

시각 인식 장치에 의한 시각 평면 반도체 IC의 자동 탑재 시스템의 개발 (Development of a FIC surface mounting system by a visual sensing device)

o 김 중형* 조 용철* 조 형석* 정 음섭**
(J.H. Kim, Y.C. Cho, H.S. Cho, Y.S. Jung)

* 한국 과학 기술원 생산 공학과 (KAIST, Dep. of prod. Eng)
** 주식회사 한독 자동화 사업부 (H.D. Ltd., Dep. of Auto. Eng.)

Abstract

The FIC (Flat Integrated Circuits) is widely used for good productivity but very difficult for visual identification. The required position tolerance is 0.05mm and orientation tolerance is 0.25 degree for assembly. The research was performed to detect FIC defects and to estimate the placement of FIC within the tolerances. In this study an automatic visual system is developed, which can successfully perform a fine assembly operation using the cartesian robot

1. 서 론

생산 시스템의 자동화에 따른 부품의 자동 분류, 자동 검사 및 자동 조립을 위하여 시각 장치가 널리 이용되고 있다. 예로서 부품의 형상이나 패턴의 인식 뿐만 아니라 물체의 크기 측정 및 자동 조립시 발생하는 상대적인 오차 및 측정의 정확도가 향상되고, 큰 기계 부품의 형상 인식 및 자동 조립에서부터, 사람의 육안으로 판별이 어려운 소형 전자 제품의 조립 공정까지 이용되어진다. 특히, 정밀 반도체의 제조 공정에는 있어서 소형 다이(Die)를 lead-frame 위에 탑재하는 Die-bonding 작업 [2], 초음파 용접으로 접점간에 wire를 연결하는 wire-bonding [4], 소형 전자 부품의 고밀도 실장을 위한 표면 실장 (surface mounting) [1], PCB 패턴이나 납땜 부위의 양, 불량을 점검하는 검사 시스템 [3] 등에 시각 인식 기술의 연구 및 실용화가 활발히 전개되고 있다.

본 논문에서는 최근 전자 기기의 소형, 경량화, 고기능화를 추진하는 기술로서 고밀도 표면 실장 기술의 하나인 시각 평면 반도체 (FIC, Flat Integrated Circuit)를 판도체 프린터 기판(PCB)에 자동 탑재하는 시스템 개발에 주안점을 둔다.

표면 실장 기술은 최근들어 반도체 소자의 고기능화, 고밀도화 요구에 따라 칩 부품 및 FIC 등의 표면 실장 부품을 사용해서 PCB 표면에 만들어진 전기적 도체 패턴에 전기적 접촉을 행하는 부품 탑재 방식으로 PCB 표면에 다리(lead)를 삽입할 구멍을 만들 필요가 없으므로 고밀도 실장이 가능해진다. 이를 위하여 전자 부품들 중 저항 콘덴서 등은 칩 형상으로 반도체 부품의 면(surface)도 실장 가능한 형상으로 변하고 있는 추세이다. 특히 FIC는 gate-array 및 LCD driver controller 등에 사용되고 있는 것으로서 다리(lead)의 수가 100 편 이상으로 증대되고 있으며 다리(lead)간의 간격도 0.65mm에서 0.50mm로 매우 좁아지고 있다. 따라서 탑재 작업이 고밀도, 고정도화 함에 따라 종래의 수작업으로는 생산성이나 신뢰성 측면에서 만족할 수 없으며, 시각 인식 기능이 없는 로봇에 의한 단순 고시 예의한 탑재 방법으로는 PCB의 패턴에 따라 위치 오차, FIC 다리(lead)의 취급시 생기는 위치 및 방향 오차, FIC 다리(lead)의 양에 의한 불량 등으로 인한 고정도 보상이 불가능하므로 양품의 품질 보장이 고정도 탑재가 어렵게 된다. 이러한 부품의 위치 및 방향 오차의 보정, 검사를 위한 시각 인식 장치는 필수 불가결하다.

본 연구의 목적은 산업용 로봇에 의한 고정도의 4각 평면 반도체의 IC (FIC, Flat Integrated Circuit) 탑재에 있어 핵심 요소 기술인

FIC의 다리(lead) 및 프린터 기판(PCB)의 패턴 인식과 상대적인 위치 오차를 보정할 수 있는 시각 시스템 및 인식 알고리즘을 개발하는데 있으며, 이에 따른 연구내용은 다음과 같다.

