

# 배열 렌즈 및 핀홀 기반 다중 공초점 로봇 비전 시스템 : 웨이퍼레벨 패키징의 마이크로 범프 검사응용

김민영·김현우·이순걸

## Array Lens and Pinhole-based Multi-Confocal Robot Vision System : Micro Bump Inspections in Wafer Level Packaging

Min Young Kim, Hyun-Woo Kim and Soon-Geul Lee

### 1. 서론

최근 반도체 패키지의 경박단소화 및 고기능화 추세에 맞추어 범프(Bump)공정과 TSV (Through Silicon Via)공정으로 대표되는 웨이퍼 레벨 패키징의 접합 단자 제조 기술이 최종 반도체 패키지의 신뢰성 확보를 위하여, 중요한 검사대상이 되고 있다.

#### 1.1 웨이퍼레벨 패키징

웨이퍼 레벨 패키징에 있어서, 일차적으로 활성화되고 있는 회로커넥션 기법은 실리콘 다이의 바닥면에 2차원 배열형태로 형성되는 마이크로 범프이다<sup>1)</sup>. 범프는 사용되는 목적과 재질에 따라, 대표적으로 solder bump, gold bump, 혹은 stud bump 등으로 나뉘며, 점차적으로 solder bump의 수요가 증대되고 있다.

#### 1.2 마이크로 범프 검사

마이크로 범프의 크기는 20~100um 에 이르고 있고, 범프간 미세피치는 40um에 이른다<sup>2)</sup>. 이러한 미소 범프를 장착한 웨이퍼 다이의 패키징 관점에서, 이를 기존의 2차원 영상 검사에서 벗어나 3차원 형상 측면에서 검사해야할 필요가 지속적으로 요구되어져 오고 있다. 대표적인 방법으로는 구조광 삼각도법, 공초점 현미경법, 간섭 현미경법 등이 있다. 경면반사 및 난반사 광학 특성을 복합적으로 포함하고 있는 반도체 웨이퍼 레벨 미소 패키징의 검사 대상체에 대해, 강인한 측정 기술의 개발은 신뢰성있는 반도체 패키징을 위해 중요한 연구주제가 되고 있다.

이를 위해, 최근에는 기존 공초점 현미경이 가지는 단일 공초점 프루브를 통한 z축 스캐닝으로 높이를 측

정하고 xy축으로 측정대상체의 좌표공간을 스캐닝하는 방법을 개선하고자 하는 연구가 지속되고 있다. 특히, 단일 공초점 방식을 대량 병렬 공초점화하는 연구가 진행되고 있으며, 이를 이용하여, xy축 스캐닝을 최소화함으로써, 관심영역의 3차원 형상을 고속 계측하는 방법이 관심이 집중되고 있다<sup>3-5)</sup>.

### 2. 다중 공초점 로봇 비전 시스템

#### 2.1 시스템 개념

본 논문에서 제안하고자 하는 시스템은 다중 공초점 기법에 기반하는 비전 센서이며, 그림 1에 보이는 바와 같이, 마이크로 렌즈 및 핀홀 어레이를 이용하여, 측정면에서 렌즈 어레이 개수에 해당하는 다수개의 공초점 프루브를 병렬적으로 형성시켜 주는 대량 병렬화 개념을 갖는다. 또한, 적용되는 마이크로 렌즈 및 핀홀 어레이는 다양한 배열 크기와 개구수를 가지고, 측정 물체의 반사 특성에 맞는 측정 개구부를 선택할 수 있어,

