

# Laser 거리센서를 이용한 PCB에서의 납 도포상태검사

## Solder Paste Inspection of PCB using Laser Sensor

오 승 용\*, 최 경 진\*\*, 이 용 현\*\*\*, 박 종 국\*\*\*\*

\* 경희대학교 전자공학과(전화:(031)201-2957, 팩스:(031)204-4968, E-mail : osy7691@hanmail.net)

\*\* 경희대학교 전자공학과(전화:(031)201-2957, 팩스:(031)204-4968, E-mail : momo11@unitel.co.kr)

\*\*\* 강남대학교 지식정보 공학부(전화:(031)280-3807, 팩스:(031)280-3884, E-mail : yhlee@kns.kangnam.ac.kr)

\*\*\*\* 경희대학교 전자공학과(전화:(031)201-2957, 팩스:(031)204-4968, E-mail : ckpark@khu.ac.kr)

**Abstract** : In this paper, 2D and 3D inspection algorithm for printed solder on PCB is introduced. The aim of inspection is the detection of error such as rich solder, poor solder and missing solder. For inspection, laser distance sensor is used. For 2D inspection, laser image that is created by normalizing laser data between 0 and 255 are used. Reference Image is made using gerber file. Image processing algorithm is used for 2D inspection. By adding thickness of metal stencil to laser image, volume for solder can be calculated and 3D inspection is carried out.

**Keywords** : solder paste, laser sensor, gerber file

### 1. 서 론

현재 SMT In Line 시스템은 각각의 공정을 수행하기 위한 시스템과 공정에서 발생하는 오류를 검사하기 위한 시스템으로 구성된다. 각각의 공정을 수행하기 위한 시스템에는 Solder Cream Printer, Chip Mounter, Reflow 등이 있고, 발생된 오류를 검사하는 시스템으로는 PCB Board 검사장비, Solder Cream Print 검사장비, 부품실장검사장비, 납땜검사장비 등이 있고, 아직까지도 이에 대한 많은 연구와 개발이 진행되고 있다[1].

SMT공정 부분에서 전형적인 불량요인은 납 도포시 발생하는 불량이 50~60%를 차지하며, 이러한 원인은 Stencil의 두께, Aperture Size, Aperture Shap, Solder Paste Type등 으로 인해 나타난다[2][3].

표 1에서와 같이 SMT In-Line 시스템에서의 불량률은 도포된 납에 대해 과납/소납/오픈/쇼트가 50-65%을 차지하며, 납 불량에 의한 부품의 장착불량으로 인한 불량률이 15-30%에 달한다. 이러한 납 도포시의 불량은 후속공정에서의 오류의 원인이 된다[3].

### 2. 납 도포 상태 검사 알고리즘

본 논문에서는 Laser 거리 센서를 이용하여 PCB에 도포된 납의 높이를 측정하여 납량/ 과납/ 소납 등을 검

표 1. SMT In-Line 시스템에서의 오류발생  
Table 1. Error Result in SMT In-Line System

구분	장착불량 (미삽, 역삽, 오삽,틀어짐)	Soldering 불량 (과납,미납,오픈, 쇼트)	기타불량 (리드뎀, 부품파손등)
전형적인 불량률	15-30%	50-65%	5-10%

사하고자 한다. 이를 위해 Test Plate를 제작하여 Reference Image 및 Laser Image를 생성하고 면적 및 포된 납의 높이를 측정하여 납량/ 과납/ 소납 등을 검사하고자 한다. 이를 위해 Test Plate를 제작하여 Reference Image 및 Laser Image를 생성하고 면적 및 체적을 비교하여 납의위치 및 납량을 검사한다. 그림 1은 본 논문에서 사용한 Test Plate이고 그림 2는 검사 알고리즘이다.

#### 2.1 2D 검사

##### 2.1.1 Reference Image 생성

Calibration Plate를 제작하기 위한 Gerber File을 이용하여 기준 높이 데이터를 그림 3과 같이 작성하였다. 기준 높이 데이터를 그림 4와 같이 2D Array에 0~255의 Gray-Level 값으로 Mapping 한 후 Reference

Image를 생성한 결과는 그림 5-(a)와 같다. 그림 5-(b)는 그림 5-(a)에 대해 이진화 과정을 수행한 결과이다 [4].

