



웨이퍼 핸들링을 위한 collet의 외관 비전 검사 장치 개발

고국원^{a*}, 이지연^b

Development of a Visual Inspection System for Wafer Handling with Collets

Kuk Won Ko^{a*}, Ji Yeon Lee^b^a Department of Future Mobility Engineering, Halla University^b Department of AI Convergence Security, Halla University

ARTICLE INFO

Article history:

Received	11	November	2022
Revised	10	February	2023
Accepted	10	February	2023

Keywords:

Collet
Visual inspection
Auto focus
Calibration
Image processing

ABSTRACT

In semiconductor manufacturing, small and precise tools such as collets are used during the assembly process to control and improve product quality. Monitoring the quality of the collet, such as its shape, size, and hole, is crucial for ensuring high reliability when picking up a cut wafer during the semiconductor packaging process. In this study, we propose a defect detection algorithm using image processing techniques. The application was implemented in a visual C++ environment, which enables motion control, image acquisition control, and the execution of image processing algorithms. The test and analysis of the collet inspection system yielded a defect detection rate of 99.3%.

1. 서론

반도체 제조 과정에서 다이 접착(die attach 또는 die mount)공정은 웨이퍼에서 조각난 칩을 반도체 패키지의 연결선(리드 프레임) 구조 틀에 고정시키는 공정이다. Fig. 1은 웨이퍼 조각인 die를 집어서 오른쪽의 반도체 패키지에 붙이는 모습을 보여준다. 로봇 암이 웨이퍼 테이프에서 die를 떼어 옮겨야 하는데 이때 collet라는 엔드 이펙터(end effector)를 사용한다. Fig. 2는 조립공정에서 작은 웨이퍼와 칩을 놓는데 사용하는 다양한 tool들을 보여준다. 이 collet들은 플라스틱, 세라믹, 금속 등으로 구성되어 있는데 모양, 외경 크기, 홀, 표면 등이 일정한 규격에 의해 생산되어야 하며, 이것은 반도체 패키지 생산 공정에서 wafer를 이송하는 기능의 신뢰성을 위하여 매우 중요한 요소이다.

본 논문에서 형상 검사 대상인 collet은 플라스틱 재질의 진공

흡입 pick-up tool로써 100 um이하의 진공 홀을 드릴을 사용하여 가공한 후 현재는 현미경을 사용하여 사람이 수작업으로 전수 검사를 하고 있다.

Collet의 가공 불량은 반도체 칩에 손상을 입히거나, 흡입 불량으로 이송에 실패하여 패키지 공정에서 큰 문제를 일으킬 수 있는 중요한 요소이므로, 가공 후 가공 표면의 수평 정도, 가공 형상 오차 등이 모두 전수 검사 되어야 하며, 납품 후에도 사용하기 전에 중복하여 전수 검사 과정을 거치고 있다.

전수 검사에는 collet의 가공 형상 및 치수 이상 유무와 가공 시 발생하는 bur의 유무를 확인한다. 이중 collet의 흡착면의 형상은 pick-up 성능을 결정하는 가장 중요한 검사 항목으로 다루고 있지만, 본 연구에서는 현재 수작업에 의한 2차원 외형 검사를 목적으로 비전 검사 장비를 개발하였다.

검사 시간은 검사 대상인 collet의 loading, 이동, 초점 조정과

* Corresponding author. Tel.: +82-33-760-1579

E-mail address: kukwon.ko@halla.ac.kr (kuk Won Ko).



Fig. 1 Die attach process



Fig. 2 Pick and place tools and various types of collets

육안 검사에 걸리는 시간을 다 합해서 개당 5분 정도가 소요된다. 본 논문에서 제안하는 collet 검사 장비를 사용하면 육안으로 힘든 collet 흡착면의 형상 검사와 제품의 검사 성능 향상과 총 검사 시간 단축(1분 미만 목표)으로 생산 경쟁력을 확보할 수 있다.

2장에서는 비전 검사 장비^[1-4]의 구성 요소인 collet 핸들링 시스템을 구성하기 위한 3축 모션 컨트롤 시스템과 영상 획득을 위한 2D 광학계를 설명하였으며, 3장에서는 2D 카메라 캘리브레이션^[5-8]과 빠르게 collet의 높이를 찾기 위한 auto focusing^[9,10], CAD 기반 2차원 검사를 위한 영상처리^[11-15] 및 알고리즘을 나타내었다. 본 연구에서 사용한 collet의 외형 검사는 CAD dxf의 파일의 정보를 추출하여 2D 가상 이미지를 만들고 카메라에서 획득한 영상과 비교하는 방법의 영상 비교 방법을 사용하였다. 일반적인 CAD의 정보를 이용하여 영상에서 외관 형상을 추출하는 방법^[9]과 양품 영상과 비교하는 방법과 유사하지만, CAD로부터 기본 영상을 생성하여 사용자가 양품 영상을 학습하는 과정이 필요 없이 쉽게 사용이 가능하도록 차별화된 방법을 사용하였다. 4장에서는 실험 결과를 나타내었으며, 5장에서는 결론과 추후 연구 방향에 대해서 기술하였다.