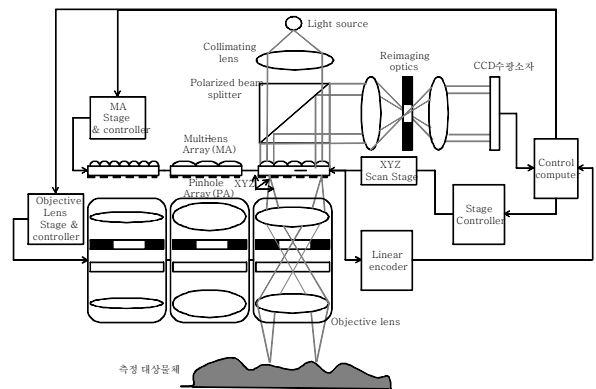


그림 1 다채널 공초점기반 로봇 비전 시스템

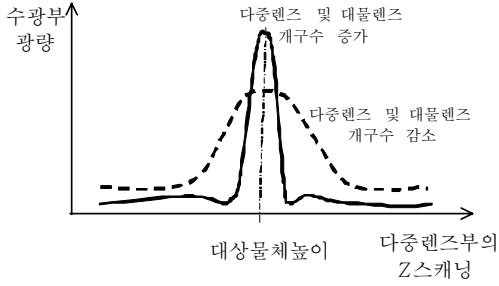


그림 2 다중렌즈 및 대물렌즈의 개구수 변화에 따른 공초점 신호의 변화

측정 대상체의 광학 특성에 측정 검사 시스템이 적용할 수 있는 광학 시스템을 구비하는데 중요한 역할을 한다. 그림 2는 개구부의 수치에 따른 측정광의 신호 차이를 도시한다. 개구수가 증가할 수록 반응 신호는 높고 신호 추출에 용이한 피크형 신호 특성을 갖게 된다.

### 2.2 시스템 운용

시스템의 운용 흐름도는 그림 3에 도시된다. 대상물체로의 광조사와 함께 측정되는 신호를 이용하여, 물체의 반사정도를 계측하고, 이에 맞는 최대한의 마이크로 렌즈 어레이를 이용하여, 최소한의 스캐닝과 함께 3차원 측정을 수행한다. 그림 4에는 대상물체의 반사도에 적합한 마이크로 렌즈의 적용을 위해 대중소의 개구수를 갖는 다수의 렌즈셋을 구성하는 개념을 도시한다. 해당하는 개구수의 확보를 위한 렌즈 어레이의 선정과 그에 따른 z축 스캐닝을 통하여, 획득한 측정포인트에 대비하여, 주변의 누락된 측정포인트를 계측하기 위하여, 최소한의 XY스캐닝을 적용하는 운용안을 제시한다.(그림5) 그림 6은 PZT 스테이지를 이용하여, 해당하는 다수개의 렌즈열을 선정 및 구동 스캐닝하는 스테

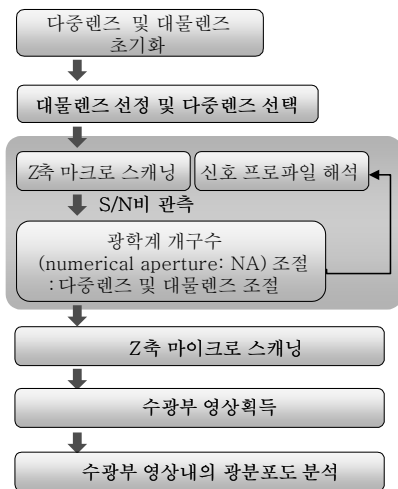


그림 3 제안 시스템의 운용 프로그램 흐름도

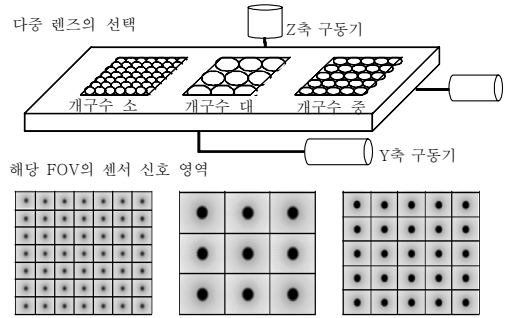
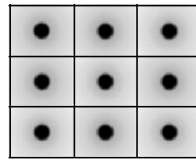


