

VME bus 를 이용한 Step & Scan 형 노광장비의 Control System 구성

VME Bus Based Control System for Step & Scan Exposure Tool

최용만, 오병주, 손영목, 김도훈, 정해빈

한국전자통신연구원 (E-mail:dhkim@cadvax.etri.re.kr)

*한남대학교 전자공학과 (E-mail:bjoh@eve.hannam.ac.kr)

Abstract This paper proposes a structure of the control system for the step & scan exposure tool. The step & scan exposure tool is used for the manufacturing process of the semiconductor DRAM memory of giga bit. The control system employs the VME bus instead of the conventional ISA bus so that all control signals and data can be managed separately by the 4 VME-PCs for fast and fault-free flow of signals for multi-tasking. A high speed I/O card is equipped for the real-time monitoring and control of the sub module equipment. Then all the subsystems are integrated and aligned for the operation of the step & scan exposure tool with the VME bus and I/O card.

Keywords VME bus, step & scan, multi-tasking, PMAC

1. 서론

반도체 분야 중 DRAM은 최근 10년간 놀라운 속도로 발전하여 70년대 초 불과 1 Kbit로 시작된 것이 최근에 와서는 256M DRAM 양산까지 성공 하였으며 많은 양의 화상 전송, 데이터 전송, 그리고 프로그램의 대용량화 추세로 앞으로는 giga bit 급의 메모리를 요구하게 될 것으로 예상된다. 그러나 giga bit 급 DRAM을 생산함에 있어 메모리 칩의 기억용량이 증가할 때, 선폭이 줄어드는 동시에 칩의 면적이 증가하기 때문에 한 번에 칩 전체를 노광하는 기존의 step & repeat 방식에서는 distortion 과 uniformity 등의 오차에 의해 노광면적의 한계에 직면하고 있다. 따라서 최소패턴의 선폭이 0.18 μm 인 1G DRAM^[1] 이상의 반도체 메모리를 생산하는 노광장비부터는 기존의 step & repeat 방식을 벗어나 폭이 좁은 직사각형 필드에 레티클과 웨이퍼를 동시에 주사하여 distortion 과 uniformity를 줄이는 step & scan 방식을 도입하고 있다.^[2-4]

지금까지의 repeat 방식의 제어 시스템은 ISA bus로 구축된 현대의 host PC에서 여러 개의 서브 시스템을 관리하였기 때문에 host PC에는 많은 인터럽트가 걸리게 되었고, 이로 인해 노광 프로세스 속도가 저하되는 원인이 되기도 하였다. 또한 PC에 사용되는 보드들의 호환성과 현대의 PC로 여러 개의 서브 시스템을 관리하는 데는 한계가 있으므로 시스템 확장에 문제가 되기도 하였다.

이에 반해 scan 방식은 직사각형 모양의 슬릿에 노광광원을 투과시켜 레티클과 웨이퍼를 4:1의 속도로 동기시켜 동시 주사하는 방식이기 때문에 기존의 repeat 방식에 비해 더욱 정밀한 제어가 필요하며, 레티클과 웨이퍼의 정렬에 있어서도 40 nm의 정렬 정밀도를 가지는 on-the-fly 정렬이 요구되는 등 매우 다양한 시스템 제어가 요구된다. 또한 노광장비 제어 시스템은 ArF 엑시머 레이저, 웨이퍼/레티클 이중스테이지, 웨이퍼/레티클 핸들러, 그리고 정렬계^[5-8] 등의 각 모듈별 서브 시스템들을 통합 제어하여 상호 유기적인 제어가 이루어지도록 함으로써 궁극적으로는 노광장비의 전체 공정을 순차적으로 제어할 수 있도록 해야 한다. 이를 위하여 주 제어 시스템은 모듈에 종속된 서브 시스템을 실시간으로 감시 및 제어해야 하며, 장비 사용자에게 용이한 user-interface를 제공하여야 한다. 따라서 고속의 I/O 처리 기능을 갖추어야 하며 다양한 장비 조작 및 상태 출력 기능을 제공하는 입출력 장치들이 지원되어야 한다.

