

반도체 웨이퍼 다이싱 공정을 위한 생산시점 정보관리시스템

김인호*

A Point of Production System for Semiconductor Wafer Dicing Process

In-Ho Kim*

요약

본 연구는 웨이퍼 다이싱 공정의 가공정보들을 수집하여 실시간으로 관리하는 생산시점의 정보관리시스템에 대한 연구이다. 개발한 시스템은 POP용 단말기, 라인 컨트롤러 및 네트워크로 구성된다. LAN은 상위관리시스템을 연결하며, RS485 네트워크는 하위시스템인 라인 컨트롤러와 단말기를 연결한다. 라인 컨트롤러는 POP 단말기와 서버를 연결하기 위해 사용된다. 웨이퍼의 실시간 가공정보는 기계, 제품, 작업자의 정보발생원들로부터 얻고, 이들은 최적절삭조건을 계산하기 위하여 사용된다. 수집된 정보는 절삭속도, 순수의 여부, 처리 중인 블레이드의 누적 절삭량 및 불량 웨이퍼의 수이다. 상위시스템의 생산계획정보는 웨이퍼 가공공정의 관리를 위해서 현장에 전달되며, 생산결과정보는 현장에서 수집하여 서버로 전달되고 필요한 형태로 정보가 가공되어 공정관리용 정보로 사용된다. 개발한 시스템을 반도체 웨이퍼 가공공정에 적용한 결과, 생산진전상태, 각 기계에 대한 작업시간 및 비작업시간의 해석 및 웨이퍼 불량률의 해석이 가능하며, 이들은 다이싱 공정의 품질 및 생산성 향상을 위한 생산공정 관리정보로 활용할 수 있을 것이다.

Abstract

This paper describes a point of production(POP) system which collects and manages real-time shop floor machining information in a wafer dicing process. The system are composed of POP terminal, line controller and network. In the configuration of the system, LAN and RS485 network are used for connection with the upper management system and down stratum respectively. As a bridge between POP terminal and server, a line controller is used. The real-time information which is the base of production management are collected from information resources such as machine, product and worker. The collected information are used for the calculation of optimal cutting condition. The collection of the information includes cutting speed, spout of pure water, accumulated count of cut in process for blade and wafer defect. In order to manage machining information in wafer dicing process, production planning information is delivered to the shop floor.

• 제1저자 : 김인호
• 투고일 : 2009. 09. 24, 심사일 : 2009. 09. 29, 게재확정일 : 2009. 10. 06.
* 동명대학교 기계공학과 부교수

and production result information is collected from the shop floor, delivered to the server and used for managing production plan. From the result of the system application, production progress status, work and non-working hour analysis for each machine, and wafer defect analysis are available, and they are used for quality and productivity improvements in wafer dicing process. A case study is implemented to evaluate the performance of the system.

▶ Keyword : 생산시점(Point of Production), 생산현장정보(Shop floor Information), 실시간정보(Real time Information)

1. 서론

반도체 산업은 전자, 정보통신 산업부문과 함께 급격한 발전과 성장을 기록하는 산업으로 정보화 사회와 첨단 지식산업 발전의 핵심요소일 뿐만 아니라 재래산업의 생산성 향상과 고부가가치화를 위한 필수적인 요소부품을 생산하며 그 수요가 급속히 확대, 다양화 되어가고 있다. 반도체 제조는 다양한 다수의 공정들이 반복하여 수행되며, 긴 공기를 필요로 하는 등 다른 제조형태에 비해 효율적인 관리가 어려운 실정이다. 다이싱 공정은 반도체 제조 공정 가운데 웨이퍼 제조공정과 패키징 공정 사이에 위치하여 웨이퍼를 개별 칩 단위로 분리하는 공정이며, 웨이퍼를 일반적으로 다이아몬드 블레이드를 이용하여 절단하는 공정이다. 반도체 칩은 고집적화 되어감에 따라 칩 간의 절단영역인 다이싱 라인도 점점 미세해지고 이에 따라 보다 정밀한 다이싱 기술과 장치의 개발이 요구된다.

반도체의 생산관리에 있어서는 이제까지 국내의 많은 반도체 기업들이 반도체의 생산량 극대화에 초점을 둔 생산관리 방식을 추구했으나, 최근에는 가격하락과 다양한 고객서비스의 요구 등으로 다품종 소량혼류 생산의 형태로 확대되어가고 있으며, 이로 인해 생산현장 관리자의 신속한 의사결정, 외부 요인의 변화에 대한 대응성, 정확한 데이터에 의한 개선 등을 꾀할 수 있는 생산공정관리 및 모니터링 기술의 개발이 요구되고 있다[1]-[3].

