

## 초고해상도 비전 검사 시스템의 개발

장홍식 · 김형남\* · 조상복

울산대학교 전기전자 및 자동화공학부, (주)STI\*

### <요약>

본 연구는 리드 피치가 15mil인 208핀 QFP 칩을 검사하는 초고해상도의 비전 검사 시스템을 개발하는 것이다. 이에 다른 새로운 하드웨어와 소프트웨어를 개발하였으며, 칩 리드 검출을 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 조명의 간섭에 대한 강한 특성을 가지며 검사 속도 및 정밀도를 향상시켰다.

## Development of a super high resolution vision inspection system

Hong Sik Jang · Hyung Nam Kim\* · Sang Bock Che

The School of Electrical Eng. and Automation, STI inc.

### <Abstract>

In this paper, we develop the super high resolution vision inspection system that inspects 208 pin QFP chip type with 15mil lead pitch. We suggested a new algorithm of software which detects the lead of chip and designed a hardware system. The suggested method has strong characteristics of light intensity and improved inspection speed and precision.

## 1. 서 론

고기능 전자회로의 급속한 발전으로 전자회로를 구성하는 반도체 칩인 부품의 수량과

종류가 증가하고 리드간격(pitch)이 줄어들면서 소형화 되는 추세이며, 이렇게 소형, 경량화 되어 가면서 사람의 육안으로 부품의 위치, 방향 및 리드의 불량 유, 무 등을 검사하고 판정하는 것은 시간과 정밀도 면에서 한계가 있으므로 생산성 향상을 위하여 비전 모듈 시스템의 개발이 꾸준히 요구되고 있다. 반도체 칩을 설계하여 제작하고 난 뒤 칩의 패키징 형태를 테스트하는 것은 매우 중요하다. 아무리 바른 설계와 칩 제작과정을 거쳐 제작되었다 할지라도 칩의 패키징이 제대로 되지 않으면 정상동작을 행하기가 힘들기 때문이다. 최근 컴퓨터 시스템의 급속한 발전으로 반도체 부품의 자동조립과 검사에 있어 시각 시스템의 필요성이 증가하고 있으며, 이에 대한 연구가 진행되어 왔다. 기존에 제안된 방법으로는 반도체 소자의 위치 및 방향을 탐지하고 물체의 관성 모멘트를 이용하여 물체의 중심 및 기울어짐을 찾는 방법이 있으며, 이 방법은 소자에 해당하는 모든 화소에 대하여 1차 및 2차 모멘트를 구하여 관성주축을 지나는 직선을 찾는 방법이고, Horn이 제안한 투영기법은 물체를  $x$ 축,  $y$ 축,  $y=x$ 에 각각 투영시킨 결과로부터 물체의 중심점 및 방향을 찾는 방법이다.

또한 Hough 변환에 의한 방법은 소자의 윤곽선을 찾은 후 윤곽선에 대하여 Hough 변환을 파라메터 영역에서 가장 빈도수가 큰 셀을 찾아 기운 각도를 결정하는 방법이다. 이 방법은 잡음에 강한 특성이 있으나 처리시간이 길어 실시간 처리가 어렵다는 단점이 있어 영상의 모서리 점만을 찾아서 Hough 변환을 이용하는 방법이 주로 사용되어 왔다.

앞에서 설명한 방법들은 LED확산 조명을 반도체 칩의 후방에서 비춰 그림자 영상 즉 투영 영상을 취득하여 칩 리드의 불량을 검사하므로 검사 항목에 있어서 신뢰성이 다소 떨어진다.[2][3] 이러한 칩을 검사하는 비전 모듈 시스템은 칩의 형태에 따른 검사의 신뢰성이 핵심적인 사항이라 하겠다. 본 연구에서 제안한 방법은 QFP 반도체 칩의 4면 영상을 모두 습득하여 제안된 알고리즘으로 칩 리드의 불량을 검사하므로 기존의 방법에 비해 검사 항목의 신뢰성이 증가한다. 리드간격이 15mil 단위와 같은 고해상도 시스템을 요구하는 칩을 종래의 방법으로 실시간 검사하는 것은 부적합하며 새로운 알고리즘과 그에 맞는 프로그램이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 15mil 단위의 고해상도로 대규모의 칩을 테스트하는 고해상도의 비전 모듈 시스템을 개발하는 것이 목적이다. 향후 칩의 형태가 다양화되고 규모가 커짐에 따라 이러한 고해상도의 비전 모듈 시스템 개발은 필수적이다.