본 연구에서는 위에서 언급한 repeat 방식의 문제점을 해결

하고 scan 방식의 특징을 고려하여 적합한 step & scan 형 노광장비의 노광과정 및 서브 시스템을 관리하는 제어 시스템을 구성하는데 그 목적이 있다.

이에 우선적으로 신호 체계를 보다 원활하게 관리하기 위해 버스 방식을 기존의 ISA bus 방식에서 비동기 데이터 전송 방식인 VME bus 방식으로 전환 하였고 모든 작업이 host PC에 집중되었던 것을 분산 처리하기 위해 4개의 VME-PC를 사용하여 하드웨어적 multi-tasking을 구축하였다. 뿐만 아니라 노광장비에서 주안점인 레티클과 웨이퍼의 반복 정렬 정밀도를 향상시키기 위해 더욱 엄격한 정렬시스템을 설치하고, 여러 장의 I/O 카드로 이 시스템을 감시 및 제어하여 노광장비의 정렬오차를 줄였다. 이러한 내용을 바탕으로 2절에서는 노광장비의 서브 시스템의 종류와 그 동작과정을 설명하고, 3절에서는 제어 시스템의 구조에 대해 서술하고, 4절에서는 VME bus를 적용한 이유와 서브 시스템의 메모리 할당관계를 보여주고 있다.

2. Step & Scan 형 노광장비 서브 시스템의 구성 및 동작

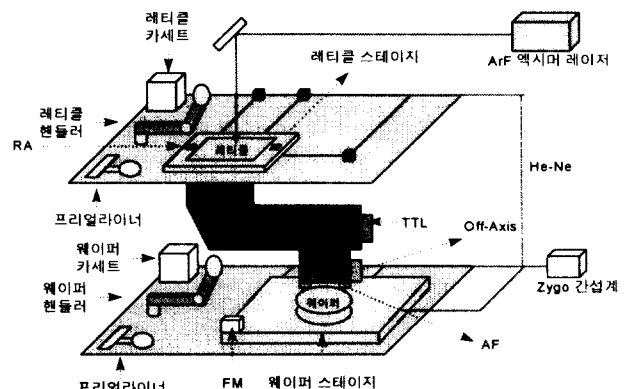


Fig. 1. Simplified architecture of step & scan exposure tool.

step & scan 형 노광장비에서 노광을 위한 서브 시스템은 그림 1에서 보는 것과 같이 ArF 엑시머 레이저, 웨이퍼/레티클 이중스테이지, 웨이퍼/레티클 핸들러, 그리고 정렬계가 있다. 기존의 step & repeat 형 노광장비에서는 레티클을 고정시키고

웨이퍼를 한 칩의 크기 만큼씩 이동하여 노광하는 반면, scan 방식에서는 레티클과 웨이퍼를 동시에 주사하는 차이점이 있기 때문에, 노광이라는 목적하에 서로 상관 관계를 가지며 순차적인 작업흐름을 형성해야 한다.

ArF 엑시머 레이저를 살펴보면 구조면에서 광원으로 ArF 엑시머 레이저를 사용하며 193.3 nm의 파장을 사용한다. 또한 최대 반복 두파수가 400 Hz 이고, 최대 shot 수는 65535 shots/burst, 최대 shot energy 로 20 mJ/shot을 갖는다. 노광에 있어서는 Zygo 간섭계로부터 웨이퍼 이중스테이지의 X,Y 위치값을 받아 노광거리를 계산하여 해당 거리만큼의 레이저 트리거를 발사한다.