2. 검사 장치 개발

2.1 Collet 검사 시스템 설계

Collet 검사 장비는 Fig. 3과 같이 430 mm×240 mm로 최대 작업 공간을 가지고 2개의 collet magazine을 검사할 수 있도록 구성되었다. X-Y-Z 3축 구동을 위한 모션 제어기는 파스텍의 closed-loop 스테핑 모터 드라이버와 아진 에스텍의 모션 제어기를 사용하였다.

2.2 Collet 핸들링 시스템 설계

다량의 collet 자동 검사를 위하여 collet 정렬 시스템이 필요하

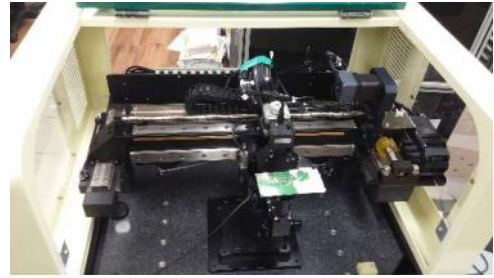
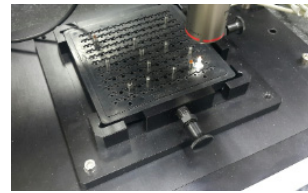


Fig. 3 Collet inspection equipment



(a) Collet tray on the machine



(b) Collet tray

Fig. 4 Collet tray jig and magazine

다. Collet 정렬을 위하여 Fig. 4(a)와 같이 collet을 자동 검사를 위한 보관함(tray) 이를 고정하기 위한 지그(jig)를 설계 제작 하였다. Fig. 4(b)와 같이 Collet 상자는 12×12개의 collet 장착부로 구성되어 총 144개의 collet을 검사할 수 있도록 구성되었다.

2.3 광학계 구성

영상 획득을 위해 오토포커싱과 2차원 형상 측정을 위한 두 가지 카메라를 사용하였다. 오토포커싱을 위해서는 고성능 카메라로 340FPS, 2048x1536 pixel을 지원하는 Basler사의 2M area scan을 사용했으며, 형상 측정을 위해서는 4M의 화소를 갖는 IDS사의 uEye-series 산업용 USB 카메라를 사용하였다. 형상 측정에서는 collet의 크기에 따라서 3가지 다른 배율을 사용하도록 하였다. 이러한 설계는 해상도, pixel 수, 속도, 가격 등 사용자의 다양한 요구에 대응할 수 있다. 광학계의 설계는 Fig. 5와 같다. 영상 획득에서 중요한 조명은 collet의 평면 검사에 사용하기 위한 동축 조명과 collet의 외곽 edge를 잘 볼 수 있도록 측면 링 조명으로 구성되어



(a) Optical system



(b) Autofocus unit

Fig. 5 Optical system

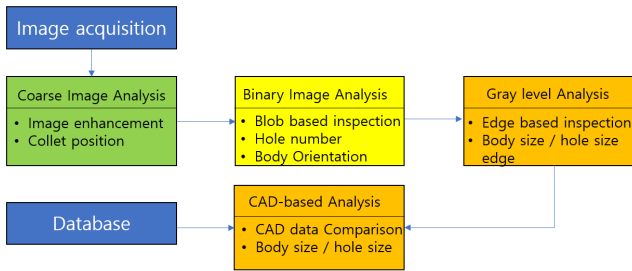


Fig. 6 CAD based matching/inspection algorithm

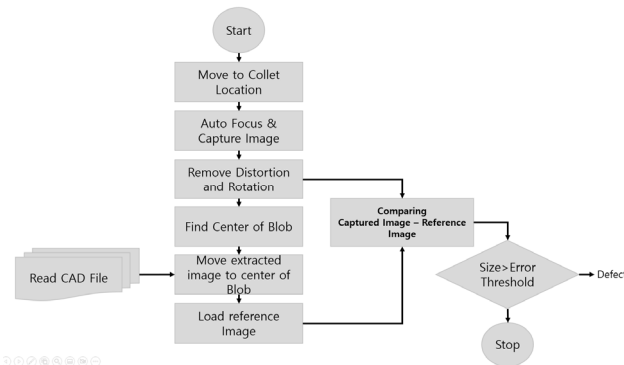


Fig. 7 Inspection algorithm flow diagram

있다. 조명의 밝기 값은 collet의 최적 영상을 얻을 수 있도록 사용자가 설정하며 이 값은 CAD 데이터와 함께 검사 database에 저장되어 검사에 사용한다.

2.4 검사 알고리즘

다양한 형상의 collet의 형상 검사에서도 성능을 좌우하는 흡착면은 평면으로 구성되어있고, 진공을 형성하는 에어 홀은 원형 홀로 가공을 하므로 2차원 CAD 기반 영상 매칭/검사 알고리즘을 사용하였다. 전체 시스템의 구성도는 Fig. 6과 Fig. 7에 나타나있다. 검사를 시작하기 전에 2D 카메라로 이미지를 획득하여 부품의 존재 영역을 빠르게 탐색하고, 영역 내의 밝기 분포를 분석한다. 그 후 이진화 값을 재결정하며, 간단한 노이즈 제거 영상을 획득한다. 영상의 해석이 완료되면 재결정된 이진화 영상을 분석한다. 부품의 대략적인 방향을 검출하고, hole의 개수를 파악한 후 body의 방향을 파악한다. 이렇게 이진화 영상을 이용한 해석이 끝나고나면 gray level 영상을 이용하여 edge 정보를 이용한 hole/body를 검출하며, lead의 면적 검출을 위한 외곽 영역을 검출하고, body를 검출한다. 마지막으로 image calibration data를 사용한 실제 값을 추출하고 기존 CAD 데이터를 사용해 부품의 body 크기 및 hole 크기를 확인하여 불량 여부를 판정하게 된다.

