

## 반도체 소자용 자동 Die Bonding System의 개발

변증남<sup>\*</sup>, 오상록<sup>\*</sup>, 서일홍<sup>\*\*</sup>, 유범재<sup>\*</sup>, 안태영<sup>\*\*\*</sup>, 김재욱<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> : 한국과학기술원, <sup>\*\*</sup> : 한양대학교, <sup>\*\*\*</sup> : 삼성항공산업(주)

Development of Automatic Die Bonder System for Semiconductor Parts Assembly

Z. Bien<sup>\*</sup>, S.R. Oh<sup>\*</sup>, I.H. Suh<sup>\*\*</sup>, B.J. You<sup>\*</sup>, T.Y. Ahn<sup>\*\*\*</sup>, J.O. Kim<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> : KAIST, <sup>\*\*</sup> : Hanyang Univ., <sup>\*\*\*</sup> : Samsung Aerospace

### ABSTRACT

In this paper, the design and implementation of a multi-processor based die bonder machine for the semiconductor will be described. This is a final research results carried out for two years from June, 1986 to July, 1988.

The mechanical system consists of three subsystems such as bonding head module, wafer feeding module, and lead frame feeding module. The overall control system consists of the following three subsystems each of which employs a 16 bit microprocessor MC 68000 : (i) supervisory control system, (ii) visual recognition / inspection system and (iii) the display system.

Specifically, the supervisory control system supervises the whole sequence of die bonder machine, performs a self-diagnostics while it controls the bonding head module according to the prespecified bonding cycle. The vision system recognizes the die to inspect the die quality and deviation / orientation of a die with respect to a reference position, while it controls the wafer feeding module. Finally, the display system performs a character display, image display and various error messages to communicate with operator. Lead frame feeding module is controlled by this subsystem.

It is reported that the proposed control system were applied to an engineering sample and tested in real-time,

and the results are successful as an engineering sample phase.

### I. 서론

반도체 소자용 자동 다이본더를 개발하기 위한 본 연구는 '86년 6월부터 '88년 7월까지 2년동안 수행된 연구로서 1차년도에서는 다이본더용 형상인식 장치의 설계 및 제작, 구동장치의 설계 및 일부 제작, 전체 시스템의 공정제어 장치 설계 및 제작을 목표로 하였고 [1], 2차년도에서는 최신 모델을 기준으로 전체 기구부의 제작 및 전자 제어부의 보완, 기능 추가 및 전체 시스템의 Engineering Sample 제작 및 실험을 목표로 하고 있다 [2]. 이러한 목표를 달성하기 위하여 구체적인 방법으로서, 국내의 관련 문헌자료 수집과 기존제품의 입수를 통한 정밀 분석 및 사양(spec) 확정, 그리고 한국과학기술원에서 이미 축적된 관련 기술 및 연구능력과 기업에서 축적된 제작 기술을 최대한 활용하여 이를 바탕으로 독자적인 모델을 개발하는데 중점을 두었다.

본 연구에서 기술적으로 해결한 주된 문제점은 다음과 같다. 첫째로 인공시각 장치와 형상인식 기술로서 이는 웨이퍼 및 다이의 인식과 검사등을 자동으로 행함으로써 전체 공정의 신뢰도 및 생산성을 높이기 위한 기술로서, 카메라를 이용해서 화면을 빠른 시간내에 디지털 부호로 바꾸어 처리하는 실시간 영상 디지털라이저(image digitizer)와 그로부터 얻어진 시각정보로부터 작업내용에 필요한