- (1) FIC 및 프린터 기판(PCB)의 크기를 자동 인식하는 알고리즘 개발 (2) FIC 및 프린터 기판(PCB)의 위치와 방향 오차를 인식하는 알고리즘 개발 (3) FIC 다리의 양, 불량을 검사하는 검사 알고리즘 개발 (4) 퍼스널 컴퓨터 수준에서 상기의 알고리즘들을 실시간으로 구현 실험이다.

2. 전체 시스템의 개요

그림 (1)에서 나타난바와 같이 FIC 자동 탑재 시스템은 FIC와 PCB를 자동으로 공급하는 부품 공급 장치와 공급된 부품의 자세 인식 및 검사를 하는 시각 시스템 및 조립 작업을 실시하는 직교형 4축 로봇으로 구성되어 있다. 각각의 기능은 다음과 같다.

2.1 FIC용 공급 장치

FIC용 팻릿(pallet)을 적재하고 있다가 주어진 반복 조립 시간 안에 시각 시스템의 인식을 위한 위치까지 FIC 부품을 공급하여 준다. FIC 적재 팻릿은 상하로 자동 공급되고 부품 공급용 Pick & place 장치가 순차적으로 FIC를 분배하며, 자체의 Z80 CPU를 가지고 로봇트 콘트롤러와 통신하면서 작업을 수행한다.

2.2 PCB 공급 장치

콘베이어 벨터를 이용하여 조립되는 PCB를 로봇트 작업 범위내의 조립 위치까지 공급해준다.

2.3 시각 시스템

시각 시스템에서는 조립 부품인 FIC 및 PCB의 위치 및 방향을 인식하고 FIC의 양, 불량을 검사한다. 시각 시스템은 FIC와 PCB의 영상을 얻는 카메라 대와, 영상 신호를 디지털 Frame grabber (FG-100-AT, Image Tech co.), 이진 영상 (binary image)을 쉽게 얻기 위한 조명장치, 영상의 처리와 인식 알고리즘 구현을 위한 IBM-AT, 시스템의 동작 상태 및 인식된 정보를 사용자에게 알려주는 디스플레이 모니터로 구성되어 있다. 특히 FIC의 영상을 확대하기 위하여

카메라 렌즈에 접사링(closed-up ring)을 부착하여 확대된 영상 정보로부터 정밀한 오차 및 방향 오차 측정, 다리의 양·불량을 검사할 수 있게 했다.

2.4 로봇 시스템

(주)한독에서 제작한 직교형 4축 로봇으로 위치 및 반복 정밀도가 3/100mm이며 FIC를 흡착하여 프린터 기판에 탑재하는 작업을 수행한다.

2.5 작업 순서

그림 (2)에서 보이는 바와 같이 전체의 작업은 크게 세 부분으로 나뉜다. 첫째, FIC 공급 및 인식 둘째, PCB의 공급 및 인식 셋째, 인식된 조립 부품들을 로봇으로 탑재하는 것이다. FIC 공급 장치는 조립하고자 하는 FIC를 시각 장치의 검사 장소에 위치시킨다. 시각 장치로 FIC의 양·불량을 검사하고 검사 장소에서 FIC의 위치 및 방향 정보를 로봇 제어기에 전송한다.

동시에 로봇 팔에 붙어 있는 PCB 인식용 카메라가 콘베이어를 타고 공급된 PCB를 인식하여 FIC가 탑재될 자리의 위치 및 방향 정보를 로봇에게 알려 주어 처리하게 한다.

로봇은 각 부품의 위치 및 방향 정보에 따라 FIC를 잡아서 상대적 위치 및 방향 오차를 보정한 후 PCB위에 위치시키고 탑재한다.

3. FIC 및 PCB 인식 알고리즘

3.1 FIC 인식

FIC 영상은 그림 (3)에서 보여진 바와 같이 사각형 몸체 주위로 일정 피치의 다리(lead)들로 이루어져 있다. 본절에서는 FIC의 중심의 위치와 기준선에 대한 방향을 구하고, 각 다리(lead)에 양·불량 상태를 점검하는 알고리즘을 제안한다.

