

FC CSP bump 검사용 광학 시스템 개발 Development of 3D visual inspection system for FC-CSP bump

*이두길¹, #고국원²

*D. K. Lee¹, #K. W. Ko(kuks2309@sunmoon.ac.kr)²

¹ 선문대학교 기계 및 제어공학과, ² 선문대학교 정보통신공학부

Key words : FC-CSP(Flip Chip-Chip Scale Package), PMP(Phase Measuring Profilometry)

1. 서론

최근 CPU 시장의 성장과 휴대폰의 슬림화 열풍 등으로 인한 새로운 package 의 수요가 급증하고 있다. 그에 따른 package 기술도 Read Frame 방식에서 BGA(Ball Grid Array), 다시 고밀도화를 실현할 수 있는 CSP(Chip Scale Package)로 발전되어 왔다.

CSP 는 칩 크기와 동일하거나 약간 큰 반도체를 총칭하는 것으로 휴대폰이나 노트북 등에 사용되며, 짧은 기간 동안 생산량이 급속도로 증가, 보급되고 있는 초박형, 경량, 초소형 반도체 기술이다.

기존의 Read Frame 방식의 와이어 본드 루프를 없애고, 입출력 단자를 chip 아래 실장하여, 패키지의 크기를 줄여 소형, 경량화와 빠른 전기적 특성을 얻었다. 그러나 생산과정에서 수많은 bump 중에 하나라도 높이가 다르고, size 가 다르면 제품 결함의 직접적인 원인이 된다. 이러한 원인을 줄이고자 bump 형상에 대한 측정 연구가 반드시 필요하다. bump 형상 측정은 크게 접촉식 방법과 비접촉식 방법으로 나눌 수 있다.

접촉식 방법은 대상물에 직접적으로 영향을 주기 때문에 bump 에 손상을 주며 측정 시간이 다소 오래 걸리는 단점이 bump 형상 측정에 부적합하다. 비 접촉식 방법에는 광 위상을 이용한 측정과 모아레를 이용한 측정이 있다.

광 위상을 이용한 측정은 큰 영역 일수록 측정시간이 오래 걸리기 때문에 수많은 bump 를 측정하기란 쉽지가 않다. 반면 모아레를 이용한 측정은 2π 모호성이나 영상 포화 등의 문제가 있다. 하지만 넓은 범위의 측정에 있어서 광 위상 보다 측정 속도도 빨라 큰 영역 측정에 적합하다. 본 논문에서는 모아레를 이용한 측정법 중의 하나인 위상측정 형상측정법(Phase Measuring Profilometry, PMP)법을 이용하여 bump 형상 측정을 하기 위한 광학계 시스템 개발 및 3 차원 측정 알고리즘 개발을 다루고자 한다.

2. 광학 시스템

2.1 PMP(Phase Measuring Profilometry) 측정원리

PMP 측정법은 모아레 위상을 이용한 측정법이다. 기준이 되는 평면 위상과 대상물이 되는 물체의 위상을 각각 구하여 그 차로 인한 높이 위상을 구하며 위상은 한 점을 기준으로 한 밝기 값을 표현한 것이다.

한 점에 대한 위상을 구하기 위해서 본 논문에서는 모아레 해석에 용이한 4-bucket 알고리즘을 사용하였다.

이는 2π주기 내에서 격자를 이송시켜 획득한 이미지의 임의의 한 점에 대한 광량의 변화를 위상으로 나타낸 것이다.

광량 변화는 직각의 구형 파가 아닌 사인 파로 Fig. 1 에 나타내었다. 광량의 변화를 수식으로 표현하면 (식-1)과 같이 표현된다. $I_B(x,y)$ 는 기준 밝기를 의미하며, $I_A(x,y)$ 는 밝기의 진폭을 의미하고 $\cos(\Phi + \delta)$ 의 δ 는 δ 만큼 이동한 것을 의미한다. (식-1)을 I_1-I_3 , I_2-I_4 로 정리하면 (식-2)가 된다.