## 2. 비전 모듈 시스템 구성

비전 모듈 시스템은 반도체 칩의 각 면의 리드 영상을 각각 취득할 수 있는 하드웨어와 취득한 영상을 처리하여 빠른 시간 내에 리드의 불량 유무 등을 검사할 수 있는 소프트웨어로 구성되어 있다.

### 2.1 비전 모듈 시스템 하드웨어

본 연구에서 사용한 비전 모듈 시스템 하드웨어는 칩 인스펙터 검사 소프트웨어를 탑재한 PC로 구성되어 있다. 칩 인스펙터는 광원, 반사경, 디지털 카메라, 전송케이블로 구성되어 있어 칩의 측면 영상을 디지털 카메라에서 취득하여 PC로 전송한다.

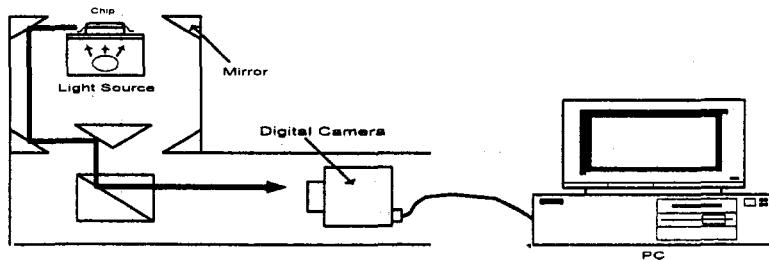


그림1. 비전 모듈 시스템 하드웨어

## 2.2 비전 모듈 시스템 소프트웨어

디지털 카메라에서 취득한 칩의 측면 영상은 비전 모듈 시스템 소프트웨어 즉 VI700 프로그램에서 칩 리드의 불량 검사를 항목 별로 실시하며 VI700프로그램은 그림2에 나타나 있다.

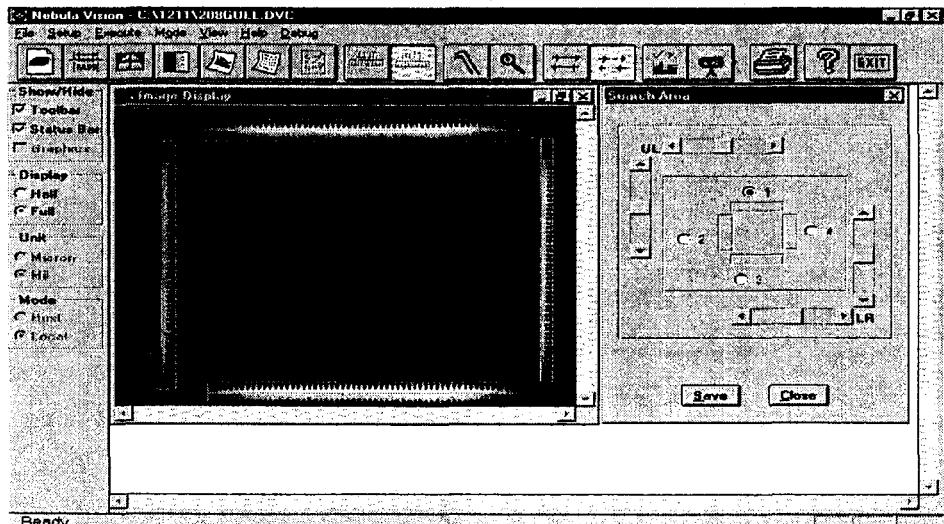


그림2. VI700프로그램 전체 화면

## 2.3 VI700 Calibration 사용

디지털 카메라에서 취득한 영상을 화면에 나타낼 때 카메라의 해상도에 따라 픽셀(pixels)간의 거리와 기울기(slope)가 달라지므로, 정확한 길이를 알고 있는 Calibration Block(그림3)을 이용해서 픽셀간의 거리와 기울기를 구할 수 있다. 그 결과가 그림4에 나타나 있다.

