

다자유도 구동스테이지와 비전시스템을 이용한 플립칩 본더 개발

황달연*, 전승진, 김기범 (한국산업기술대학교 에너지대학원)

Development of the Flip-Chip Bonder using multi-DOF Motion Stage and Vision System

Dal Yeon Hwnag*, Seung Jin Jeon and Ki Beom Kim(Korea Polytechnic University Graduate School of Energy)

ABSTRACT

In this paper we developed flip-chip bonder using XY stage, liner-rotary actuator and vision system. We depicted the major parts of the developed flip-chip bonder. Then we discussed several problems and their solutions such as vision and motion control, pick-up module position accuracy, separation of chip from the blue taped hoop, etc. We used a post guide to improve the horizontal positional accuracy against the long arm. Also, we used an ejector module and synchronization technique for easy chip separation from the blue tape.

Key Words : flip-chip (표면에 전기적인 연결이 직접 되는 칩), Pixel (영상의 화소), pattern matching (영상 정합), resolution (해상도), normality (정규성)

1. 서론

반도체 산업의 전체적인 발전에 따라 대상 공정 및 부품이 점점 더 미세화하고 작업 시간 또한 계속 줄어들고 있어 고속, 고정밀의 프로세스, 측정, 조립, 검사공정이 요구되며 개별공정들의 단순화, 일관화, 통합화 또한 필요하다.

플립칩은 반도체에 여러개의 와이어를 붙이고 그 위에 패키징을 한 기존의 칩과는 달리 플립칩(flip-chip)은 몸체 표면에 직접적으로 전기적인 연결이 되는 칩을 말한다. DCA(Direct Chip Attach)라고도 불리며 그 사용 범위가 넓어져서 이제는 메모리 장치도 플립칩 형태로 사용되기 시작 하였다. 세계적으로 플립칩은 일년에 600000 개 이상 소비 되고 있으며 해마다 50%씩 증가 추세를 보여왔다.[1] 앞으

로도 해마다 10%씩 증가 할 것으로 기대된다. 플립칩은 패키징을 하지 않는 점 때문에 다른 패키징 타입에 비해 크기, 작업성능, 유연성, 신뢰성, 그리고 가격 등의 부분에서 장점이 있다. 플립칩본딩장비는 ASML사에서 90년도초 이미 개발하였으며, 국내의 업체에서도 최근 개발 판매하고 있다. 그러나, 본 장비에 대한 구체적인 기술자료들은 별로 공개되어 있지 않다.

본 논문에서는 반도체 장비 중 특히 앞으로 계속 해서 수요가 증가 될 것으로 예상 되는 플립칩 본더의 주요한 구성요소들을 제시하고 수평회전 및 z 축용 리니어 및 로터리 액츄에이터 사용에 따라 발생할 수 있는 문제점을 살펴보고 개선방안을 제시하고자 한다. 또한, 비전 시스템에서 사용될 수

있는 기법들과 에러를 보정할 수 있는 방법들을 제시 하고자 한다.

2. 시스템의 구성

2.1 모션 구성

본 장비는 2 개의 XY 스테이지 (스텝모터구동 볼스크루타입), 2 개의 비전 시스템, 이젝터, 가이드, 칩을 들어 올려서 웨이퍼 스테이지로 옮기고 다시 후프 스테이지로 이동하는 암(LAR30: Z(상하), θ (회전)), 웨이퍼 스테이지에서 칩마운트를 가열하기위한 히터, 미세 위치 조정기로 구성 되어 있다 (그림 1a). 그림 1b 는 개발된 플립칩본더의 사진이다.