형상인식 능력이 종추를 이루고 있다. 둘째는 다이본더 장치를 구동시키는 전동기의 초정밀 위치제어 및 최소시간 제어기술로서 전 조립 자동화 시스템의 정밀성과 신뢰성 및 생산성에 직접적인 영향을 미치는 주요 기술이다. 이에 사용되는 전동기로는 직류서보모터와 스텝모터로서, 빠른 가속 능력과 고속제어를 필요로 하는 곳에서 직류서보모터를 사용하고, 그 보다는 지속이지만 높은 정밀도를 요구하는 위치제어에는 제어가 보다 용이하고 브러쉬 및 진류자가 없는 관계로 신뢰도가 높고 특히 최종위치에서의 진동이 거의 없는 스텝모터를 사용하고 있다. 셋째로는 본딩헤드부(Bonding head module), 웨이퍼 공급부(wafer feeding module) 및 리드프레임 공급부(lead frame feeding module) 등으로 구성된 기구부의 설계 및 제작으로써 본딩헤드 유닛(unit), 플런지업(plunge-up) 유닛, 본딩헤드 XY 테이블, 리드프레임 입력장치(loader), 공급장치(feeder), 클램퍼(clamper), 언로더(unloader), 저장기(stacker) 및 웨이퍼 입력장치(loader), 공급장치(feeder), XY 테이블, 언로더등으로 구성된다. 넷째로는 이들이 조합된 전체 시스템을 원하는 사양대로 동작시키기 위한 관리자 기술로서, 주어진 시간내에 동작하면서도 보다 생산성을 높이기 위하여 여러 개의 마이크로프로세서를 사용하여 각 부분별로의 기능을 전달시키고 이들 사이의 수평결과를 Pipe-Line 방식으로 연결하여 총괄 관리하는 관리기술이다. 이외에 사용자에게 편리한 시스템 운영언어를 개발하고, 역시 사용자의 편의를 도모하기 위한 User-Interactive 화면표시 기술, 고장시 처리할 수 있는 자기진단 기능등도 설계시 함께 고려된 사항들이다. 또한 전체 시스템의 소형화와 신뢰도를 기하기 위하여 기구부는 이동범위가 짧으면서 각 장치들이 짜임새있게 배열되도록 하였고 제어기는 하드웨어 구성이 간단하도록 여러 방법들을 고안하여 설계하였다.

이와 같이 설계한 기구부 및 제어시스템은 각각 시험단계를 거쳐 조합하여 전체 시스템을 구성함으로써 1차년도에 Working Sample을 제작하였고, 성능시험을 통해 다이본더로서의 주된 기능과 사양이 만족스럽게 수행되고 있음을 보였다. 이러한 1차년도의 연구결과를 바탕으로 기구부의 완전 제작, 전자부의 기능 추가 및 문제점 보완등을 거쳐 2차년도에서는 다이본더 시스템의 고유 국산

모델인 Engineering Sample을 설계 제작하였고 수차의 성능시험을 거쳐 만족스러운 실험결과를 얻었다. 그러나 실제 공업에서의 공정실험 거쳐 보다 안정화되고 신뢰도가 향상된 제품을 개발하는 것과 상품화는 추후 계속 연구되어야 한다고 사료된다.

## II. 전체시스템 개요

반도체 소자용 자동 다이본더 기계장치는 기구부, 관리자 시스템, 영상처리 및 웨이퍼(wafer) 공급기능을 갖는 다이검사(die inspection)용 시각시스템과 각종 디스플레이 및 병렬처리기능을 수행하는 디스플레이 시스템으로 구성된다. 각각의 기능을 살펴보면 다음과 같다.

### 2.1 기구부

기구부는 크게 나누어, 다이를 집어서 리드프레임(lead frame)위에 집착하는 본딩헤드부(bonding head module), 다이를 시각시스템의 인식이 가능하고 본딩헤드의 픽업(pick-up)이 용이한 위치까지 공급해주는 웨이퍼공급부(wafer feeding module), 리드프레임을 본딩이 가능한 위치까지 연속적으로 이송시키는 리드프레임 이송장치부(lead frame feeding module) 및 각종 로딩(loading), 언로딩(unloading)장치들로 구성된다. 설계된 전체시스템은 (그림 1)과 같고, 제작된 기구부의 모습은 (사진 1)과 같다.

본딩헤드부는 본딩헤드의 운동경로를 기구적으로 만들어주는 YZ-motor, 본딩헤드의 높이를 미세하게 조절할 수 있는 Level-motor, 고정된 YZ-motor의 운동범위를 넓혀주고 멀티본딩(multi-bonding)을 가능하게 해주는 본딩헤드 XY-table, 다이 픽업시 마일러에서 다이를 분리시키기 위하여 웨이퍼 밑에서 다섯 개의 핀을 이용하여 올려치우는 플런지 업(plunge-up), 리드프레임에 다이를 집착할 수 있도록 에폭시(epoxy)를 떨어뜨려주는 에폭시 디스펜서(dispenser)와 다이를 콜렉트(collect)에 흡착하기 위하여 진공상태를 만들어주는 진공발생장치등으로 구성된다.