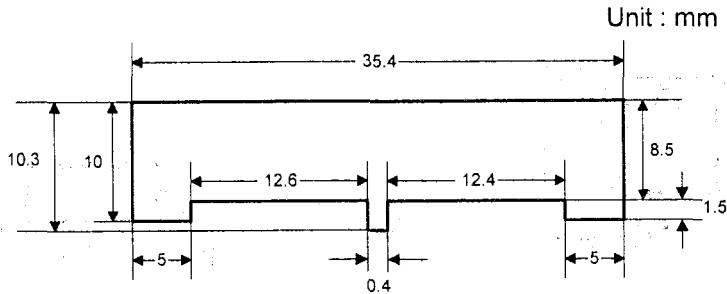


그림3. Calibration block

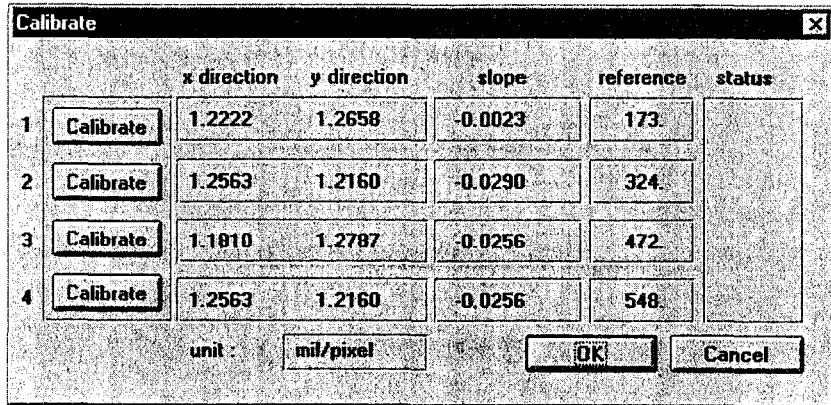


그림4. Calibration 윈도우

### 3.제안된 알고리즘

#### 3.1 칩 리드 경계 알고리즘

기존의 칩 리드의 경계를 검출하기 위해 흑백 농도의 분턱값을 이용하여 경계를 검출하고 리드를 찾는 방법을 사용하였다. 그러나, 리드의 피치가 20mil 정도인 칩에서 기존의 방법을 적용하는 경우 리드의 경계를 검출하여 리드의 폭을 결정하는데 있어서 오차가 상당히 크게 발생하였다. 리드의 피치가 작을수록 리드와 리드 사이의 그레이 농도의 분포가 완만한 값을 가지므로 그 분턱 농도값을 정하기란 매우 어렵고, 디지털 카메라로부터 습득한 칩의 이미지에서 칩 가운데 부분과 양쪽 끝 부분의 밝기가 서로 다르므로 분턱값을 하나로 결정하기란 매우 어렵다. 또한 가장 큰 문제점은 그레이 농도 분턱값이 라이트 소스의 세기에 따라 크게 변하므로 빛의 세기를 높이면 분턱값이 높아지고, 빛의 세기를 낮추면 분턱값이 전반적으로 낮아지는 현상을 보이고, 칩의 가운데 부분과 양쪽 끝부분에서 빛의 세기가 서로 다르므로 그레이 농도 분턱값도 역시 서로 다르다. 따라서, 칩 리드의 피치가 20mil 이하로 줄어들고 칩의 가운데 부분과 양끝 부분에서의 빛의 밝기가 서로 다른

경우에 빛의 밝기에 영향을 덜 받으면서 가장 효과적으로 리드의 경계를 검출하고 리드의 폭을 결정할 수 있는 새로운 알고리즘이 필요하다. 따라서, 본 연구에서 칩 리드의 경계를 검출하기 위해 제안된 알고리즘은 그레이 농도값의 기울기를 이용하여 경계를 검출하고 리드의 폭을 결정하는 방법이다. 서치윈도(그림5)를 따라 칩 리드의 픽셀 농도값을 각각 조사해 보면 그림6 및 그림7과 같은 농도분포가 나타난다.

