을 보여준다. 영상을 보면 격자 모양의 절단선(scribe line)이 있고 그 안에 하나의 패턴으로서 다이(die)가 나타남을 볼 수 있다. 절단선 안에는 일반 다이 패턴뿐만 아니라 그림 1의 3과 같은 테스트 다이도 나타날 수도 있으며 또는 어떤 패턴도 없을 수 있다. 정확한 마킹을 위해서는 입력된 웨이퍼 영상으로부터 각각의 다이 위치를 알아내어야 하는데 각 다이의 위치 정보를 얻기 위해서는 웨이퍼 영상에서 다이 부분을 검출하는 작업이 필수적으로 요구된다. 다이부분을 검출하기 위해서 여러 가지 영상처리 기법이 적용될 수 있는데 다이 패턴 이외에 다른 패턴이 섞여서 들어 올 수 있으며 입력된 영상이 회전되어 있으므로 일반적인 영상 이진화에 의한 투영기법만으로는 정확한 검출을 기대하기 어렵다.

웨이퍼는 그 크기에 따라서 3, 4, 5, 6, 8, 12인치의 웨이퍼로 구분이 되며 이는 각 웨이퍼에 들어갈 수 있는 다이의 개수를 결정한다. 웨이퍼의 다이는 다양한 패턴을 가지고 있으며 그 종류만도 수천가지 이상으로서 계속 증가 추세에 있다. 따라서 정확한 다이 위치를 검출하기 위해서는 각각의 다이가 아닌 그림 1의 2번과 같은 절단선(Scribe line)의 교차점을 검출하여야 한다. 웨이퍼는 절단선의 형태에 따라서 다음과 같이 분류할 수 있다.



1.다이(Die), 2.절단선(Scribe line), 3.테스트 소자 그룹(Test Element Group) 4.외곽 다이(Edge Die) 5.플랫 존(Flat Zone)

그림 1 웨이퍼 영상

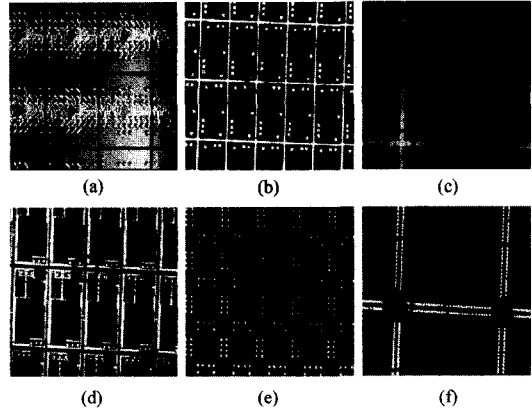


그림 2 절단선(Scribe line)의 종류

- 단선으로 이루어진 절단선
- 양선으로 이루어진 절단선
- 굵기가 변하는 절단선
- 패턴과 인접해 있는 절단선
- 주변에 점선패턴을 가지는 절단선
- 점선 패턴을 포함하는 절단선

그림 2는 각각의 절단선(Scribe line)에 대한 예를 보여준다. 대부분의 웨이퍼는 절단선 주변에 다른 패턴이 없는 a, b, c 형태를 가지고 있다. d, e, f의 경우에는 절단선과 다이 패턴이 서로 인접해 있거나 또는 절단선이 점선을 포함하고 있어서 사전 정보 없이 자동으로 절단선의 교차점을 검출하는데 어려움이 많다. 따라서 본 연구에서는 절단선 주변에 다른 패턴이 없는 a, b, c 형태의 웨이퍼만을 인식 대상으로 하도록 한다.

3. 관련 연구

패턴에서 코너(Corner)란 두 개 이상의 윤곽선의 교차점이나 각의 변화가 급격한 곡선을 말한다. 이 코너점(Corner point)은 물체의 모양정보를 가지고 있기 때문에 물체의 코너점을 찾는 것은 객체의 검출, 정합에 있어서 매우 중요시된다[1]. 기존의 코너 검출 알고리즘은 크게 템플릿 기반 코너 검출 방법과 기하학 기반 코너 검출 방법으로 나눌 수 있다[2].

