

Quad Chip 외관 불량 검사를 위한 2D/3D 광학 시스템

한창호¹, 이상준¹, 박철근¹, 이지연¹, 유영기¹, 고국원^{1*}
¹선문대학교 기계ICT융합공학부

2D/3D Visual Optical Inspection System for Quad Chip

Chang Ho Han¹, Sangjoon Lee¹, Chul-Geon Park¹,
Ji Yeon Lee¹, Young-Kee Ryu¹, Kuk Won Ko^{1*}

¹School of Mechanical and ICT Convergence Engineering, Sunmoon University

요 약 LQFP/TQFP(Low-profile Quad Flat Package/Thin Quad Flat Package) 패키지 공정에서는 높은 수준의 품질 관리를 위해 3차원 형상 측정 방법을 도입하고 있어 본 연구에서는 최종 외관 불량 검사를 위하여 projection moire 방식의 3D 영상 검사를 위한 광학 시스템과 영상처리 알고리즘을 개발하였다. LQFP/TQFP칩에서 발생하는 불량들은 2D 불량항목과 3D 불량 항목으로 구분하여 불량 항목을 상세히 정의하였다. 광학계를 설계함에 있어서 2D 측정 광학계는 돔 조명을 사용하여 일정한 광분포도를 갖도록 설계하고, 3D 측정 광학계는 PZT를 이용하여 모아레 패턴이 90도씩 정확한 위상을 갖도록 이송을 위한 기구적 메커니즘을 설계한다. 물체의 모아레 측정시 위상 변화에서 나타나는 2π 모호성을 해결하기 위해 측정된 모아레 무늬를 비교하여 2π 위상의 모호성이 발생하는 부분에서 수정된 다른 위상을 참고하는 알고리즘을 적용하였다. 개발된 검사 시스템은 LQFP/TQFP 외관 검사 공정에 적용하였으며, 실험에서 최대 높이의 측정 오차는 $1.34\mu\text{m}$ 이내로, 3차원 외관 형상 불량 검사 조건을 만족할 만한 성능을 보였다.

Abstract In the manufacturing process of the LQFP/TQFP (Low-profile Quad Flat Package/Thin Quad Flat Package), the requirement of a 3 dimensional inspection is increasing rapidly and a 3D inspection of the shape of a chip has become an important report of quality control. This study developed a 3 dimensional measurement system based on PMP (Phase Measuring Profilometry) for an inspection of the LQFP/TQFP chip and image processing algorithms. The defects of the LQFP/TQFP chip were classified according to the dimensions. The 2 dimensional optical system was designed by the dome illumination to achieve constant light distribution, In the 3 dimensional optical system, PZT was used for moving 90 degree in phase. The problem of 2 ambiguity was solved from the measured moiré pattern using the ambiguity elimination algorithm that finds the point of ambiguity and refines the phase value. The proposed 3D measurement system was evaluated experimentally.

Keywords : LQFP/TQFP(Low-profile Quad Flat Package/Thin Quad Flat Package), Automatic Optical Inspection, Moire, 3D Inspection, Machine Vision

1. 서론

전자 기기의 고기능화, 소형화 및 저 전력화로 사용되는 전자 부품의 내부 회로의 복잡성과 외부 인터페이스 용 I/O의 증가 추세에도 불구하고, package의 크기가 작아지면서 패키지 공정에서 더 많은 제조와 검사 기술이

필요하게 된다. LQFP (Low-profile Quad Flat Package) 와 TQFP (Thin Quad Flat Package)칩과 같은 작은 lead pitch를 가지는 패키지는 대량 생산 체제로 인하여 작업자에 의한 수검사의 기존 방법에서 고배율을 광학계를 사용한 비접촉 고정밀화 및 고속화 검사의 새로운 방법으로 바뀌고 있으며, 특히 높은 수준의 품질 관리를 위하

이 논문은 2014년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014H1C1A1066998)

*Corresponding Author : Kuk Won Ko(Sunmoon Univ.)

Tel: +82-41-530-2348 email: kuks2309@sunmoon.ac.kr

Received September 17, 2015

Revised (1st October 27, 2015, 2nd December 7, 2015, 3rd December 28, 2015, 4th January 4, 2016)

