대시야 백색광 간섭계를 이용한 3차원 검사 장치 개발

Development of 3D Inspection Equipment using White Light Interferometer with Large F.O.V.

구영모* · 이규호**

Young Mo Koo* and Kyu Ho Lee

*연성대학교 디지털전기과, **주식회사 에이앤아이

*Dept. of Electrical Engineering, Yeonsung University

요 약

반도체 검사 공정에 적용하기 위한 대시야 백색광간섭계(WSI ; White Light Scanning Interferometer)를 사용한 반도체 검사 결과를 본 논문에서 제시한다. 각 서브스트레이트에 있는 동일한 여러 범프에 대한 3D 데이터 반복성 측정 실험 결과를 제시한다. 각 서브스트레이트의 모든 범프에 대한 3D 데이터 반복성 측정 실험 결과를 제시한다. 반도체 검사 공정에서 3D 데이터 검사를 고속으로 달성하기 위해 대시야 백색광간섭계를 사용한 반도체 검사는 매우 중요한 의미를 갖는다. 인라인 고속 3D 데이터 검사기 개발에 본 논문이 크게 기여할 수 있다.

키워드 : WSI(White Light Scanning Interferometer), 3D Inspection Equipment, Flip Chip

Abstract

In this paper, semiconductor package inspection results using white light interferometer with large F.O.V., in order to apply semiconductor product inspection process, are shown. Experimental 3D data repeatability test results for the same special bumps of each substrate are shown. Experimental 3D data repeatability test results for all the bumps in each substrate are also shown. Semiconductor package inspection using white light interferometer with large F.O.V. is very important for the fast 3D data inspection in semiconductor product inspection process. This paper is surely helpful for the development of in-line type fast 3D data inspection machine.

Key Words : WSI(White Light Scanning Interferometer), 3D Inspection Equipment, Flip Chip

1. 서 론

반도체 레벨 패키징 기술 (WLP ; Wafer Level Packaging)에 있어서 웨이퍼와 그 웨이퍼에 대응하는 반도체 기판 (Package Substrate)에 형성한 범프의 3차원 검사는 반도체 부품의 결함을 줄이기 위해 반드시 필요한 공정이다. 그러나 실장기술의 발달에 따라 이에 대응하는 범프의 크기가 작아지고 동시에 정도가 높아지고 있다. 화면의

미세한 불량을 2차원 검사로 제거[1]하는데 비해 이를 검사하기 위한 3차원 검사기에 요구하는 측정정도가 매우 높고, 대량생산장비에 적용하기 위해 요구되는 검사시간이 짧아 이를 해결하기 위한 기술적인 어려움이 매우 큰 것도 사실이다.

WSI(White light Scanning Interferometry) 측정 방법 상 In-Line장비에 적용하기에는 측정시간이 길다는 단점이 있으므로 이를 해결하기 위해 대시야 광학계 구성이 필요하게 된다[2]. BGA(Ball Grid Array)형태의 반도체 패키지에 있는 BGA 형상 측정을 위해 백색광을 이용한 간섭계

(WSI)를 In-Line 장비에 적용하여 2mm×2mm 의 영상을 측정하는 연구가 진행됨과 동시에 백색광 주사 간섭계의 단점 중의 하나인 속도개선에 대한 연구가 진행되어 기존의 알고리즘보다 속도 면에서 개선된 알고리즘이 제안되었고, 백색광 주사 간섭계를 이용하여 LCD glass 위의 pole의 높이 그리고 웨이퍼상의 gold bump의 높이를 측정하고, 저결맞음 특성을 갖는 광원을 사용하여 FOV(Field Of View)를 23mm×17mm 까지 확장 가능한 트와이만-그린 간섭계를 구현하여 대면적의 PCB Substrate 및 웨이퍼 범프를 측정하는 등의 연구가 활발하게 진행되고 있다[3-6].