3.1 템플릿 기반 코너 검출 방법

템플릿 기반 코너 검출방법은 몇 개의 코너 템플릿을 가지고 있어서 각 템플릿과 획득한 명암 영상 영상의 서브 윈도우와의 유사성을 측정하여 코너점 여부를 판별하게 된다. 보통 각각의 마스크는 45도 만큼 회전시켜서 8개의 마스크를 구한 다음 각각의 마스크와 서브 윈도우를 비교하여 코너점인지를 판별하게 된다. 이 방법은 계산 시간이 많이 걸리며 모든 방향에 대한 검출

이 어렵다는 단점이 있다[3,4].

3.2 기하학 정보 기반 코너 검출 기법

기하학 정보 기반 코너 검출 기법은 많은 응용에서 사용되고 있는데 코너의 기하학적 차이를 검출하여 코너점 인지를 판별하게 된다. 기하학 정보를 이용하는 방법은 윤곽선 기반 검출법, 토폴로지 기반 코너 검출법, 상관관계를 이용한 코너 검출법으로 나눌 수 있다. 윤곽선 기반 코너 검출 방법은 코너를 두개 이상의 윤곽선이 교차하는 부분으로 인식하는 방법으로 체인코드(Chain code)를 이용한 방법과 Kitchen and Rosenfeld 코너 검출자, Wang and Brady 코너 검출자 등이 있다[5].

Kitchen and Rosenfeld 코너 검출자는 1,2차 미분을 이용하는데 영상 $f(x, y)$ 에 대한 곡률은 다음과 같이 구해진다.

$$K(x, y) = \frac{f_x^2 f_{yy} - 2f_x f_{xy} f_{yx} + f_y^2 f_{xx}}{f_x^2 + f_y^2} \quad (1)$$

여기서 f_x, f_y 는 각각 x 와 y 방향으로의 1차 편미분한 값이며, f_{xx}, f_{yy} 는 2차 편미분, 그리고 f_{xy} 는 x 방향의 1차 편미분 값을 y 방향으로 1차 편미분한 값이다.

체인 코드를 이용한 코너 검출법은 가장 많이 연구된 기법중 하나로서 Rosenfeld and Johnston(1973)은 입력된 백터의 경사도 C_{ik} 를 구하기 위하여 다음과 같은 연산자를 제안하였다[6].

$$C_{ik} = (a_{ik}, b_{ik}) / \|a_{ik}\| \|b_{ik}\| \quad (2)$$

$$a_{ik} = (x_i - x_{i+k}, y_i - y_{i+k}), \quad b_{ik} = (x_i - x_{i-k}, y_i - y_{i-k}),$$

입력 점 $P_i = (x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, N$ 여기서 k 는 양수이고 x_i, y_i 는 윤곽선의 픽셀 좌표를 나타낸다.

Freeman and Davis(1977), Beus and Tiu(1987)는 역방향으로의 경사도를 고려한 코너 검출자를 제안했으며 2단계 패스를 이용한 IPAN99 연산자들이 Rosenfeld and Johnston의 개선된 연산자로서 제안되었다[7].

토폴로지를 이용한 코너 검출 방법은 영상의 위상 기하학적 특징 점을 찾음으로써 코너를 검출하는 방법으로 Beaudet(1978), Deriche(1993)등이 제안하였다. 상관관계를 이용한 코너 검출 방법은 영상의 서브 윈도우 안에서의 평균 밝기 변화도를 고려하여 이 값이 임계치보다 높으면 코너로 인식하게 된다[8,9].