Accepted January 5, 2016

Published January 31, 2016

여 2011년도 이후부터 각 vender에서는 생산 제품의 2차원 패턴 검사뿐 아니라 패키지 외관의 3차원 형상 측정 품질 관리 데이터를 요구하게 되었다. 3차원 형상 정보를 획득하기 위한 방법으로 여러 가지 방법들이 연구 개발되어지고 있으며, 레이저를 이용한 3차원 측정 방법 [1], 모아레를 이용한 방법[2], 백색광 간섭을 이용한 방법[3], 스테레오 비전을 이용한 방법[4], 공초점 현미경을 이용한 방법[5] 등이 주로 전자 부품의 외관 3차원 형상 측정 및 검사에 사용되고 있다. 이중에서 위상천이 모아레를 이용한 3차원 측정 방법은 두 개 이상의 주기적인 패턴이 겹쳐질 때 맥놀이(Beating)현상에 의해 발생하는 저주파의 고유한 무늬로 대상물체의 3차원 높이 정보를 획득하는 방법이다. 모아레 기법은 크게 영사식 모아레와 그림자식 모아레로 분류할 수 있다. 이중 영사식 위상천이 모아레법(Phase-shifting Projection Moire)은 광원 앞에 격자를 설치하고 격자를 미세하게 이동시켜 얻어지는 연속적인 영상들의 집합을 이용하여, 물체의 위상정보를 추출하고, 이를 기준 위상정보와 비교함으로써, 3차원 형상 정보를 추출하는 방법이다. 이 모아레 방법은 빠른 검사 속도로, mm급의 수평 검사 영역과 수백 μm 단위의 높이 형상 측정이 가능하여 package의 외관 형상 검사에 적합하다[6]. 본 연구에서는 Quad chip 공정에서 최종 외관 불량 검사를 위한 3D 영상 검사 시스템을 구축하기 위해 광학 장치를 설계하고 이에 따른 영상처리 알고리즘을 구현하였다. 구현된 3D 검사 장비는 실제 LQFP/TQFP 패키징 공정에 적용하여 불량을 검사 실험을 하였으며, 실험 결과에서 10 회 반복 측정 시 최대 오차는 $1.34\mu\text{m}$ 와 측정 오차의 표준편차가 $0.715\mu\text{m}$ 를 보여주며, 이 결과는 최근 산업에서 요구하는 3차원 불량 검사를 만족할 만한 성능을 보였다.

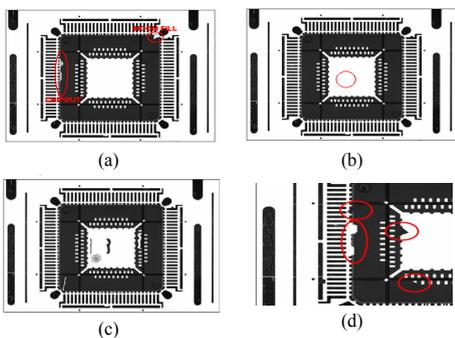


Fig. 1. Image of 2D deflection examples.
 (a)PKG Chipout/Incomplete Fill (b) Bubble/blister/ pkg void
 (c) Pitted Surface (d) Mold Flash

2. 검사용 광학 시스템 설계

2.1 LQFP/TQFP 불량 정의

LQFP/TQFP칩에서 발생하는 불량들은 2D 불량항목과 3D 불량 항목으로 구분한다.

2차원 불량 검사 불량항목은 최소 2차원 형상 치수만 요구되는 불량항목이다. 그림 1(a)는 PKG Chipout/Incomplete Fill 불량으로 패키징 공정에서 수지가 완벽하게 들어가지 않거나 Mold면이 깨져서 생기는 불량이다.

Table 1. List of 2D deflection items

2D Defects	Specifications
Pkg chipout Incom fill	> 254 μm
Pitted surface	> 10.16 mm^2 in area
Bubble, Blister Pkg void	> 101.6 μm in any direction
Mold flash	lead : > 5 % of land lead area Pad : > 762 μm from outer > 1270 μm from corner

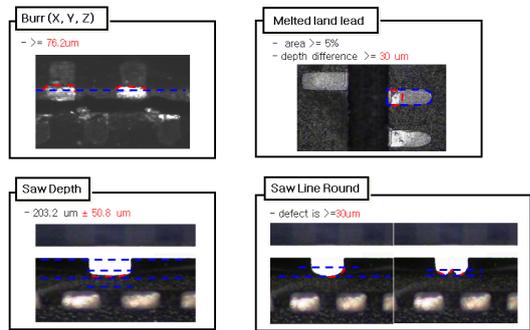


Fig. 2. Image of 3D deflection examples.

Table 2. List of 3D deflection items

3D Defects	Specifications
Metal burrs (X,Y,Z)	>76.2 μm
Melted land lead	> 5 % of land lead area
Land sawing depth	203.2 μm +/- 50.8 μm
Saw Missing Align	> 25.4 μm offset
Scratches	> 5 % of exposed base metal of land lead or ePad
Foreign material/ Contamination	Land lead : > 127 μm Pad : >5% of total ePad area, saw line : any
Plating short	Any
Plating coverage	< 90 % on pad, or <95 % on land lead
Incomplete Land sawing	Any units not fully isolated
Land lead position tolerance	> 15%
Corner Round Size	< 30 μm

그림 1(b)는 Bubble/blister/pkg void 불량으로 mold 면에 기포발생으로 인해 발생된다. 그림 1(c)는 Pitted Surface 불량으로 Pad면의 오염, Mold 면의 오염 시 발생한다.