그리고 백색광 주사 간섭계의 측정 정밀 반복도를 개선하기 위해 진동에 대한 주파수 분석 기법을 도입하거나 대면적 미세형상의 고속측정 관점에서 간섭계 및 측정 알고리즘을

접수일자: 2012년 3월 16일

심사(수정)일자: 2012년 3월 23일

게재확정일자: 2012년 12월 6일

† Corresponding author

본 논문은 본 학회 2012년도 춘계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(No.00045154-1)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

그림 1. 검사대상 범프

Fig. 1. Inspection Target Bump

검토하기도 하였다[7][8.] 최근 WSI에 대시야 카메라를 적용하여 넓은 범위의 FOV를 검사하고 여러대의 PC를 이용하여 동기화 이미지를 구하며 영역분할 연산, 최적 Multi Thread 구성을 통한 영역분할 ROI 알고리즘을 적용하여 고속화 및 정확성에 중점을 둔 연구 결과가 발표된 바 있다 [9].

본 논문에서는 테스트벤치에서 대시야 백색광간섭계 (WSI)를 사용한 비접촉식 3차원 검사 장치를 사용하여 플립칩 Substrate에 존재하는 범프의 높이를 측정한 반복성 (Repeatability) 실험 결과를 제시한다.

2. 간섭계 구성

본 논문에서 사용한 광 간섭계는 마이클슨(Michelson)간섭계로 그림 2에 개념도를 나타내었다. 3차원 측정을 위해 간섭계를 광축의 z 방향으로 이동하며 임의의 위치에서 $z=0$ 를 기준으로 측정물체의 높이를 $h(x,y)$ 라 하면, 주사거리 z 에 대한 간섭무늬의 광강도 변화는 다음과 같이 표현할 수 있다[10][11].

$$I(z) = I_0[1 + \gamma \cos(2k_c(h-z) + \alpha_0)] \quad (1)$$

여기서 편의상 (x,y) 표기는 생략하였다. γ 는 간섭무늬의 가시도함수(envelope function)을 의미한다.

또한, 위식에서 I_0 는 배경광의 강도, k_c 는 조명광의 평균 파장 $\bar{\lambda}$ 에 의해 결정되는 파동상수(wavenumber, $k_c = 2\pi/\bar{\lambda}$), α_0 는 반사될 때 발생한 위상 변화량 이다. 가시도함수 γ 는 일반 광에 대하여 가우시안 함수 혹은 싱크(sinc)함수 형태를 가지는 단조 블록함수로 가정할 수 있다. 이 경우 가시도함수 γ 는 최댓값 위치 $z=h$ 인 지점을 기준으로 좌우 대칭 형태를 가진다. 일반적으로, 반사될 때 발생한 위상 변화로 인해 사인함수 형태로 변화하는 줄무늬 간섭 강도의 실제 최댓값을 나타내는 줄무늬 간섭 최댓값 위치($h_{peak, fringe}$)와 가시도함수 최댓값 위치($h_{peak, envelope}$)는 일치하지 않는다. 3차원 표면위치 측정을 위해서는 각각의

그림 2. 마이클슨 간섭계

Fig. 2. Michelson Interferometry

간섭위치에 대한 각각의 간섭결과가 표현하는 각 위치의 공간상의 상대위치를 특정할 수 있어야 한다. 이는 줄무늬 간섭 최댓값 위치($h_{peak, fringe}$) 혹은 가시도함수 최댓값 위치($h_{peak, envelope}$)값을 가지고 구할 수 있다.

식(1)의 광강도 함수의 최댓값 위치를 구하기 전에 광강도 함수의 포락선(envelope) 함수를 구하여 이 포락선(envelope) 함수의 최댓값 위치를 구하도록 한다[12-14]. 먼저 최댓값이 위치하는 프레임 위치를 찾기 위해 최대 모듈레이션 밝기 값을 구한다. 모듈레이션 포락선(envelope) 함수를 구하기 위해 사용한 모듈레이션 팩터는 식(2)와 같다.

