

화합물 반도체 공장의 통합생산시스템 설계에 관한 연구

이승우* · 박지훈** · 이화기***

* 한국기계연구원 지능형정밀기계연구부

** (주)나리지온 부설연구소

*** 인하대학교 산업공학과

A Design of Integrated Manufacturing System for Compound Semiconductor Fabrication

Seung-Woo Lee* · Ji-Hoon Park** · Hwa-Ki Lee***

* Intelligence & Precision Machine Department, KIMM

** R & D Center, Knowledge*On Inc.

*** Department of Industrial Engineering, INHA University

Manufacturing technologies of compound semiconductor are similar to the process of memory device, but management technology of manufacturing process for compound semiconductor is not enough developed. Semiconductor manufacturing environment also has been emerged as mass customization and open foundry service so integrated manufacturing system is needed. In this study we design the integrated manufacturing system for compound semiconductor fabrication that has monitoring of process, reduction of lead-time, obedience of due-dates and so on. This study presents integrated manufacturing system having database system that based on web and data acquisition system. And we will implement them in the actual compound semiconductor fabrication.

Keywords : Compound semiconductor, Data Acquisition System, MES, Integrated Manufacturing System

1. 서 론

반도체산업은 첨단기술의 선도 산업으로서 반도체 생산에 필요한 기술은 반도체 소자의 구조를 개발하는 소자기술, 소자의 성능 및 공정을 평가하는 설계기술 및 소자를 생산하는 공정기술과 이들 기술을 통합관리하고 현장의 장비, 공정 및 생산관리 기술 등의 여러 기반기술 등으로 이루어져 있다[3].

화합물반도체는 50년대 초에 반도체 특성이 발견된 3 내지 5족 화합물을 이용한 반도체 소자로 1980년대 초에 일부 선진국을 중심으로 제품양산과 이들 제품의 소자 활용이 진행되고 있다. 국내의 경우 1980년대 중반부

터 소자 개발을 시작하여 몇몇 전문 기업을 중심으로 화합물반도체 사업을 확장해 가고 있다.

화합물반도체 산업은 생산기술면에서 실리콘 계열의 메모리소자와 유사점이 많으나 화합물반도체 제조특성에 맞는 제조공정관리 기술은 메모리 반도체의 공정관리기술에 비해 많이 개발되지 않은 실정이라서 작업자 및 관리자의 경험치에 의존하는 경향이 심하다. 현장에서 발생하는 공정정보의 입력도 작업자의 기억이나 문서에 의한 방식으로 전달되기 때문에 실시간 대응이 어렵고 정보의 정확성도 떨어진다. 또한 계획생산방식에서 고객의 다양한 요구에 따른 주문생산 방식으로 변화되고 있다. 따라서 현재의 단일 표준품목의 대량생산구조

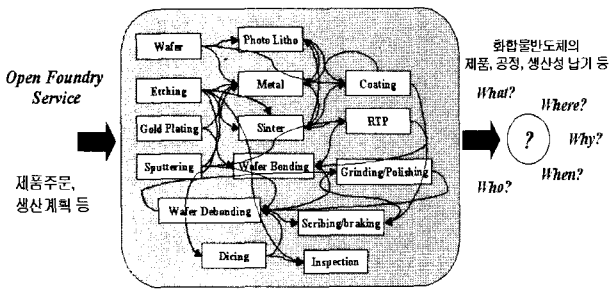
를 앞으로의 대중 주문생산구조(Mass Customization)로의 변화와 기업간 협업을 위한 Open Foundry Service 구조에 대응할 수 있고 화합물 반도체 공장의 특성에 적합한 통합생산시스템이 필요하다.

본 연구에서는 화합물반도체 생산 공정의 특성을 분석하고 단위 공정/설비의 생산정보취득시스템(Data Acquisition System) 구축을 통해 제품 수주에서 출하까지의 공정정보 파악, 리드타임 구축, 납기준수 등의 효과를 기대할 수 있는 통합생산시스템을 설계하고 구축하였다.

2. 화합물반도체의 제조공정과 Open Foundry Service

화합물반도체는 센서류에 사용되는 적외선 LED, 전광판 등에 정보표시에 사용되는 블루 LED, 앞으로의 조명시장을 대체할 것으로 보이는 화이트 LED 등이 주 사업 분야였으나, 정보통신기술의 발달과 함께 이동전화에서 사용되는 MMIC 등의 정보통신용 소자로 그 사용이 이동되고 있는 추세이다[5].

일반적으로 반도체 제조공정은 많은 장비 및 시설투자를 기본으로 하고 있고, 소자 생산의 기본이 되는 웨이퍼 사이즈가 커짐에 따라서 장비의 투자도 병행되고 있다. 이러한 특성 때문에 제조공정이 안정화되기까지는 많은 시간이 필요로 하며, 그 공정기술이 반도체 제조 산업의 경쟁력이라고 할 수 있다.