3.1.1 조명 방식 및 영상 thresholding

FIC본체는 검은색 바탕에 세라믹 재질이고 사방의 명도(lead)들은 금속성이기 때문에 직접 조정에 의한 영상 처리 방법은 외부 조명 조건에 민감하고, 영상 자체가 정교하지 못하여 처리 시간이 길어지고, 인식 정보의 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 강한 역광(back light)의 조명과 불투명 유리를 통하여 FIC영상을 얻도록 하였다. 이로써 배경과 FIC본체, 다리(lead)부의 명암에 대한 구분이 명료하게 되었으며, 이진 영상(binary image)를 얻기 위한 thresholding이 용이하게 되었다.

3.1.2 위치 및 방향 인식

FIC영상은 사각형 본체에 일정 피치의 다리(lead)들로 사방으로 배열되어 있기 때문에 기하학적으로 복잡한 형상을 이루고 있다. 영상 데이터 입력 면에서, 처리 시간을 줄이기 위하여 이미지 디지타이저로부터 최소한의 영상 데이터를 읽어 사용하였다. 이는 십자 템플레터를 이용하여 FIC를 근사적으로 찾은 다음 적절한 가상의 상자를 영상면에 취위 상자 테두리에 걸리는 다리(lead)들만의 영상 정보를 이용하도록 했다. 위치 및 방향 정보 인식을 위하여 본 연구에서는 상자의 테두리 선분과 교차되는 FIC 다리(lead)들의 모서리 점들의 선분상의 중점을 구한다. 각 모서리의 중심 좌표의 부영점으로 부터 위치 및 방향 정보를 구한다.

구체적인 인식 알고리즘은 그림 (4)에 나타난 바와 같이, 요약하면 다음과 같다.

- 1) 영상의 threshold 값을 조절하여 다리(lead)부가 제거된 FIC 본체만의 영상을 얻는다.
- 2) FIC 본체가 놓이는 위치 및 방향을 탐색하기 위하여 십자 템플레터를 [5][6]를 쓴다.
- 3) 십자 템플레터의 양방향 길이가 같아지도록

템플레터의 중심을 수정한다.

4) 위치 정보가 정해지면 방향 정보를 근사적으로 구하기 위하여 추가의 두 선분을 얻는다. 여기서 얻어진 선분과 FIC본체와 만나는 시작점과 끝점을 인식하여 근사적인 방향 정보를 구한다.

5) 구해진 위치, 방향, 템플레터의 크기로 부터 네 점 모서리부위를 인식한다.

6) 영상의 threshold값을 조절하여, 다리(lead)와 FIC본체가 같이 나타나는 영상을 얻는다.

7) 5)에서 구해진 네 점의 모서리 정보로부터 가상의 상자를 선정하고 그 주변의 영상 데이터를 얻는다.

8) 상자 주변의 다리(lead)의 모서리(edge)를 구하고, 상자 주변의 두 선분과 교점의 좌표들을 구한다.

9) 각 선분상의 교점 좌표들의 X, Y 평균을 구한다.

10) 마주보는 선분끼리의 X, Y 정보로부터 FIC의 중심 좌표와 방향 정보를 구한다.

3.1.3 FIC 다리(lead)의 검사

그림 (3)에서 보여지듯이 FIC 다리(lead)들은 취약하여 쉽게 변형이 된다. 이에 따른 불량(lead)의 종류는 굽힘(bending), 없음(empty), 찢림(breaking) 등으로 구분되며 각 다리의 피치를 점검하면 충분하다. 이를 위하여 다리부의 높이를 따라 1/4, 1/2, 3/4을 잇는 상자를 추가로 얻어 다리의 중심 좌표를 구한 다음, 다리 중심 좌표간의 간격 즉 피치를 비교하여 검사한다. 구체적인 알고리즘은 그림 (5)에 나타나 있다.

3.2 PCB 영상의 인식

PCB영상은 FIC 다리부에 상응하는 구리 성분의 패턴이 있고 위치 결정을 위한 원형 표시가 두 개 있다. 또한 패턴부 이외는 예측치 재질 이므로 빛의 반사율의 차이가 많아 쉽게 이진 영상(binary image)을 얻을 수 있다. PCB의 위치 및 방향 결정은 위치 결정용 원형 표시를 인식하여 Chain-code화하여 표시의 위치를 결정하고 두 표시의 상대적 위치로부터 방향을 구했다.