웨이퍼 공급부는 공급되는 다이의 위치인식 및 검사물

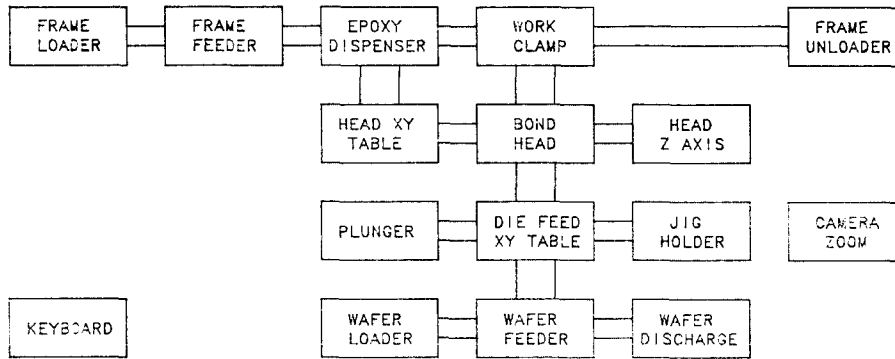


그림 1. 다이본더 전체시스템의 구성



사진 1. 다이본더 시스템 외관

위한 현미경(microscope), 카메라, 모니터(monitor), 웨이퍼를 가로 및 세로축으로 이동시키는 XY-table, 웨이퍼가 놓여있는 각도를 조절할 수 있는 웨이퍼 호들더(jig holder), 여러 장의 웨이퍼를 저장하고 있으면서 웨이퍼를 시스템에 공급해주는 웨이퍼 저장기(wafer loader)와 웨이퍼 저장기에서 웨이퍼 호들더까지 웨이퍼를 이송시키는 웨이퍼 이송기(wafer feeder)등으로 구성된다.

리드프레임 이송장치는 좌,우측의 리드프레임을 잡아주는 좌,우 클램퍼(clamper), 리드프레임을 빠른 속도로 이송시켜주는 프레임피더(frame feeder), 리드프레임 이송레일의 넓이를 조절할 수 있는 프레임 넓이조정 모터, 본딩을 위하여 공급된 리드프레임이 흔들리지 않도록 고정시켜주는 윈도우 클램퍼(window clamper), 리드프레임을 여러 장 저장하고 있다가 한장만을 분리하여 공급하여주는

프레임공급기(frame loader)와 본딩된 리드프레임을 보관하는 프레임 저장기(frame stacker)등으로 구성된다.

## 2.2 시스템 제어부

전체 시스템의 제어부는 크게 관리제어시스템, 시각시스템, 디스플레이 시스템, 인터페이스 시스템으로 구성된다. 구현된 제어시스템의 구조는 (그림 3)과 같다.

### 2.2.1 관리제어시스템

관리제어시스템은 여러 부분으로 구성된 부시스템들이 전체 시스템의 사양에 맞는 동작을 하도록 총괄 조정하는 시스템으로서, 일의 분담 및 조정, 명령수행의 지시 및 명령수행결과에의 확인은 물론 자기진단, 사용자와 시스템간의