4. 계층적 명암 영상 코너점 검출 방법

그림 3은 코너점 검출 모델의 예를 보여 준다. 그림 3에서 (a), (c)는 정상적인 코너점 부분을 검출한 경우이며, (b)는 잡음에 의한 잡영상 부분을 잘못 검출한 경우를 보여주고 있다. 현재 많은 응용에서 실시간으로 처리하기 위하여 명암 영상에서 바로 코너점을 검출하는 연산자들을 적용하고 있는데, 명암 영상 코너 검출자들은

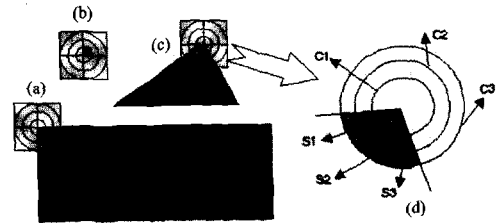


그림 3 코너점 모델

마스크 크기가 커질수록 처리속도가 현저히 늦어지는 단점이 있다[4]. 따라서 본 연구에서는 마스크 크기와 무관하게 빠른 처리속도를 얻고, 잘못된 검출을 줄이기 위하여 계층적 구조를 가지고 처리하는 계층적 명암 영상 코너 검출자(Hierarchical Gray Level Corner Detector, HGLCD)를 제안한다.

그림 3의 (d)는 HGLCD의 계층적 구조를 설명하고 있다. 전체 영상을 중심점이 같은 C_1, C_2, C_3 로 나누고, 각각의 동심원에서의 코너 영역을 S_1, S_2, S_3 라 한다면 코너점에서는 다음과 같은 수식이 성립됨을 알 수 있다.

$$S_i / C_i = \theta / 360 < 0.5 (i=1, 2, 3) \quad (3)$$

여기서 θ 는 코너 각을 나타내며 S_i 는 i -번째 동심원에 있는 픽셀 중에서 중심점과 유사한 밝기 값을 가진 픽셀들의 합을 나타낸다. 이때 C_1, C_2, C_3 는 계층적 구조를 이루고 있으며 중심점에 가장 가까운 C_1 부터 계산되어진다. 만일 C_i 가 식 1을 만족하지 못하면 주어진 픽셀은 코너점이 아니므로 계산은 더 이상 진행되지 않는다. 따라서 코너점이 아닐 경우 전체 마스크 영역에 대하여 계산이 수행되지 않으므로 마스크 크기와 무관하게 빠른 처리 속도를 얻을 수 있다.

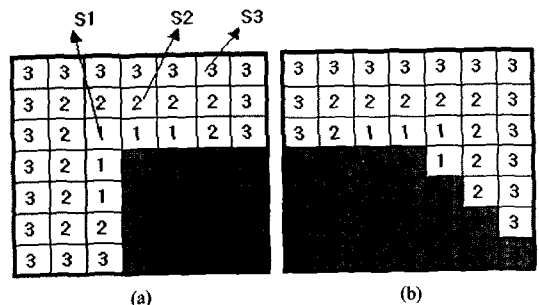


그림 4 디지털 영상에서의 코너모델

식 3은 디지털 영상에서도 똑같이 적용될 수 있다. 그림 4의 (a)는 그림 3의 (c)와 같은 이상적인 디지털 코너 모델을 나타내고 (b)는 그림 3의 (d)와 같이 실제 영상에서 나타날 수 있는 전형적인 L자형 코너 모델을 나

타낸다. 이때 그림 4의 (a), (b)에 대하여 각각 다음과 같은 식이 성립된다.

$$\begin{aligned} S_1:C_1 &= 0.375 & S_2:C_1 &= 0.500 \\ S_2:C_2 &= 0.312 & S_2:C_2 &= 0.4375 \\ S_3:C_3 &= 0.291 & S_3:C_3 &= 0.416 \end{aligned}$$

따라서 마스크의 중심점이 코너점이 되기 위해서는 추가적으로 다음 수식을 만족해야 함을 알 수 있다.