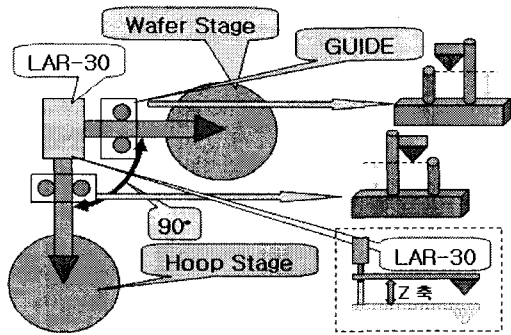


Fig. 1(a) Sketch of flip-chip bonder motion (top view - left) and z-axis guide (right)

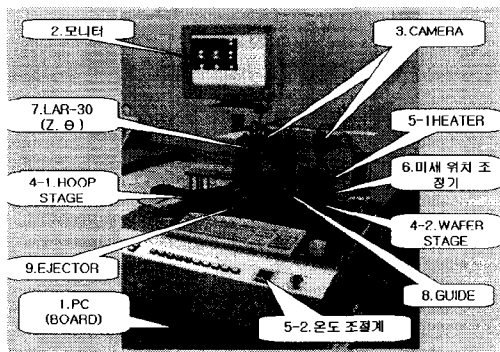


Fig. 1(b) Photo of developed flip-chip bonder

2.2 그래픽 사용자 인터페이스

작업모드 등 각종 초기화를 하는데 사용되는 입

력 값을 받는 부분과 시스템의 상태, 작업 영상을 보여주고 톨바의 활성화 비활성화를 통해서 작업을 절차적으로 진행 할 수 있도록 되어 있다 (그림 2).

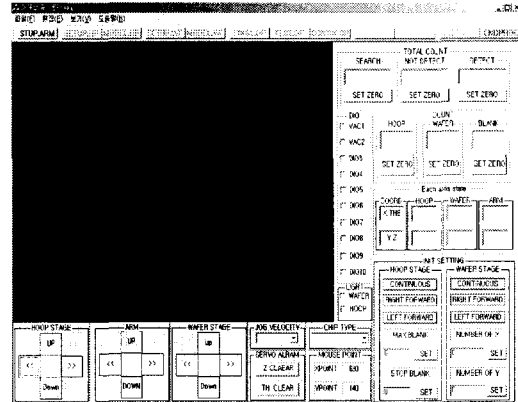


Fig. 2 Application program GUI

2.3 하드웨어 및 어플리케이션 프로그램 구성

장비의 구성은 전원부를 제외하고 크게 비전부, 모션부, 컴퓨터, 기구부 및 히터, 공압부 등으로 나뉘어져 있다 (그림 2).

어플리케이션 프로그램은 비전처리 및 모션구동을 위한 사용자인터페이스로 사용자가 프로세스를 진행 할 수 있고, 현재의 상태를 검사할 수 있게 한다 (그림 3).

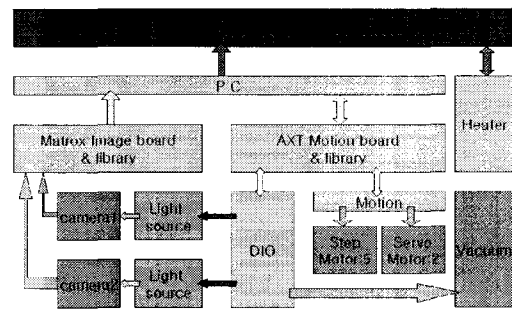


Fig. 3 Vision and motion control block diagram

웨이퍼 스테이지에서는 웨이퍼를 가열하여 웨이퍼

위에 올려질 칩과 웨이퍼를 본딩시키는 히터를 설치하여 독립적인 온도제어기를 통해 일정구간의 설정 온도를 유지한다. 칩의 위치 측정을 위한 비전보드, 2 세트의 XY 스테이지를 구동하는 4 개의 스텝모터와 이젝터를 위한 1 개의 스텝모터, 압액추에이터의 Z 축과 θ 축을 위한 2 개의 서보 모터, 공압과 카메라의 광원을 제어하기 위한 DIO 를 위한 모션 보드는 PC 로 제어된다.

사용자 어플리케이션에서는 작업을 하기위한 기본적인 조건들을 작업자가 선택을 하거나 직접 삽입 하게 되어있고, 현재의 작업 진행 사항을 볼 수 있도록 여러 가지 카운트 값과 스테이지 이동 값이 표시되게 되어있다. 원활한 작업을 위하여 두 가지의 조그 (jog) 모드로 각 스테이지와 암부분도 구동 할 수 있게 되어있다.