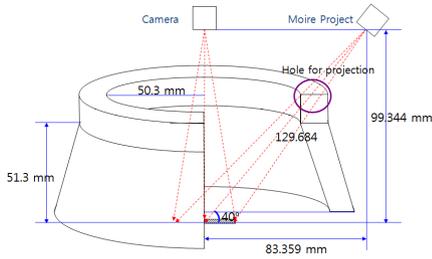


Fig. 3. 2D illumination system

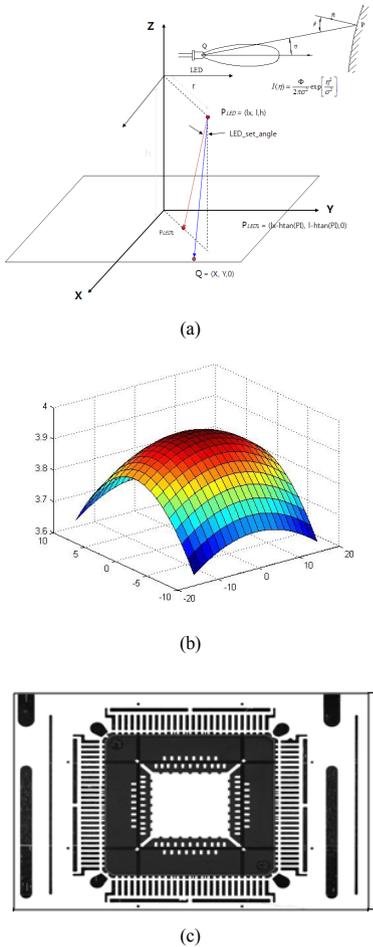


Fig. 4. 2D illumination Simulation and result
 (a) Simulation model (b) illumination distribution
 (c) 2d image of TQFP

그림 1(d)는 Mold Flash 불량이며 수지의 양이 많아 Lead, Pad가 수지에 의해 덮여지거나, 수지의 양이 모자라 Lead, Pad가 노출된 경우이다. 각 2D 검사에 대한 불량 크기 판정 기준 값은 표 1에 보여준다.

2.2 광학계 설계

2.2.1 2차원 검사 광학계 설계

LQFP/TQFP 칩의 2차원 불량 검사를 위한 조명 시스템은 그림 3과 같이 구성하였다.

돔 조명을 사용하여 구성하였으며 30x22mm의 FOV 내에서 그림 4와 같이 광 분포도 해석을 통하여 일정한 광분포도를 가지도록 설정하였다. LED는 100도의 광각을 갖는 3mm 직경의 것을 사용하였다. 광 분포도 해석 결과 가장자리와 중앙의 조명 분포도 차이는 5%이내의 범위를 갖는다.

2.2.2 3차원 측정 광학계 설계

LQFP/TQFP 칩의 3차원 불량 검사를 위해서 본 연구에서는 그림 5와 같이 영사식 위상천이 모아레(PMP) 3차원 측정 방식을 사용하였다. 영사식 위상천이 모아레 방법은 광원 앞에 투영격자를 위치하고 프로젝션 렌즈를 통하여 투영 격자를 측정하고자 하는 대상물에 투영시키며, 투영된 격자 무늬는 대상물의 높이 따라 변형이 생긴다. 카메라 앞의 기준 격자 없이 물체의 형상에 따라 변형된 격자무늬만을 획득하여 이미 알고 있는 기준 격자와 위상을 비교하여 3차원 정보를 추출하는 방법이다 [7]. 기존의 그림자식 모아레 방법[8]에 비하여 간단한 광학계 구성으로 3차원형상을 빠르게 얻을 수 있는 장점이 있다.

그림 6과 같이 밝고 어두운 무늬로 구성되어 있는 모아레 패턴으로부터 높이를 유도하는 방법은 다음과 같다 [8]. 밝은 부분에서 어두운 부분의 간격을 1 주기로 정의하고 대상물의 위치(x, y)에서의 밝기 값 I(x, y)라 하고 4개의 위상으로 이동하여 모아레 패턴을 투사하며 이를 식(1)로 표현된다.

$$\begin{aligned}
 I_1(x, y) &= I_0(x, y) \{1 + \gamma(x, y) \cos[\Phi(x, y)]\} \\
 I_2(x, y) &= I_0(x, y) \left\{1 + \gamma(x, y) \cos\left[\Phi(x, y) + \frac{\pi}{2}\right]\right\} \\
 I_3(x, y) &= I_0(x, y) \{1 + \gamma(x, y) \cos[\Phi(x, y) + \pi]\} \\
 I_4(x, y) &= I_0(x, y) \left\{1 + \gamma(x, y) \cos\left[\Phi(x, y) + \frac{3\pi}{2}\right]\right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기서 I_0 는 모아레 무늬 평균 밝기값으로 패턴모양의 중간 밝기 값이다. γ 는 격자 패턴의 가시도로서 \sin 파와 같은 형태의 밝기 값을 의미한다. ϕ 는 모아레 위상이다. $\Phi(x, y) + \sigma$ 는 각 이미지를 σ 만큼 즉, 90도씩 이동하였다는 것을 의미한다. 식(1)의 4개의 서로 다른 주기를 가지는 영상 밝기 값(I_1, I_2, I_3, I_4)으로부터 일반적으로 잘 알려진 4-bucket 알고리즘을 사용하여 식(2)와 같이 주기(모아레 위상)를 측정 가능하다.

$$\Phi(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{I_1 - I_3}{I_4 - I_2} \right) \quad (2)$$

위 식에서 구해진 측정된 주기($\Phi(x, y)$)는 해당 점의 기준 위상인 모아레 주기($\Phi_{ref}(x, y)$)와 비교하여 측정 물체의 높이를 식(3)과 같이 추출한다.

$$\theta(x, y) = \Phi(x, y) - \Phi_{ref}(x, y) = \frac{2\pi}{\lambda(x, y)} \cdot h(x, y) \quad (3)$$

여기서 $\theta(x, y)$ 는 위상차이며, $h(x, y)$ 는 3차원 위치이며, $\lambda(x, y)$ 는 등가 위상이다. 등가 위상은 $\theta(x, y)$ 가 높이를 바꾸어가면서 모아레 무늬의 주기가 360도(2π)가 되는 높이 $h(x, y)$ 에서 $\lambda(x, y)$ 를 구할 수 있다.