레티클 이중스테이지는 X, Y, θ 축으로 구성되며, 레티클을 100 nm의 정밀도로 정렬한다. 정렬을 위한 튜닝은 Zygo 간섭계로부터 레티클 이중스테이지의 X1, X2, Y 위치값을 받아 X, Y 위치를 정렬하고, 두개의 X 값으로 레티클 이중스테이지 레일 양끝을 조절하여 회전축을 정렬하고 있다. 웨이퍼 이중스테이지는 X, Y, Z, θ 축이 있으며, Z 축은 3개의 PZT로 구성되어 있다. 이것도 레티클 이중 스테이지와 마찬가지로 Zygo 간섭계로부터 X, Y 위치값을 받아 스테이지의 위치를 보정하며 정밀도는 레티클과 웨이퍼의 노광 배율이 4:1이므로 약 40 nm 정도가 된다. 그리고 Z 축의 actuator로 사용되는 PZT는 인가 전압에 따라 그 길이가 팽창하는 원리를 이용하여 웨이퍼의 기울어짐과 초점을 맞추는데 1개의 Z 축마다 다시 3개의 PZT 층으로 구성되어 Z 축으로 최대 약 100 μ m 까지 조정이 가능하다.

레티클과 웨이퍼 핸들러는 둘다 동일한 작업으로 레티클과 웨이퍼를 카세트에서 로딩하여 이를 프리얼라이너로 이송한다. 이때 핸들러가 카세트에서 레티클과 웨이퍼를 로딩하는 작업은 여러 번의 실험을 통하여 로딩 위치와 움직이는 궤적을 미리 설정해 주고 있다. 프리얼라이너로 이송된 웨이퍼와 레티클은 정렬계에 의한 미세 정렬에 앞서 정밀도 30 μ m 이내의 프리얼라인을 수행하고, 예비정렬이 끝나면 다시 핸들러가 이것을 스테이지에 올려 놓는다. 그리고 핸들러는 3개의 축으로 구성되어 있으며 프리얼라인은 초당 3장의 레티클 또는 웨이퍼 정렬이 가능하다. 표 1은 핸들러의 3개 축에 대한 규격을 보여주고 있다.

Table 1. Spec of Handler.

	Radial Axis	Theta Axis	Z Axis
허용 범위	4*4.25 inch	345°	7 inch
허용 오차	± 0.0005 inch	$\pm 0.0005^\circ$	0.0005 inch
최대 속도	24 inch/sec	720 %/sec	12 inch/sec

마지막으로 서브 시스템에는 정렬계가 있는데, 이는 노광장비의 각 서브 시스템이 정렬계를 통하여 그 움직임이 결정되기 때문에 매우 중요한 비중을 차지하고 있다. 이 정렬계는 크게 AF(Auto Focus), RA(Reticle Align), FM(Fiducial Mark), TTL(Through the Lens) 그리고 off-axis로 구분된다. AF는 웨이퍼가 노광을 위한 정위치에 있어야 하므로 capacitive sensor를 이용하여 웨이퍼의 초점 및 기울어짐 정도를 검색하기 위해 사용되고, RA는 CCD를 이용하여 레티클의 X,Y 축의 위치 즉 노광위치에 정렬되었는지를 확인하기 위해 사용되고, FM은 레티클과 off-axis를 정렬할때 기준점이 있어야 하므로 기준점 설정을 위해 사용되고, TTL은 Ar 레이저를 축소 투영렌즈에 투과하여 웨이퍼와 레티클을 동시에 정렬하기 위해 사용된다. Off-axis는 웨이퍼에 새겨진 정렬마크를 이용하여 웨이퍼 노광 위치 검출 및 웨이퍼 정렬에 이용된다. 이러한 서브 시스템 중에서 특히 정렬계는 on-the-fly 중에 부분적으로 정렬이 요구되므로 빠른 정렬 데이터 전송을 위해 고속의 I/O 장치들이 필요하

다.

3. 제어 시스템의 구성

기존의 노광장비 제어 시스템은 한대의 PC에 ISA bus 방식을 이용하여 여러 서브 시스템을 제어하도록 구축되었기 때문에 PC에 연결되는 interface와 입출력 되는 신호가 많을 수밖에 없었고, 이로 인해 PC는 적지않은 인터럽트가 걸리곤 하여서 처리 속도의 저하를 가져오는 원인이 되기도 하였다. 더구나 PC 입출력 포트의 한계로 인하여 시스템 확장에 문제가 되기도 하였다. 이러한 문제점을 해결하여 사용자가 신호를 쉽게 이해하고, 시스템 조작 및 정렬에 필요한 많은 신호를 받을 수 있도록 주안점을 두고 시스템을 구축하였다.