<그림 1> 화합물반도체 제조공정의 흐름

화합물반도체의 제조공정은 일반적으로 알려져 있는 실리콘 계열의 메모리 반도체 제조 공정과 유사하지만, 화합물의 물성이 가지는 특성과 공정이 가지는 특성 때문에 취급이 어렵고, 경우에 따라서는 비정형성을 가지며 실리콘반도체와 달리 표면뿐만 아니라 웨이퍼의 이면까지 가공하여 회로를 만드는 특성이 있다. <그림 1>은 화합물반도체 제조공정에서 대표적인 흐름을 나타낸 것으로 주문 제품은 고유의 공정정보(Route)를 따라 가공

/검사 서비스를 받고 제품화되어 공장을 떠나게 된다[4].

이와 같은 주문형 시스템에서 제품은 주문에 따라 일정한 패턴 없이 생산시스템에 투입되므로 시간이 경과함에 따라 각각의 공정의 부하는 변하게 되고 생산에 소요되는 시간도 변하게 된다. 따라서 이러한 복잡한 생산 환경에는 생산정보를 정확하게 수집할 수 있는 실시간 현장정보시스템이 필요하다. 만약 이러한 현장관리체계가 구축되어 있지 않으면, ‘주문한 제품이 어떤 공정에 위치하고 있는지?’, ‘생산현장의 설비상태는 어떤지?’, ‘어떤 공정에 부하가 많이 걸려 있는지?’, ‘납기일이 언제쯤 되는지?’ 등의 공정현황을 파악하지 못해 공정 간의 WIP 증가, 공정라인의 Balancing 불균형, 납기 지연 및 생산성 저하를 초래하게 된다. 이러한 생산현장의 정보시스템은 POP(Point of Production) 또는 MES(Manufacturing Execution System)란 이름으로 산업현장에 구축되어 왔다 [1][2].



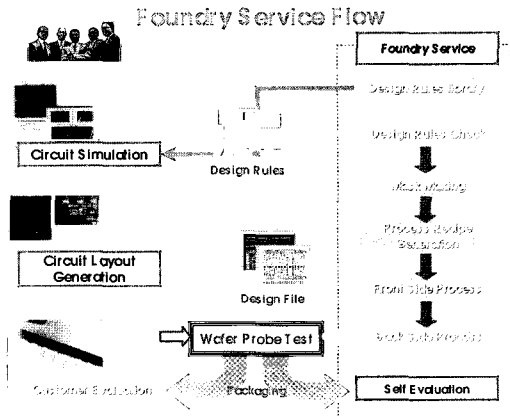
<그림 2> 화합물 반도체 제조 핵심 공정

<그림 2>는 화합물 반도체 제조공정의 핵심 공정인 photo lithography 공정으로서 소자가 요구하는 layer 수를 적층하기 위해 같은 공정 내에서 반복 작업을 수행하게 된다. 이 때 공정에서 발생하는 생산 및 공정정보의 관리와 전후 공정 간의 일정관리에 많은 어려움을 발생시킨다[3]. 초창기 반도체 제조공정의 어느 한 공정에서는 작업이 50일 이상 소요되어 공정정보의 관리에 많은 애로가 있었으며, 정보관리기술의 발달로 공정정보관리나 일정관리에 있어 많은 진전이 있으나 공정 특성상 공정관리 기술 혹은 생산관리 특면에서 풀어야 할 문제를 가지고 있다[5].

현재의 반도체 생산추세는 Foundry Service를 지향하고 있다. Foundry Service는 자체적으로 설계기능을 가지고 있지 않지만 반도체 제조를 위한 FAB을 보유한 업체가 FAB을 보유하고 있지 않는 Design House 혹은 FAB을 보유하고 있는 기업에서도 자체설비의 증설 없이 외주 가공을 의뢰하는 경우 주문을 받아서 생산 Service를 하는 형태를 말한다.

Foundry Service에서의 고객의 욕구는 일반적인 주문생산형태에서의 고객욕구보다 자세하고 깊이 있는 정보,

예를 들면 고객이 주문한 제품의 현재 공정 상태, 납기, 품질, 공정능력, 장비상태, 수율 등의 정보를 요구하게 되고, Foundry Service를 수행하는 기업에서는 고객의 그런 욕구를 얼마나 정확하고 빠르게 충족시키는 능력이 같은 품질에서 보다 큰 우위 경쟁력을 가지게 된다. <그림 3>에 화합물반도체 제조공정에서의 Foundry Service Flow를 나타내었다.