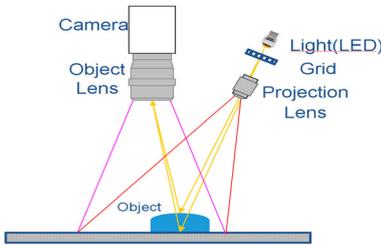


Fig. 5. Phase shifting Projection Moiré

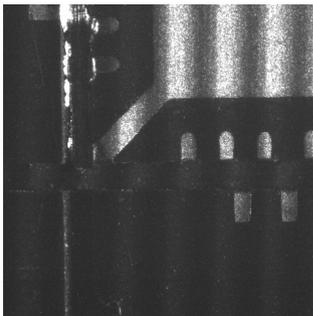


Fig. 6. Image of Phase shifting Projection Moiré

그림 7은 제작된 모아레 3차원 측정 광학계를 나타내었다. 카메라로는 4M(2352*1728)를 사용하였으며 60fps의 속도를 가진다. 측정하고자 하는 LQFP의 칩 크기가 20x20mm이상이므로 2D 검사영역과 동일하게 FOV는 30x22mm로 정하였다.

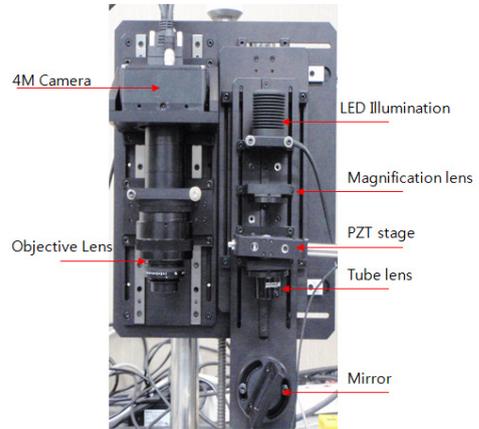


Fig. 7. Image of Phase shifting Projection Moiré

모아레 발생에 사용된 grid는 500Lp/inch의 Grid Glass를 가지고 약 8배의 배율을 가지도록 Projection Lens를 설계하였다. Grid의 투사각은 40도이며 미러를 통해 반사되어 주사하게 설계하였다[9]. 이때 바닥면에서의 모아레의 projection된 격자 무늬의 주기는 404.6 μ m로 측정 높이 유효 분해능은 15.172 μ m이므로 최소 불량 검출 항목인 38 μ m를 검출 할 수 있도록 설계하였다.

측정 대상인 LQFP/TQFP 칩은 검정색이므로 모아레 무늬의 contrast를 높이기 위하여 광학 시뮬레이션을 통하여 condensing 렌즈의 사양을 조절하여 격자패턴의 밝기의 진폭 값을 높였다. 그림 8은 condensing lens 설계 전후의 모아레 영상의 밝기 변화를 나타낸 것이며 모아레 위상의 분해능에 밀접한 영향을 미치므로 크게 하는 것이 중요하다.

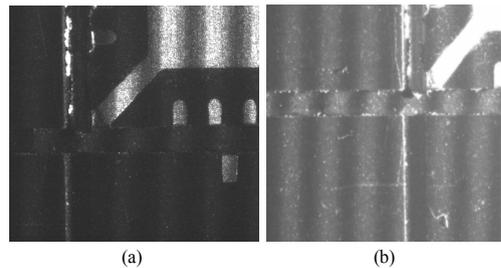


Fig. 8. Enhancement of the Moiré illumination contrast (a) contrast = 25, (b) contrast = 60

그림 9는 실제 획득한 영상의 밝기 변화와 이상적인 모아레의 영상의 차이를 나타낸 것이다[10]. 밝기 변화에 따라 위상의 해상도가 결정되므로 가능한 밝기 변화를 크게 하는 것이 중요하다[11].

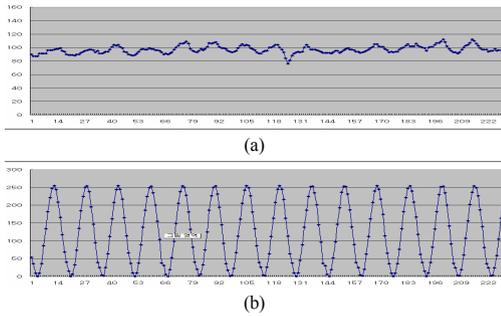


Fig. 9. Graylevel comparison between real and ideal (a)without condensing lens (b)with condensing lens

2.2.3 모아레 격자 이송 장치

모아레 패턴의 정확한 위상 이송은 대상물의 3차원 측정 형상을 위해서 반드시 정확한 이송을 위한 기구적 메커니즘을 설계해야 한다. 모아레 패턴의 이송에는 주로 LM가이드 형태가 주로 사용되고 있지만, LM 가이드는 오래 사용할 경우 정확한 이송이 어려워 최근 flexure 구조를 사용한 이송 메커니즘을 주로 사용하고 있다.