2차원 검사 알고리즘은 Fig. 8에서 자세히 확인할 수 있다. 먼저, collet 하나를 선택하여 그 위치로 이동하고, auto focusing을 수행

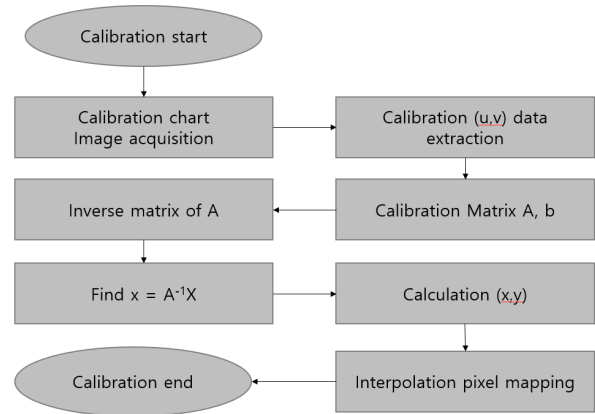


Fig. 8 Camera calibration flow diagram

하여 초점이 또렷하게 잡힌 영상을 얻는다. 그리고 왜곡과 잡음을 제거하고, 영상을 검사하기 쉽게 회전을 한다. 다음으로 blob 영상 처리 알고리즘을 사용하여 collet 영역을 찾아내어 중심 좌표를 얻는다. 마지막으로 CAD로부터 정확한 스펙을 구하여 얻은 collet 영상과 비교하여 합/불 판정을 수행하게 된다.

3. 영상 기반 외관 검사 알고리즘

3.1 카메라 캘리브레이션

카메라를 통하여 구한 이미지의 2차원 영상 좌표값과 그에 대응하는 3차원 절대 좌표값 사이에 존재하는 대응관계를 구하는 것을 교정이라고 한다. 측정된 카메라 영상에서의 좌표(u_n, v_n)와 실제 구하고자 하는 물체의 좌표값(x_n, y_n) 사이의 관계를 식(1)과 같이 3차 다항식으로 가정하면, 카메라 모델을 이용하지 않고도 Fig. 9와 같은 방법으로 캘리브레이션 파라미터를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} x &= a_1u^3 + b_1u^2v + c_1uv^2 + d_1v^3 + e_1u^2 \\ &\quad + f_1v^2 + g_1uv + h_1u + i_1v + j_1 \\ y &= a_2u^3 + b_2u^2v + c_2uv^2 + d_2v^3 + e_2u^2 \\ &\quad + f_2v^2 + g_2uv + h_2u + i_2v + j_2 \end{aligned} \quad (1)$$

주어진 좌표 값들로부터 식(1)의 미지수 20개를 찾으면 된다. 따라서 측정된 좌표(u_n, v_n)의 개수를 N개라고 하면, 카메라 영상에서의 좌표와 측정할 물체의 실제 좌표 사이에 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \\ \vdots & \vdots \\ x_N & y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1^3 & u_1^2v_1 & u_1v_1^2 & v_1^3 & u_1^2 & v_1^2 & u_1v_1 & u_1 & v_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_n^3 & u_n^2v_n & u_nv_n^2 & v_n^3 & u_n^2 & v_n^2 & u_nv_n & u_n & v_n & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_N^3 & u_N^2v_N & u_Nv_N^2 & v_N^3 & u_N^2 & v_N^2 & u_Nv_N & u_N & v_N & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

이때,

$$A = \begin{bmatrix} u_1^3 & u_1^2 v_1 & u_1 v_1^2 & v_1^3 & u_1^2 & v_1^2 & u_1 v_1 & u_1 & v_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_n^3 & u_n^2 v_n & u_n v_n^2 & v_n^3 & u_n^2 & v_n^2 & u_n v_n & u_n & v_n & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_N^3 & u_N^2 v_N & u_N v_N^2 & v_N^3 & u_N^2 & v_N^2 & u_N v_N & u_N & v_N & 1 \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \\ c_1 & c_2 \\ d_1 & d_2 \\ e_1 & e_2 \\ f_1 & f_2 \\ g_1 & g_2 \\ h_1 & h_2 \\ i_1 & i_2 \\ j_1 & j_2 \end{bmatrix}$$

$b = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \\ \vdots & \vdots \\ x_N & y_N \end{bmatrix}$ 로 정의하면 식(3)과 같은 방정식으로 나타낼 수 있다.