$$M^2(x,y) \propto (I_2 - I_1)^2 - (I_1 - I_3)(I_3 - I_5) \quad (2)$$

프레임과 프레임 사이의 위상 간격 α_Δ 는 450° (스캔 간격은 $\Delta = 5\bar{\lambda}/8$, $\bar{\lambda}$ 는 평균파장)로 조정하였다. 식(2)의 I_1 부터 I_5 의 값은 각 픽셀에 대한 연속하는 광강도 데이터 프레임 값이다. 식(2)를 사용하여 구한 포락선 함수의 최댓값 위치를 구하기 위해 가우시안 함수가 최대 정점에서 2차함수 형태를 따르는 특성에 따라 2차함수 맞춤을 사용한다. 포락선 함수를 2차 다항식으로 근사화 하면 식(3)으로 나타낼 수 있다.

$$M(z_i) = a_1 + a_2 z_i + a_3 z_i^2 \quad (3)$$

여기서 포락선 함수 $M(z_i)$ 는 z 축상의 z_i ($i=1,2,\dots,N$) 위치에서의 값을 나타내며 식(3)에서 a_1, a_2, a_3 는 가시도 함수를 이차 다항식으로 표현한 경우 계수 항에 해당한다. 식(3)으로 부터 2차 다항식의 포락선 함수에서의 정점은 $h = -a_2/2a_3$ 에 존재하게 된다. 이 값과 가장 가까운 간섭영상 프레임 번호로부터 렌즈이동 구동횟수인 n_Δ 를 구하게

된다. 식(3)에 적용하기 위해 추출된 N 개의 $M(z_i)$ 값들로부터 식(4)의 행렬식을 구한다.

$$\begin{bmatrix} 1 & z_1 & z_1^2 \\ 1 & z_2 & z_2^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & z_N & z_N^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_N \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기서 행렬 Z 와 벡터 $\vec{a}$, $\vec{m}$ 을 식 (5), (6), (7)과 같이 각각 정의하면 식(4)는 식(8)과 같이 표현된다.

$$Z \equiv \begin{bmatrix} 1 & z_1 & z_1^2 \\ 1 & z_2 & z_2^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & z_N & z_N^2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\vec{a} \equiv [a_1 \ a_2 \ a_3]^T \quad (6)$$

$$\vec{m} \equiv [M_1 \ M_2 \ \cdots \ M_N]^T \quad (7)$$

$$Z \cdot \vec{a} = \vec{m} \quad (8)$$

여기서 최소 자승 근사화 방법에 의해 $\vec{a}$ 는 식(9)와 같이 구할 수 있다.

$$\vec{a} = \frac{Z^T \vec{m}}{Z^T Z} \quad (9)$$

식(9)에서 a_1, a_2, a_3 를 각각 구할 수 있다. 이로부터 n_Δ 를 구하면 구하고자 하는 최댓값이 위치하는 프레임의 z 축 위치값(h_{wsi})은 식(10)과 같다.

$$h_{wsi} = n_\Delta \times \Delta \quad (10)$$

여기서 Δ 는 스캔 간격을 의미한다. 그러므로 측정된 광강도 값에서 구한 포락선 함수로부터 식(3)의 다항식 계수 항들의 값을 구하면 정점의 위치를 검출할 수 있게 된다. 식(10)에서 구한 정점의 위치는 위상값에 따른 위치보상이 필요하다. 이를 위해 개발된 알고리즘 가운데 5 bucket 알고리즘이 사용된다. 이는 가시도의 정점을 중심으로 5개 프레임의 광강도 값을 이용하여 식(11), 식(12)와 같이 위상보상 값 $\Delta\phi$ 를 구할 수 있다.

$$\tan(\Delta\phi) = 2\sin\alpha \frac{I_2 - I_4}{2I_3 - I_5 - I_1} \quad (11)$$

$$\sin^2\alpha = \frac{4(I_2 - I_4)^2 - (I_1 - I_5)^2}{4(I_2 - I_4)^2} \quad (12)$$

따라서 줄무늬 간섭 최댓값의 위치($h_{peak \ fringe}$)는 식(13)으로 구할 수 있다.

$$h_{peak \ fringe} = n_\Delta \times \Delta + \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta\phi\lambda_c}{2\pi} \right) \quad (13)$$