본 연구에서 사용한 flexure 구조의 선형 안내 기구는 그림 10과 같이 탄성 힌지 메커니즘을 이용한 4절 기구 형태(four-Link mechanism)로 설계하였다. 스테이지는 사절 링크 기구, PZT 구동소자, 예압 스프링 및 격자로 구성되며, 4절 링크의 회전관절은 원형노치형 탄성힌지로 구현된다. 4절링크기구는 PZT 구동소자가 밀면 탄성힌지에서 미소 회전변형을 일으켜 격자 부분이 선형 운동을 하며, 구동소자가 원상태로 회복하면 4절링크의 탄성힌지 회복력에 의해 원 위치로 회복된다. PZT 구동소자는 추력은 매우 크나, 인력은 작으며, 4절링크 기구와 볼에 의한 점접촉하기 때문에 초기에 스프링으로 미리 예압을 인가해야만 한다. 스테이지의 기구부는 4절링크, PZT 액추에이터 및 예압스프링이 병렬결합 되었으며 식(4)로 표현될 수 있다.

$$M\ddot{\delta} + (K_M + K_{PZT} + K_{PL})\delta = K_E V \quad (4)$$

여기서 M은 이동물체 상당질량, K_M , K_{PZT} , K_{PL} 은 4절링크, PZT, 예압 스프링의 강성이며 K_E 는 PZT의 단위

전압당 발생력, V는 압전 소자의 인가 전압, 그리고 δ 는 변위이다.

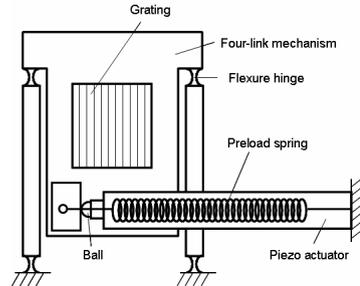


Fig. 10. PZT moving mechanism



Fig. 11. Accuracy test of grid moving mechanism

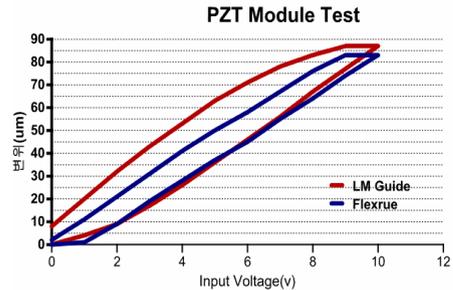


Fig. 12. Result of PZT movement

이송 장치의 정확도 실험을 위하여 그림 11과 같이 광학식 검사 장치를 구성하였으며 위치 이송 변화를 영상을 이용하여 측정하였다. 이때 사용된 배율을 100배 대물렌즈를 사용하였으며 0.05 μ m의 분해능을 가진다. 그림 12는 기존의 LM 가이드를 사용한 형태와 flexure 구조의 이송 장치의 이송 결과를 비교한 것이다. 그 결과 본 연구에서 적용한 flexure 타입의 선형 안내기구가 LM Guide에 비하여 15 μ m 정도로 hysteresis가 작고 선형성이 강한 것을 확인할 수 있다. 패턴 이송장치의 위치 정밀도가 증가할 경우 기존 위치 이송 오차에 대한 모아레 측정장치의 2 π 모호성을 크게 줄일 수 있다[12].

2.2.4 제어 시스템

그림 13은 3차원 광학계의 제어 시스템에 대하여 나타내었다. 먼저 USB를 통하여 PZT 제어에 필요한 0~10V 값을 D/A 변환기를 통하여 PZT 제어기에 입력한다. PZT는 모아레 패턴 격자를 90도씩 이동하는 역할을 하며, PZT가 원하는 위치에 도달하면, RS232c를 통하여 AVR 로 구성된 제어기를 통하여 10W의 LED 조명을 순간 전류 제어한다. 조명이 켜지면 PC에서 Matrox사의 camera link 용 frame grabber를 사용하여 영상을 획득하도록 구성되어 있다. PZT 4번의 이송(각 24msec)과 4장의 영상획득(17msec/frame)에 소요된 시간은 총 163msec이다. 획득한 영상으로 위상 처리에 걸리는 시간은 18msec였다.

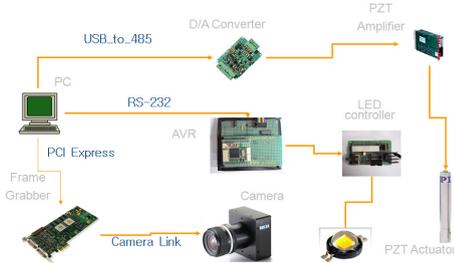


Fig. 13. Control schematics of 3D measuring system

2.2.5 2π 모호성 해결 방법 제시

모아레 측정 방법에서 위상 변화를 사용하는데 2π 모호성의 문제가 발생한다. 이는 측정 대상물이 특정한 값을 가지고 모아레 무늬의 주기 만큼 높이를 가질 때 정확한 높이 값을 측정하기 어렵다는 단점이 있다. 또한 진동이나 정확한 PZT의 이송이 되지 않을 경우도 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 기존의 방법으로는 2차원 위상정렬을 실시하는 방법[12]과 다과장을 이용하는 방법[13] 등이 있다. 이 방법을 구현하려면 또 추가적인 고가의 PZT와 grid 등의 다른 하드웨어를 설치해야 하므로 추가 비용이 들어 생산 단가를 높이는 문제가 발생한다.