3.3 영상 처리 Display 및 Monitoring

FIC영상 및 PCB영상 처리결과를 화면에 표시함으로써 처리과정을 Monitoring 할 수 있게 했다. 영상 처리가 끝난 경우, 위치 및 방향, 로봇가 보정해야 할 위치 및 방향 오차량, 특히 FIC의 경우 다리 불량 위치를 쉽게 판독 할 수 있게 하였다. 사진 (1)은 FIC 및 PCB의 영상 인식 결과를 보여 주고 있다.

4. 실험 및 결과

영상면에서의 위치 및 방향 오차를 실제 공간상에서 로봇가 보정하기 위해서는 카메라의 calibration을 하여야 하고 또한 이에 따른 정밀도 및 반복도를 검증하여야 한다. 본 연구에서는 정밀도 및 반복도 실험을 위하여 정밀 X-Y-θ Table위에 측정 부품을 올려놓고, 카메라를 Table면에 수직으로 고정하였다.

4.1 카메라 calibration

카메라의 주축(principle axis)와 실제의 3차원 공간상의 Z축과 일치시켜 영상 좌표와 3차원 좌표간의 변환 관계를 간략화 시켰다. 또한, 일정한 격자(grid)가 있는 투명 용지를 두고, 화면상의 대응되는 점들을 인식하여 영상면의 X, Y, θ 방향의 확대계수(scale factor)를 구하였다. 이러한 확대계수는 화소의 위치에 따라 비선형성을 가지나 본 실험에서는 이를 무시하고 일정한 상수 값으로 결정했다.

4.2 정밀도 및 반복도 실험

앞절에서 구해진 확대 계수(scale factor)를 가지고 측정된 부품의 위치 및 방향의 값과 정밀도 X-Y-θ Table에서 인위적으로 준 값을 비교함으로써 정밀도 및 반복도를 측정하고자 한다. X-Y 방향의 위치 오차는 1/1000 mm Dial gauge를 이용하여 측정하였고 θ 방향의 각도 오차는 9/1000°의 분해능을 지닌 Index table을 사용하였다. 그림 (6)은 X-Y 방향으로 0.1mm 간격으로 3mm 범위까지 움직였을 때 상대적인 오차를 보여주고 있다. 여기서 최대 오차는 ±0.1mm 내에 들며 이는 화면에서 1 화소(pixel)의 범위이다. 그림 (7)은 θ 방향으로 0.2° 간격으로 3.2° 범위까지 회전하였을 때 상대적인 각도 오차를 보여주고 있다. 각 데이터들을 나타낸 표시는 20회 반복 실험한 결과로부터 그 평균값을 낸 것으로 하고 측정 최대값과 최소값의 차이를 나타낸 것이다. 실제 θ Table과 비교할 때 최대 각도 오차는 0.1° 이내이다. FIC의 PCB상에 탑재시 서로의 상대 각도 오차가 매우 중요시 된다. 다리 간격이 0.65mm인 경우 조립 가능 최대 허용 오차가 ±0.5°, 다리 간격이 0.5mm인 경우는 ±0.25° 인 것을 감안할

[참고 문헌]

1. "시각 인식 장치에 의한 FIC 실장의 자동화", 일본 자동화 기술, 제 19권 2호 pp44-49 (1987)
2. 번증남, 오상록, 서일홍, 유법제, 안태영, 김재욱, "반도체 소자용 Die bonding system의 개발", KACC VOL.1, pp353-359 (1988)
3. Yasuhiko, Hara, Hideaki do, Koichi -karasaki, Tamashi Iida, "A system for PCB automated inspection using fluorescent light"
4. Masahiko yachida, Saburo tsuji, "Industrial computer vision in japan", IEEE computer May pp50-63 (1980)

때 어느 경우든지 요구되는 허용 오차 범위에 들게됨을 알 수 있다. PCB 인식에 대한 정밀도는 FIC에서의 측정 위치 오차 범위내에 있음을 점검 할 수 있었다.