이에 대한 해결책으로 신호의 체계를 정렬하고 host의 부담을 덜기 위해 버스 체계를 VME bus 방식으로 바꾸었고, host의 부담을 덜기 위한 방법으로 4개의 VME-PC를 사용하여 서브 시스템의 작업을 분산하여 multi-tasking을 구성하였다. 그리고 정렬계로부터 가능한 모든 신호를 받아들이기 위해 여러장의 I/O 카드를 설치하여 사용자에게 정렬에 필요한 신호를 제공하고 있다.

그림 2는 step & scan형 노광장비 제어 시스템의 전체구조이다. 앞에서 5개의 서브 시스템을 언급했듯이 시스템 구성은 5개 블록으로 구성되어 있다. 첫째 블록인 host VME-PC에 대해 살펴보면 주변장치로 모니터, 키보드, CD-ROM 그리고 마우스가 있으며, 메인보드로 펜티엄 200 MHz를 사용하였으며, 하드디스크와 메모리는 각각 480 Mbyte와 64 Mbyte를 사용하였다. OS로는 windows NT 4.0을 사용하였는데 그 이유는 VME 통신을 위한 XyCom driver가 NT만을 지원하기 때문이다. 그리고 host VME-PC는 해당 VME-PC를 통해 각 서브 시스템에 명령을 지시하고, 서브 시스템으로부터 응답 및 필요한 신호를 받아 들이는 제어 시스템의 전반적인 일을 담당하므로 사용자와 시스템간 직접적인 통신이 이루어지는 곳이다. 그러므로 여기에는 통신을 위한 소프트웨어가 설치되어 있어 서브 시스템의 파라미터를 설정할 수 있고 필요한 데이터 값을 받아들이기도 하고, 노광에 필요한 모든 정보를 파일 형태로 가지고 있다.

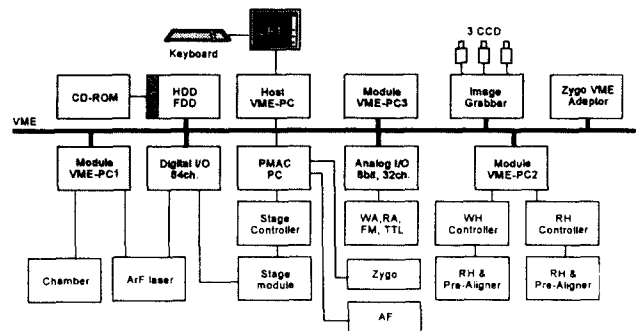


Fig. 2. Control system architecture.

Host VME-PC는 스테이지 제어를 담당하는 PMAC board와 ISA 확장포트로 연결되어 있어, 직접 웨이퍼/레티클 이중스테이지를 구동하고, PMAC에서는 Gap Sensor로부터 웨이퍼의 기울어짐 및 초점 정렬(AF)을 위한 4개의 아날로그 신호를 10 Hz 간격으로 받아 host에 전송해 주고 있다. 이때 PMAC을 VME bus에 이용하지 않고 ISA 확장포트를 사용한 이유는 Zygo 간섭계로부터 들어오는 He-Ne 레이저 펄스를 인코딩해주는 컨버터가 VME bus에서 사용하는 PMAC-VME version에는

없고, PC 버전의 PMAC-PC에만 존재하기 때문이다. VME-PC1,2,3은 메인보드로 펜티엄 200 MHz를 사용하였고, 하드디스크와 메모리는 각각 480 Mbyte와 32 Mbyte를 가지고 있으며, OS도 windows NT 4.0를 사용하고 있다. 둘째 블록인 VME-PC1은 ArF 엑시머 레이저와 챔버를 구동하며 둘다 시리얼 통신으로 파라미터를 설정하고 받아들이고 있고, 디지털 I/O 카드는 64 채널로 VME bus를 통해 레이저와 host 간 신호를 직접 주고 받는다. 셋째 블록인 VME-PC2는 레티클/웨이퍼 핸들러 및 프리얼라이너를 제어하고 있으며, 이때의 신호도 역시 시리얼을 통해서 전송된다.