3. 시스템 구성

그림 3의 테스트벤치 시스템을 구성하였다. 그림 3에서 사용한 화상데이터 입력 센서로는 기본픽셀 크기가 $12\mu\text{m} \times 12\mu\text{m}$ 이고 픽셀수가 1280×1024 로 한 화면이 약 1.2 Mega Pixel로 구성된 Progressive Scan CMOS 카메라를 사용하였다. 고속측정을 위해 Z 축 방향으로 이동하는 렌즈의 속도에 대응할 수 있는 카메라의 Frame Rate는 500 fps이며 외부 트리거 기능을 보유한 고속 카메라를 사용하였다. 또한, 렌즈의 Z 축 방향 이동거리를 $200\mu\text{m}$ 로 하였다. 조명광의 평균파장이 640nm 이므로 프레임간의 위상간격 α_Δ 를 450° 로 유지하기 위해서 스캔 간격은 $\Delta = 5\lambda/8$ 의 관계에서 매 400nm 마다 한 프레임의 데이터가 필요하다. 이를 위해 Z 축 방향 이동속도는 $400\text{nm} \times 500/\text{sec.}$ 의 관계에서 $200\mu\text{m/s}$ 로 하였다. 1초에 $200\mu\text{m}$ 이동하므로 500fps의 Frame Rate를 사용하면 $0.4\mu\text{m}$ 마다 1frame을 촬영하여 총 $500\text{frame} \times 1.2 \text{ Mega Pixel}$ 의 데이터를 보유/처리하여 높이 데이터를 구하도록 하였다. 실험에 사용된 시스템의 시야크기는 렌즈배율과 카메라 픽셀수의 관계에서 $15\text{mm} \times 12\text{mm}$ 으로 하였다. 이를 정리하면 표1과 같으며 그림4에 테스트벤치 시스템에서 시스템 성능 검증을 위해 사용한 substrate를 볼 수 있다.

그림 3. 테스트벤치 시스템
Fig. 3. Test Bench System

표 1. 테스트벤치 시스템 규격
Table 1. Test Bench System Specification

항목	규격
CCD Camera	1280×1024 (1.2 mega pixel)
F.O.V.	15mm×12mm
Object lens	1.5×
Zoom lens	0.7×
z axis Scan speed	200μm/s
z axis scan stroke	200μm
substrate	240mm×75mm×0.2mm

그림 4. 서브스트레이트
Fig. 4. Substrate

4. 실험 결과

본 논문에서는 그림3의 대시야 백색광간섭계 (WSI)를 사용한 비접촉식 3차원 검사 장치 테스트벤치를 사용하여 그림4에 보이는 것과 같은 플립칩 Substrate의 플립칩 뱀프 높이를 측정한 반복성(Repeatability) 실험 결과를 제시한다. 한 개의 플립칩 substrate에는 약