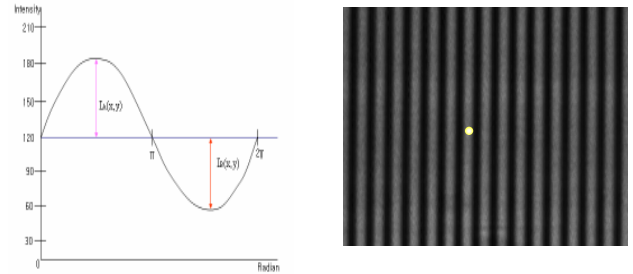


Fig. 1 Graph for intensity value

$$\begin{aligned}
 I_0(x, y) &= I_B(x, y) + I_A(x, y) \cos(\phi) \\
 I_1(x, y) &= I_B(x, y) + I_A(x, y) \cos(\phi + \pi / 2) \\
 I_2(x, y) &= I_B(x, y) + I_A(x, y) \cos(\phi + \pi) \\
 I_3(x, y) &= I_B(x, y) + I_A(x, y) \cos(\phi + 3\pi / 2)
 \end{aligned} \tag{식-1}$$

$$\begin{aligned}
 I_0(x, y) - I_2(x, y) &= 2I_A(x, y) \cos(\phi) \\
 I_2(x, y) - I_4(x, y) &= 2I_A(x, y) \cos(\phi + \pi / 2)
 \end{aligned} \tag{식-2}$$

다시, (식-2)를 (식-3)과 같이 정리하고 위상 $\Phi(x,y)$ 에 대한 식으로 바꾸면 (식-4)와 같이 정리된다.

$$\frac{I_1(x, y) - I_3(x, y)}{I_0(x, y) - I_2(x, y)} = \frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi)} \tag{식-3}$$

$$\phi(x, y) = \tan^{-1} \frac{I_1(x, y) - I_3(x, y)}{I_0(x, y) - I_2(x, y)} \tag{식-4}$$

(식-4)을 이용하여 기준면에 대한 위상과 대상물에 대한 위상을 구하여 그 차이로 우리 원하는 높이 위상을 구할 수 있다.

2.2 광학계 시스템 구성

2.2.1 영상 획득 광학계

카메라는 대 면적을 고속으로 이미지를 획득할 수 있는 DALSA 4M60 을 사용하였다. 해상도는 2352 x 1728 이며, pixel size 는 7.4 x 7.4(um)이다. 현재 측정 하고 자 하는 CSP 의 면적은 14 x 12.5(mm)이므로 Pixel 당 6um 가 되도록 광학계를 구성하였다.

2.2.2 모아레 패턴 발생 광학계

광원으로는 할로겐 대신 LED 광원을 사용하였다. 할로겐 보다 상당히 저렴하며, 수명이. 하지만 상대적으로 광량은 현저히 떨어지기 때문에 충분한 광량 확보를 위하여, 광학계 simulation 을 사용하여 구성하였다. Edmund 사의 ***프로그램을 사용하여 simulation 하였으며, 이를 토대로 구성된 광학계는 Fig. 2 에 나타내었고, 최종적으로 완성된 3 차원 측정 시스템은 Fig. 3 에 나타내었다.

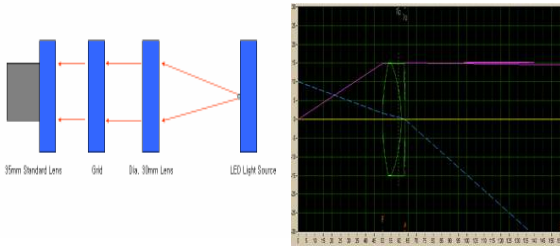


Fig. 2 (A)Projection system (B)Lens simulation



Fig. 3 Optics system

Projection 부에 사용된 grid 의 pitch 는 1000Lp/inch 이며, 배율은 2.65 을 얻을 수 있도록 광학계가 설계되었다. bump 높이 측정에 2 Π 모호성이 발생하지 않도록 67.26 μ m 의 등가과장을 얻었다.

3. 실험

3.1 Grid 이송 정밀도 Test

위상 높이를 구하기 위해서는 2.1 절에서 언급했듯이 2 Π 주기 내에서 4 번의 위상 이동을 한다. 같은 위치의 bump 를 반복 측정하였을 때 같은 위상으로 이동이 되지 않는다면 정확한 높이를 구할 수 없다. 이에 각 각의 위상에 대한 반복 실험을 하여 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Repeat test(W : the number of times, H : bucket phase)

H/W	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4
2	4.2	4.2	4.1	4.2	4.2	4.1	4.3	4.3	4.2	4.2
3	5.6	5.6	5.4	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.5	5.5
4	6.7	6.7	6.8	6.8	6.7	6.7	6.8	6.8	6.7	6.6
5	7.9	7.9	7.8	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	7.9	7.9

Table 1 은 2 Π 주기 내에서 0.1 씩 이동시켜 얻은 각 각의 위상 위치이며 0.1 당 이동거리는 약 0.46 μ m 이고 각 위상에서의 차이는 0.2 이므로 0.92 μ m 의 오차가 발생한다.