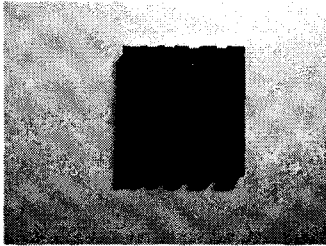


그림 1. Test Plate  
Fig. 1. Test Plate

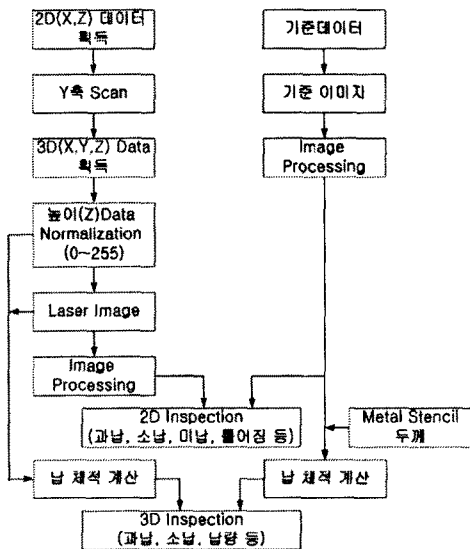


그림 2. 납 도포 상태 검사 알고리즘  
Fig. 2. Inspection Algorithm for Solder Paste

### 2.1.2 Laser Image 생성

Calibration plate에 대해 Laser 거리 센서를 이용하여 X축으로 0.5mm 간격으로 높이 데이터를 획득한 결과 그림6과 같은 2차원(X,Z축) 측정 데이터를 획득할 수가 있다. 동일한 과정을 Y축으로 이동 시켜 3차원(X,Y,Z) 측정 데이터를 획득할 수가 있다. 2차원(X,Z축) 좌표에 대한 각각의 높이 데이터를 그림 4와 같이 2D Array에 0~255의 Gray-Level 값으로 Mapping한 후 생성한 결과는 그림 7-(a)와 같다. 그림 7-(b)는 그림 7-(a)에 대해 이진화 과정을 수행한 결과이다[4].

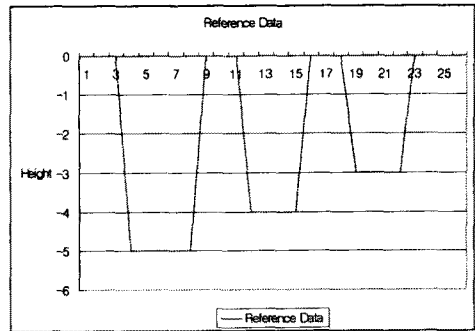


그림 3. Plate에 대한 기준 데이터  
Fig. 3. Reference Data for Test Plate

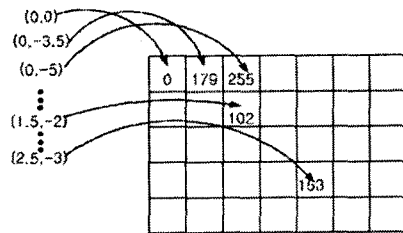


그림 4. Gray-Level 값으로 Mapping  
Fig. 4. Mapping to Gray-Level

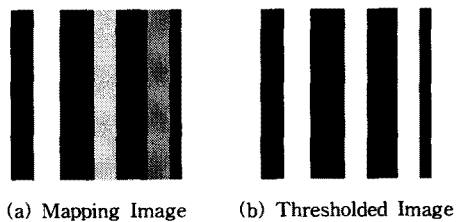


그림 5. Plate에 대한 기준 이미지  
Fig. 5. Reference Image for Test Plate

### 2.1.3 면적 비교/판단

그림5와7의 Reference Image와 Laser Image를 비교하여 2차원 검사를 수행한다. 그림8은 두 이미지를 겹쳐 표시한 것으로 납 영역 차이를 쉽게 알 수 있다. 또한, Laser Image에 존재하는 납 형상의 Height와 Width를 이용하여 납의 면적을 구하고 면적에 대해서 허용오차 범위 내에 들어오는지 확인하므로써 정상/과납/ 소납 등을 판단할 수가 있다. 표2는 Reference Image와 Laser Image의 Height, Width, 면적 그리고 정상 판단 기준을 나타내었다. 단, W는 Width, H는 Height, A는 Area이고 면적에 대한 허용오차 범위는 납 면적(Area) 대비 50% 미만일시 불량으로 판정한다.

