

# BGA 검사용 3 차원 검사장치 개발

## Development of three-Dimension Inspection equipment for Inspection of BGA

\*고경철<sup>1</sup>, 문유현<sup>2</sup>, #고국원<sup>3</sup>, 김민영<sup>4</sup>

\*K. C. Ko<sup>1</sup>, .Y.H. Moon<sup>2</sup>, #K. W. Ko(kuks2309@sunmoon.ac.kr)<sup>3</sup>, M. Y. Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>선문대학교 제어계측공학과, <sup>2</sup>선문대학교 제어계측공학과, <sup>3</sup>선문대학교 제어계측공학과, <sup>4</sup>고영테크놀로지

Key words : BGA, White Light Scanning Interferometry(WSI), 3D measurement

### 1. 서론

현재 우리나라의 대표적인 산업분야인 반도체, 디스플레이, 전자제품 산업분야에서의 미세가공 영역이 커지고 있으며, 부품 또한 더욱더 집약 되고 소형화 되고 있다. 이런 추세에 따라, 기존 PCB 기판에 리드프레임대신 볼(Ball)이 밀면에 격자형태로 배열되어 있는 것과 같은 BGA(ball grid array)형태의 CSP(Chip Scaling Packaging)가 많이 사용되고 있다. 이러한 BGA 는 한번 PCB 기판 위에 장착되면, 외관검사가 불가능하기 때문에, 볼들의 위치나 크기, 높이검사 등의 품질검사가 사전에 필수적이다. 특히, 볼 높이의 균일성은 매우 중요하다. 볼의 높이가 균일하지 않으면 볼의 높이가 낮은 볼들은 접촉이 제대로 안될 가능성이 매우 높기 때문이다. 하지만 일반적인 카메라에 의한 2 차원 영상검사는 볼 위에서 본 볼의 크기(직경)만을 측정할 수 있기 때문에 정확한 볼의 높이를 측정하기 위해서는 3 차원 측정기술이 요구된다. 또한, 3 차원 측정기술 중에서 볼에 손상이 가면 안되므로 비접촉 3 차원 측정기술이 요구된다.

비접촉 3 차원 측정 방식에는 여러 가지가 있으나 본 논문에서는 백색광을 이용한 간섭법(WSI-White Light Scanning Interferometry)을 사용하였다. BGA 는 표면이 경면 물체의 특성을 가지므로 기존의 모아레 방법으로는 측정이 어렵고, 또한 WSI 는 기존 광 위 상법을 사용 하는 위상천이 간섭계가 가지고 있는  $2\pi$ -모호성으로부터 자유로워 큰 단 차에서도 측정이 가능하다는 장점과 이론상으로는 나노미터(nm)에서부터 밀리미터(mm) 단위에 까지 이르는 폭넓은 측정 범위를 가지고 있다. 본 논문은 이런 장점을 가지고 있는 WSI 기술을 이용하여 BGA 검사장비 개발에 대하여 연구 하였다.

### 2. 백색광 주사 간섭계

백색광 주사 간섭계에 있어서의 충분한 광량과 고른 밝기 분포는 높이 추출을 위한 간섭 무늬로부터 얻은 interferogram의 정점 검출에 있어 중요한 역할을 한다. 또한 in-line검사에 적용하기 위해서는 광량은 풍부하지만, 수명이 짧은 할로겐 램프 대신 수명이 반영구적인 LED를 사용하였다. 상대적으로 광량이 적은 단점을 보완하기 위하여 광학계의 설계 전 그림 1의 (a)와 같이 Simulation을 통한 모의 실험과 그 결과를 토대로 그림 1의 (b)와 같이 렌즈 간의 거리별로 광원이 맺히는 밝기 분포와 spot 에 대하여 실험 하였다. 실험 결과는 표1과 같이 정리되었으며, 이를 바탕으로 그림 2와 같이 센서 헤드를 설계 하였다

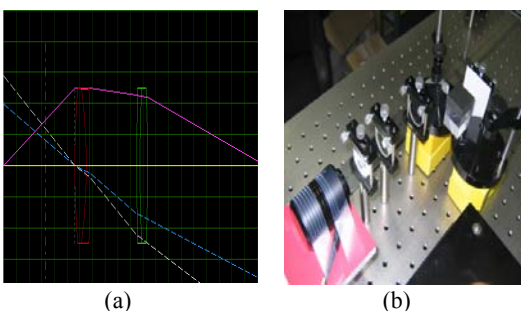


Fig. 1 (a) Lens Simulation (b) It is distance test

Table 1. The caption comes before the table

Lens1EFL/ Lens2 EFL	L1 mm	L2 mm	Spot Size	focus length (mm)	조 도	밝기 표준 편차
50/100	30	40	4.719	207.367	965	7.07
50/100	45	35	6.215	237.266	754	12.45
50/120	70	40	6.760	227.129	689	15.5
50/120	45	30	9.256	294.702	312	29.8
50/125	60	800	4.171	206.460	412	23.4