그림 4 개구수 변화가능 가변 렌즈시스템의 구성과 해당 FOV에서의 측정포인트

해당 FOV의 센서 신호 영역



XY 구동기를 이용하여, 측정 포인트의 사이 구간을 스캐닝

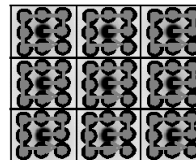


그림 5 마이크로 렌즈 어레이의 최소 스캐닝

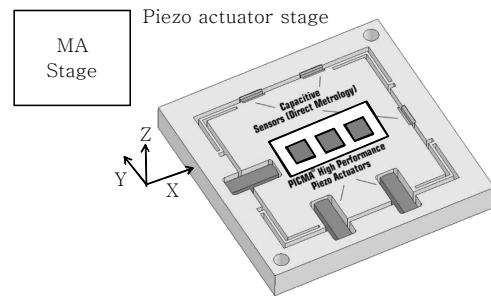


그림 6 마이크로 렌즈 어레이의 최소 스캐닝

이지의 구성도를 보여준다. 각 공초점에 의한 측정점들 간의 구간을 스캐닝하기 위해 um 단위의 스캐닝을 보장할 수 있는 스테이지 구동 시스템이 요구된다.

### 2.3 시스템 장점

제안한 시스템은 일반적으로 사용되는 스캐닝 기반 단일채널 공초점 기법에 대비하여, 마이크로 렌즈 및 핀홀 어레이를 이용하여, 배열 형태로 대량 병렬화를 시도함으로써, 측정 고속화 가능성 및 광학특성 강인성을 보유할 수 있다.

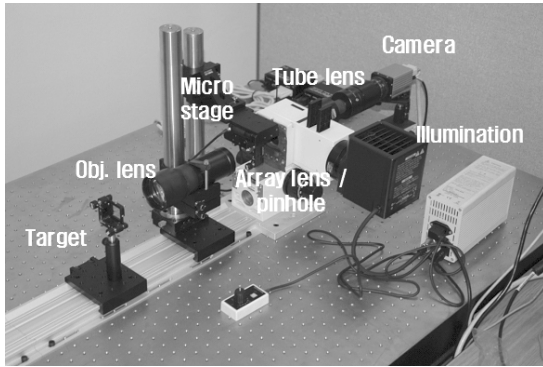


그림 7 제안된 다중 공초점 로봇 비전 시스템 실험 셋업

### 3. 실험 셋업

제안된 측정 개념을 통하여, 간략히 구성한 실험 셋업은 그림 7과 같다. 제안하는 시스템은 대물렌즈, 이미징렌즈, 카메라, 배열렌즈, 배열핀홀, 조명시스템 등으로 구성이 된다.

#### 3.1 배열 렌즈 및 핀홀의 제작

실험장치의 중요 요소품으로 기능하는 마이크로 배열 렌즈 및 핀홀의 제작은 유기물의 반도체 공정을 통하여, 제작된다. 렌즈와 핀홀의 고정도 정렬 문제를 풀기 위해서는, 배열 형태의 렌즈와 핀홀을 동시에 같은 공정상에서 제작하는 것이 최선의 방법이다. 이를 위해서, 핀홀 배열을 먼저 제작하고, 이를 통하여, 렌즈를 형성하는 자기 정렬(self alignment)방법을 이용한다.(그림 8) 핀홀의 제작을 위해서는 Quartz glass상에