$$\frac{S_{i-1}}{C_{i-1}} \leq \frac{S_i}{C_i} < 0.5 \quad (4)$$

그러나 그림 5의 (a)와 (b)의 경우에는 모두 식 2를 만족하나 둘 다 코너점이라 볼 수 없다. (a)와 같은 경우는 마스크의 중심점을 코너점이라 판별할 수 없으며, (b)같은 경우는 그림 3의 (b)와 같이 잡음에 의한 잡영상 부분을 코너점으로 잘못 검출한 경우이다. 따라서 식 4의 조건과 함께 식 5와 같이 각각의 동심원에서의 방향성을 고려하여 주어진 픽셀의 코너성 여부를 최종적으로 판단하도록 한다.

$$|\theta_{i-1} - \theta_i| \leq t_d \quad (5)$$

이때 방향성 임계 값 t_d 는 각 동심원에 있는 코너 후보 점들의 직진성을 판단하는 임계치로서 t_d 가 무한대에 가까워지면 t_d 는 0에 근사하게 된다. i 번째 동심원에서의 방향성 θ_i 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{C_x - S_{ix}}{C_y - S_{iy}} \right) \quad (6)$$

여기서 C_x, C_y 는 각각 동심원의 중심 픽셀의 x, y 좌표를 나타내며, S_{ix}, S_{iy} 는 각각 S_i 의 무게 중심의 x, y 좌표를 나타낸다.

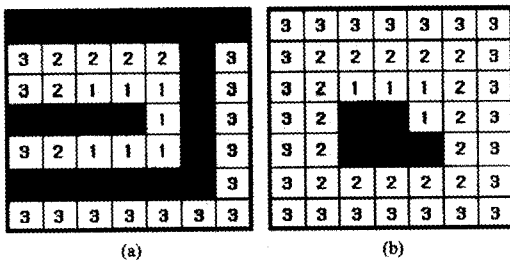


그림 5 잘못 검출한 코너 모델

i 번째 동심원의 각 픽셀이 중심 픽셀과 같은 값을 가지는지 판별하기 위하여 다음과 같은 수식을 이용한다.

$$C_i(p_i, p_0) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I(p_i) - I(p_0)| < t_b \\ 0 & \text{if } |I(p_i) - I(p_0)| \geq t_b \end{cases} \quad (7)$$

이때 t_b 는 각각의 픽셀이 같은 영역에 포함될 최대 변량 값과 무시할 잡음의 값을 결정하게 된다. 위 식은 그림 6에서 a와 같은 형태를 갖게 되는데 이는 임계 값 t_b 주변에서 급격한 변화를 일으키는 단점이 있다. 따라

서 t_b 에 좀더 강건하게 픽셀의 코너성 값 C_i 를 얻기 위하여 다음과 같은 수식을 사용한다[4].

$$C_i(p_i, p_0) = e^{-\frac{(I(p_i) - I(p_0))^4}{t_b}} \quad (8)$$

위 식은 그림 6에서 b와 같은 그래프로써 나타나며 일반적인 a형태를 갖는 이진함수에 비하여 임계 치 t_b 에 대하여 좀더 안정적인 결과를 나타낸다. 이는 구현 시 LUT(Look Up Table)를 이용하여 빠른 처리 속도를 얻을 수 있다.

실험 결과에 의하면 같은 영역에 있는지를 판별하기 위해 사용하는 임계 값 t_b 는 대부분의 영상에서 25가 적당하다고 보고 되어 있다[4]. 그러나 이는 일반적인 경우이고 웨이퍼 영상에서는 조명에 의한 반사의 영향으로 위 값은 적당하지 않다. 따라서 본 연구에서는 허스트그램을 분석하여 표준 편차를 구한 후 이 값을 기준으로 하여 t_b 를 적용하였다.

는 다음과 같이 구할 수 있다.