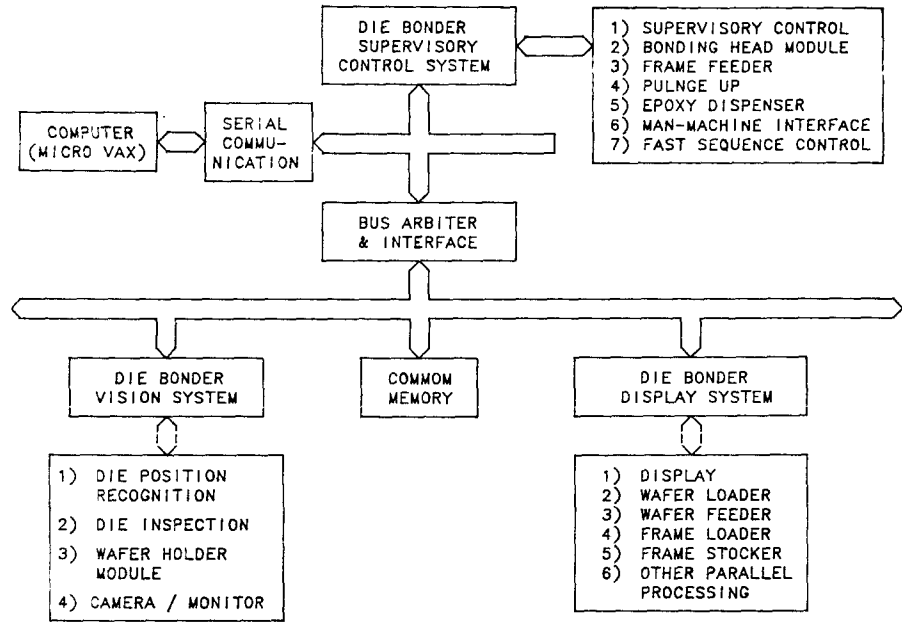


그림 2. 다이본더 시스템 제어부의 구성

통신기능을 수행한다. 또한 초기의 시스템 설치시 기구부의 각 부분을 미세조정할 수 있는 시스템 조정 및 변수변환 기능과 빠르고 정확한 본딩을 위한 타이밍(timing) 조절 및 순차제어기능, 시스템 고장진단 및 처리기능을 포함하고 있다. 이때 관리제어시스템과 각 부시스템간의 통신및 정보교환은 별도로 구성된 공유메모리(static common memory)를 통하여 이루어진다. 그리고 본딩헤드부와 리드프레임 이송부 및 플런지 외의 동작을 직접 제어하고 있다.

이상의 기능을 수행하기 위하여 관리제어시스템은, 시스템의 관리와 조정및 통신을 위한 1차 Background 업무와 본딩 작업시 타이밍 조절을 위한 2차 Background 업무, 그리고 시스템 고장감시를 위한 3차 Background 작업 및 각종 구동부를 구동하고 시퀀스의 흐름을 통제하는 Foreground 작업등을 인터럽트(interrupt)에 의해 고차수행한다 [3-5].

## 2.2.2 시각 시스템

다이본딩 공정의 자동화를 위해서는, 웨이퍼상의 다이의 위치를 정확히 인식하고 다이의 양, 불량을 확실히 구분하여 인간의 시각기능을 대신할 수 있는 장치가

필수불가결하다. 이를 위하여 시각시스템을 이용하는 바 카메라와 마이크로스코프를 이용하여 웨이퍼의 영상(image)을 얻고, 설계된 하드웨어와 소프트웨어로써 필요한 영상처리 기능을 수행하게 된다. 다이본딩 기계장치를 위하여 제작된 시각시스템은 영상메모리, 영상 디지털라이저(digitizer)및 영상 온라인 프로세서로 구성하였다. 그리고 다이의 위치인식및 품질검사를 위하여 오프라인(off-line)및 온라인(online)작업을 위한 소프트웨어가 구현되었다.

오프라인 작업(선행작업)이란 실시간 온라인 작업을 위하여 필요한 정보를 추출하는 작업으로서, 이진영상을 얻기위한 역치결정, 전체 웨이퍼의 경사도인식, 웨이퍼상의 다이의 크기인식, 화면과 웨이퍼 공급용 스텝모터사이의 관계식 결정및 웨이퍼가 최초로 입력되었을 때 처음으로 본딩할 다이(headchip)를 찾는 작업등을 수행한다. 온라인(반복작업)은 400 msec(영상처리 시간)이내에 다이의 위치인식및 검사와 다이의 흠집검사를 수행하는데, 본딩의 정밀도를 보장하기 위하여 인식정도가 높아야 한다.