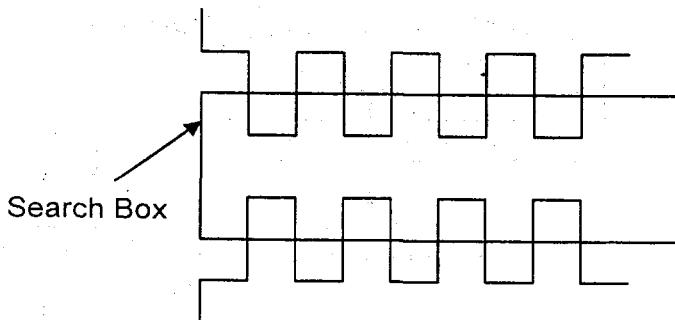


그림5. 칩 리드 이미지

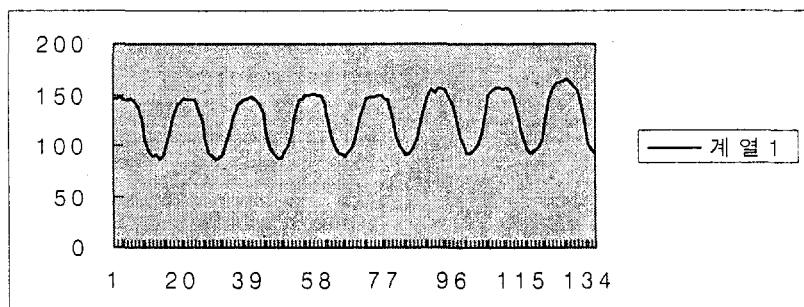


그림6. 리드의 그레이 농도분포

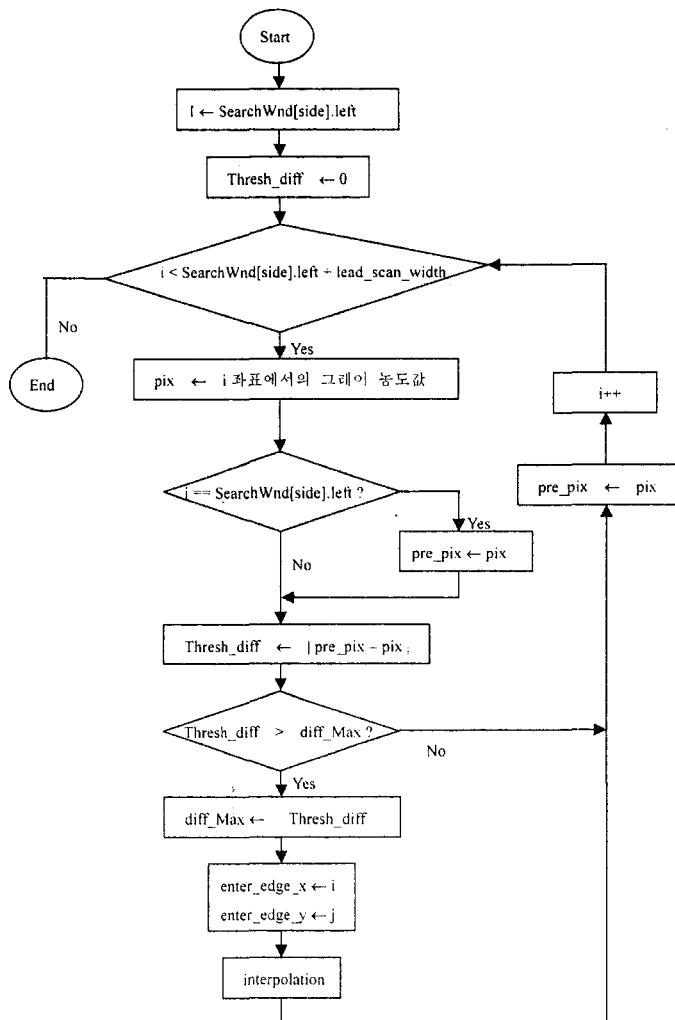


그림7. 순서도

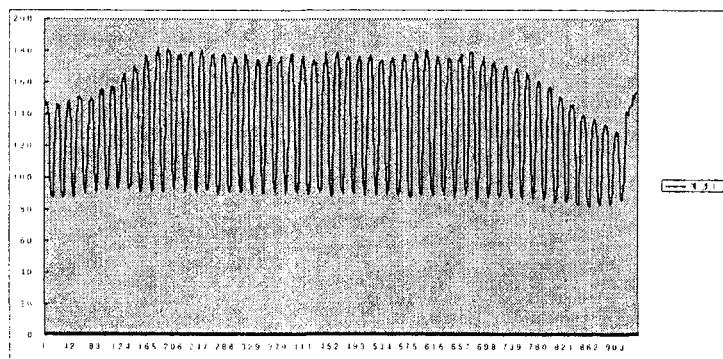


그림8. 칩 전체 그레이 농도 분포도

칩의 이미지에서 빛의 밝기가 고르지 못하므로 일정한 그레이 농도 문턱값을 정하는 것은 어렵기 때문에 리드의 경계를 결정할 때 농도의 기울기가 가장 가파른 부분을 경계로 선택하는 것이다. 서치박스의 좌측상단 픽셀에서 농도값을 읽어서 pix에 저장시키고 리드의 폭만큼 픽셀의 수를 증가시킨다. 이 때 농도차 Thresh\_diff는 pix와 pre\_pix의 차로서 정의되고, Thresh\_diff가 Th\_Max라는 값보다 크면 현재 픽셀 x좌표값 i가 enter\_edge\_x변수에 저장된다. Th\_Max는 현재의 Thresh\_diff로 갱신되고 pre\_pix 역시 현재의 pix로 갱신된다. 이런 과정을 반복하게되면 enter\_edge\_x에 저장되어 있는 좌표값은 결국 그레이 농도차가 가장 큰 값이며 이 좌표가 바로 리드의 경계가 되는 것이다. 리드의 검사항목을 결정하는데 필요한 좌표들은 그림9에 나타내었고, 이들을 구하기 위한 순서도는 그림7에 나타나 있으며 알고리즘은 다음과 같다.