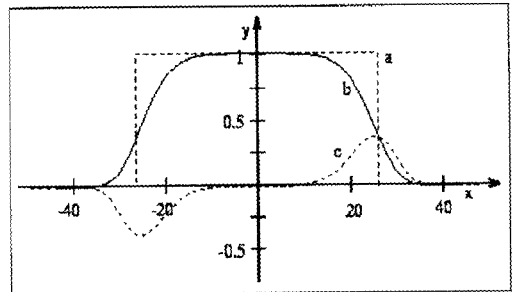


그림 6 유사성 결정 함수

$$t_b = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - m)^2 f_i}, \quad m = \frac{\sum_{i=1}^N p_i}{N} \quad (9)$$

따라서 S_i 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$S_i = \sum_{j=0}^m c_j(p_j, p_0), \quad m \text{은 } j \text{번째 동심원의 크기} \quad (10)$$

각각의 점에 대한 코너성은 R 는 다음과 같이 구해진다.

$$R = \sum_{i=0}^n S_i, \quad (n = \text{MASKSIZE}) \quad (11)$$

C_i 는 마스크의 모든 픽셀에 대하여 계산되어지고 극소 최대 값을 가지는 픽셀을 코너점으로 검출하게 된다. 이때 마스크 크기가 작으면 강한 코너점에 대하여 민감하게 반응하고, 마스크가 크면 코너성이 강한 점들만을 검출하는 특징을 가지게 된다. 따라서 웨이퍼 다이 검출 시 다단계 마스크를 적용함으로써 잡음에 강건하고, 정확한 코너점을 구할 수 있다.

4.2 웨이퍼 다이 검출 방법

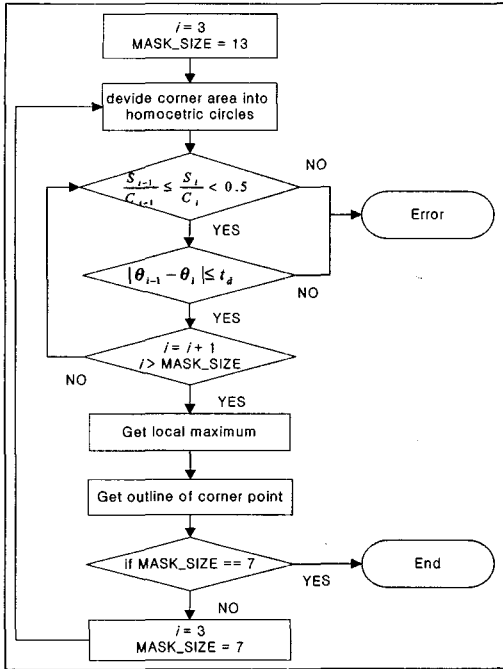


그림 7 웨이퍼 다이위치 검출 방법

웨이퍼 영상에서 절단선의 교차점은 직사각형으로 이루어졌음에 착안하여 직사각형을 이루는 4개의 코너점을 검출하여 다이 위치를 검출하도록 하였다. 에지 기반 코너 검출 방법은 다른 연산자에 비해서 정확한 코너점을 검출할 수 있는 장점이 있는 반면 잡음에 매우 약하며, Plessy 코너 검출자와 같이 경사도의 상관관계를 이용하는 연산자는 정확한 코너점 검출이 어렵다[10,11].