이때, 행렬 A는 카메라에서 입력받은 왜곡된 영상 좌표로 구성된 다항식 행렬이고, 행렬 x는 다항식의 파라미터 행렬이며, 행렬 b는 그에 대응하는 절대 좌표이다. 다음 식(3)을 이용하여 주어진 행렬 A와 행렬 b를 이용하여 파라미터 아래와 같이 행렬 x를 구한다.

$$Ax = b \quad (3)$$

$$A^{-1}Ax = A^{-1}b \quad (4)$$

$$x = A^{-1}b \quad (5)$$

일반적으로 A는 정방 행렬이 아니므로 의사 역행렬(pseudo inverse)을 구하여 얻을 수 있다. 역행렬을 구하려면 식(6)과 같은 과정으로 풀어야 한다. 이때는 정방 행렬이 되며, 역행렬을 구하기 위해 LU 분해법을 이용했다.

$$(A^T A)^{-1} \cdot A^T = A^{-1} \quad (6)$$

식(5)에서 구한 역행렬 A와 행렬 b를 이용하여 파라미터 행렬 x를 구한다. 이렇게 얻어진 행렬 x의 파라미터는 모두 20개가 된다. 보정된 영상을 얻기 위해서 파라미터 행렬 x를 구한 후 다시 식(1)에 대입하여 우리가 찾고자 하는 좌표(x_n, y_n)를 얻어낸다. 식(7)과 같이 계산을 한다. 즉, 보정 전 좌표(u_n, v_n)에서 행렬 A*를 구성하고, 행렬 x를 곱하여, 보정 후 좌표(x_n, y_n)인 행렬 b*를 얻는다. 이렇게 구해진 좌표는 실제 영상에서는 보간법을 이용하여 보정한 영상을 생성한다.

$$A^* x = b^* \quad (7)$$

Fig. 9(a)와 같이 영상 보정 차트를 통하여 입력 영상을 카메라로부터 얻었다. 이 차트의 표면은 특별히 처리되어 빛을 난반사시켜 직접반사광을 제거한다. 이것을 이용하여 왜곡 여부를 정밀하

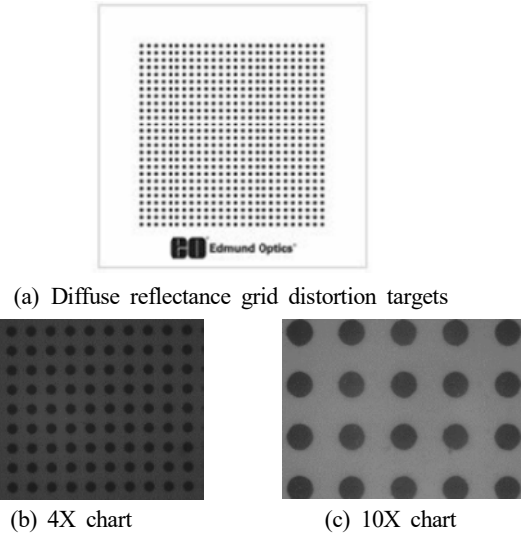


Fig. 9 Calibration chart

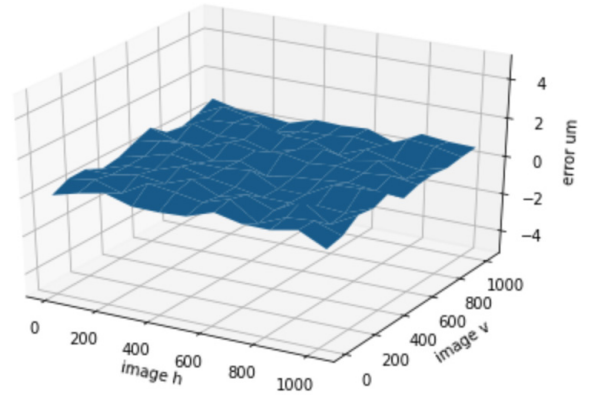


Fig. 10 Result of calibration error

게 측정하게 된다. 이 영상 차트의 원의 중심은 각각의 간격이 0.125 mm의 등 간격으로 되어있으며 실제 좌표계에서의 영상의 위치를 얻을 수 있다. 영상 보정 차트의 각 점의 위치를 알기 위하여 이미지 처리를 통하여 원의 중심 위치를 찾아낸다. 영상 좌표에서의 원의 중심 좌표(u_n, v_n)와 실제 좌표(x_n, y_n)의 쌍으로 된 데이터를 얻어야 한다. 먼저 영상을 이진화하여 원의 경계를 분리하였다. 이렇게 분리된 원들로부터 labeling을 통하여 원의 개수를 센다. 무게 중심법을 사용하여 각각의 영상에서의 중심 좌표(u_n, v_n) 값을 얻어낼 수 있다.

영상 보정 기법의 성능을 평가하기 위하여 왜곡이 존재하는 영상의 점들과 실제로 영상 보정 후의 값으로부터 오차를 계산하여 성능을 평가하였다. Fig. 10은 이때의 오차 분포를 나타내고 오차에 대한 결과는 표 1에 나타내었다. 카메라 모델을 3가지로 하였기 때문에 비교적 정확한 영상의 보정이 이루어졌으며, 10X 배율에서의 최대 오차는 0.207 um이고 평균 오차는 0.126 um이었다.