넷째 블록으로 VME-PC3는 얼라인먼트를 위한 3개의 CCD 신호를 image grabber로부터 받아 이미지 프로세싱을 하여 host에 전송해 주고 있으며, 이 3개의 CCD 신호는 2개의 레티클 정렬 신호와 1개의 off-axis 정렬 신호로 구분된다. 마지막 블록인 아날로그 I/O 카드는 정렬계로부터 정렬 신호를 받기 위해 8 채널용과 32 채널용 2개가 있으며, 8 채널용 I/O 카드는 정렬계로부터 on-the-fly 정렬을 위한 빠른 신호를 받기 위해 400 KHz의 주파수를 갖고, 32 채널용 I/O 카드는 주파수가 100 KHz로 빠른 속도가 요하지 않는 정렬 신호를 받기 위해 사용되고 있다.

표 2는 제어 시스템에서 주고 받는 신호와 모듈간 interface 종류를 정의 한 것이다. 표에서 보듯이 시리얼 신호는 레이저에서 2개, 웨이퍼와 레티클 핸들러 그리고 프리얼라이너에서 각각 1개씩, 그리고 챔버에서 1개가 연결되어 있어 모두 7개가 있고, 비디오 신호는 RA를 위한 신호 2개와 off-axis를 위한 1개의 신호로 3개가 있고, 디지털 신호는 레이저에서 8개, 스테이지에서 1개의 출력으로 모두 9개가 있으며 아날로그 신호는 정렬계에서 출력되는 정렬 신호로 18개가 있다.

Table 2. I/O signals for control system.

Module	I/O	I/O #	Comments
Laser	RS-232(Communicate with module, Laser Diagnostics)	2	Serial
	Laser Direct Access(Gate, Shutter,...)	8	Digital
Alignmen	Capacitance sensor(AF/AL)	4	Analog
	PM-tube(Dark Field)	4	Analog
	Photo Diode(Bright Fiel)	1	Analog
	CCD(Off-Axis Alignment)	1	Video
	Capacitance sensor(Microscope focus)	2	Analog
	CCD(Reticle Fine Alignment)	2	Video
	PSD(Reticle Coarse Alignment)	2	Analog
TTL	PM-Tube(On-the-Fly Alignment)	4	Analog
	Photo Diode(Coarse Alignment)	1	Analog
	UV Photo Diode(FM Alignment)	2	Analog
Auto Cal	UV Photo Diode(FM Alignment)	2	Analog
Wafer Handler	Wafer Robot	RS-232(Communicate with module)	1 Serial
	Pre-Aligner	RS-232(Communicate with module)	1 Serial
Stage	64pin Plat Cable(Communicate with PMAC)	1	Digital
Reticle Handler	Robot	RS-232(Communicate with module)	1 Serial
	Pre-Aligner	RS-232(Communicate with module)	1 Serial
Chamber	RS-232(Communicate with module)	1	Serial

지금까지 제어 시스템의 구조 및 동작원리를 중점적으로 살펴보았으며, 이제부터는 제어 시스템과 서브시스템이 실제로 어떻게 맞물려 구동되는지 살펴보고자 한다. 앞에서 언급한 바와 같이 step & scan형 노광장비의 성능을 결정짓는 것중의 중요한 하나는 이중스테이지의 동기화(synchronization)이며, 특히 scanning 중에 레티클 스테이지와 웨이퍼 스테이지의 속도를 맞추는 것은 매우 중요하다. 이것은 레티클과 웨이퍼의 노광 배율이 4:1이므로 이들간의 속도도 정확히 4:1로 만들어 주어야 한다.