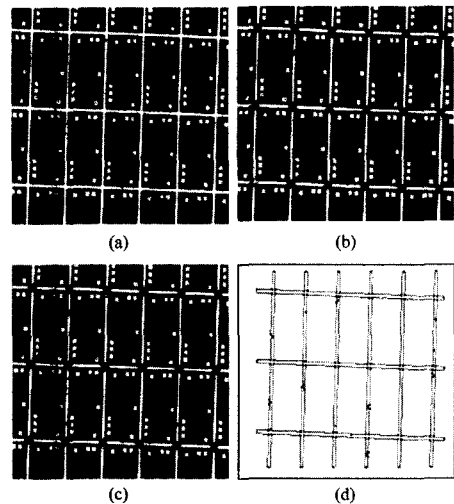
WSCSP기술에서 웨이퍼 마킹 공정은 일반적으로 $\pm 100\mu m$ 정도의 위치 정확도를 요한다. 따라서 웨이퍼의 다이 위치 검출결과에 모터 구동과 같은 시스템 오차를 고려하면 $\pm 50\mu m$ 이하의 오차로서 다이 위치를 검출해야 한다. 또한 양산을 위하여 500msec 이내의 빠른 처리속도를 요한다. 따라서 본 연구에서는 실시간으로 처리하기 위하여 영상 이진화가 필요 없는 명암 영상 코너 검출기법을 적용하였으며 계층적 구조를 가지고 처리하여 빠른 처리 속도를 얻을 수 있도록 하였다. 일반적으로 명암 영상 코너 검출자는 마스크 크기가 클수록 잡영상에 강건한 반면에 정확한 코너점 위치를 얻기가 힘들고 마스크 크기가 작을수록 정확한 코너점 위치를 얻을 수 있으나 잡음에 민감한 단점이 있다[12]. 따라서 본 연구에서는 적은 개수의 대표적인 코너점을 얻기 위하여 고 수준의 마스크 연산을 적용하여 잡영상에 강건한 대략적인 다이 위치를 검출 한 다음 저 수준의 마스크 연산을 적용하여 정확한 코너점을 검출하도록

하였다. 제안한 HGLCD는 자체적으로 잡음을 검출하는 기능이 있으므로 잡영상을 없애기 위하여 따로 전 처리를 할 필요가 없으며 마스크 크기가 커도 빠른 처리 속도를 얻을 수 있다. 웨이퍼 다이 위치 검출은 다음과 같이 이루어진다.

5. 실험 및 평가

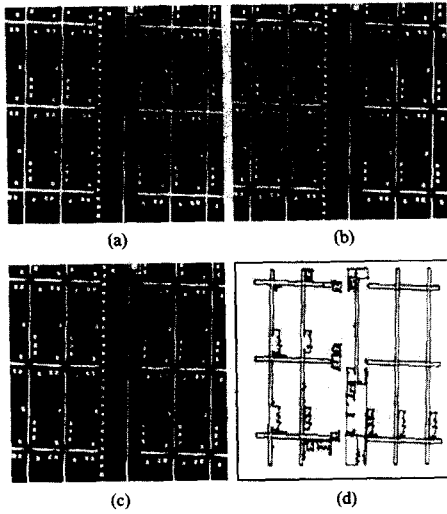
본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 평가하기 위한 실험은 펜티엄 III 550MHz 칩이 장착된 PC에서 수행하였다. 운영체제로는 Windows 2000을 사용하였고 컴파일러로는 Visual C++ 6.0을 사용하였다. 데이터는 6인치와 8인치 크기의 웨이퍼를 1030*1300의 해상도를 가지는 CCD카메라를 이용하여 60*50mm의 FoV(Field of View)로서 영상 그래버를 이용하여 획득하였다. 성능 평가는 대표적인 명암 영상 코너 검출자인 SUSAN 코너 검출자와 윤곽선 기반 코너점 검출 알고리즘의 하나인 IPAN99와 비교 하였다. 그림 8과 그림 9는 각각 다이 패턴으로만 이루어진 영상과, 다이 사이에 다른 패턴이 들어가 있는 영상에 대한 코너점 검출 결과이다. 모든 경우에 있어서 다른 검출자에 비해 HGLCD가 코너점을 잘 검출함을 알 수 있었다. SUSAN은 모든 경우에 있어서 비교적 코너점을 잘 검출하였으나 오 검출된 코너점이 HGLCD보다 더 많았으며, IPAN99는 복잡한 패턴에서 정확한 에지를 구하지 못함으로써 그림 9와 같은 입력 영상의 경우 결과가 매우 나쁨을 알 수 있었다.