본 연구에서는 2π 모호성을 줄이기 위하여 추가적 비용을 줄이기 위해 다음과 같이 해결하였다. 그림 14의 첫 번째 그림에서 보면 동일한 높이지만 2π 위상차 모호성 발생하여 측정 대상물의 높이가 2π 위상차 만큼 높게 측정이 되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 방법과 같이 PZT를 움직여 4번 모아레 위상 변화

를 얻고, 다시 위상의 phase를 달리 하여 4번의 추가 위상을 PZT가 초기 위치로 돌아오면서 측정하여 2개의 다른 위상을 얻는다. 그림 14는 2개의 서로 다른 위상을 보여주고 있다. 2π 위상의 변화가 발생하는 위치에서 다른 위상이 2π 위상 변화가 발생하지 않으면 동일한 높이로 판단하였다.

그림 15의 왼쪽 그림은 2π 의 모호성을 해결하지 않은 상태로 주기적인 높이 단차가 나타나고 있으며, 오른쪽 그림은 본 논문에서 제시한 2π 의 모호성을 해결 방법을 적용한 경우로 반복적인 높이 측정 오차가 전혀 나타나지 않고 있다.

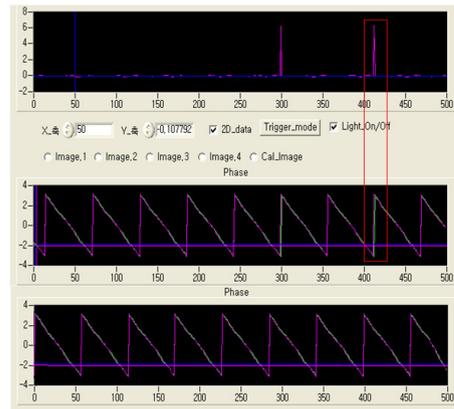


Fig. 14. 2π ambiguity solving method

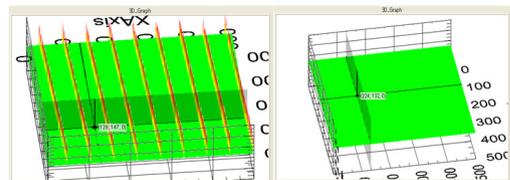


Fig. 15. result of removing 2π ambiguity

3. 실험 및 결과

그림 16은 제작된 측정 장비의 GUI를 나타내는데 모아레의 phase를 2D와 3D 표시하여 일반 검사자가 측정 결과의 과정을 쉽게 확인할 수 있도록 구성하였으며 이 측정 프로그램을 이용하여 반복 정밀도 측정을 수행했다.

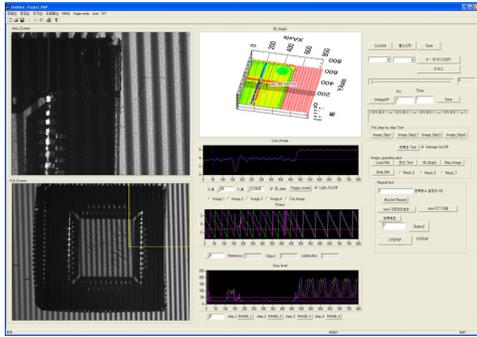


Fig. 16. GUI of Moire 3D measurement system

제작된 모아레 3차원 측정 장치의 반복 정밀도를 측정을 위해서 기준 시편을 사용한다. 정밀도를 측정하는 여러 가지 방법이 있지만 수직으로 기준면을 50 μm 씩 이동시켜 해당 높이를 측정하는 방법을 사용하였다. 정확한 이동을 위해서 0.05 μm 의 분해능을 가지는 마이크로미터를 사용하여 그림 17과 같이 실험 장비를 구성하였다. 10회 반복 시 측정 실험 결과는 표 3에 나타내었다. 그림 18은 실제 LQFP/TQFP의 Saw 공정 후에서 groove의 높이를 측정한 결과이다. Land Lead면의 A지점과 Saw면의 B지점을 반복 측정함으로써 반복 성능을 테스트하였다. 측정결과 A지점은 표준편차 0.032 μm 로 평균 303.275 μm 로 측정 되었고, B지점은 표준편차 0.769 μm 로 평균 102.832 μm 로 측정되었다. 이때의 측정 최대 오차는 1.34 μm 이며, LQFP/ TQFP칩 최소 요구 검출 크기가 38.5 μm 이므로 설계 요구 사항을 만족 한다. A지점에 비하여 B지점의 표준편차가 큰 이유는 B지점의 Gray Level 진폭이 작기 때문에 위상차에 의한 측정 정밀도가 떨어지기 때문이다. 그림 19는 다양한 LQFP/TQFP의 불량률 측정한 결과이다.