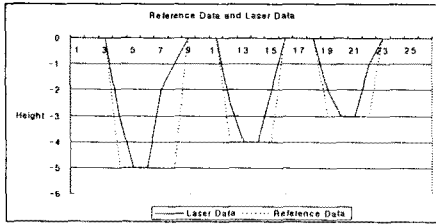
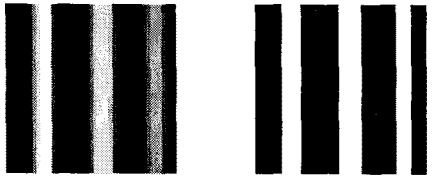


그림 6. Laser 데이터와 기준 데이터  
Fig. 6. Laser Data and Reference Data



(a) Mapping Image (b) Thresholded Image

그림 7. Plate에 대한 Laser 이미지  
Fig. 7. Laser Image for Test Plate



그림 8. 납 영역 이미지  
Fig. 8. Solder Image

표 2. Reference 이미지와 Laser 이미지 각각의 Width, Height, 면적 및 허용오차범위  
Table 2. Width, Height, Area and Tolerance error for Reference Image and Laser Image

Reference Image			Laser Image			허용오차 A (mm <sup>2</sup> )
W (mm)	H (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	W (mm)	H (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	
6.5	43.5	282.75	4.5	43.5	195.75	141.375이상
5.5	43.5	239.25	5.5	43.5	239.25	119.625이상
5.5	43.5	239.25	3.5	43.5	152.25	119.625이상

## 2.2 3D 검사

2D 검사시 구한 납 면적에 납 도포시 사용된 Metal Stencil에 의해 생성되는 높이값을 곱하면 납의 체적을 구할 수가 있으며 납량을 계산할 수가 있다[5].

2.2.1 Reference Image 및 Laser Image의 체적계산  
Plate의 2D 데이터에 높이값을 첨가하면 그림 9, 10과 같이 3D 데이터를 얻을 수가 있고 표 3과 같이 체적을 계산할 수가 있다.

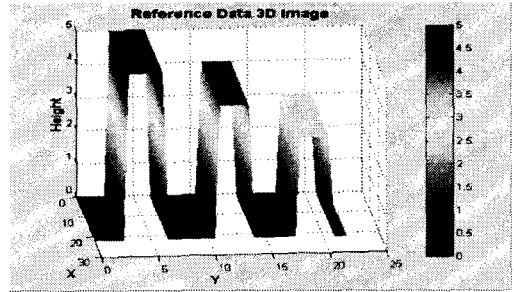


그림 9. Reference 데이터에 대한 3차원 이미지  
Fig. 9. Reference Data 3D Image

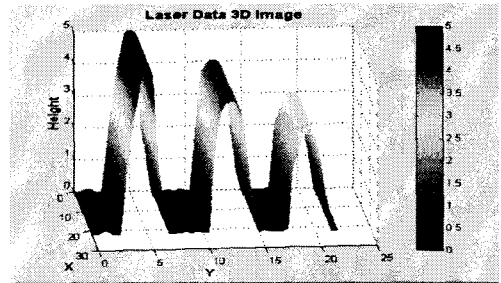


그림 10. Laser 데이터에 대한 3차원 이미지  
Fig. 10. Laser Data 3D Image

표 3. Reference Data와 Laser Data의 체적  
Table 3. Reference Data Laser Data Volume

Reference Data			Laser Data		
H (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	V (mm <sup>3</sup> )	H (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	V (mm <sup>3</sup> )
5	282.75	1413.75	5	195.75	978.75
4	239.25	957	4	239.25	957
3	239.25	717.75	3	152.25	456.75

단, H는 Height, A는 Area 그리고 V는 Volume을 나타낸다.