따라서, 이러한 급속한 정보기술의 발전에 따른 기업환경의 변화에 적극 대응하는 생산체계를 구축하고 고도의 생산성을 추구하기 위해서는, 관리기술정보의 측면에서는 전사적자원관리(ERP : Enterprise Resource Planning) 시스템을 도입하여 기업의 업무프로세스를 통합화한 업무효율화를 꾀해야 하며[4], 생산기술정보의 측면에서는 생산현장에서 정보들을 실시간으로 수집, 전달함으로써 생산성 향상의 장애 요인들인 작업결과보고의 지연, 생산정보의 부정확, 생산공정 내 관리의 불분명 등을 극복해야 한다. 즉, 생산현장에서 생산정보의 발생원들인 기계, 설비, 작업자, 작업(Work) 등으로부

터 발생하는 상황 데이터를 작업자의 생각이나 부정확한 데이터의 입력 없이 자동으로 수집, 집계하여 상위 제조시스템에 실적정보를 제공하고, 상위로부터는 계획된 작업지시를 받아 생산현장에 제공하는 생산현장정보의 실시간 통제 및 관리를 수행하는 시스템의 구축 및 기술지원이 절실히 요구되고 있는 실정이다[5].

이를 위해 일본에서는 생산시점관리(Point Of Production : POP)기술로서, 미국에서는 제조실행 시스템(Manufacturing Execution System : MES)으로서 개념과 모형이 소개되어 왔는데, 이러한 기술도입은 초기에는 규모가 큰 공장을 대상으로 진행되었으며, 업종별로는 전기, 자동차, 기계 등의 가공 조립형 산업이 주류를 이뤘었다. 그러나 점점 이를 도입하는 업종도 다변화되어 철강, 화학, 금속 등 소재 중심형 산업과 식품, 의약, 인쇄 등에서도 구축사례가 많아지고, 대기업에서 중견기업으로의 기술이전이 확산되고 있다[6]-[8]. 비교적 최근에는 기계부품용 XML 기반 생산관리를 위해 POP을 개발한 연구[9]와 자동차 부품산업에 POP을 기반으로 한 통합관리시스템에 관한 연구도 보고되고 있다[10].

본 연구는 LED 반도체 생산의 전체 제조공정 중에서 애로(Bottleneck)공정인 웨이퍼 다이싱(Wafer Dicing) 공정을 대상으로 생산 현장에서 발생하는 가공정보들을 수집하여 실시간 모니터링하며 관리할 수 있는 POP시스템을 개발하였다. 개발한 시스템은 POP단말기, 라인제어기, 네트워크로 구성되는데, 웨이퍼의 품질향상을 위해 다이싱 공정상의 가공대상물인 웨이퍼와치공구인 블레이드(Blade) 등의 정보발생원들로부터 웨이퍼의 가공속도, 블레이드의 누적절삭횟수, 순수(Pure Water)의 분출여부, 작업자의 자주검사 빈도 등의 정보를 수집하여 최적의 가공조건을 구한다. 그리고 이들은 라인제어기에 전달되고, 라인제어기에서는 이들 정보를 이용하여 작업실적정보, 생산실적 및 가동효율에 관한 정보들로 가공하여 상위 서버에 보낸다. 또한 상위 서버는 생산계획정보들을 제공받아 이들을 라인제어기에 전달하고 이를 POP 단말기를 통해 생산현장의 관리자 또는 작업자들에게 전달함으로써, 상위시스템과 생산현장의 정보들을 실시간으로 통제하고 관리하여 웨이퍼 다이싱 공정의 생산성을 향상시키는 기능을 수행한다.

II. 시스템 설계

본 연구에서 개발한 시스템의 하드웨어 구성은 그림 1과 같다. 상위에는 LAN 네트워크를 기반으로 하고, 하위 다이싱 공정은 RS485 네트워크로 하였다. POP 서버에는 MS-SQL을 탑재하였으며, 라인제어기는 펜티엄급 컴퓨터로서 하위의 POP 단말기를 제어하고 POP 서버로부터 생산계획정보를 POP 단말기로 전달하며, POP 단말기로부터 수집한 데이터와 이들을 분석한 정보를 POP 서버로 저장하는 역할을 하게 하였다. 각각의 POP 단말기는 본체부와 입출력부로 구성되는데 본체부는 다이싱 기계 설비와 디지털 인터페이스하도록 하였고, 입출력부는 작업자와 인터페이스하도록 하였다.