<그림 3> Foundry Service Flow

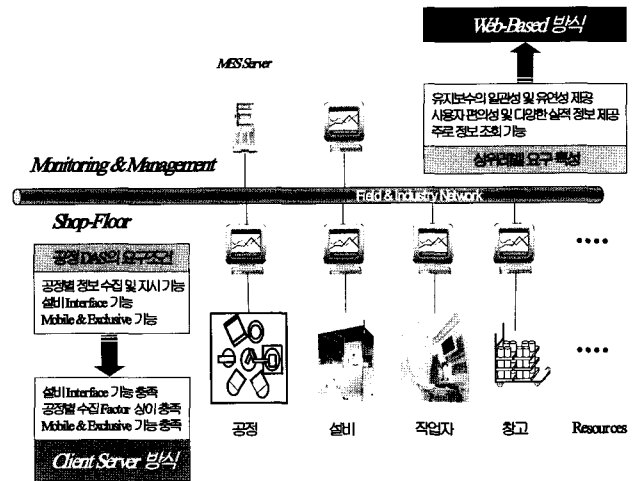
주문고객과 Foundry Service를 수행하는 생산업체는 NDA(NonDisclosure Agreement)를 교환한 후 본격적인 주문절차가 시작되며, 고객은 Foundry Service 수행업체에서 제공하는 공장능력, 회로제작 등의 Design Library를 기초로 제품을 설계하여 제조업체에 넘기게 되고, 제조업체는 Design Library의 Rule에 따라 설계되었는지를 검토하여 승인이 되면 제조에 필요한 MASK를 만들고 Work Order 및 Lot를 편성하여 제조에 착수하게 된다. 이러한 과정에서 고객이 요구하는 각종 정보를 실시간으로 정확하게 제공하기 위해서는 공정에서 발생하는 생산정보를 실시간으로 수집할 수 있는 생산정보수집시스템과 여기에서 수집된 정보를 가공하여 고객에게 제공할 수 있는 통합생산시스템이 필요하다[7].

3. 통합생산시스템의 설계 및 구축

3.1 화합물반도체 제조공정 프로세스 분석

회합물반도체의 특성에 맞는 현장정보시스템의 구축을 위해 제조 현장용 생산정보수집(DAS) 모델을 <그림 4>와 같이 제안하였다. 제안된 모델은 실제 공정작업이 이루어지는 공정레벨과 작업지시를 내리고 수집된 공정

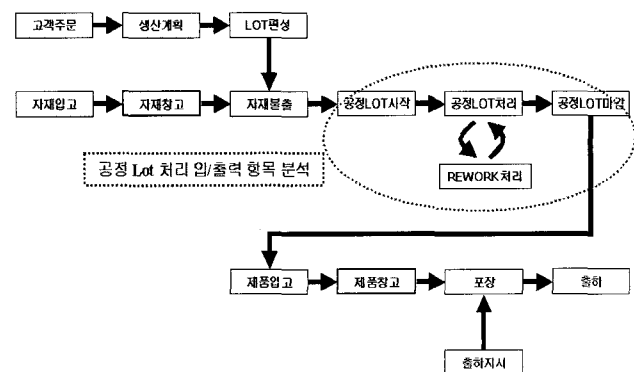
정보를 가공하는 관리레벨로 구분하여 정보처리 방식을 이원화 하였다,



<그림 4> 화합물 반도체 공정정보수집 Model

공정레벨에서의 정보 수집을 위한 요구조건은 발생하는 다양한 정보를 수용할 수 있도록 실시간 무전표(paperless)로 공정정보를 수집하고, 지시된 작업정보를 조회할 수 있어야 한다. 작업자 key-in 방식과 장비 인터페이스에 의한 정보수집방식을 병행하여 구축하여야 하기 때문에 공정레벨에서는 Client Server 방식의 정보처리 시스템을 구축하기로 하였다[6].

반면에 제조현장의 관리를 위한 관리레벨에서는 각종 정보의 입력/수정, 작업지시 등의 특정기능을 제외한 대부분의 기능이 수집된 공정정보를 바탕으로 관리/통제를 위한 조회 기능을 가지게 된다. 따라서 운영시스템의 관리 편의성, 유지보수, 시스템 일관성 등을 고려하여 웹 기반의 시스템으로 구축하였으며, 관리되는 모드 정보는 MES 서버에 탑재되어 있는 데이터베이스에서 관리 한다.