공압은 3 가지 용도로 사용된다. 웨이퍼를 척에서 흡입하여 흔들리지 않게 하는 부분과 노즐에서 칩을 흡입하기 위한 부분, 그리고 공기를 불어주는 부분으로 되어있다.

2.4 자동조립작업을 위한 초기화 및 작업모드 설정

크게 초기화 하는 부분과 동작 모드로 나뉜다. 그림 4 에서 Hoop, Wafer, Model SetUp 하는 부분은 전체 시스템을 초기화 하는 단계로 칩을 모델로 선정하고, 웨이퍼 스테이지 운반된 칩이 놓일 x*y 의 배열 결정, 칩의 형태 선택, 라인 체인지와 작업의 진행 판단을 위한 MAX_BLANK 와 STOP_BLANK 를 설정한다.

동작테스트 동작모드인 Single Operation mode 와 여러 번의 작업을 실행 하는 Test & Continuous mode 가 있다. Test mode 는 작업자가 설정한 만큼 동작 횟수가 정해져 있고 cont mode 는 칩이 없거나, 웨이퍼 스테이지가 가득 차서 웨이퍼를 바꾸어야 하거나 작업자가 강제 중지 한 경우 등의 인터럽트 요소가 생길 때까지 작업을 계속한다. 암의 초기 위치 설정도 이 단계에서 한다.

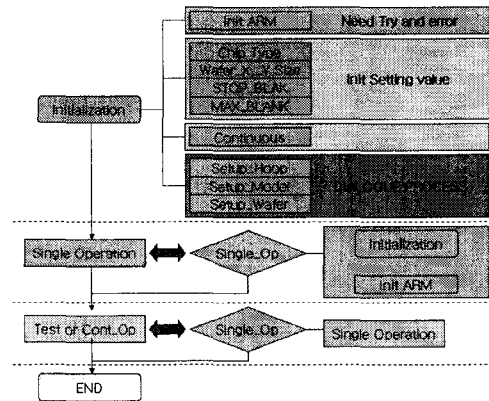


Fig. 4 초기화 및 작업모드 설정

3. 비전을 이용한 칩의 인식 및 픽업

3.1 비전에 의한 인식

비전 시스템은 대상칩의 정확한 위치를 파악하고 위치 정보를 모션 시스템으로 넘겨주고 불량으로 인한 프로세스의 중단을 판단한다.

3.1.1 파라미터 설정

비전 인식에서 중요한 점은 대상 칩의 외형과 어떤 흐름으로 진행 할 것인지 그리고 부가되는 파라미터의 적절한 선택이다.

검사 영역의 설정은 카메라 입력 영상에서 패턴 매칭을 통해서 선택한 모델을 찾을 영역을 결정하는 부분이다. 영역이 커지면 패턴 매칭시에 소요되는 시간이 길어지게 된다. 앞에서 언급 한 것처럼 배율에 따라 보여질 영상이 달라지고 칩의 크기에 따라 달라지므로 본 논문에서는 대상칩의 크기가 가로 세로 0.3mm 이고 광학배율 2x 를 640*480 크기의 해상도에서 적용한 경우이다.

이젝터 핀의 위치와 카메라의 중심을 맞추는 세팅 작업이 어렵기 때문에 임의의 점 X, Y 를 중심이라고 보고 그림 5 와 같이 영역을 판단한다. 검사 진행 방향에 따라 2 개의 영역으로 분리된다. 즉 현재 검사가 오른쪽으로 진행 중인지 왼쪽으로 진행 중인지에 따라서 영역이 달라진다.

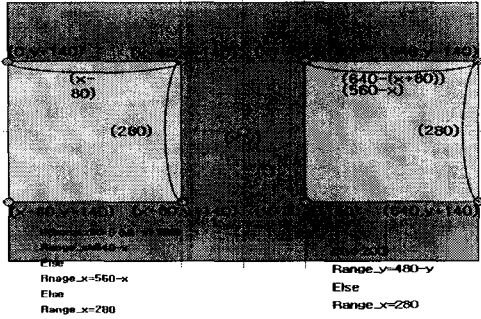


Fig. 5 Range of pattern matching area with direction

스캔을 위해 방향을 결정하기 위한 것, 라인변경을 위한 것, 전체 영역 스캔 프로세스를 중단할 위한 것 등 3 가지를 고려해야 한다.