### 2.2.2 체적 비교/판단

높이에 대한 허용오차범위는 SUS 두께 대비  $\pm 30\mu\text{m}$ 이다. 표 4는 표3에서 구한 체적에 대한 허용오차범위 및 Laser 데이터를 비교한 결과이다.

표 4. 허용오차범위 및 체적 비교/판단  
Table 4. Tolerance error and Volume Inspection

H (mm)	허용오차범위 (mm <sup>3</sup> )	V (mm <sup>3</sup> )	판단
5	1405.268 ~ 1422.233	978.75	소납
4	949.822 ~ 964.178	957	정상
3	710.573 ~ 724.928	456.75	소납

### 3. 실험

본 논문에서 사용한 Laser 거리센서의 사양은 표 5와 같고 실험 장비는 그림 11과 같다.

표 5. Laser 거리센서의 사양  
Table 5. Spec for Laser Sensor

Types M5/Laser sensor		M5L/200
Range(mm)		±100
Reference Distance(mm)		340
Linearity error(μm)		600
Resolution(Noise)(μm)		60
Spot Diameter(mm)		2
Sample Frequency		40kHz
Analog Output	Voltage	±10VDC
Power Supply		+24VDC/200mA

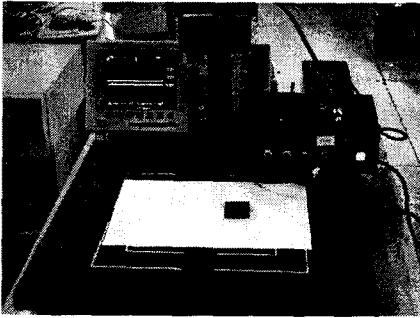


그림 11. 실험 장비

Fig. 11. Experimental Equipment

### 4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 PCB에 도포된 납의 상태를 Laser거리 센서를 검사하기 위해 Reference Data를 알고 있는 Test Plate를 제작하여 각각의 높이에 대한 2D, 3D Laser 데이터를 획득하고 비교 검사하였다. 또한 Laser 거리센서를 이용하여 Plate에 대한 깊이 정보를 알수가 있었고 깊이에 따른 채적을 구할 수가 있었다. 또한 면적과 채적이 허용오차 범위 안에 존재하는지 비교/판단하여 과납/소납/미납등을 확인할 수가 있었다. 향후 연구 방향으로는 실제 PCB이 기판에 도포된 납의 양을 검사하기 위해 Resolution이 높은 Laser 거리 센서를 이용하여 도포된 납을 검사하고 X,Y Table을 이용한 고성능, 고정밀 납 도포 상태 검사 시스템을 개발하고자 한다.

### 참고 문헌

- [1] Johann Nicolics, Dieter Schrottmayer and Laszio Musiejovsky, "Selection of IR Detectors for a Fast Laser Soldering Process with Simultaneous Solder Joint Qualification", IEEE Trans. Components, Manufacturing Technology, vol. 17, pp. 596-602, 1994,
- [2] Jianbiao Pan, Gregory L.Tonkay, Robert H.Storer, Ronald M.,Sallade and D.J.Leandri, "Critical Variables of Solder Paste Stencil Printing for Micro-BGA and Fine Pitch QFP", IEEE/CPMT Int'l Electronics Manufacturing Technology Symposium, pp.94-101, 1999.
- [3] Rick Gunm, Bob Ries, "Selecting and Implementing Solder Paste Inspection for SMT Process Control", IPC SEMA Council APEX, 2001,
- [4] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1992.
- [5] T.Okura, M.Kanai, S.Ogata, T.Takei and H.Takakusagi, "OPTIMIZATION OF SOLDER PASTE PRINTABILITY WITH LASER INSPECTION TECHNIQUE", IEEE/CPMT Int'l Electronics Manufacturing Technology Symposium, pp361-365, 1995.
- [1] Johann Nicolics, Dieter Schrottmayer and Laszio Musiejovsky, "Selection of IR Detectors for a Fast Laser Soldering Process with Simultaneous