5. 결 론

시각 장치를 이용한 FIC 탑재 시스템을 개발함으로써 고정도의 FIC 탑재 작업을 자동화함과 동시에 제품 품질의 신뢰성을 향상시킬 수 있었다. 이것은 시각 인식 알고리즘의 고정밀도 및 반복도에 의해서 가능하게 되었다. 실험 결과에서 보여진 바와 같이 FIC 부품의 위치 정밀도는 다리(lead) 중심의 평균 값을 이용함으로써 영상면의 1 화소(pixel)내에 든다. 또한 방향 정보를 인식하는데도 이러한 평균 개념을 사용함으로써 0.1°의 정밀도를 가질 수 있었다. 동시에 FIC 다리(lead)의 불량까지도 인식이 가능하므로 탑재 불량률도 없앨 수 있었다. 알고리즘의 처리 시간면에서도 IBM-PC, AT를 사용하여 실시간내에 수행함으로써 로봇을 이용한 작업에서 높은 작업성을 얻을 수 있었다. FIC 및 PCB의 영상 처리 시간은 실제로 총 2.5-3.0초가 걸렸다.

5. J.L.Potter, "Scene segmentation using motion information" CGIP6, pp558-581, (1977)
6. 조용철, "산업용 로봇의 영상 귀환 제어를 위한 시각 정보 처리 시스템의 개발", 한국과학기술원 생산공학과 석사논문 (1986)
7. "FG-100-AT user's manual", Image Tech. Inc, (1988)