그림 3은 웨이퍼와 레티클 이중스테이지의 동기화가 어떻게 이루어지는지 보여주고 있다. 먼저 노광에 대한 위치 정보를 수집하여 이를 토대로 정확한 위치 정보 테이블을 만들어 테이블을 이용해 스테이지를 구동한다. 즉 Zygo 간섭계로 레티클과 웨이퍼 위치를 측정해 이를 stage control CPU에 전송해

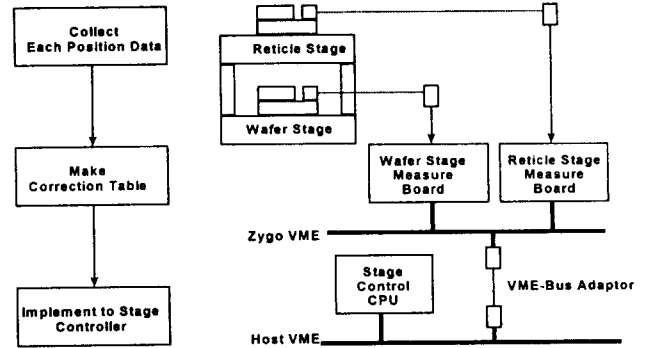


Fig. 3. Mapping of stage velocity.

주면 이미 작성된 매칭 테이블을 통하여 노광위치가 매칭되는지 판단한다. 이때 만약 오차가 발생하였다면 이를 보정하여야 하는데, 그 과정은 그림 4에서 보는 것과 같다.

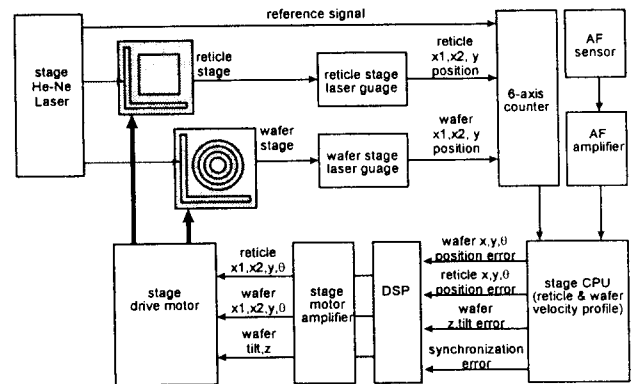


Fig. 4. Stage synchronized position control.

먼저 Zygo 간섭계에서 X1, X2, Y의 위치를 측정하여 Stage CPU에 전송해 주면 오차를 계산하여 해당 오차 만큼 모터를 구동하여 레티클과 웨이퍼 이중스테이지를 정렬하여 주고, AF는 웨이퍼의 기울기와 초점값을 stage CPU에 전송해 주면 오차의 값만큼 모터를 구동하여 웨이퍼 스테이지 Z축을 정렬하여 준다. 이때 레티클의 정렬 정밀도는 100 nm 이내가 되어야 하고 웨이퍼는 40 nm 이내가 되어야 한다. 이러한 정렬관계를 통해서 레티클 스테이지와 웨이퍼 스테이지의 속도가 동기 되었으면 여기에 맞추어 레이저가 fire가 되면서 노광이 이루어진다. 이때 레이저는 실제 노광거리 만큼만 fire가 되어야 하므로 노광거리를 계산하여야 하며, 이 계산 과정은 그림 5에서 보여 주고 있다.

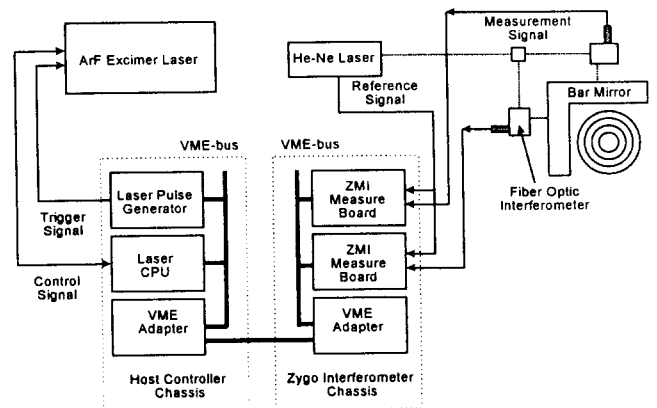


Fig. 5. Synchronized trigger for excimer laser.