이상의 영상처리를 위하여, 시각시스템 제작및 역치(threshold) 추출 알고리즘, 다이의 크기인식 알고리즘과 다이의 위치인식및 검사 알고리즘[6]의 구현은 이미 1차년도 연구에서 완료되었는 바 2차년도 연구에서 구현된

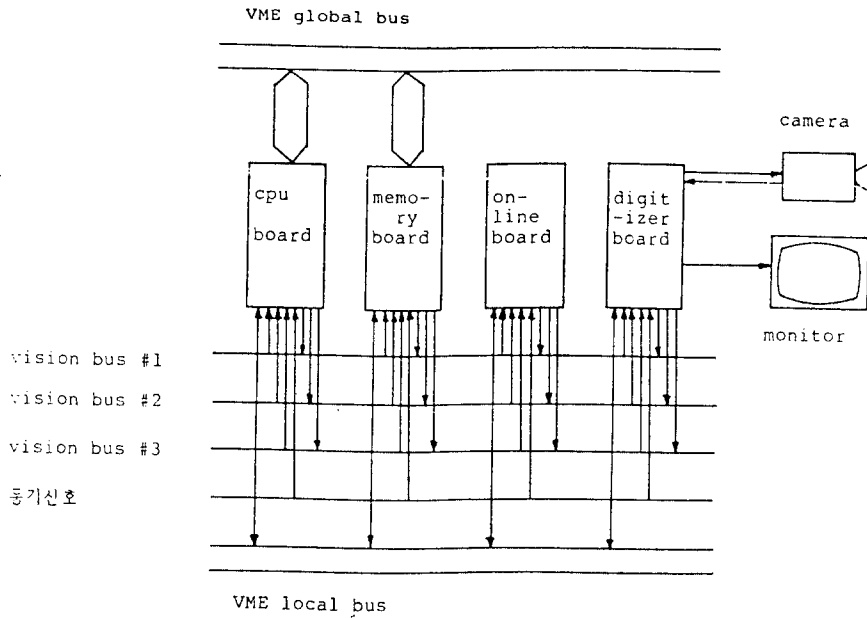


그림 3. 시각시스템의 구성

알고리즘과 온라인 작업시 다이의 위치인식 알고리즘의 인식정밀도 및 잡음에 대한 적응도를 측정한 데이터를 측정하였다.

영상처리를 위하여 사용한 시각장치[7]는,

- (1) 해상도(spatial resolution)가 256 x 256,
- (2) 명암도(brightness resolution)가 256단계

로, 외부에서 수평동기신호, 수직동기신호등을 공급해 주는 외부동기용 카메라를 이용한다. 그리고 물체의 크기가 가로, 세로 모두 십수 밀리미터 이하이므로 부품의 인식을 위하여 카메라에 마이크로스코프가 장착되어 있다. 사용된 시각장치는 (그림 4)과 같은 구조를 갖는데, 부분별로 살펴보면 다음과 같다.

시각장치를 총괄하는 중앙처리장치는 Mc68000 CPU를 기초로 하여 VME-bus 사양[8]에 맞게 설계된 마이크로컴퓨터(micro-computer)를 사용한다. 이 마이크로 컴퓨터에 조립부품의 위치를 인식하거나 경사도를 결정하는 알고리즘등 실시간 처리가 가능한 영상처리 알고리즘을 구현, 내장시킴으로써 조립공정에서 필요한 기능을 수행할 수 있다.

영상을 카메라로부터 읽어들이고 모니터에 디스플레이하는 영상 디지털라이저(digitizer)[9]는, 카메라로

부터 입력되는 아날로그 영상신호 (analog video signal)를 6.9 MHz의 속도로 샘플을 추출하여 한 프레임 (frame)의 영상을 256 x 256 (64K) 바이트 (byte)의 그레이 레벨 영상(gray level image) 으로 변환하여 주는 A/D 변환기, 처리된 디지털 영상을 아날로그 영상 신호로 만들어 주는 D/A 변환기, 각 하드웨어에 픽셀클럭(pixel clock)과 동기신호들을 공급하는 클럭발생기 (clock generator)로 구성된다.