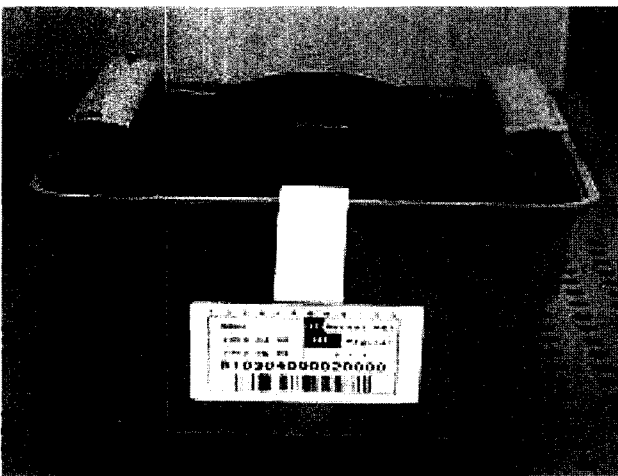


<그림 5> 화합물반도체의 제조 프로세스

화합물반도체의 제조과정 흐름은 고객주문에 의해 생산계획이 이루어져 Lot가 편성되는 것은 일반 제조흐름과 비슷하나 공정 Lot이 투입되어 마감되어지는 시점까지 Foundry Service에서 요구하는 특징 즉, 고객의 주문 제품에 대한 자세한 공정정보의 파악 기능이 요구되며 화합물반도체의 제조 프로세스를 <그림 5>에 나타내었다.

Foundry Service를 수행하는 제조공장에서는 극단적으로 전체 공장에 작업 중인 모든 Lot가 다른 공정 Route, 공정 수, Mask 형태, Recipe 등의 공정특성이 100% 다를 수 있다. 이러한 특성 때문에 Lot의 편성부터 각 Lot에 대한 특성이 부여되어야 하고, 같은 특성을 가지지 않는 Lot는 같은 Cassette에 수용하는 1매 이상의 웨이퍼 조합을 원칙으로 한다. 따라서 동시작업, Lot 병합 등이 절대 불가능하게 되어 제조공정 내에서 Lot별 관리가 가능하고 고객에 대한 요구 Service 수준을 최대로 높일 수 있다.

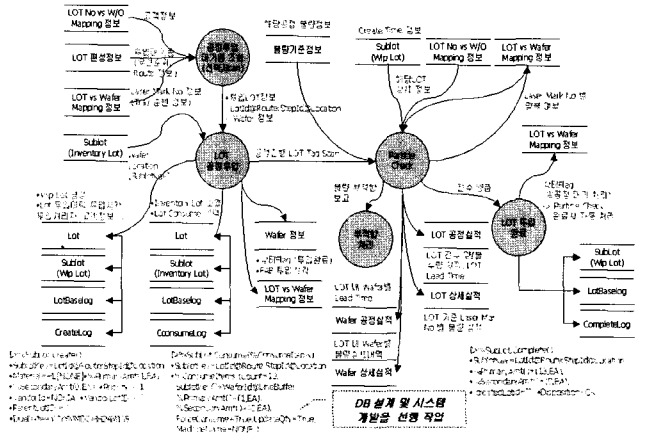
Lot 편성시 고객의 주문 특성에 맞는 웨이퍼를 준비하고, 준비된 웨이퍼는 웨이퍼 수용용 Cassette에 슬롯에 삽입된다. 웨이퍼는 공급업체가 제공하는 고유번호가 존재하기 때문에 Lot vs 웨이퍼번호(슬롯번호)가 Mapping 되어 공정 중에 각종 정보의 Tracking이 가능하도록 하였다.



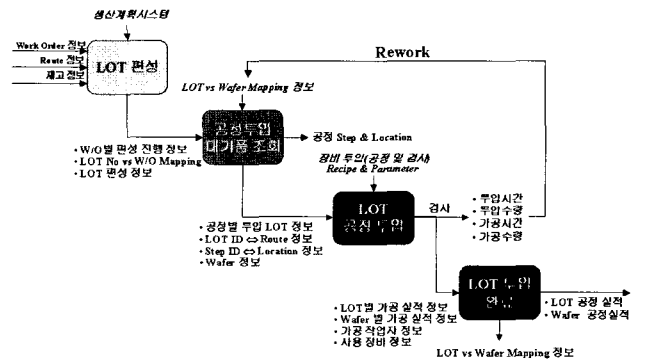
<그림 6> Lot 편성 및 Lot 이동용 Cassette(Lot 번호 vs 웨이퍼 번호)

공정흐름의 기본이나 기능 List를 기초로 하여 각 공정 또는 공정 간의 데이터의 흐름을 정의하고, 정의된 데이터의 요소 분석이 필요하다. 이러한 분석 작업은 MES 서버에 탑재되어 DAS에 의해 수집된 공정정보를 관리할 수 있는 데이터베이스의 구조를 설계하기 위한 선행 작업이 필요한데, 이러한 기술을 DFD(Data Flow Diagram)분석이라고 한다. DFD에서는 수집된 데이터와 가공된 데이터와의 흐름 묘사뿐만 아니라 각 흐름

에 요소를 첨부함으로써 정보 및 물류의 흐름을 표현해 주고 있으며, 데이터베이스 설계시 필요한 Primary Key 혹은 정보처리에 필요한 각종 함수 등을 정의 하였다. <그림 7>에 공정에서의 Lot 처리에 필요한 DFD를 분석한 예를 나타내었다.