Zygo 간섭계를 통하여 레티클과 웨이퍼의 이중스태이지 위치가 동기되었으면 노광 정보 테이블을 이용해 노광거리를 계산하고, 이를 host VME bus 로 전송하여 펄스 발생기를 통해 레이지에게 트리거를 전송하면 레이지는 해당 거리 만큼 레이저를 fire 한다.

지금까지의 내용을 바탕으로 전체 노광 순서를 살펴보면 그 흐름은 그림 6 과 같다. 우선 노광에 필요한 모든 정보가 들어있는 파일을 로드하여 각 서브 시스템등에 정보를 전달하고, 패턴이 새겨져 있는 레티클을 핸들러로 스테이지에 올려놓고, 웨이퍼를 웨이퍼 스테이지에 올려놓는다. 다음으로 올려놓은 레티클과 웨이퍼를 정렬하고 노광을 시작한다. 그리고 웨이퍼에 대한 노광이 모두 끝나면 웨이퍼를 반출하고 다시 새 웨이퍼를 반입하여 재 노광을 시작한다. 그리하여 하나의 레티클에 대한 노광이 끝나면 다른 패턴이 새겨있는 레티클로 바꾸고 위의 과정을 다시 반복한다.

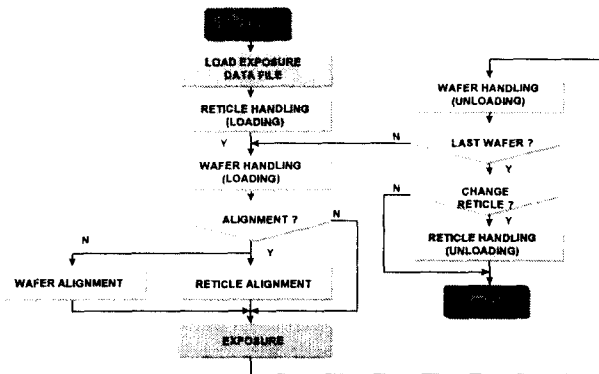


Fig. 6. Flow chart about total executive exposure job.

4. VME bus 의 도입과 동작

VME bus 는 시스템의 확장성, 안정성, 호환성, 신뢰성, 유지 보수 그리고 multi-tasking 에서 비교적 우수하다는 장점을 가지고 있다. 특히 본 시스템에서 이 버스 방식을 선택한 이유는 시스템 기능의 추가 및 변경시 다른 모듈에 영향을 주지 않고, 하드웨어를 장착할 수 있다는 확장성, 데이터 전송 방식에서 비동기 방식을 사용하므로 on-the-fly 시 정확한 데이터를 주고 받을 수 있다는 신뢰성 그리고 여러가지 일을 복합적으로 수행하는 본 시스템에서는 multi-tasking 이 중요하기 때문이다.

본 시스템에서는 2 개의 VME bus 가 존재하는데, 하나는 host 와 각 서브 시스템을 연결해주는 host VME 이고, 나머지 하나는 레티클/웨이퍼 이중스태이지 위치 정렬을 위한 Zygo VME 가 있다. 이들은 adaptor 로 연결 되어 있어 상호간 필요한 정보를 송수신한다. host VME 에서는 보드간 어드레스 충돌이 일어나지 않도록 하기 위해 VME-PC 보드들은 32 bit 어드레스 체계를 사용하고, I/O 보드들은 24 bit 어드레스 체계를 갖는다. 그리고 통신에 있어서는 지속적인 메모리 체크와 flag bit 를 사용하여 신호가 발생하였음을 알려주고 있다. 그림 7 은 host VME bus 메모리와 제어 시스템 보드간 메모리 매핑 구성을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 VME bus 메모리는 최대 4 Gbyte 이고, 이를 각 보드들의 local 메모리 크기 만큼씩 할당 받고 있다. 통신은 정보를 전달하고 싶은 보드의 메모리에 데이터를 write 하면 각 보드들은 메모리 체크를 통해 데이터를 읽어 들인다.