Table 1 Analysis of error

Type of error		Error value
2X	one pixel	2.50 um
	average	1.28 um
	max	1.84 um
4X	one pixel	1.25 um
	average	0.34 um
	max	0.83 um
10X	one pixel	0.55 um
	average	0.126 um
	max	0.207 um

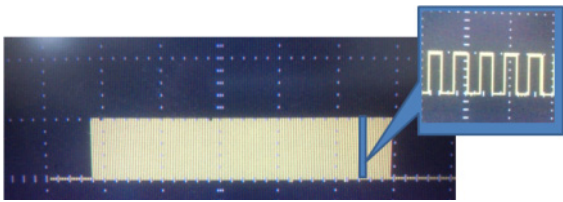


Fig. 11 Camera trigger at every 2 um for auto focus

그리고 한 pixel의 오차는 0.54 um이었다. 따라서 최대 오차는 0.207 pixel이며 평균 오차는 0.126 pixel만큼 발생해 영상의 보정으로 인해 발생하는 오차는 0.5 pixel 미만인 것을 확인할 수 있었다.

3.2 자동 초점 구현

자동 초점을 구현하기 위해서는 로봇을 빠르게 연속적으로 2 um 단위로 움직여야 한다. 따라서 Fig. 11과 같은 트리거 신호를 발생시켜 카메라에 전달하여 영상을 캡처하도록 한다. 캡처된 영상으로 초점이 맞는지를 검사하게 된다.

먼저 Fig. 12와 같이 팔레트의 위치를 자동으로 학습한다. 다음으로는 팔레트의 위치로 카메라가 이동하여 collet의 높이를 수직

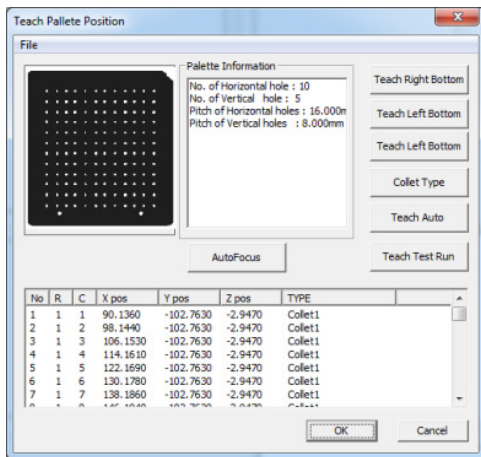


Fig. 12 Position training of collet magazine

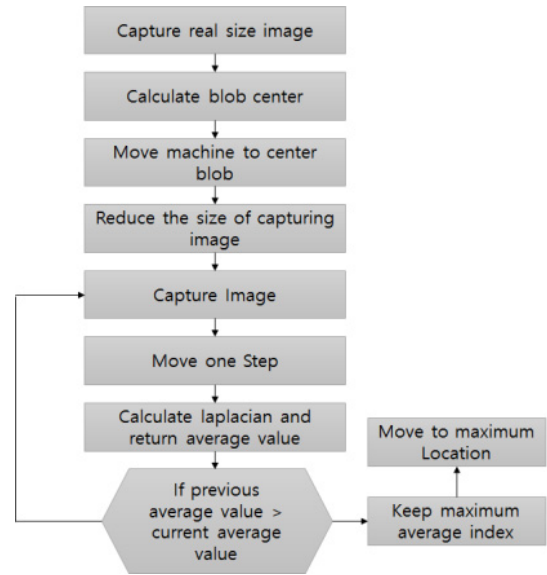
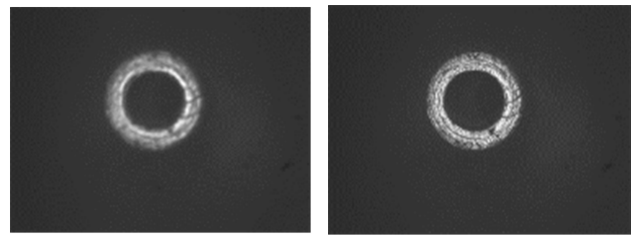


Fig. 13 Auto focusing algorithm



(a) Unfocused image (b) Focused image

Fig. 14 Result of auto focusing algorithm

으로 탐색하게 된다. 카메라가 수직으로 이동하면서 초점면을 자동으로 검색하게 되는데 그 방법은 Fig. 13과 같다.

점이 맞은 부분에서는 대상 물체의 edge 성분이 매우 높으므로 edge의 sharpness를 구하여 focal plane을 찾도록 하였다. 이때 사용된 edge의 sharpness는 Sobel edge로 식(8)과 같다. 높이에 따라 영상을 획득한 후에 영상의 sharpness 중에서 특정 값을 넘는 sharpness의 평균을 구하여 영상의 전체 focus 값은 식(9)와 같이 정하였다.

$$\Delta^2 I = \left| \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} \right| + \left| \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} \right| \quad (8)$$

$$F(i, j) = \sum_{x=i-N}^{i+N} \sum_{y=j-N}^{j+N} L(x, y), \text{ for } L(x, y) \geq T \quad (9)$$

Fig. 14는 높이에 따른 focus 값을 나타낸 것인데 최대가 될 때 focal plane을 찾았다고 할 수 있으며 이때의 오토 포커스 값은 Fig. 15에 나타내었다. 여기서 N은 초점 측정값을 계산하기 위해 사용되는 윈도우 크기이다. 초점 계산 속도를 높이기 위