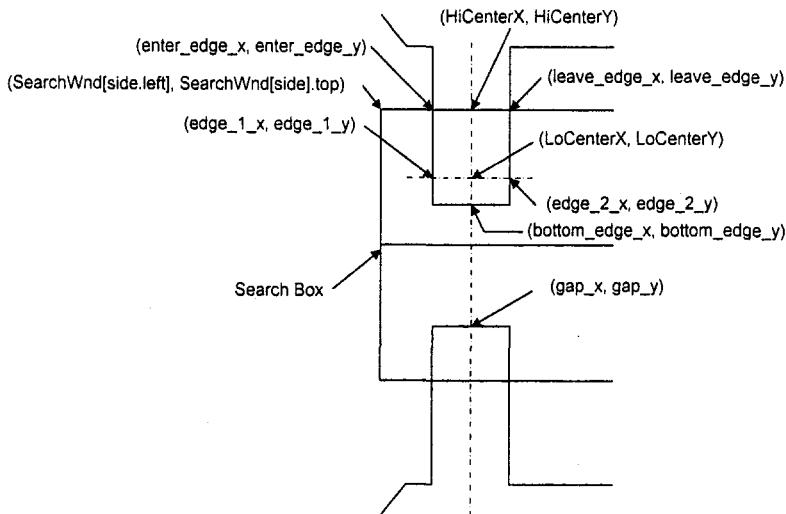


그림9. 검사항목에 필요한 좌표들

1. (enter\_edge\_x, enter\_edge\_y) 좌표구함
2. (leave\_edge\_x, leave\_edge\_y) 좌표구함
3. ( $\text{HiCenerX}, \text{HiCenterY} = ((\text{enter\_edge\_x} + \text{leave\_edge\_x})/2, (\text{enter\_edge\_y} + \text{leave\_edge\_y})/2)$ )
4. ( $\text{HiCenerX}, \text{HiCenterY}$ )에서 아래 방향으로 탐색하여 리드의 끝을 검색한다.
5. ( $\text{bottom\_edge\_x}, \text{bottom\_edge\_y}$ ) 좌표구함
6. ( $\text{bottom\_edge\_x}, \text{bottom\_edge\_y}$ ) 좌표에서  $+y$  방향으로 2픽셀 증가
7. 좌측으로 좌표값을 감소시켜 리드 왼쪽 경계 검출하여 ( $\text{edge}_1_x, \text{edge}_1_y$ ) 좌표구함
8. 6번에서 우측으로 좌표값을 증가시켜 리드의 오른쪽 경계 검출하여 ( $\text{edge}_2_x, \text{edge}_2_y$ ) 좌표구함
9. ( $\text{LoCenerX}, \text{LoCenterY} = ((\text{edge}_1_x + \text{edge}_2_x)/2, (\text{edge}_1_y + \text{edge}_2_y)/2)$ )
10. 위에서 구한 좌표들에 대하여 slope보정을 한다.
11. ( $\text{bottom\_edge\_x}, \text{bottom\_edge\_y}$ ) 좌표에서  $-y$ 축 방향으로 증가시켜가며 허상의 리드 끝 부분을 검출하여 ( $\text{gap}_x, \text{gap}_y$ ) 좌표를 구한다.

### 3.2 리드 검사 항목 및 리드 검사 코드

칩 리드의 검사항목은 Coplanarity, Pitch, Width, Skew, Burr, Stand off, Length Deviation, Terminal Device로 총 8개가 있다.

#### 3.2.1 Coplanarity

Coplanarity는 칩 리드의 길이가 가장 긴 것에서 각각의 리드 길이를 뺀 차로서 구한다. 그림10(a)은 coplanarity의 정의를 나타낸것이고, 그림10(b)는 실제 영상에서 coplanarity를 구하는 방법을 보여준다.

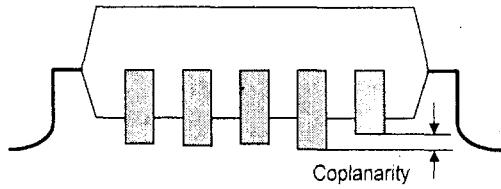


그림10(a). Coplanarity 정의

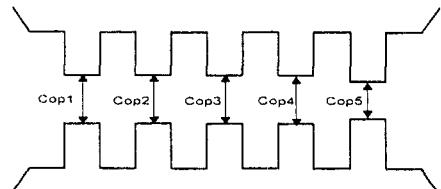


그림10(b). 칩 영상에서 본 coplanarity

Coplanarity 계산시 5번 펈이 기준편이 되며, 각각의 펈에 대해 다음과 같은 계산을하면 coplanarity의 상대적인 오차를 구할 수 있다.

$$\text{Coplanarity 오차} = \text{cop1-cop5}$$

#### 3.2.2 Pitch와 Width

그림 11(a)는 Pitch를 나타내고, 그림 11(b)은 Width를 나타낸다.

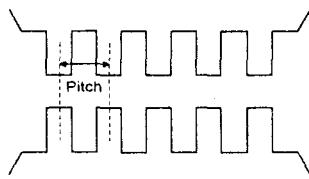


그림11(a). Pitch 정의

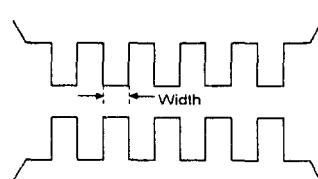


그림11(b). Width 정의

Pitch는 현재 펈의 LoCenterX - 이전 펈의 LoCenterX으로 나타내고, Width는 width = edge\_2\_x - edge\_1\_x으로 나타낸다.

### 3.2.3 Skew와 Stand off

그림 12(a)는 Skew를 나타내고, 그림 12(b)는 Stand off를 나타낸다.