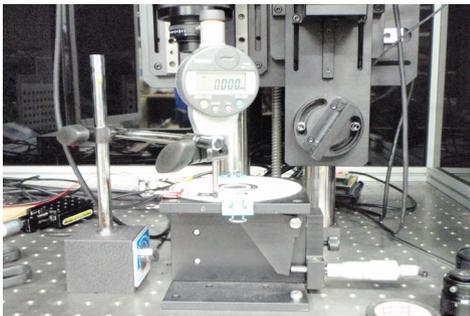


Fig. 17. Repeatability test of measurement system

Table 3. Result of Repeatability Test

Real height	Stand. Dev.	Average
0	0.182751	2.5986
50	0.912975	48.18618
100	0.817933	99.86539
150	0.614982	150.9749
200	0.702587	204.4079
250	1.043784	254.0269
300	0.743687	302.4105

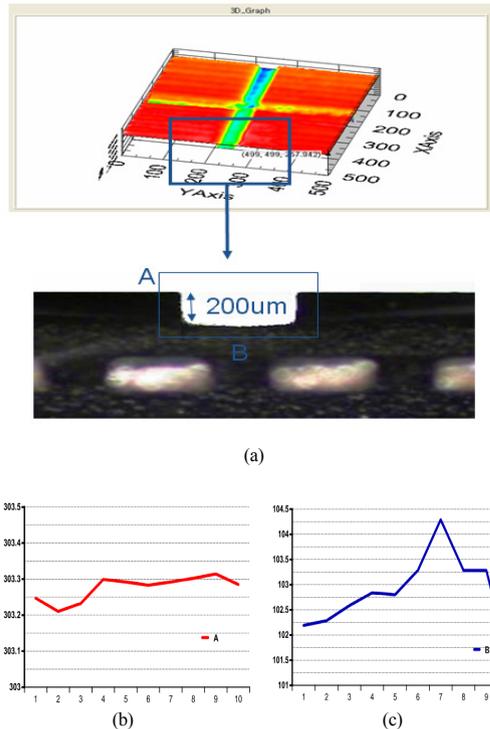
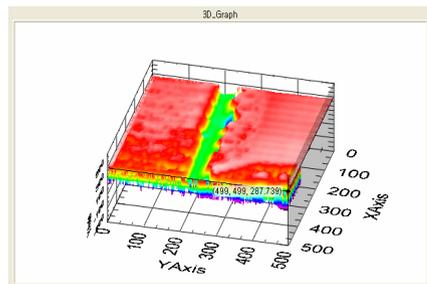


Fig. 18. 3D measurement accuracy test of LQFP

- (a) result of 3D measurement
- (b) result of A section measurement
- (c) result of A section measurement



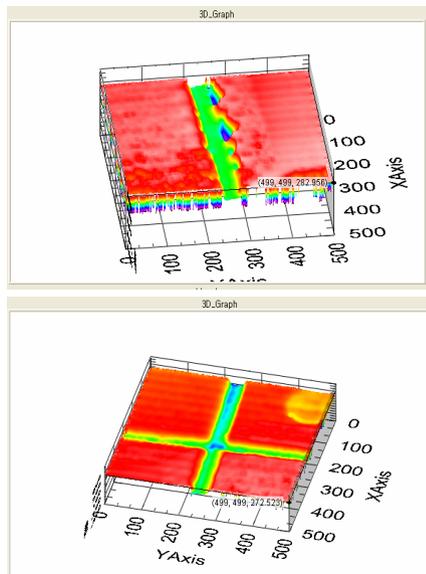


Fig. 19. 3D measurement results of LQFT/TQFP

4. 결론

본 연구에서는 2차원 패턴 검사로 행해지던 LQFP/TQFP 패키징 검사 공정에서 3차원 형상 공정 관리를 위해 영사식 모아레 간섭계 방법을 이용한, 광학계 시스템을 설계하고 3차원 측 알고리즘을 구현하였다. 본 연구에서 구현한 측정 장비의 성능을 테스트하기 위해 국내에서 제조 중인 LQFP/TQFP 패키징 공정의 검사 라인에 적용하였으며, 측정 결과 LQFP/TQFP 공정 중 불량률이 가장 많이 발생하는 Saw Depth 측정에서 10 회 반복 측정 시 최대 오차는 $1.34\mu\text{m}$ 와 측정 오차의 표준편차가 $0.715\mu\text{m}$ 로 나타났으며, 이 결과를 토대로 LQFP/TQFP의 외관에 대한 3차원 형상 측정 및 불량 검출이 가능함을 알 수 있었다. 향후 본 연구에서 제작된 광학계 시스템을 사용하여 불량 검사 알고리즘에 대한 연구를 진행할 예정이다.