6. 결론

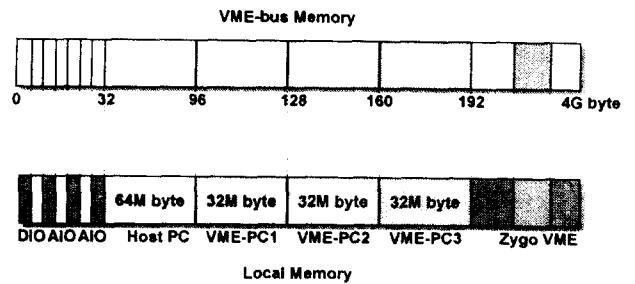


Fig. 7. Configuration of host VME.

본 논문에서는 Step & Scan 형 노광장비의 제어 시스템의 구성에 대해 살펴보았다. 그리고 본 제어 시스템을 사용한 장점으로 데이터 유실을 줄일 수 있었고, 사용자가 보다 쉽게 노광장비를 제어하고, 많은 정렬신호를 받아들이므로 더욱 세밀한 정렬이 가능하였다. 또한 4 개의 VME-PC 로 multi-tasking 을 구성하였기 때문에 처리 속도를 높일 수 있었고, 어느 한 서브 시스템의 오류나 고장으로 인한 전체 시스템의 영향을 줄일 수 있으므로 관리측면에서 효율성을 높일 수 있었다.

이러한 제어 시스템을 구성하기 위해 본 논문에서는 3 가지의 특징을 적용하였다. 첫째는 많은 제어 신호들로 인하여 발생할 수 있는 인터럽트등으로 속도의 저하를 방지하고, 정렬을 위한 정확한 데이터 전송 그리고 multi-tasking 의 요구를 충족시키기 위해 VME bus 방식을 이용하였다. 둘째는 host 의 원활한 신호 흐름을 형성하여 각 모듈의 처리 속도를 높이기 위해 4 개의 VME-PC 보드를 장착하여 서브 시스템의 작업을 분할하는 multi-tasking 을 구성하므로 작업의 효율성을 높였다. 마지막으로 고속의 I/O 보드를 장착함으로써 정렬에 있어서 실시간으로 서브 시스템을 감시 및 제어하여 노광장비의 정렬 성능을 높였다. 그러나 본 시스템을 구축함에 있어 VME driver 가 NT 에에서만 구동되는 반면, 대부분의 사용자가 NT 에 대해 익숙지 못하다는 사용상의 문제가 예기되기도 한다.

7. 참고문헌

- [1] G. C. Chen, "EBES4:mask/reticle writer for the 90's", SPIE, vol.1496 10th Annual Symposium on Microlithograph, pp. 107-117,1990.
- [2] M. v. d. Brink, H. Jasper, S. Slonaker, P. Wijnhoven, F. Klaassen, "STEP-AND-SCAN REPEAT, A TECHNOLOGY COMPARISON", SPIE, vol 2726, pp. 734-753, 1996.
- [3] J. D. Buckley, C. Karatzs, "Step and Scan, a systems overview of a new lithography tool", SPIE, vol.088, Optical/laser lithography II, San Jose, pp. 424-433, March. 1989.
- [4] J. Bischof, W. Henke, J. v. d. Werf, P. Dirksen, "Simulations on step & scan optical lithography", SPIE, vol.2197, San Jose, p953, March 1994.
- [5] S. Drazkiewics, G. Gallatin, J. Lyons, "AXIOM Microscan Adaptive X-cross correlative independent off-axis modular alignment system",SVG Lithography Systems Mar. 1993.
- [6] J. L. Moruzzi, Beng, PhD, Ceng, MIEE, "Low-cost optical alignment system", IEE PROCEEDINGS, 136, Pt.A, NO.2, March. 1989.
- [7] 권진혁 외, "step & scan 형 AUTO Alignment system 연구", 한국전자통신연구원 연구보고서,1996.
- [8] 남병호, "반도체 노광 장비의 광학적 정렬 방법에 관한 연구", 박사학위논문, 2-3 장,1994.