영상메모리(frame grabber)[10]는 영상 디지털라이저로부터 입력되는 그레이 레벨 영상과 온라인 영상 프로세서 (online processor)로 부터 입력되는 이진영상을 6.9 MHz의 속도로 저장한다. 영상처리를 수행하는 중앙컴퓨터와 영상메모리를 리프레쉬(refresh) 하는 메모리 제어가 효율적으로 영상메모리를 사용할 수 있도록 memory cycle contention problem을 해결하기 위하여 256 화소의 데이터를 일단 256 비트의 시프트 레지스터(shift register)에 저장했다가 한번에 메모리에 저장할 수 있는 이중 입출력 메모리 (dual port video RAM)인 TMS 4161을 사용하여 구성되어 있다.

실시간 영상처리를 위하여 설계된 온라인 영상프로세서(online image processor)는 영상 디지털라이저로

부터 들어오는 그레이 레벨 영상을 마이크로컴퓨터에서 지정해준 역치 (threshold)와 비교하여 이진영상으로 변환한다. 또한 256x 256 바이트의 영상평면상에 임의의 영상처리 윈도우 (window)를 설정 하여 영상처리속도를 빠르게 할 수 있는 하드웨어 윈도우가 내장되어 있다. 또한 각 프레임과 스캔라인마다 화면의 흔들림없이 하드웨어 제어정보를 정리하기 위해 인터럽트(interrupt)를 이용할 수 있는 인터럽트 제어기능을 가지고 있다.

시각장치에서 영상 데이터의 전송은 VME local bus에 마련된 3개의 비전 버스 (vision bus)를 통하여, 영상 디지털처에서 공급되는 동기신호에 따라 이루어진다. 따라서 그레이 레벨 영상이나 이진영상이 6.9 MHz의 속도로 메모리에 저장되고 모니터 (monitor)에 디스플레이 된다. 이 때 영상 데이터가 전송되는 비전 버스의 선택은 각 하드웨어에 마련되어 있는 제어용 레지스터를 마이크로컴퓨터가 통제함으로써 이루어진다.

### 2.2.3 디스플레이 시스템

디스플레이 시스템은 시스템 동작중이나 시스템 변수 변경 및 시스템 미세조정중에 필요한 정보를 사용자에게 모니터를 통해 보여주고, 직선 및 원등을 포함한 그래픽 디스플레이 기능을 수행한다. 특히 사용자의 편리함을 위하여 가능한 많은 정보를 디스플레이 하도록 설계되었다. 그리고 웨이퍼 저장기 및 공급장치, 리드프레임 분리기 및 저장기등을 직접 제어하여 분당시이퀀스에서 시간이 많이 소비되는 부분을 독립적으로 운영하고 있다.

### 2.2.4 인터페이스 시스템

제작된 다이본더 기계장치는 직류서보모터 4개, 스텝모터 12개, 교류(AC)모터 1개 및 솔레노이드(solenoid) 15개와 70개의 센서(sensor)등으로 구성되는 복잡한 시스템이다. 따라서 각 부분의 리미트 스위치와 특정 기능을 위한 센서들을 처리할 수 있는 센서입력 하드웨어, 솔레노이드 구동을 위한 제어기 및 구동 하드웨어 및 시스템 비상상태 처리 및 정확한 타이밍 구현을 위한 인터럽트 처리 하드웨어등을 구현하여 프로세서가 전체 시스템의 상태를 관리 및 통제할 수 있도록 하였다.