그림 5. 측정대상 서브스트레이트
Fig. 5. Inspected Substrate

그림 6. 3D로 표시한 플립칩 뱀프
Fig. 6. Flip Chip Bump Made By 3D Display

그림 7. 플립칩 뱀프 바닥면 광강도 그래프
Fig. 7. Light Strength Graph of FC Bump Bottom

그림 8. 플립칩 뱀프 머리면 광강도 그래프
Fig. 8. Light Strength Graph of FC Bump Head

3,300개의 작은 뱀프가 형성되어 있으므로 모든 뱀프의 높이 값을 빠른 시간에 구하기 위하여 2장에서 설명한 상대적으로 간편한 정점검출 알고리즘을 사용하였다. 그림 5는 시야각 안에 들어온 Substrate를 보여준다. 그림 5의 중앙부분에 촘촘히 플립칩 뱀프가 형성된 것을 알 수 있다. 이중 일부를 3차원으로 표현하여 플립칩 뱀프의 실제 모양을 그림 6에서 3D로 재현하였다. 그림 7은 그림4의 substrate에서 하나의 플립칩 뱀프를 대상으로 할 때 CCD카메라의 하나의 픽셀에 감지된 플립칩 뱀프 바닥면 광강도 데이터를 나타낸다. 세로축에 결과 데이터를 표시하고 가로축에 z축 방향 이동 데이터를 표시 하였을 때 플립칩 뱀프 바닥면 광강도 데이터 측정 결과를 그래프로 표시한 결과이다. 그림 8은 플립칩 뱀프의 머리 부분을 대상으로 그림 7과 같은 방법으로 z축 방향 이동 데이터에 대한 플립칩 뱀프 머리 부분의 광강도 데이터 측정 결과를 그래프로 표시한 결과이다. 두 그래프에서 최대값을 나타내는 부분이 가장 강한 간섭을 나타내는 부분이 되며 가장 강한 간섭을 나타내는 부분사이의 간격이 뱀프의 높이값을 나타내므로 그림 7과 그림 8을 단순히 비교하면 플립칩 뱀프의 높이는 약 40 μ m임을 알 수 있다. 시야각 안에 들어온 모든 플립칩 뱀프에 대해 일정한 측정결과를 나타내는지 검토하기 위해 먼저 그림4의 많은 뱀프 가운데 좌상, 좌하, 우상, 우하, 중앙에 위치하는 임의의 뱀프 5개에 대한 높이 위치 검출성능의 반복성을 구하기 위하여 동일한 Substrate의 동일한 5개 위치 뱀프 높이를 10회

반복측정 하여 식(14)를 사용하여 표준편차 값을 구하였다.

$$R_{ij} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (h_{ijk} - \bar{h}_{ij})^2} \quad (14)$$

여기서,

R_{ij} 는 i행, j열 위치의 범프 높이값 표준편차
 $N = 10$ 은 반복측정 횟수
 h_{ijk} 는 i행, j열 위치의 k번째 범프높이 측정값
 $\bar{h}_{ij}$ 는 i행, j열 위치의 범프 높이 평균값

표 2에 5개 위치 범프의 높이 측정 표준편차 값을 정리 하였다. 표 2에서 알 수 있듯이 임의로 선정한 5개 위치의 범프에 대해 높이 측정 표준편차 값은 최대 0.662 μm 를 넘지 않으며 최소 0.505 μm 보다는 큰 값을 나타냈다. 시야각 안에 들어온 모든 플립칩 범프에 대해 일정한 측정결과를 나타내는지 검토하기 위해 식(14)를 사용하여 구한 각각의 플립칩 범프 높이 측정 표준편차 값의 평균값을 식 (15)를 사용하여 구하였다.

$$R_S = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{i=1}^{N_x=50} \sum_{j=1}^{N_y=66} R_{ij} \quad (15)$$

여기서,

R_S 는 서브스트레이트에 있는 모든 범프 높이값 표준편차의 평균
 R_{ij} 는 i행, j열 위치의 범프 높이값 표준편차

표 3에 서브스트레이트에 있는 모든 범프 높이값 표준편차의 평균값을 정리하였다. 표 3에서 알 수 있듯이 모든 범프 높이값 표준편차의 평균값은 0.622 μm 로 표 2의 5개위치 범프의 높이 측정 표준편차 값의 평균값 0.591 μm 과 크게 다르지 않았다.

표 2. 범프높이 반복성 실험 결과

Table 2. Experimental results of bump height repeatability

	Bump1	Bump2	Bump3	Bump4	Bump5
표준편차[μm] (R_{ij})	0.662	0.633	0.620	0.536	0.505

표 3. 서브스트레이트 반복성 실험 결과

Table 3. Experimental results of substrate repeatability

	서브스트레이트 모든 범프 표준편차 평균
평균[μm] (R_S)	0.622

5. 결 론

본 논문에서는 생산현장 적용을 목표로 대시야 백색광 간섭계를 이용한 3차원 검사 장치를 개발하였다. 플립칩 서브스트레이트의 범프 높이 측정 실험에 따른 반복성 (Repeatability) 실험 결과를 제시하였다. 반복성 실험 결과의 신뢰성 확보를 위해 향후 여러 개의 서브스트레이트에 대한 실험 데이터의 분석이 추가로 요구된다. 이번 실험결과에서는 범프 높이 측정에 소요된 시간 데이터 제시와 분석이 생략되었으나 인라인 적용에 있어서 없어서는 안 되는 데이터임에 틀림없다. 따라서, 시간에 대한 추가 반복실험 결과 및 분석이 요구된다고 할 수 있다. 생산현장에 적용하기 위한 완벽한 검사시스템을 완성한 후 실험 데이터를 분석하는 것이 더욱 요구된다.