a) 공정에서의 Lot 처리 흐름



b) Lot 진행단계별 입/출력 정보

<그림 7> Lot 처리 공정 DFD 분석

편성된 Lot는 고유의 Route에 의해 각 공정을 거쳐 제품이 완성된다. Lot 공정 투입의 흐름을 살펴보면, 각 공정에서 공정에 투입되기 전의 대기 Lot를 조회할 수 있다. 조회정보로는 Lot에 포함되어 있는 현재 사용되고 있는 Route명, 현재 조회하고 있는 제품 유형, 납기일자, 대기하고 있는 공정(중공정과 소공정), Lot의 편성유형(최초편성, 재작업 편성, 재투입 편성, 선진행 편성 등), 처리우선 순위(매우빠름, 빠름, 보통, 느림, 매우느림 등) 등이 출력되어 작업자에게는 어떤 Lot를 처리해야 하는지를 인식하게 하고, 관리자에게는 작업 지시된 Lot가 어떤 상태로 어디에 위치하고 있는지를 파악할 수 있게

한다.

Lot가 공정에 투입되면 Route 정보에 따라 특성에 맞는 장비가 투입되고, 해당 공정에서 필요한 recipe 및 parameter들에 대한 정보가 출력되어 자동 혹은 작업자에 의해 입력된다. 이때 발생하는 Lot별 실적정보, 웨이퍼별 가공실적 정보, 작업자 및 검사정보 등이 수집된다. 검사정보를 바탕으로 양부를 판단하여 재작업 Lot를 편성하거나, 폐기 처분하여 재투입 편성을 요청하게 된다. Lot 투입 완료단계에서는 Lot별 웨이퍼의 Mapping 정보를 바탕으로 Lot 공정실적, 웨이퍼 공정실적 등의 다양한 공정정보가 수집되어 공정간 부하, 장비 가동률, 수율, 검사정보 등을 파악할 수 있으며, 이는 앞에서 말한 Foundry Service에서 고객이 주문한 제품에 대한 검사, 수율, 진행상태, 납기조회 등에 대한 정보를 제공할 수 있다.

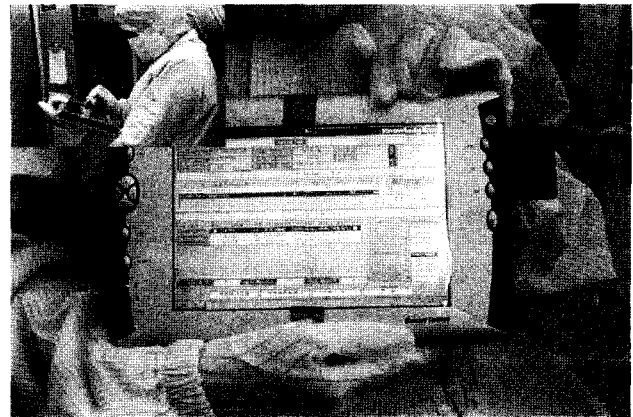
3.2 제조공정정보 수집을 위한 DAS(Data Acquisition System) 구축

제조현장에서 발생하는 다양한 생산정보를 수집하기 위하여 현재 운영중인 설비 및 공정을 분석하였다. 화합물반도체 제조공정에 필요한 전체 150여 종의 장비 중 직접 인터페이스를 통해 공정정보를 수집할 수 있는 장비는 전체의 약 4%정도로 나타났다[5]. 나머지 장비들도 별도의 인터페이스 작업에 의해 자동화를 구현할 수 있지만, 경제적인 측면과 공정을 수행하는 장비에서 추출하는 정보이외의 정보는 작업자의 입력에 의존하는 부분이 많기 때문에 작업자 key-in 방식에 의한 정보수집 방식과 장비 인터페이스에 의한 정보수집방식으로 분류하여 구성하였다.

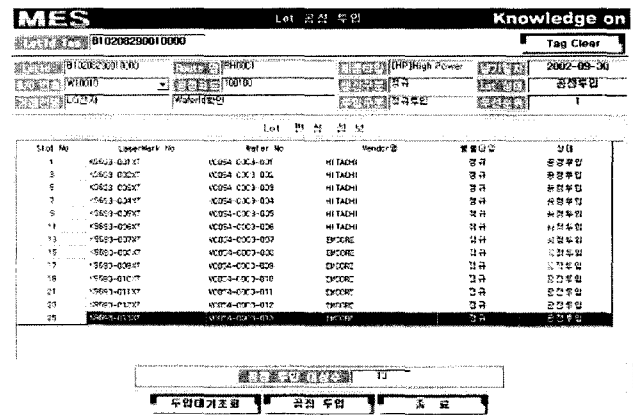
(1) 작업자 Key-In에 의한 공정정보 수집

화합물반도체 제조현장의 특성과 작업자의 정보입력의 편의성을 위해 입력도구를 선정하였다. 선정된 입력도구는 전체장비 및 공정을 포함하고 이동성이 있으며, 공정수집과 작업지시 등과 같은 정보를 처리할 수 있는 충분한 데이터 처리능력이 요구된다.