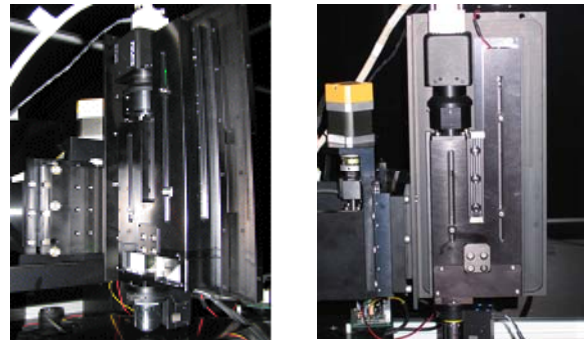


Fig. 2 Sensor head

### 3. 측정 알고리즘

기존의 Fourier Transform을 이용한 digital filter 방법이 연속의 좁은 간격의 sample data를 획득하여 많은 수의 data량과 대용량의 연산으로 많은 시간이 걸리는데 반하여 제안하는 sampling 이론을 바탕으로 Interferogram으로부터 얻은 적은 sample data 값에 대하여 넓은 sampling interval을 가지고 squared-envelope function을 이용 정점을 빠른 속도로 구하는 방법이 되겠다. 식 (2)는 Z 축 방향으로의 Interferogram 의 intensity 값의 평균이 되겠으며 식 (1)에서 Sampling value를 구한 후 식 (3)에 적용하여 정점을 검출한다.

$$f_n = g(z_n) - c \tag{식(1)}$$

$$c = \frac{1}{n} \sum_{n=0}^{N-1} g(z_n) \tag{식(2)}$$

$$r_n(z_j) = (f_j)^2 + \frac{4}{\pi^2} \left[ \frac{\sum_{n=-(j+1)/2}^{[(N-j-2)/2]} f_{(j+2n+1)}}{2n+1} \right]^2 \tag{식(3)}$$

SEST의 방법은 속도와 정밀도 면에서 우수하지만, 속도를 더 높이기 위해서는 속도 개선을 위하여 정점은 무게중심 법을 이용하여 구한 후 Interferogram내의 작은 범위 안에서 SEST 알고리즘으로 점을 검출하도록 하여 연산시간을 줄였다. 그림 3은 제안된 방법에 대한 연산 영역을 나타낸 것이다.

### 4. 측정 실험

개발된 간섭계의 성능을 나타내기 위해서 표준 시편을 측정을 하였으며, 측정 정밀도를 비교하기 위해서는

Olympus 사의 confocal 장비를 기준으로 하였다. 그림 4 은 높이 max 4.07um, 평균 3.99um, minimum 3.91um 의 표준 시편에 대한 측정 영상이며, 100 회 측정하여 표 2 에 대하여 나타내었다. 측정결과 평균 3.94um 의 높이를 보이고 있으며 최고 높이 3.997um 최소 높이 3.9043um 로 표준편차 0.024 의 값을 보이고 있다.

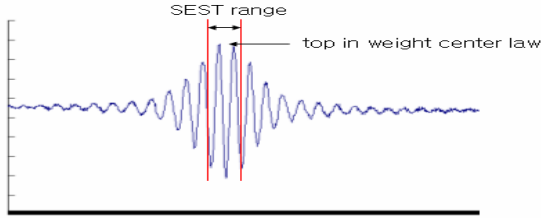


Fig. 3 Proposed measurement algorithm

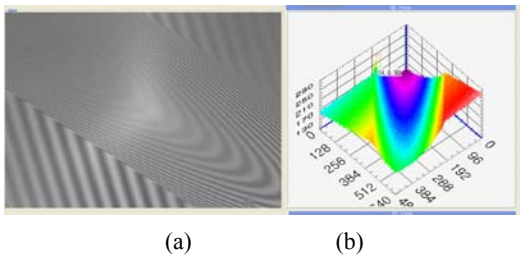


Fig. 4 (a) reference specimen (b) measurement result

Table 2. Measurement result

	Max	Average	Min	100회 측정 표준 편차
Groove Height	4.07um	3.99um	3.91um	
Measurement Height	3.997um	3.94um	3.9043um	0.024

그림 5 는 개발된 간섭계를 이용하여 BGA 의 높이를 측정한 결과 이미지이며, 그림 6 는 측정된 BGA 의 단면 형상을 그래프로 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용된 BGA 는 원형 볼이 아니라 원형 볼의 끝을 평면으로 만들어 놓은 형태이다.