그림 10은 절단선이 매우 크며 굵기가 변하는 경우와 다이 안에 유사 코너점 패턴이 있는 경우에 대한 코너점 추출 결과이다. 상대적으로 좋은 결과를 보인

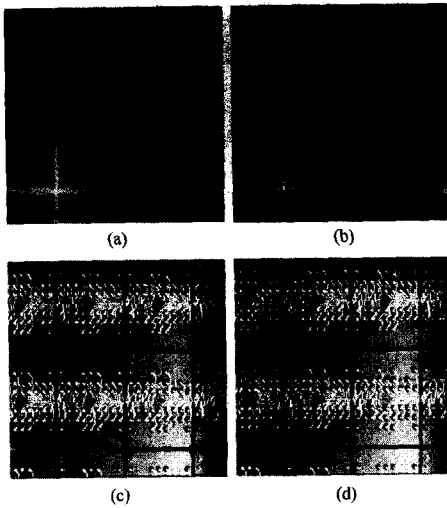


(a)입력영상 (b)HGLCD (c)SUSAN (d)IPAN99

그림 8



(a)입력영상 (b)HGLCD (c)SUSAN (d)IPAN99
그림 9



(a)HGLCD, (b)SUSAN, (c)HGLCD, (d)SUSAN
그림 10 다이 위치 검출 결과

SUSAN 검출자도 그림 10의 (d)를 보면 오 검출이 많은데 이는 코너점의 방향성을 고려하지 않았기 때문이다. (a), (b)와 같이 절단선이 매우 큰 경우나, (c), (d)와 같이 다이 내부에 복잡한 패턴이 포함된 경우에도 제안한 방법이 다이위치를 잘 검출함을 알 수 있다.

표 1은 HGLCD와 SUSAN 코너 검출자의 실험 결과이다.

정확도 A 는 다음과 같이 계산되어 진다.

$$A = \frac{\text{정확히 검출한 코너점}}{\text{전문가가 검출한 코너점}} \quad (12)$$

오차율 E 는 다음과 같이 계산되어 진다.

$$E = \frac{\text{잘못 검출한 코너점}}{\text{전문가가 검출한 코너점}} \quad (13)$$

실험 결과로서 제안한 계층적 명암 영상 코너 검출 방법이 기존 방법에 비해 다양한 웨이퍼 영상에서 다이 위치를 검출하는데 더 뛰어난 성능을 보임을 알 수 있었다. 그러나 절단선과 다이 패턴이 인접해 있거나, 또는 절단선이 점선의 형태를 가지고 있는 웨이퍼의 경우에는 정확한 코너점 검출에 어려움을 보였는데 그 이유는 인접한 패턴과 점선들의 코너점들이 절단선의 코너점과 구별이 되지 않기 때문이다. 이를 해결하기 위해서는 코너 검출자뿐만 아니라 다양한 영상처리 기법이 연구되어야 할 것이다.

6. 결론

본 논문에서는 웨이퍼 다이 위치를 검출하기 위한 새로운 코너점 검출 방법을 제안하였다. 제안한 코너점 검출방법은 전처리 없이 명암 영상에서 바로 수행됨으로써 빠른 처리속도를 얻을 수 있으며 계층적 구조를 가지고 있어서 잡음에 강건하게 코너점을 검출할 수 있었다. 또한 다단계 마스크를 적용하여 정확도를 높일 수 있었다. 구현과 실험을 통해서 제안한 방법이 실 웨이퍼 영상에서 다이 위치를 잘 검출함을 보였다. 제안한 코너점 검출 방법은 WSCSP 공정에 필수적인 마킹 과정을