3.2.3 3차원 측정 결과

4 bucket 알고리즘을 이용하여 bump 형상에 대한 3 차원 측정 영상을 Fig. 4 에 나타내었다. 측정 결과 bump 의 평균 높이는 10 μ m 이며 반복 측정에 대한 오차는 \pm 2 μ m 의 차이를 보이고 있다.

3.3 영상 포화 영역 제외

Bump 에 조명을 비추었을 때 정반사된 빛이 카메라에 들어 올 때는 Fig. 5(A)에서 나타난 바와 같이 밝기 값이 포화(saturation)되는 영역이 나타나게 되며, 이는 4 bucket 알고리즘으로 높이를 구할 경우 밝기 값의 변화가 없으므로, (식

-4)에 적용하였을 때, 위상 $\Phi(x,y)$ 가 무한대의 값을 가지므로 높이 측정이 불가능하게 된다. 따라서 Fig. 5(B)와 같이 포화가 되는 영역을 표시하고 높이 측정에서 제외하였다.

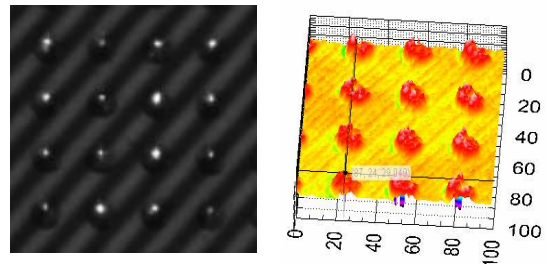


Fig. 4 3-D measurement result

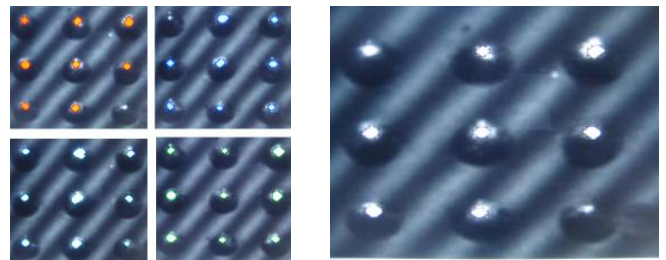


Fig. 5 (A) Saturated area of each bucketed image (B) Overlapped Area of each saturated region

4. 결론

본 논문에서는 bump 측정을 위한 3 차원 측정 시스템 개발을 하였다. 하지만 3.3 절에서 언급하듯이 영상 포화 영역에 대한 문제가 있었다. 이는 bump 형상 높이 측정에 오차를 유발하여 위상 계산에서 제외시킨 후 3 차원 형상 측정을 하였다. 이는 bump 위상 높이를 측정하는데 있어서 오차 원인이 되었다. 따라서 영상 포화 영역에 대한 해결이 필요하며, 이에 따라서 향후 다 방향의 주사 시스템을 도입하여 영상 포화로 인해 제외된 영역에 대한 문제점을 보완할 계획이다.

후기

본 연구는 주식회사 에이티아이와 중소기업청의 과제인 'FC CSP 용 2D & 3D 검사기 개발'의 연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 한세현, "위상천이 법을 이용한 납 도포 상태의 3 차원 검사기술 개발", 전문대학교 석사학위 논문, 2003.
2. 양세영, "위상천이 법을 이용한 In-plane 마이크로 모아레 기법개발에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1999.
3. Y.Sato, H.K. Itagama and H.futita, "Shape measurement of curved object using multiple slit-ray projection", IEEE tans. on Pat.Anal. and Mecha. intel. Vol. PAMI-4, 641-646, 1982.
4. S.W.Kim, "Technological Trends for Precision Optical Metrology", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 17, 2001.
5. 장석준, "다과장 위상측정 형상 측정법에서 정도 향상에 관한 연구", 전문대학교 석사학위 논문, 2002.
6. 신혜성, "3 차원 측정에서의 반복능 향상을 위한 알고리즘 연구", 전문대학교 석사학위 논문, 2007.
7. 오정택, "위상천이 영사식 모아레를 적용한 3 차원 형상측정 시스템 보정", 한국과학기술원 석사학위논문, 1997