시스템 구성은 2.4Ghz 영역대의 무선 LAN을 통해 무선중계기와 통신하고 무선중계기는 스위칭 허브에 직접 연결되어 있다. 특히, 반도체 제조공정이 장치산업이기 때문에 무선 LAN에 의한 전자파 문제를 고려하여 통신 주파수 영역대를 선정하였다. <그림 8>은 작업자 key-in 방식에 의한 공정정보 수집을 위해 선정된 터미널이다. 또한 작업자의 정보 입/출력 편의성을 위한 Device로 Barcode를 활용하여 웨이퍼 이동용 Cassette의 부착되어 있는 라벨정보를 인식하도록 하였다.



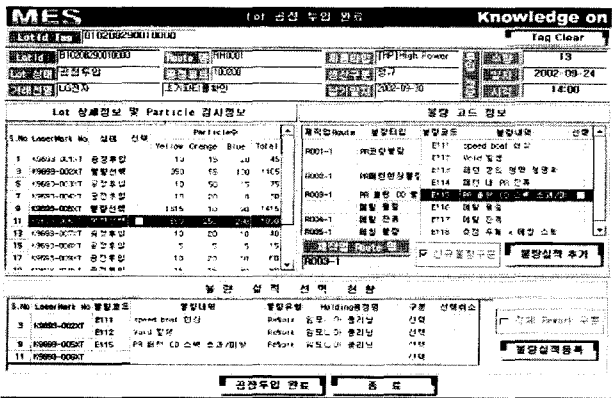
<그림 8> Key-In 방식의 공정정보 수집용 터미널



<그림 9> 현장정보 수집/조회용 화면 (공정 투입 대상 Lot 조회)

공정은 공정대기, 공정, 공정완료 후 대기 등으로 구성된다고 할 수 있다. 어느 특정 공정에서 작업자가 Lot 번호를 스캔하고 선택하는 순간이 공정대기가 완료되는 시점으로 하고 각 공정에서 발생하는 정보를 작업자의 key-in을 통해 수집한다. 앞에서 언급한 바와 같이 작업자의 입력사항을 최소화하기 위해 Lot ID를 조회의 기준으로 하였다. <그림 9>는 공정투입 대상 Lot를 조회하는 화면으로 작업자가 반드시 알아야 하는 Lot에 관련된 내용과 편성정보를 터미널 화면을 통해 알 수 있다.

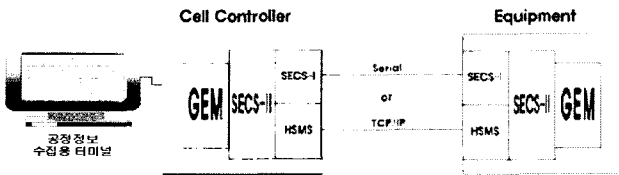
공정이 완료되고 나면 Lot별(웨이퍼 mapping) 실적과 검사에 의한 결과를 입력한다. 검사결과 불량 발생하면 불량코드 정보를 찾아 입력하고 실적을 입력하게 된다. 작업자의 공정정보 조회 및 입력은 화면은 계층적으로 되어 있어 Lot ID를 선택하면 편성된 자료에 대한 상세정보와 웨이퍼별 검사결과를 입력할 수 있게 되어 있다. <그림 10>은 Lot의 공정 투입이 완료되었을 때 실적 정보, Particle 검사정보와 불량정보를 입력하는 화면이다.



<그림 10> 실적정보 입력화면

(2) 장비 인터페이스에 의한 공정정보 수집

제조/검사 장비와의 인터페이스에 의한 공정정보 수집은 <그림 11>과 같이 반도체 장비의 통신에 사용되는 GEM(Generic Model for Communications and Controls of Semi Equipment) 프로토콜을 사용하였다. 장비와 장비를 제어하는 셀 컨트롤러는 SECS-I 혹은 HSMS로 연결되어 제어와 감시 기능을 수행하며, 공정정보 수집용 터미널에도 GEM 통신기능을 설정하여 셀 컨트롤러와 통신을 수행한다[8].



<그림 11> 장비 인터페이스에 의한 공정정보 수집

공정정보 수집용 터미널은 MES 서버와 연결되어 작업지시를 받고 해당되는 Lot를 가공/검사하여 실적 및 검사, 공정시간 등을 자동으로 전송하게 된다.