설정된 변수 MAX_BLANK 수만큼 연속적으로 칩을 찾지 못하면 한 줄 아래로 이동하여 방향을 바꾸고 패턴을 찾는다 (그림 6). 이런 지그재그 스캔을 진행하다가 연속적으로 찾지 못하는 칩이 MAX_BLANK_STOP 을 넘으면 프로세스가 종료 되는데 이것은 실제로 더 이상 옮길 칩이 없거나 혹은 칩 배열에 이상이 생긴 경우로 사용자의 개입이 필요함을 의미한다.

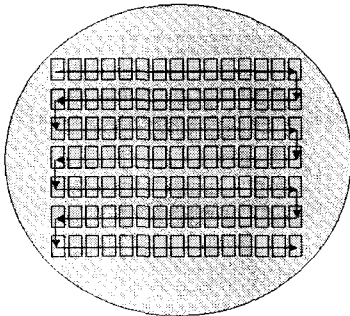


Fig. 6 Zigzag Scanning flow on hoop with chip array

3.1.2 비전과 모션의 오차 보정

비전에서의 오차는 실제로 모션 시스템의 이동 거리와 밀접한 관련을 가지게 된다. 따라서 실험적인 방법에 의해서 적정계수에 의해서 오차를 보정하

는데 누적오차 제거를 위한 compensation()이란 함수로 일정작업 수행 후 중앙 부분을 패턴 매칭하여 칩의 중앙 값을 이젝터 핀의 중앙 지점으로 이동하는 작업을 하게 되는데 누적 오차가 보정이 되는 장점이 있지만 너무 자주하면 시간소비가 크게 된다.

3.2 모션부

모션 시스템은 비전 시스템에서 넘겨 받은 값을 가지고 후프 스테이지와 웨이퍼 스테이지를 원하는 위치로 움직이고, 이젝터 핀과 암 그리고 공압의 동기화 작업을 수행하게 된다.

3.2.1 모션 파라미터 설정

모션 시스템에서 고려 하여야 할 파라미터 들은 대상 칩의 형상, 노즐의 형상, 칩을 옮기는데 사용되는 액츄에이터 등 이다.

3.2.2 이젝터, 공압과 암의 동기화

대상칩의 모양과 재질에 따라서 노즐의 형상이 결정된다. 여기서의 칩은 편평한 사각형 모양이므로 노즐의 닿는 면과 칩의 상면이 서로 평행을 이루어야 하며 노즐의 구멍이 너무 작으면 공압이 약해서 칩을 들어 올릴 수 없고 너무 크면 사이로 칩이 들어가 버리는 일이 발생한다.

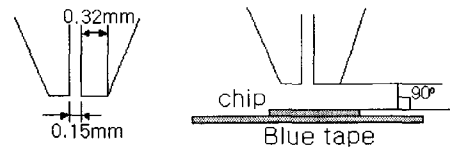


Fig. 7 Nozzle Shape (left) and relation with a chip

블루 테잎에서 공압만을 가지고는 칩을 분리해낼 수가 없어서 이젝터 핀을이용 병행 작업을 하는 과정에서 이젝터와 공압과 암의 동기화가 필요하게 되었다.

핀이 칩이 찌를 때는 뒤틀리는 경우가 생기고 노즐이 칩과 붙지 않은 상태에서 공압으로 빨아들이면 칩의 위치가 임의로 변하는 경우가 생긴다. 따라서 먼저 노즐이 내려온 후에 칩과 붙은

상태에서 공압으로 빨아들이면서 동시에 올라가는 구조가 되어야 한다 (그림 8).