## III. 결 론

본 연구는 반도체 소자용 다이본더 기계장치의 제작 및 시험에 관한 것으로서 다이본더를 구성하는 기구부 및 전자제어부의 설계, 제작 및 시험을 통하여 상품화에 대한 가능성을 검토하고 핵심기술의 개발기법을 터득하는데 주목적을 두었다. 본 연구의 결과를 검토하여 보면, 칫제, 정밀기계 기술이 요구되는 기구부의 설계 및 제작을 완료함으로써 다이본더의 기구부 개발이 충분히 가능함을 알 수 있었고, 둘째, 형상인식 시스템의 설계 및 제작에 대한 연구결과로써 실시간 형상인식 시스템 및 실시간 다이검사를 할 수 있는 기술로 개발하였는 바 이는 현재까지 알려져 있는 시각시스템에 비하여 영상신호를 추출하는 중에도 프로세서가 메모리를 사용할 수 있다는 우수한 기능을 갖추고 있다는 집과 잡음 및 조명의 영향에 둔감한 형상인식 알고리즘을 개발하여 실험해 본 결과 기존의 알고리즘보다 우수함을 볼 수 있었다는 점등은 매우 중요한 연구 결과로 사료된다. 셋째, 직류 전동기의 서보시스템에 관한 연구결과로써 프로세서와 서보제어기를 효과적으로 연결하여 프로세서의 계산량을 최소화하면서 효과적으로 전동기를 제어할 수 있도록 펄스발생기 및 펄스비교기를 하드웨어로 설계, 제작하였고 이 결과를 활용하여 다이본더의 본딩 사이클타임(cycle time)을 줄일 수 있었다. 넷째, 스텝모터 서보시스템의 개발로써 기존 방식에 비하여 속도를 15,000 pps까지 증가시키는 정전류 방식의 구동시스템을 설계하였다. 다섯째, 다이본더 관리제어 시스템 개발로서 멀티프로세서를 효과적으로 사용할 수 있는 방안을 제시하였고 수십개의 센서 및 입출력 신호를 필요로 하는 다이본더의 목적에 부합되도록 설계하였는 바 이는 다이본더를 포함한 자동조립 제어시스템에 대한 실시간 운영시스템이 알려지지 않는 점을 감안할 때 매우 중요한 연구결과로 사료된다. 특히 다양한 매뉴방식을 사용하여 사용자가 충분한 사전 지식없이도 기계로 동작시키기 쉽도록 하였고 각종 조정기능을 부여하여 기구의 미세조정시간단축 및 편리성을 부여하였다. 또한 각 부시스템 및 구동부를 탐지,감시하는 기능과 고장 발생시 각 고장에 대한 감지 및 이의 디스플레이 기능을 포함하는 자기고장진단 기능을 구현하여 전체 시스템의 안정도 및 신뢰도 향상에

기여하였다. 여섯째, 전문가가 아닌 사용자가 편리하게 시스템을 사용할 수 있도록 각종 작업상태 및 입력 정보, 출력 정보등을 디스플레이하는 시스템을 개발하였는 바 기존의 방식에 비하여 메모리의 활용도를 증가시킬 수 있는 하드웨어를 설계 제작하였다.

이와 같이 총 2년동안의 연구결과는 외국의 최신 모델을 기준으로 한층 더 기능이 고급화된 국산 고유모델을 개발하였는 바 본 연구결과를 이용하여 Engineering Sample을 설계, 제작 시험하여 요구되는 기능 및 사양을 만족하는 시스템을 구현하였다. 본 연구결과를 토대로 앞으로 충분한 기간동안의 현장 테스트를 거쳐 개발된 제품의 안정도 및 신뢰도를 향상시킨 후 곧바로 반도체 제조공정에 투입될 수 있는 상품화에 대한 노력을 계속하고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] 과학기술처, "최종 연구 보고서(1차년도) : 반도체 소자용 자동 Die Bonder 기계장치 개발", 1987.
- [2] 과학기술처, "최종 연구 보고서(2차년도) : 반도체 소자용 자동 Die Bonder 기계장치 개발", 1988.
- [3] 이연경, "자동 반도체 조립시스템의 관리제어기 개발에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1986.
- [4] 진철향, "자동조립장치를 위한 지능 관리제어기 개발에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1987.
- [5] 이제혁, "자동조립시스템을 위한 진단기능을 갖는 구조적 관리제어에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1988.
- [6] 유법재, "전자부품 조립공정의 자동화를 위한 비전 알고리즘에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1987.
- [7] 유수근, "반도체 다이본딩장치에 이용가능한 산업용 비전시스템 개발에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1986.
- [8] VME-bus Manufacturers Group, "VME-bus specification", 1982.
- [9] 이태형, "Fast Memory Display System을 이용한

반도체조립 제어장치용 디스플레이 시스템 개발에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1986.

- [10] 오영석, 서일홍, 변증남, "이중입출력 메모리를 이용한 새로운 영상입력 장치의 설계 및 제작에 관한 연구", 전기학회지, Vol.36, No.3, pp.38-52, March, 1987.