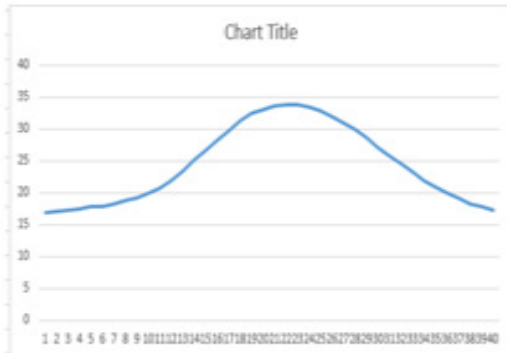


Fig. 15 Value of auto focusing



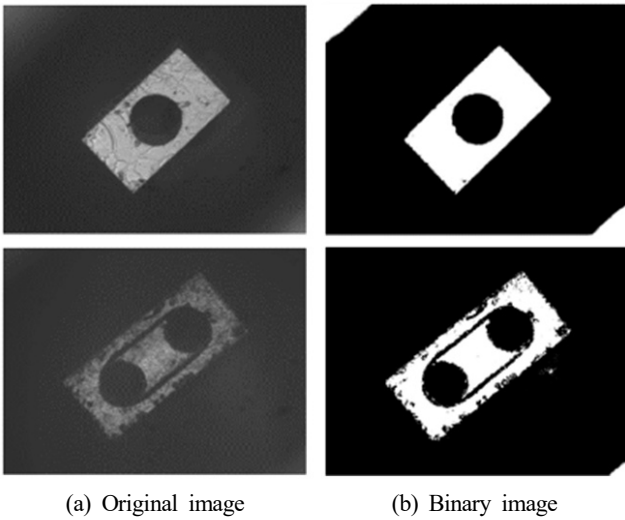
(a) CAD data (b) Reference image from CAD

```

LINE (0,000, 0,000, 0,000) (0,7000, 0,000, 0,000)
LINE (0,700, 0,000, 0,000) (0,7000, 0,400, 0,000)
LINE (0,700, 0,400, 0,000) (0,0000, 0,000, 0,000)
LINE (0,000, 0,400, 0,000) (0,7000, 0,000, 0,000)
CIRCLE (0,350, 0,200, 0,000) 0,125
    
```

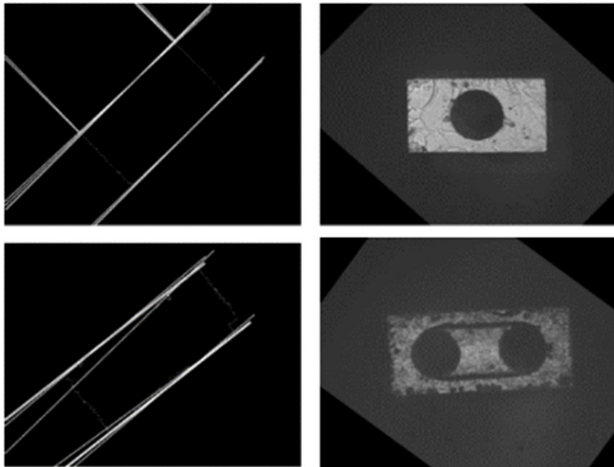
(c) CAD line and circle data

Fig. 17 Reference image from CAD data



(a) Original image

(b) Binary image



(c) Hough transform

(d) Rotated image

Fig. 16 Adjusted image by rotation and translation

3.3 위치 이동과 회전

CAD 도면과의 비교를 위해서는 먼저 Fig. 16(a)와 같이 화질이 좋은 영상을 얻기 위해서 자동 초점을 실시한 뒤 영상을 보정하고 나면, Fig. 16(b)와 같이 획득된 영상의 이진화 처리를 통하여 collet의 위치를 대략 검출한 뒤에 영상의 중심 위치와 회전 보정을 하게 된다. 타원형 외각 collet의 회전 보정을 위하여 여러개의 hole이 있는 경우 hole의 위치를 검출하여 각도를 보정하였으며, 4각형 형상이 있는 collet은 직선 부분을 검출하기 위해서 Fig. 16(c)와 같이 Hough transform을 통하여 회전 각도를 검출한 뒤에 영상의 중앙에 collet가 위치하도록 한다. Fig. 16은 다양한 collet에 대해서 위치 보정 결과과정을 나타낸 것이다.

3.4 불량 판별 알고리즘

위치 보정이 끝난 영상은 Fig. 17(a)와 같이 CAD data로부터 만든 기준 영상과 비교를 통하여 불량을 판별하게 되는데 Fig. 17(b)와 같이 기준 영상은 Fig. 17(c)와 같이 CAD의 dxf file을 분석하여 직선과 원의 성분을 추출하여 만들었다.

외각의 검사를 위해서는 직선 성분과 원 성분에서 제일 큰 직선의 길이와 제일 큰 원을 기준으로 검사용 ROI를 생성하게 되며, hole은 원을 기준으로 하여 일정한 크기의 ROI를 만들게 된다. 생성된 ROI로부터 획득된 영상과 기준 영상의 차를 통하여 불량을 검출하게 되는데 전체 알고리즘은 Fig. 18에 나타내었다.

Fig. 20은 입력 영상과 기준 영상의 차이를 보여준다. 검출된 영상 차이가 특정한 값을 넘을 경우 불량으로 판정하게 된다. 판정값의 기준은 최종 사용자의 기준에 따라 다르므로 사용자가 설정할 수 있도록 하였다.