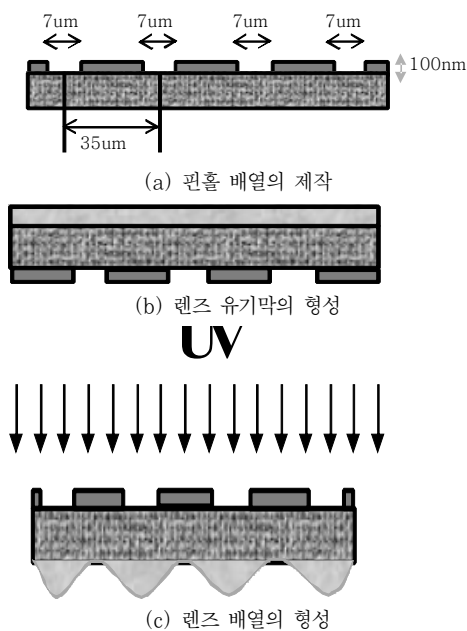


그림 8 배열 렌즈 및 핀홀의 제작을 위한 공정

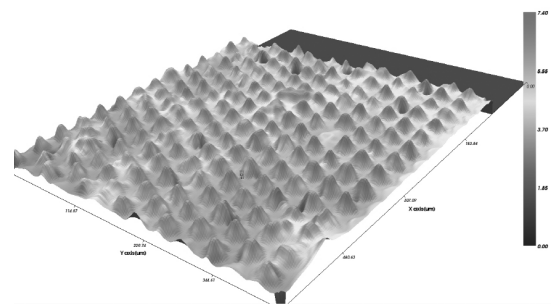


그림 9 배열 렌즈 및 핀홀의 높이 분포

표 1 배열 렌즈 및 핀홀의 제작 결과

	렌즈 높이	렌즈간 피치
제작 사양	3.5um	35um
제작 결과	3.45um±0.1	34.82um±0.1

Aluminum 마스크가 이용되어 지고, 렌즈 유기막의 제작을 위해서는 NOA65가 사용되어, 자외선에 의해 배열 렌즈 형성이 이루어진다.

#### 3.2 제작 검증

제작된 배열 렌즈 및 핀홀의 검증을 위해 상위의 측정 성능을 갖는 백색광 간섭계가 사용되었다. 그림 9는 시험 제작된 배열 렌즈 및 핀홀의 측정된 결과이다. 공정의 안정화 문제에 기인하여, 부분적인 이물질의 부착이 관측되나, 전반적으로 균일한 렌즈 및 핀홀의 형성이 가능한 것을 확인하였다. 표1은 제작된 수치 결과를 나타낸다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 다수의 개구수를 갖는 마이크로 어레이 렌즈의 셋을 이용하여, 물체의 반사도에 따라 렌즈의 개구수를 바꾸고, 이를 이용하여 측정 물체에 강인하고, 빠른 측정속도를 얻을 수 있는 다중 공초점 로봇 비전 센서를 제안하였고, 이를 위해 마이크로 배열 렌즈와 핀홀 렌즈를 제작하는 자기 정렬방법 기반 반도체 공정을 개발하고, 이를 제작 검증하였고, 현재 목표사양에 더욱 근접하기 위해 제작된 배열 렌즈 및 핀홀의 균일도 증진에 대한 연구를 지속수행하고 있다.

## 후 기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10890)의 지원을 받아 수행되고 있는 연구결과입니다.

## 참고문헌

1. [http://www.siliconfareast.com/wl\\_package.htm](http://www.siliconfareast.com/wl_package.htm)
2. <http://www.izm.fraunhofer.de/EN/abteilungen/hdi/index.jsp>
3. Ishihara, M. and Sasaki, H., High-speed surface measurement using a non-scanning multiple-beam confocal microscope, *Optical Engineering*, **38-6** (1999), 1035-1040
4. Toh, P. S., Confocal Imaging, U.S. Patent 6,838,650, **Jan. 4**, 2005



- 김민영
- 1975년생
- 경북대학교 IT대학 전자공학부
- 광기전 시스템 및 멀티스케일로봇
- e-mail : mykim@ee.knu.ac.kr

5. Zabolitzky, J., Device for Measuring in Three Dimensions A Topographical Shape of An Object, U.S. Patent 7,446,885, **Nov. 4**, 2008



- 김현우
- 1984년생
- 경북대 전자전기컴퓨터학부 석사과정
- e-mail : kimhw2109@ee.knu.ac.kr



- 이순걸
- 1961년생
- 경희대학교 기계공학과
- 제어, 로봇 및 메카트로닉스
- e-mail : sglee@khu.ac.kr