표 1 다이 위치 검출 결과

테스트 영상	검출 방법	정 검출	오 검출	미 검출	정확도 (%)	오차율 (%)	처리속도 (ms)
그림 7 (72개 코너점)	HGLCD	72	1	1	100.0	1.3	480
	SUSAN	72	3	0	100.0	4.1	850
그림 8 (48개 코너점)	HGLCD	44	3	0	91.6	6.3	410
	SUSAN	43	3	1	89.5	6.3	855
그림 9 (a) (b) (4개 코너점)	HGLCD	4	0	0	100.0	0.0	360
	SUSAN	4	4	0	100.0	100.0	840
그림 9 (c) (d) (24개 코너점)	HGLCD	24	2	0	100.0	8.3	450
	SUSAN	20	7	4	83.3	29.1	880

자동화할 수 있도록 도와줄 뿐만 아니라 다양한 분야의 영상인식 부분에 적용될 수 있다. 향후 연구에서는 일반적인 형태의 절단선을 가지는 다이뿐만 아니라 다이에 인접하거나 점선의 형태를 가지는 절단선을 가지는 다 이도 검출할 수 있도록 연구할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Harris, C. and Stephens, M., "A Combined Corner and Edge Detector," in Proc. 4th Alvey Vision Conference, pp. 189-192, 1988.
- [2] 정정훈, 정윤용, 홍현기, 조청운, 백준기, 최종수, "스테레오 비전을 위한 다해상도 코너 검출", 대한전자공학회 하계종합학술대회, 2002년 6월, 강원도.
- [3] Zheng, Z., Wang, H. and Teoh, K., "Analysis of gray level corner detection," Pattern Recognition Letters, Vol.20, pp. 149-162, 1999.
- [4] Smith, S. and Brady M., "SUSAN - a new approach to low level image processing," International Journal of Computer Vision, Vol.23, No.1, pp. 45-78, 1997.
- [5] Arrebola, F., Camacho, P., Bandera, A. and Sandoval, F., "Corner detection and curve representation by circular histograms of contour chain code," Electronics letters, Vol.35, No.13, pp. 1065-1067, 1999.
- [6] Resenfeld, A. and Johnston, E., "Angle detection on digital curves," IEEE Trans. Computers, Vol.22, pp. 875-878, 1973.
- [7] Rosin, P., "Techniques for assessing polygonal approximations of curve," IEEE Transactions on Pattern Recognition and Machine Intelligence, Vol.19, No.6, pp. 659-666, 1997.
- [8] Arrebola, F., Bandera, A., Camacho, P. and Sandoval, P., "Corner detection by local histograms of contour chain code," Electronics Letters, Vol.33, No.21, pp. 769-771, 1997.
- [9] Mokhtarian, F. and Mohanna, F., "Enhancing the curvature scale space corner detector," In Proc 12th Scandinavian Conference on Image Analysis, pp. 145-152, 2001.
- [10] Wang, H. and Brady, M., "Real time corer detection algorithm for motion estimation," Image and Vision Computing, vol.13, No.9, pp. 695-703, 1995.
- [11] Mokhtarian, F. and Suomela, R., "Robust image corner detection through curvature scale space," IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.12, pp. 1376-1381, 1998.
- [12] Hobby, J., "Using Shape and Layout Information to Find Signatures, Text, and Graphics," Computer Vision and Image Understanding, Vol.80, pp. 88-110, 2000.

나 재 형

1996년 숭실대학교 컴퓨터학과 졸업(공학사). 1998년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사). 현재 숭실대학교 컴퓨터학과 박사과정. 관심분야는 영상처리, 머신비전, 멀티미디어 검색

오 해 석

1975년 서울대학교 응용수학과 졸업(이학사). 1981년 서울대학교 계산통계학과(이학석사). 1989년 서울대학교 계산통계학과(이학박사). 1982년~2003년 숭실대학교 정보과학대학 교수. 1990년~1991년 일본 동경대학교 객원교수. 2000년~2001년 스탠포드대학교 객원교수. 2003년~현재 경원대학교 소프트웨어대학 교수. 관심분야는 멀티미디어, 데이터베이스, 영상처리, 정보보호, 멀티미디어 암호, 암호학, 유무선 PKI