본 연구에서는 반도체 제조공정의 핵심 공정인 PR Coating에 사용되는 Track 장비를 대상으로 장비 인터페이스에 의한 공정정보 정보 수집시스템을 구성하였다. Track 장비는 웨이퍼 위에 Photo Resist 액을 도포하기 위해 사용되는 장비로 coater, developer, adhesion, hot & cool plate 등으로 구성되어 있다. Lot 이동용 Cassette에 있는 Lot 번호를 Scan하면 Lot 편성에서 지정된 Recipe와 Parameter를 검색해서 공정순서에 따라 Track 장비가 시작된다. 공정에 사용되는 Recipe와 Parameter는 장비의 메모리에 있는 것을 검색해서 Lot 정보와 Matching 할 수 있고 서버에 있는 정보를 다운로드 할 수도 있다. 공정정보 수집용 단말기는 Dual TCP/IP를 통해 Track 장비

의 셀 컨트롤러와 MES 서버와 연결되어 있다. <표 1>은 Track 장비에서 추출할 수 있는 DAS Factor를 분류한 것이다. 공정정보 수집에서 필요한 DAS Factor는 상태변수(Status variable)에 있는 값과 각 공정간 가공시간 등이 주요 요소가 된다. 이러한 Factor는 실제 장비운영에 필요한 기술적 정보와 공장차원에서 필요한 관리적 정보를 구분하여 전자는 장비의 셀 컨트롤러에서 후자는 공정정보 수집용 터미널에서 관리하도록 하였다.

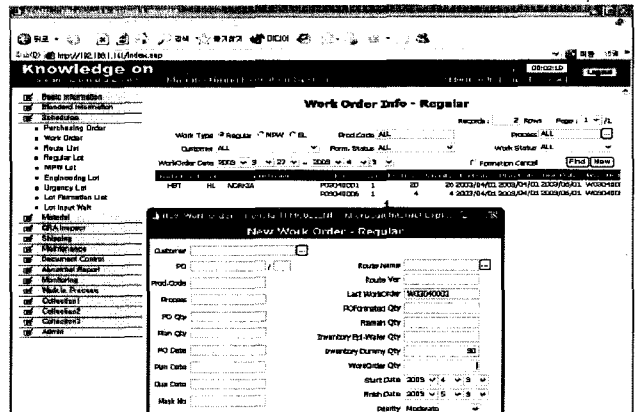
<표 1> Track 장비의 DAS Factor

항 목	DAS Factor
Alarm	Time, 온/습도, 공정 데이터 등
Collection Event	On/Off, Remote/Local Process Time Event 등
Process Command	Start, Abort, Pause, Continue, End, Cancel 등
Status Variable	GEM Status ID, Interval Time, CTC Recipe File 등

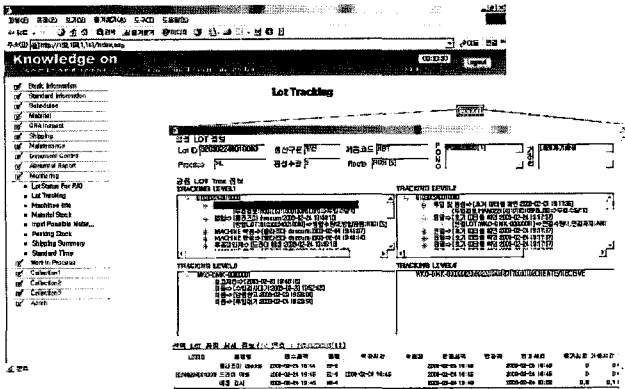
3.3 웹기반 공정정보 관리용 HMI

구축된 현장정보수집시스템을 통해 수집된 공정정보는 MES 서버에 탑재되어 있는 데이터베이스에 관리되고, 저장된 정보는 통합생산시스템의 기능에 맞는 비즈니스 룰에 의해 가공되어 사용자에게 제공된다.

앞에서 설명한바와 같이 가공된 정보는 관리레벨에서 설계, 생산/공정 관리, 영업 등의 관련된 부서가 연관된 정보를 공유해야 하고, 또한 Foundry Service에서 주문고객이 요구하는 정보를 효율적으로 제공하기 위해서 웹기반의 정보관리시스템을 구축하였다. 관리레벨에서의 시스템은 ①기준정보관리, ②생산계획, ③자재관리, ④공정관리, ⑤출하관리, ⑥부적합보고, ⑦설비관리, ⑧생산효율관리(집계), ⑨생산진행관리(실시간) 등의 대분류기능과 서브 기능으로 구성되어 있다. <그림 12>는 생산계획 기능의 발행된 Work Order 조회 및 새로운 Work Order 발행 기능을 나타낸 것이다.