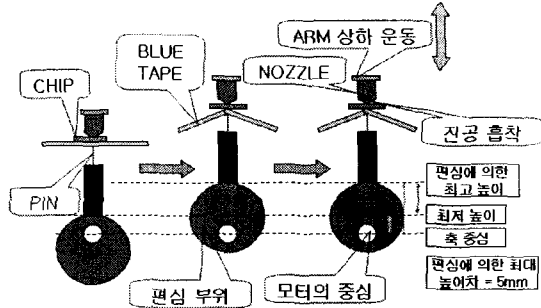


Fig. 8 Synchronization of nozzle, ejector and vacuum

3.2.3 이젝터 핀

칩을 밀어 올려서 칩과 블루 테이프 사이에 공간을 만들어 준다. 핀의 날카로움 정도에 따라서 핀이 올라가는 높이가 달라지고 테이프의 장력도 변수로 작용한다. 스텝모터에 핀심 구조물을 붙여서 일정 높이만큼 핀 부분이 올라가게 하였으며 핀 자체의 높이 조절과 모터의 상하 조절로 조절이 가능한 구조로 설계 되었다. 그림 9 에는 이젝터 부위의 측면과 정면의 사진이 있다.

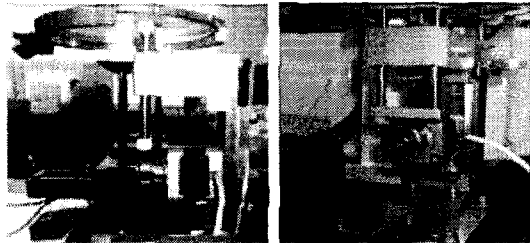


Fig. 9 Photo of ejector module

3.2.4 수평회전 및 Z 축 모션암의 가이드

상하 방향 축은 $5 \mu\text{m}/\text{pulse}$ 이고 수평 θ (회전)축은 $4864 \text{ pulse}/360^\circ$ 로 공압 라인이 회전축을 통하여 노즐과 연결 되어 간섭을 줄일 수 있지만 암의 길이가 200mm로 회전축의 정밀도가 식 (1)에서 처럼 한 펄스당 $0.26[\text{mm}]$ 가 되어 실제로 한번이 0.3mm 인 칩의 위치 제어를 무의미 하게 만드는 결

과가 발생 되었다. 이점을 해결하기 위해 가이드를 고안 설치하여 수평운동의 위치결정 정밀도를 향상 시켰다.

$$Re = 2\pi r / \text{pulse} = 0.258\text{mm} / \text{pulse} \quad (1)$$

3.2.5 오차 보정

대상 칩의 크기가 $330\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ 이고 가로 길이가 125 pixel 이므로 한 픽셀당 실제 물리적인 길이는 대략 $2.64\mu\text{m}$ 이다. 비전에서 판단한 pixel 값과 실제 이동거리 사이에서 스텝모터사용으로 인해 에러가 발생하게 된다. 또한 이것은 2 개의 스테이지의 4 개의 스텝모터 각각마다의 하중과 특성에 따라서도 영향을 받게 되는데 이러한 것들은 실험적인 방법으로 펄스당 이동거리 팩터를 달리하여 결정한다.

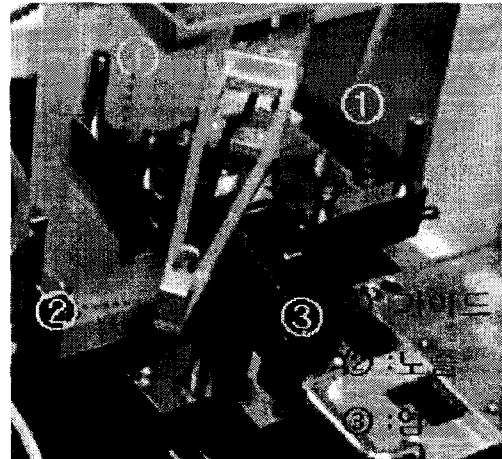


Fig. 10 Photo of ARM and Guide

4. 실험 및 고찰

4.1 실험

가이드를 사용하지 않았을 때 일정 위치에서 암의 끝 부분까지의 거리를 측정하여 분포를 보고 성공확률을 분석한다.

X 축으로 190 pixel Y 축으로 200 Pixel 이동을 명령하고 실제로 이동한 픽셀값을 측정하면서 트라이앵글 에러로 적절한 팩터를 찾아 결과를 살펴본다.

4.2 결과 및 고찰

4.2.1 Statistical View of Guide effect

652 번의 실험 결과 실험 Data 에서 평균과 분산 그리고 표준 편차를 구해 보면 평균은 445.4064um, 분산은 1501.6303um, 표준편차는 32.4288um 이다.