개발된 측정기를 이용한 BGA 의 높이 검사는 측정 시간은 약 2x2mm 의 영상에 측정 시간은 5 초가 걸렸으며, 높이 정밀도는 0.1um 의 정도를 가지고 있다.

표 3 은 개발된 백색광 간섭계와 confocal 을 이용하여 측정한 결과와 높이를 비교하였으며, SEST 알고리즘과 제안된 알고리즘의 측정시간을 비교한 결과이다.

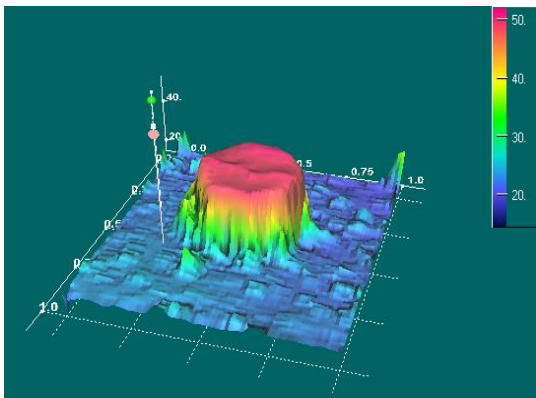


Fig. 5 BGA measurement image

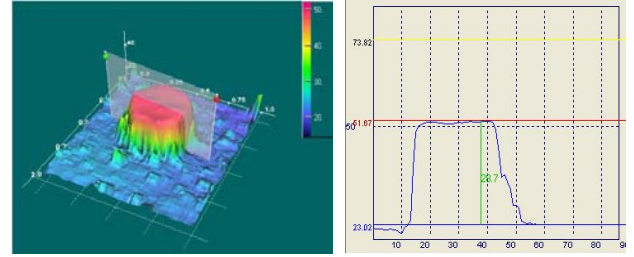


Fig. 6 2D cut measurement graph

Table 3. A measurement result by algorithm

Step resolution/ Measurement range	0.2/40	0.4/40	BGA 측정 오차
SEST	2.3 sec	1.7 sec	0.42%
Proposed algorithm	1.3 sec	0.7 sec	0.47%

### 5. 결론

본 연구에서는 BGA 형상 측정을 위하여 백색광 주사 간섭계를 In-Line 장비에 적용을 위한 측정기 설계 및 측정 알고리즘의 고속화에 대하여 제안하였다. 광량 확보를 위한 최소 렌즈를 사용한 백색광 광학계 설계와 측정 속도를 높이기 위하여 기존 알고리즘을 개선하여 사용하였다. 본 연구를 통하여 개발된 백색광 간섭계는 BGA의 3차원 형상 측정뿐 아니라 반도체 및 광부품 산업에 있어 큰 기대 효과를 볼 수 있을 것으로 기대한다. 반도체 공정 적용을 위해서는 측정 속도를 약 100um/sec로 높이기 위하여 새로운 광학계 설계 및 피에조 액츄에이터를 멈추지 않고 고속으로 이동하면서 고속 영상 획득하는 on the flying image 방법이 현재 진행 중이다.

### 후기

본 연구는 디스플레이 연구개발 클러스터사업단의 연구비 지원과 지능형 로봇 산업단의 연구로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 강민구, "백색광 주사 간섭계를 이용한 표면 측정 알고리즘에 관한 연구." 박사학위논문, 한국과학기술원,
2. 김기홍, "백색광 주사 간섭법을 이용한 박막의 두께 형상 측정", 한국과학기술원 박사학위논문, 2000.
3. Alka Hirabavashi, Hidemitsu Ogawa, and Katsuiich Kitagawa "Fast surface profiler by white-light interferometry by use of a new algorithm base on sampling thory" APPLIED OPTICS, Vol 41, no. 23, 2002.
4. 조태훈, 장동선, "BGA(Ball Grid Array)의 고속 3 차원 측정", 한국정보과학회 가을 학술논문집 Vol. 28. No. 2. 2001
5. K, Creath, "Sampling requirements for white-light interferometry", Proc. Fringe'97, Academic Ver;ag, pp. 52-59, 1997
6. 이상신, 박영순, 김준식, 주효남, "BGA 소자의 볼 정점 높이 측정을 위한 스테레오 비전 알고리즘 개발", 한국조명·전기설비학회 2005 춘계학술대회 논문집 p431 ~ p436, 2005