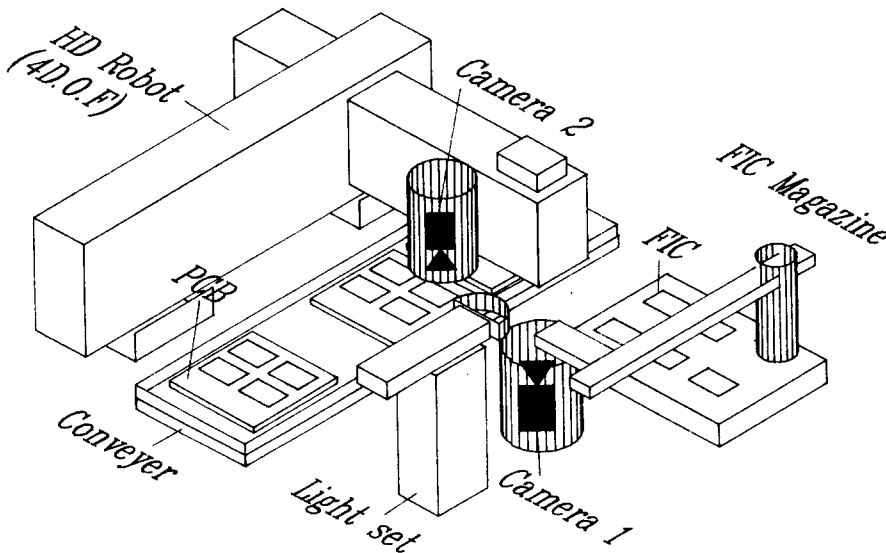


그림 1. 전체 시스템 구성

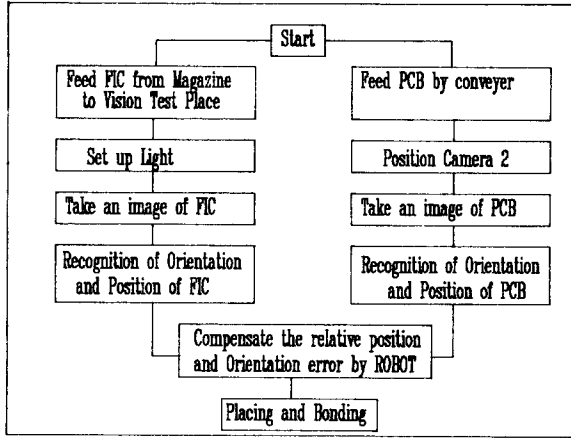


그림 2. 시스템 작업 순서도

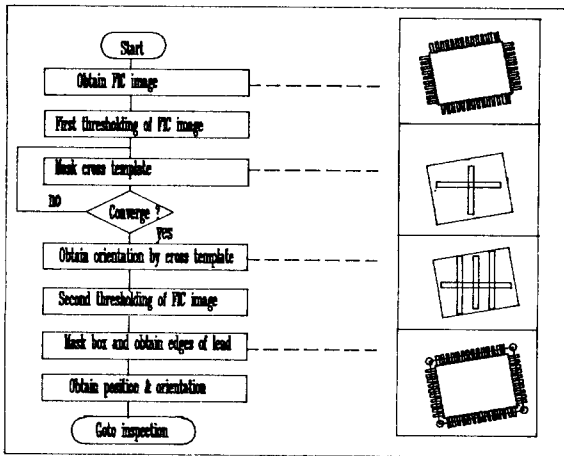


그림 4. FIC 위치 및 방향 인식 알고리즘

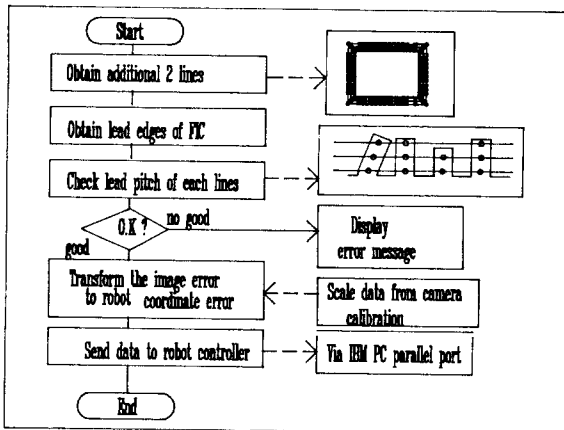


그림 5. FIC 검사 알고리즘

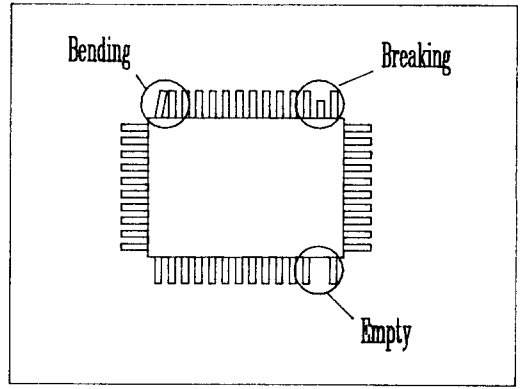


그림 3. Flat Integrated Circuit (FIC) 영상

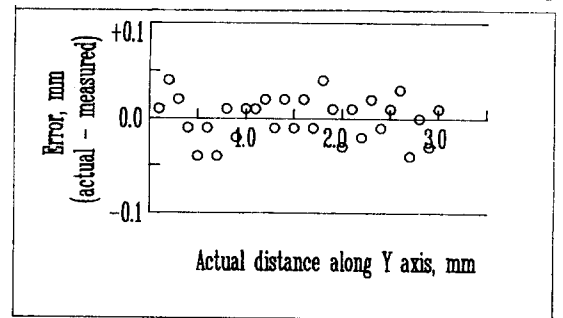
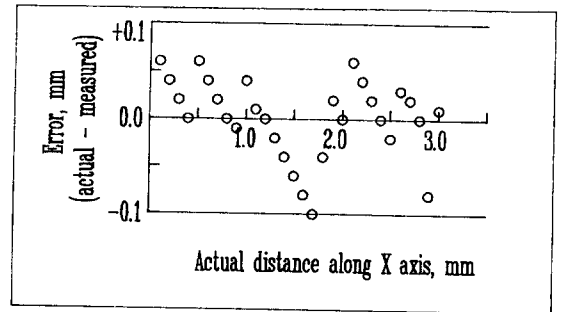