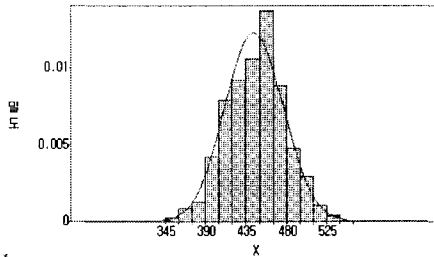


Fig. 11 Distribution of Data

정규성을 검사하는 샤피로-윌크와, 크래머-폰 마이제스, 앤터슨-다링등의 검정 통계량에서 유의수준 0.05 보다 크므로 분포정규분포 $N(445.4064, (32.4288)^2)$ 를 따른다고 할 수 있다. 이제 정규분포를 따른다는 확신을 가지고 칩 크기의 10%를 허용 오차로 보면 바늘이 435 ~ 465 사이에 존재해야 성공하는 것으로 판단 할 경우 성공확률은 식(2)에 의해서 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 &P(435 \leq X \leq 465) \\
 &= P\left(Z \leq \frac{465 - 445.4064}{32.4288}\right) - P\left(Z \leq \frac{435 - 445.4064}{32.4288}\right) \quad (2) \\
 &= P(Z \leq 0.60) - P(Z \leq -0.32) \\
 &= 0.3512
 \end{aligned}$$

즉 가이드를 하지 않았을 때의 성공 확률은 약 35%임을 알 수 있다. 실제로 가이드 안의 유격을 20um 로 하면 약 97%의 높은 성공률을 보인다.

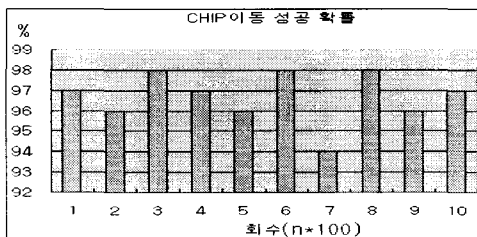


Fig. 12 Result of Work Test

4.2.2 Stage Movement

명령으로 스테이지를 움직이고 실제 이동 후의 결과를 측정하여 아래와 같은 그래프를 얻었다. 오차율이 최대 10 pixel, 6%이다

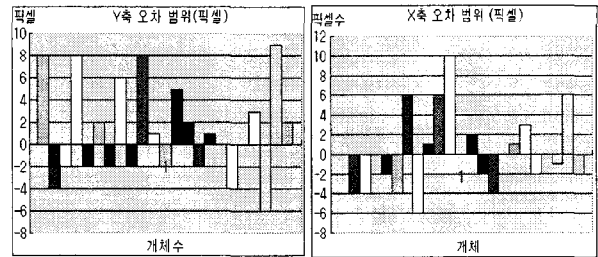


Fig. 12(a)Hoop Stage error range

5. 결론

본 논문에서는 다자유도 모션을 생성하는 XY 스테이지 2 개와 수평회전 & Z 축모션 액츄에이터를 사용하고, 2 개의 카메라를 이용하여 플립칩의 인식, 픽업, 이동, 배치를 자동으로 할 수 있는 플립칩 본더의 주요부 구성을 서술하였다. 주요 사항을 정리 하면 다음과 같다.

- 스테이지의 배치, 액츄에이터 배치에 따른 모션구성
- 암길이와 암선단부 픽업의 위치결정분해능 관계, 가이드에의한 개선 및 통계적 분석
- 비전인식 및 모션간의 오차보정 및 리셋팅
- 비전인식시 스캐닝 모드
- 블루테입으로부터 칩의 분리를 위한 이젝터/노즐부 설계

참고문헌

1. Article, "Bump, Dip, Flip: Single Chip", George Riley, Proceedings 1997 Surface Mount International, September 1987, pp. 535-541.
2. John J. Craig "Introduction to Robotics Mechanics and control", Addison-Wesley, pp.69-103, 1989
3. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods "Digital Image Processing" Addison-Wesley, pp.571-595, 1993
4. Robert M. Gray, Lee D. Davisson "An Introduction to statistic signal Processing" 2000