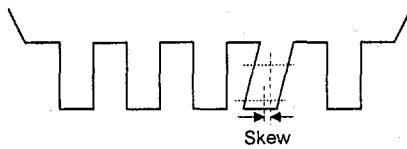


그림12(a). Skew 정의

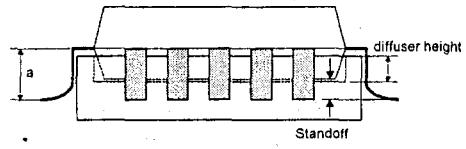


그림12(b). Standoff 정의

Skew의 크기는  $\text{skew} = \text{HiCenterX} - \text{LoCenterX}$ 으로 나타내고, Standoff의 크기는  $\text{Standoff} = a - \text{diffuser height}$ 으로 나타낸다.

### 3.2.4 Length Deviation 와 Terminal Device

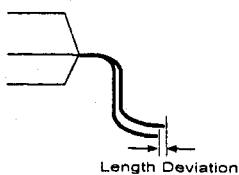


그림13(a). Length Deviation 정의

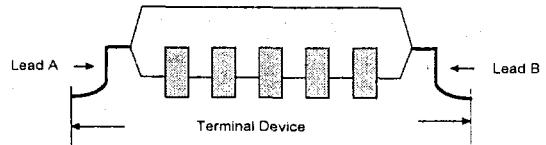


그림13(b). Terminal Device 정의

Length Deviation은 그림 13(a)와 같이 Coplanarity가 변함에 따라서 위에서 본 Lead의 길이가 변화하는 것을 나타낸다. Terminal Device는 그림 13(b)와 같이 칩의 전체적인 크기로 Lead A에서 Lead B까지의 길이를 측정하는 것이다.

### 3.2.5 Burr

리드와 리드 사이의 1/3, 1/2, 2/3 지점에서 burr를 각각 검출한다. burr가 존재하는 곳은 그레이 농도 기울기가 급격히 변하는 곳이 존재하므로 농도차가 30이상 나는 곳이 있으면 burr가 존재하는 것으로 보면 된다.

#### 4. 검사 항목을 선택한 후 inspection 실행 결과

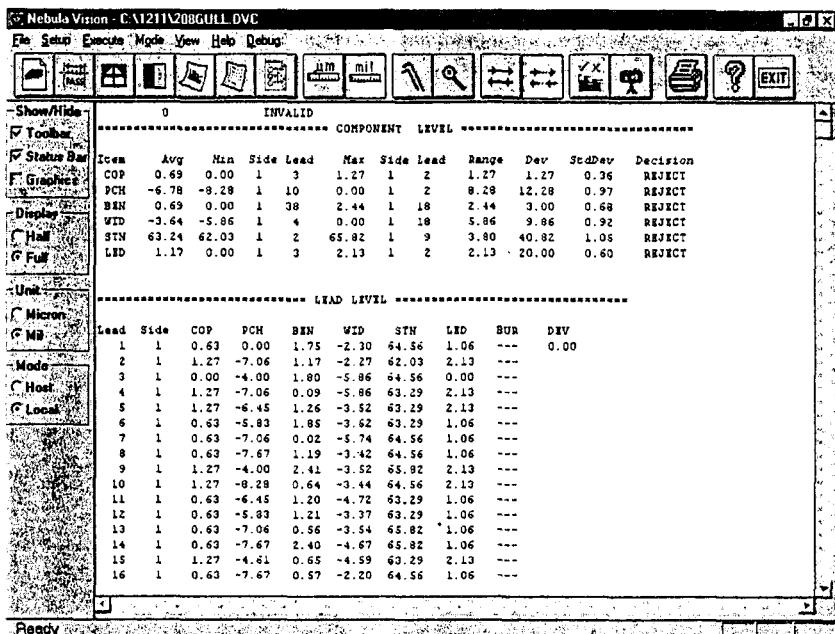


그림 14. 실행 결과 화면

위의 그림 14는 검사하고자 하는 위치의 핀을 Search Box로 선택한 다음 Inspection을 해서 나타나는 결과 화면이다. 결과 수치의 단위는 mm로서 검사항목 8가지의 결과를 나타내고 있다. 위의 결과에서는 Pitch(PCH)와 Width(WID)의 결과가 약간의 오차가 있는 것으로 나타나는데, 이것은 새로운 Interpolation 알고리즘을 개발해서 줄일 수 있다.