References

- [1] Byeong Gwon Joo and Taik Dong Cho, "3D Accuracy Enhancement of BGA Shiny Round Ball Using Optical Triangulation Method", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 32, No. 9, pp. 799-805, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7736/KSPE.2015.32.9.799>
- [2] Won-Yong Choi, Yang-Jae Park, and Jeoung-Hyun Lee, "The Method of Precision Three Dimension BGA Height Inspection By Laser Scan", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 9, No. 12, pp.221-227, 2011.
- [3] Kuk Won Ko, Jae Hwan Sim, Min Young Kim, "A High-Speed White-Light Scanning Interferometer for Bump Inspection of Semiconductor Manufacture", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol.30 No.7, pp. 702-708, July, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7736/KSPE.2013.30.7.702>
- [4] Young-Soon Park. Joon-Seek Kim, "A Study on the Measurement Algorithm for the Ball Height of BGA Device Using Stereo Vision", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 20, No.6, pp. 26-34, July 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2006.20.6.026>
- [5] Sang Woo Bae, Min Young Kim, Kuk Won Ko, and Kyung Chul Koh, "A Parallel Mode Confocal System using a Micro-Lens and Pinhole Array in a Dual Microscope Configuration", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 19, No 11, pp. 979-983, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5302/J.ICROS.2013.13.9032>
- [6] S.W.Kim, "Technological Trends for Precision Optical Metrology", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 17, 2001.
- [7] Jong-Hyeong Kim, Se-Hyun Han, Kuk Won Ko, Kyung-Cheol Koh, "Development of 3-D Inspection Technology for Solder Paste Using PMP method", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol.20, No. 10, pp. 12-21, 2003.
- [8] Takasaki H, "Moire Topograph" Applied Optics, Vol. 9 No. 6 pp. 1467-1472, 1970.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1364/AO.9.001467>
- [9] J.G. Zhong. "Linear integer unconcerned phase map profilometry by changing the projection angle of the grating," Optical Engineering, Vol.40 No.7, pp. 1377-1382, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/1.1385334>
- [10] Kuk Won Ko, Min Young Kim, "A Robust Method for Automatic Generation of Moire Reference Phase from Noisy Image", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. Vol. 10, No. 5, pp. 909-916, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.5.909>
- [11] W. Li, X. Su, "Real-Time Calibration algorithm for phase shifting in phase -measuring profilometry," Optical Engineering, Vol. 40 No.5, May 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/1.1357195>
- [12] Kyung-Seok Jeong, Yongsang Jung, "Application of DMD for Phase Shifting in Moire Topology", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 12, No. 6 pp. 2457-2462, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.6.2457>
- [13] Sungui Hwang, Junhwan Jang, Kyihwan Park, "Solving 2pi ambiguity problem of a laser scanner based on phase-shift measurement method for long distances measurement," ICCAS 2012, pp. 1250-1252, Oct.2012.

고 국 원(Kuk Won Ko)

[정회원]



- 1992년 2월 : 서울대학교 농업기계학과 졸업.
- 1994년 2월 : KAIST 정밀공학과 석사 및 2001년 동 대학원 기계공학과 박사
- 2002년 1월 ~ 2003년 2월 : (주)미래산업 연구소 선임연구원.
- 2003년 3월 ~ 현재 : 전문대학교 기계 ICT융합공학부 부교수

<관심분야>

관심분야는 3차원 측정 시스템, 영상처리, 인공지능.

이 지 연(Ji Yeon Lee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 이화여자대학교 통계학과 졸업
- 2010년 2월 : 인제대학교 교육대학원 수학교육 석사
- 2014년 2월 : 인제대학교 컴퓨터응용과학 이학박사
- 2014년 8월 ~ 현재 : 전문대학교 자동차 에너지 연구소 연구원

<관심분야>

수치해석적 영상처리, 통계처리.

한 창 호(Chang Ho Han)

[정회원]



- 1993년 2월 : 청주대학교 전자공학과 학사 졸업
- 1995년 2월 : 동 대학원 전자공학과 석사 졸업
- 2010년 2월 : 전문대학교 전자공학과 박사 졸업
- 2014년 3월 ~ 현재 : 전문대학교 기계 ICT융합공학부 조교수

<관심분야>

영상처리, 모션캡처

유 영 기(Young-Kee Ryu)

[정회원]



- 1987년 2월 : 한양대 기계공학과 졸업
- 1989년 2월 : 한국과학기술원 생산공학과 석사
- 1996년 2월 : 자동차 및 설계공학과 박사
- 1996년 3월 ~ 현재 : 전문대학교 기계 ICT 융합 공학과 교수

<관심분야>

머신비전, 영상처리, 광응용시스템, 전자기유도 전자펜, 정전용량 전자펜.

박 철 근(Chul-Geun Park)

[정회원]



- 1983년 2월 : 부산대학교 자연과학대학 수학과 (이학사)
- 1986년 2월 : 한국과학기술원 응용수학과 (이학석사)
- 1995년 8월 : 한국과학기술원 수학과(이학박사)
- 1986년 4월 ~ 1997년 2월 : 한국통신 통신망연구소 선임연구원
- 1997년 3월 ~ 현재 : 전문대학교 기계ICT융합공학부 교수

<관심분야>

통신망해석, 큐잉이론, 컴퓨터네트워크

이 상 준(Sangjoon Lee)

[정회원]



- 2000년 2월 : 명지대학교 전기전자공학부 제어계측공학전공 졸업
- 2005년 2월 : 명지대학교 전자공학과 석사
- 2011년 2월 : 연세대학교 전기전자공학부 의공학 전공 박사
- 2014년 3월 ~ 현재 : 전문대학교 기계 ICT융합공학부 조교수

<관심분야>

3D 의료영상 및 패턴인식 의료신호처리.