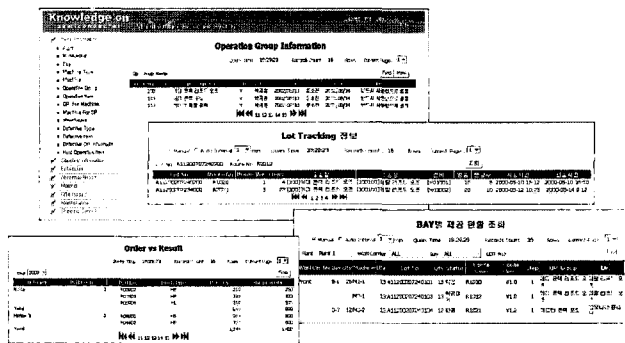
<그림 12> Work Order 조회 및 발행



<그림 13> 공정진행중인 Lot의 Tracking 정보 조회

Work Order를 기준으로 Lot를 편성하여 제조공정에 Lot를 투입하게 된다. 투입된 Lot는 구축된 공정정보수집시스템을 통해 공정에서 발생하는 다양한 정보를 실시간으로 데이터베이스에 갱신하게 된다.

Lot Tracking은 편성된 Lot가 공정 중에 발생하는 모든 정보 즉, 시간, 사용한 기계, 공정/검사 결과, 작업자, 이동 및 대기 상황 등을 레벨로 구분하여 조회할 수 있다. < 그림 13>은 모니터링 기능의 Lot의 Tracking 정보를 조회하는 것을 보여주고 있다.



<그림 14> 웹기반 공정정보 HMI의 각종 정보 조회

이외에도 <그림 14>에 나타난 것과 같이 Bay별 재공 현황, 목표 대 실적 조회, 설비관리, PM관리 등의 각종 정보를 조회할 수 있다.

4. 결론 및 향후연구

기업의 생산관련 '정보시스템에서의 문제점 중의 하나는 ERP, SCM 등의 상위시스템과 현장의 생산정보관리

시스템과 별도로 운영되어 정보의 연계성과 실시간성이 부족하다는 것이다.

본 논문에서는 화합물반도체 제조공장을 대상으로 현장정보와 연계된 통합생산시스템을 설계/구축하기 위해 제조공정의 특성을 분석하고, 공정에서 발생하는 다양한 정보를 실시간 무전표(paperless)로 수집할 수 있는 시스템을 구축하였다. 이와 함께 수집된 정보를 사용자의 요구정보와 Open Foundry Service에서 기업간 협업에 필요한 정보를 정확하고 효율적으로 제공하기 위한 웹기반 통합생산관리시스템을 구축하였다. 개발된 시스템을 현장에 적용하여 기존의 전표를 이용한 공정처리 방식과 비교한 결과 수집된 공정데이터의 신뢰성이 98%이상이었으며 데이터의 Real time성이 1초 이내로 분석되었다.

시스템의 적용이 안정화되면 현재의 생산 Cycle Time이 8주에서 6주 정도로 단축되고, 각종 정보공유의 효율성 향상으로 인해 작업준비시간의 50% 감소 될 것으로 예상된다. 또한 웨이퍼 수율 향상과 공정/품질정보 신뢰성이 95% 이상이 되어, 주문 고객에 대한 경쟁력이 향상될 것으로 기대된다.

향후에는 작업자의 key-in 방식에 의한 정보수집방식을 장비 인터페이스에 의한 방식으로 확대하고, 현재의 기술적 정보 관리시스템을 영업과 중역정보시스템의 연계를 통한 기업레벨의 정보시스템과의 통합이 필요하다.

참고문헌

- [1] 이승우, 구평희, 이화기; "주문형 가공체계를 위한 공정관리시스템 개발", 한국설비보전학회지, 6(1) : 291-302, 2000.
- [2] 김성훈, 한영근; "인터넷 기반 POP 시스템 구현", IE Interface지, 12(4) : 566-574, 1999.
- [3] 임종성, 반도체 제조장치 입문, 성안당, pp. 19-32, 2000.
- [4] 박퇴경; "주문형 웨이퍼 제조공정 생산관리정보시스템의 객체지향 설계", 석사학위논문, 부산대학교, 2003.
- [5] 박재우, 이승우, 박지훈 외; "웹 기반 화합물 반도체 프로세스 엔지니어링 정보체계 구축 1차년도 연차 보고서", PNM4070-1/KIMM, 한국기계연구원, 2002.
- [6] 이승우, 구평희, 이화기; "주문형 가공시스템을 위한 공정관리시스템 개발", 대한산업공학회 1999년도 춘계학술대회 발표논문집, 계명대학교, 대구, pp. 424-425, 1999.
- [7] Curt Barratt, and Mike Fresina; "Factory Automation," GaAs Manufacturing Workshop, Las Vegas, Nevada, USA, 2001.
- [8] 실리콘테크(주); "GEM Online Spec Manual", 2001.