#### 5. 결론 및 향후과제

반도체 칩 리드의 불량 유, 무 등을 검사하고 판정하는 비전 모듈 시스템을 개발하였다. 본 연구는 하드웨어와 소프트웨어의 개발의 2가지 형태로 나누어져서 진행이 되었다.

첫째가 반도체 칩 리드의 실제 이미지를 디지털 카메라로 찍을 수 있는 하드웨어의 개발이었다. 하드웨어의 개발에서는 가장 선명한 이미지를 얻을 수 있도록 하는데 중점을 두고 진행이 되었다. 또한 하드웨어의 크기와 무게를 작고 가볍게 하기 위해서 많은 연구를 했었다.

둘째로 하드웨어에서 찍은 이미지를 받아서 리드의 불량여부를 결정하는 소프트웨어의 개발이었다. 기존에는 칩 리드의 경계를 검출하기 위해 흑백농도의 문턱값을 이용하여 경계를 검출하고 리드를 찾는 방법을 사용하였다. 그러나, 리드의 피치가 작을수록 리드와 리드 사이의 그레이 농도의 분포가 완만한 값을 가지므로 그 문턱농도 값을 정하기란 매우 어렵고, 디지털 카메라로부터 습득한 칩의 이미지에서 칩 가운데 부분과 양쪽 끝 부분의 밝기가 서로 다르므로 문턱값을 하나로 결정하기란 매우 어렵다. 또한 가장 큰 문제점

은 그레이 놓도 문턱 값이 라이트 소스의 세기에 따라 크게 변하므로 빛의 세기를 높이면 문턱값이 높아지고, 빛의 세기를 낮추면 문턱값이 전반적으로 낮아지는 현상을 보이고, 칩의 가운데 부분과 양쪽 끝부분에서 빛의 세기가 서로 다르므로 그레이 놓도 문턱값도 역시 서로 다르다. 따라서 칩의 가운데 부분과 양끝 부분에서의 빛의 밝기가 서로 다른 경우에 빛의 밝기에 영향을 덜 받으면서 가장 효과적으로 리드의 경계를 검출하고 리드의 폭을 결정할 수 있는 새로운 알고리즘이 필요하다. 따라서, 본 연구에서 칩 리드의 경계를 검출하기 위해 제안된 알고리즘은 그레이 놓도값의 기울기를 이용하여 경계를 검출하고 리드의 폭을 결정하는 방법이다.

이 알고리즘을 이용하여 실험을 해본 결과는 기존의 알고리즘이 가지고 있던 문제점을 해결할 수 있었으나, 리드를 찾아서 그 경계를 결정하는 부분에서 문제점이 나타나게 되었다. 디지털 카메라에서 읽어 오는 그레이 값이 항상 일정하지가 않아서 경계가 항상 일정하게 나오지 않았다. 이러한 이유로 1mil이상의 오차가 발생하게 되었다. 이 오차를 줄이기 위해서 Interpolation 과정을 거쳐 오차를 약 0.5mil 정도로 줄일 수가 있었다.

앞으로의 과제로는 하드웨어부분은 더욱 더 선명한 이미지를 얻을 수 있도록 거울과 칩 사이의 거리를 줄이고, 작고, 가볍게 만드는 것이다. 그리고 소프트웨어부분은 새로운 Interpolation 알고리즘을 개발해서 오차를 0.5mil이하로 줄이는 것이다.

## 참고 문헌

- [1] B. K. P. Horn , "Robot Vision", Cambridge, MA, MIT Press, pp.46-61, 1988
- [2] 차국찬, 박일수, 최종수 "SMD에서 정합 및 부품검사 알고리듬에 관한 연구", 전자공학회논문지, B편 29권 제1호, pp67-84, 1992년 1월
- [3] Randy Crane, "A simplified approach to Image Processing", PTR
- [4] Kodak Megaplus Remote Panel Software Users Manual