그림 6. FIC 위치 정밀도 및 반복도 실험 결과

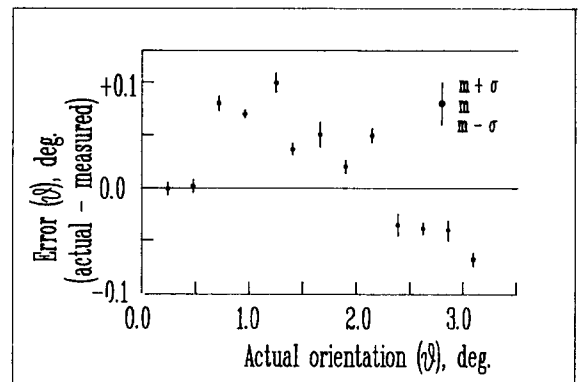
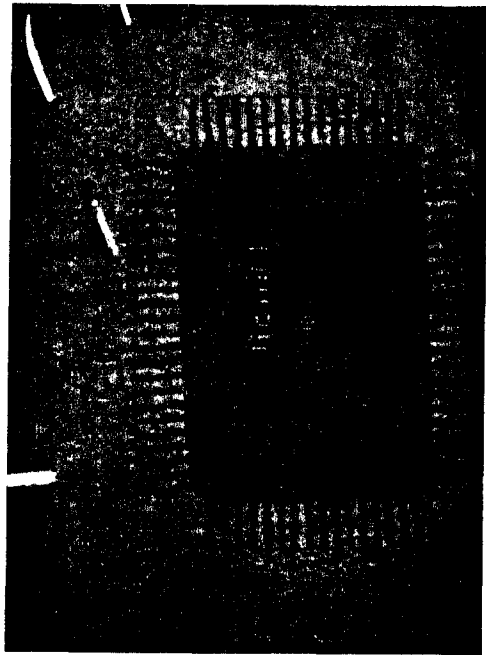
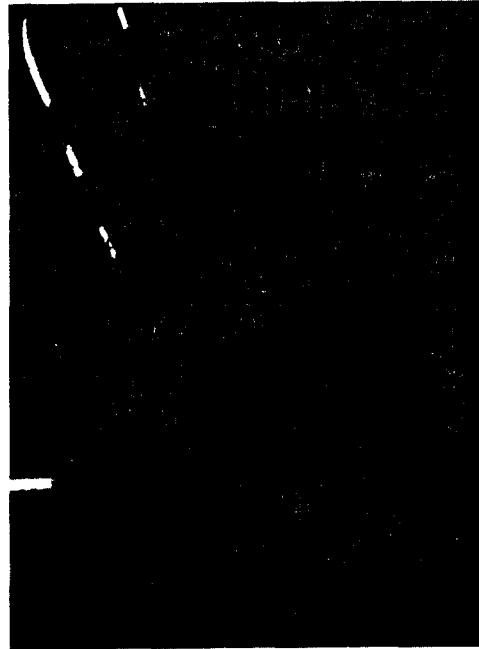


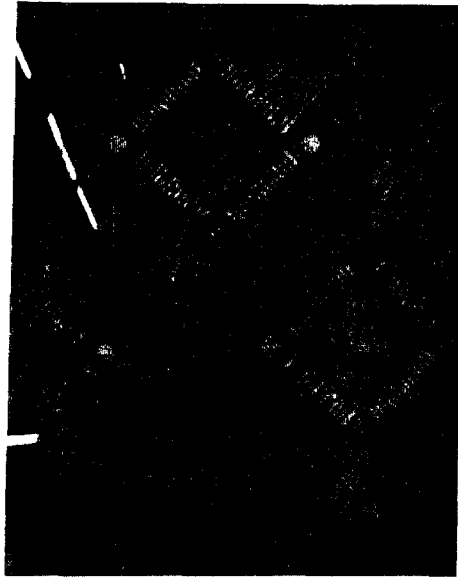
그림 7. FIC 방향 정밀도 및 반복도 실험 결과



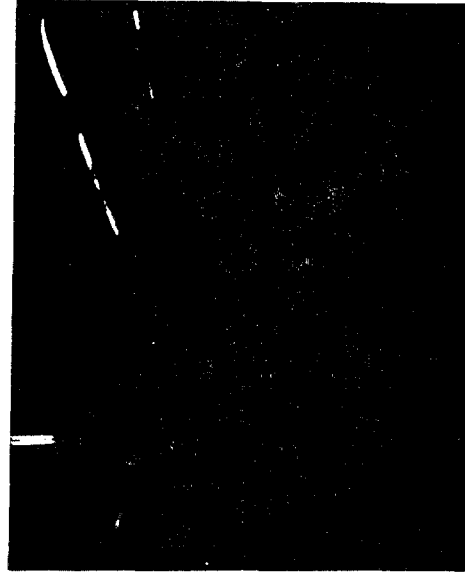
(a) FIC 양품 인식 결과



(b) FIC 불량품 인식 결과



(c) PCB 영상



(d) PCB 인식 결과

사진 1. FIC 및 PCB 영상 인식 결과