4. 실험 결과

Fig. 20은 검사에 사용된 시편 중 불량인 것의 영상을 나타내었

해 보통 3×3, 5×5의 작은 크기의 윈도우를 사용한다. 약 30개의 영상 중에 가장 초점 측정값이 큰 것을 찾는다. 포커스 속도를 증가시키기 위해 로봇 모션은 2 μm 트리거 펄스를 발생시켜 카메라를 이동하면서 영상을 캡처한다. 오토 포커스가 정밀도는 ±4 μm이내 에서 측정됨을 알 수 있었다.

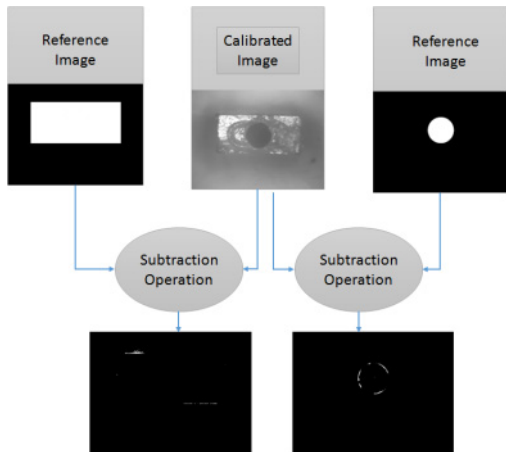


Fig. 18 Surface inspection algorithm

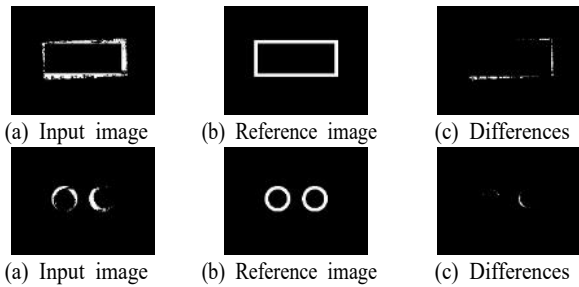


Fig. 19 Difference image processing

다. Fig 20(a)는 collet의 바디에 크랙 불량, (b)는 4각형 외형 불량, (c)는 2개의 hole에 위치한 groove 형상 이상, (d)는 외형 크랙, (e) 4각형 외형 깨짐, (f) hole과 표면 이상에 대한 불량을 잘 검출하였음을 알 수 있었다. 검사에 실패한 영상은 collet의 표면이 오염되어 영상 획득에 실패한 경우이며 Fig. 21의 위쪽 중앙의 영상이 그중 하나이다.

다양한 시편에 대하여 2차원 검사를 수행하였다. 2차원 검사 수행을 위해서 6개의 서로 다른 시편에 대하여 양/불량의 시편을 무작위로 선정하고 검사를 수행한 결과를 표 2에 나타내었다.

5. 결론

본 논문에서는 웨이퍼나 칩을 pick-up하고 이송하는 collet 생산 공정에서 정밀하고 정확하게 검사하기 위한 자동 검사 장비 시스템의 설계와 개발 방법을 다루었다. 그동안 수동으로 광학현미경을 통해 이루어졌던 전수검사 과정을 자동화 할 수 있게 되었으며, 육안 검사 시 개당 5분 걸리는 시간을 자동 검사 시 약 1분 정도로 줄여 생산성 향상을 가져왔다. 개발된 검사장비는 2차원 검사를 자동으로 할 수 있는 광학계 설계하였고, X-Y-Z축으로 CCD 카메라를 이동할 수 있게 하였으며, 비전 검사를 위해 자동 초점 기능, 카메라 calibration 기능, 2차원 영상 검사 알고리즘, 불량 판별 알

Table 2 Test result of 6 types of collet

Collet type #	Total #	Pass #	Fail #	Ratio (%)
1	100	99	1	99%
2	100	99	1	99%
3	100	100	0	100%
4	100	99	1	99%
5	100	99	1	99%
6	100	99	0	99%
Total	500	596	4	99.33%

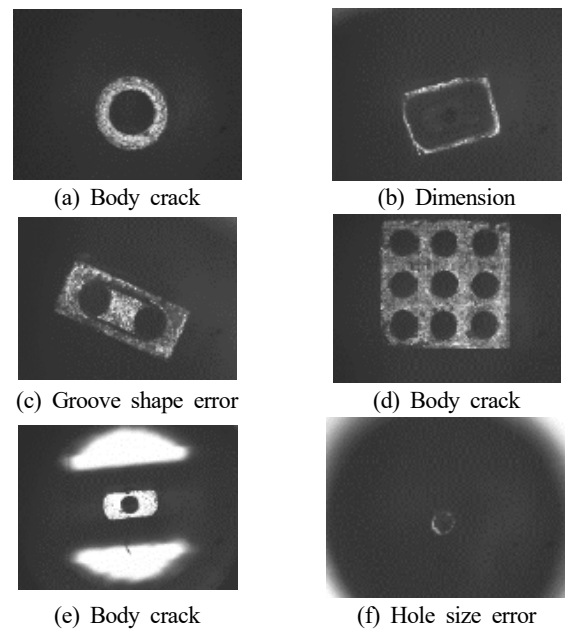


Fig. 20 Images of defect collets

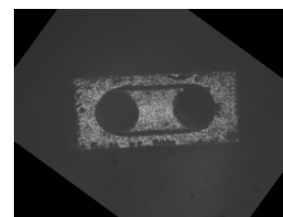


Fig. 21 Surface contaminated collet

고리즘을 구성하였다. 본 연구로부터 개발된 검사 장비는 2X 배율에서 1.84 um의 측정 오차를 가지며, ±4 um의 오토 포커싱 성능을 가지고 있으며, 결함 검출 성공률이 약 99.3%였다. 그 결과 제안한 알고리즘이 collet의 결함을 검출하는 데 효과적임을 알 수 있었으며, 2차원 평면 검사의 경우 4 um 이내의 collet 결함 들을 찾을 수 있었다.