References

- [1] Young Mo Koo, Hwang Mansoo, "Development of the Defect Inspection Equipment for Mobile TFT-LCD Modules," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 19, no. 2, pp. 259-264, 2009.
- [2] S. Y. Cho, K. W. Koh, K. C. Koh and M. Y. Kim, "A Study of White Light Interferometry Algorithm and consist of large area Optical System for Wafer Inspection," *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, pp. 7-8, Oct. 2006.
- [3] K. C. Ko, Y. H. Moon, K. W. Ko and M. Y. Kim, "Development of three-Dimension Inspection equipment for Inspection of BGA," *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, pp. 61-62, June 2007.
- [4] D. K. Lee, K. W. Ko, "A Fast Algorithm of White light Scanning Interferometry(WSI) for a Semiconductor Defect Inspection," *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, pp. 63-64, June 2007.
- [5] Kuk-Won Ko, Kyung-Cheol Ko and Jong-Hyeong Kim, "Pole Height Inspection on LCD Glass via High Speed White Light Light Interferometry," *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, vol. 24, no. 4, pp. 21-28, April 2007.
- [6] J. H. You, S. W. Kim, "Meso-scale surface measurement using the low-coherence interferometry," *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, pp. 43-44, Nov. 2007.
- [7] Kuk Won Ko, Soo-Yong Cho, and Min Young Kim, "Development of Elimination Method of Measurement noise to Improve accuracy for White Light Interferometry," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 14, no. 6, pp. 519-522, June 2008.
- [8] J. You, S. W. Kim, "Fast and large-area measurement for a microscopic surface," *Proceedings of*

저 자 소 개

- the Korean Society of Precision Engineering Conference, pp. 735-736, Nov. 2008.
- [9] Jae-Hwan Sim, Kuk-Won Ko, "Development of High Speed 3D height Measurement for White light Scanning Interferometer," *Proceedings of the KAIS Fall Conference, Part2*, pp. 761-764, May 2011.
- [10] D. Malacara, *Optical Shop Testing*, John Wiley & Sons, 2007.
- [11] M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics*, Cambridge University Press, 2010.
- [12] M. C. Park, S. W. Kim, "Direct quadratic polynomial fitting for fringe peak detection of white light scanning interferograms," *Optical Engineering*, vol. 39, no. 4, pp. 952-959, 2000.
- [13] A. Harasaki, J. Schmit and J. C. Wyant, "Improved vertical-scanning interferometry," *Applied Optics*, vol. 39, no. 13, pp. 2107-2115, 2000.
- [14] K. G. Larkin, "Efficient nonlinear algorithm for envelope detection in white light interferometry," *J. Opt. Soc. Am. A*, vol. 13, no. 4, pp. 832-843, 1996.

구영모(Young Mo Koo)

1984년 : 연세대학교 전기공학과 학사
1986년 : 동 대학원 전기공학과 석사
1993년 : 동 대학원 전기공학과 박사
1998년 : 삼성전자 선임연구원
1999년~현재 : 연세대학교 IT학부
디지털전기와 부교수

관심분야 : 신경회로망, LCD, 반도체 검사시스템, 마이크로 프로세서 응용

Phone : +82-31-441-1460

E-mail : ymkoo@yeonsung.ac.kr

이규호(Kyu Ho Lee)

1991년 : 연세대학교 전기공학과 학사
1993년 : 동 대학원 전기공학과 석사
2000년 : 삼성전자 전임연구원
2004년 : (주)엔토시스 팀장
2005년~현재 : (주)에이앤아이 연구소장

관심분야 : FPD, 반도체 검사시스템, 3차원 측정기술

Phone : +82-31-831-0300

E-mail : khlee@anieng.com