자동검사의 한계점도 확인하였는데 첫 번째는 collet 표면이 오염으로 인하여 정확한 영상을 얻을 수 없는 경우였다. 이러한 경우는 모두 불량으로 판단하여 수작업을 통한 검사가 이루어질 수 있

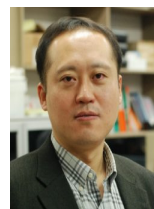
도록 하였다. 오염을 제거하기 위하여 표면을 닦는 장비를 추가할 예정이다. 두 번째는 흡착 표면은 편평도는 collet의 wafer를 흡착하는 진공 성능에 큰 영향을 미치므로 3차원 검사를 통하여 흡착면의 평탄도와 표면 스크레치등을 검사할 수 있도록 할 예정이다.

후 기

이 연구는 한라대학교의 연구비 지원을 받아 이루어졌음에 감사드립니다.

References

- [1] Heo, G. H., Choo, M. K., Kim, W. H., Ko, K. W., 2014, Development of Collet Defect Detection Algorithm, 2014 Summer Annual Conference of IEIE, 1078-1079.
- [2] Han, C. H., Lee, S. J., Park, C. G., Lee, J. Y., Ryu, Y. K., Ko, K. W., 2016, 2D/3D Visual Optical Inspection System for Quad Chip, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 17:1 684-692, <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.1.684>.
- [3] Kim, H. Y., Cho, J. S., 2019, Exterior Vision Inspection Method of Injection Molding Automotive Parts, J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng., 23:2 127-132, <https://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.2.127>.
- [4] Emilia, G. D., Gasbarro, D. D., 2017, Review of Techniques for 2D Camera Calibration Suitable for Industrial Vision Systems, J. Phys.: Conf. Ser., 841 012030, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/841/1/012030>.
- [5] Xu, G., Zheng, A., Li, X., Su, J., 2016, A Method to Calibrate a Camera using Perpendicularity of 2D Lines in the Target Observations, Sci. Rep., 6 34951, <https://doi.org/10.1038/srep34951>.
- [6] Huang, B., Zou, S., 2022, A New Camera Calibration Technique for Serious Distortion, Processes, 10:3 488, <https://doi.org/10.3390/pr10030488>.
- [7] Nishimura, M., Nobuhara, S., Matsuyama, T., Shimizu, S., Fujii, K., 2015, A Linear Generalized Camera Calibration from Three Intersecting Reference Planes, 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2354-2362, <https://doi.org/10.1109/ICCV.2015.271>.
- [8] Nijmeijer, A.G. J, Boer, M. A., Slump, C. H., Samsom, M. M., Bentum, M. J., Laanstra, G. J., Snijders, H., Smit, J., Herrmann, O. E., 1993, Correction of Lens-distortion for Real-time Image Processing System, Proceedings of IEEE Workshop on VLSI Signal Processing, 316-324, <https://doi.org/10.1109/VLSISP.1993.404474>.
- [9] Bueno-Ibarra, M. A., Alvarez-Borrego, J., Acho, L., Chavez-Sanchez, M. C., 2005, Fast Autofocus Algorithm for Automated Microscopes, Opt. Eng., 44:6 063601, <https://doi.org/10.1117/1.1925119>.
- [10] He, J., Zhou, R., Hong, Z., 2003, Modified Fast Climbing Search Auto-focus Algorithm with Adaptive Step Size Searching Technique for Digital Camera, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 49:2 257-262, <https://doi.org/10.1109/TCE.2003.1209511>.
- [11] Choi, K. J., Byun, H. R., Lee, I. B., 1999, Definition and Implementation of Image Enhancement Techniques for Efficient Binarization, Journal of KIISE:Software and Applications, 26:2 284-296.
- [12] Duda, R. O., Hart, P. E., 1972, Use of Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures, Commun. ACM., 15:1 11-15, <https://doi.org/10.1145/361237.361242>.
- [13] Kim, S. H., Choi, H. I., 2008, Circular Shape Detection using Improved 2D Hough Transform, Proceedings of the Korean Information Science Society Conference, 35:2A 233-237.
- [14] Gonzalez, R. C., Woods, R. E., 2018, Digital Image Processing, Pearson Press, London.
- [15] Dougherty, E. R., Lotufo, R. A., 2003, Hands-on Morphological Image Processing, 45-60, SPIE Press, Bellingham, WA, <https://doi.org/10.1117/3.501104>.



Kuk Won Ko

Professor in the Department of Future Mobility, Halla University. His research interest is Machine Vision. E-mail: kukwon.ko@halla.ac.kr



Ji Yeon Lee

Professor in the Department of AI Convergence Security, Halla University. Her research interest is BigData Analysis. E-mail: jiyoen.lee@halla.ac.kr