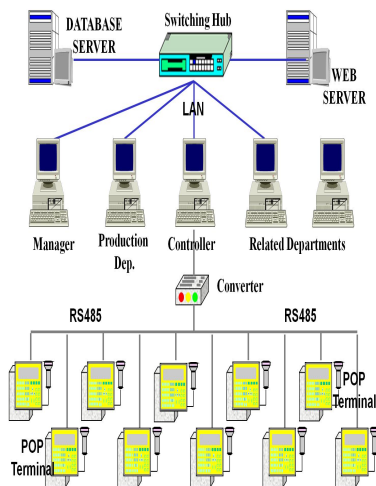


그림 1. 시스템 구성
Fig. 1. System configuration

시스템의 다이싱 공정에서 수집하는 데이터에는 설비의 가동정보, 가공 웨이퍼정보, 작업자 이력 정보, 블레이드 이력 정보, 불량정보, 비가동정보 등이 있다. 설비의 가동정보는 설비와의 인터페이스를 통하여 자동으로 수집하는 데, 전원 꺼짐 상태, 작업자의 비전(Vision) 카메라 검사 상태, 가동 상태, 비가동 상태, 여러 상태 등의 상태정보와 가공시 x축 이송속도 및 웨이퍼의 개별매수별 가공 라인 수로 구성된다. 웨이퍼, 블레이드 및 작업자 정보는 이벤트가 발생할 때마다 바코드 스캐너를 사용하여 작업자가 입력하며, 가공 웨이퍼 정보로는 웨이퍼의 번호, 투입설비, 투입시각, 투입작업자, 종료시각, 종료작업자 등에 관한 데이터가 제공되고, 작업자

이력정보로는 작업설비, 시작시각, 종료시각 등이 있으며, 블레이드 이력정보로는 사용설비, 투입시각, 종료시각, 절삭 라인수가 있다. 그리고 불량정보와 비가동정보는 작업자가 POP 단말기의 입출력부의 키를 이용하여 1회 입력하도록 함으로써 작업자의 부하를 최소화하였다. 이때 입력되는 불량정보로는 작업자가 비전 카메라를 사용하여 자주검사를 한 다음에 입력하는 칩 생성 불량, 포인트 불량, 깊이 불량 등이 있으며, 비가동정보로는 휴식·식사, 교대·교육, 웨이퍼 교체, 블레이드 교체, 웨이퍼 결품, 블레이드 결품, 설비에 부가적인 장치인 Utility의 고장 및 설비고장의 정보가 주어진다.

라인제어기는 상위의 POP 서버에서 작업계획정보를 LAN을 통하여 Download하고, 하위의 각POP 단말기로 RS485 네트워크를 통해 전송하며, 각 단말기에서 Hex 코드로 전송한 각종 데이터를 수신한다. 그리고 수신데이터를 코드변환을 하여 저장하고 수집한 데이터를 작업실적 분석 및 가동효율 분석을 하여 상위 POP 서버로 Upload한다.

경영자, 생산부 및 관련부서는 필요에 따라 상위 POP 서버에 저장되어 있는 실시간 설비정보 및 작업정보를 LAN을 통해 검색하여 실시간 모니터링, 웨이퍼별 가공이력, 작업실적 분석, 가동효율 분석, 비가동요인 분석, 불량 분석, 속도 분석, 블레이드 사용 분석 등을 조회할 수 있다.

III. 설비와 단말기의 인터페이스

생산현장의 정보발생원으로부터 발생하는 입력정보는 그림 2와 같이 다이싱 설비와의 인터페이스를 통해 POP 단말기 본체부로 전달된다.

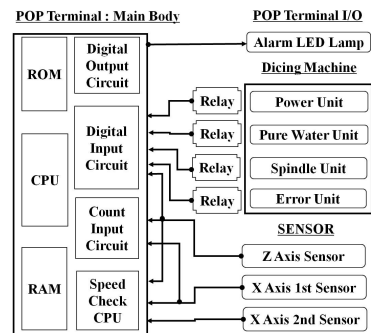


그림 2. 다이싱 기계와 POP 단말기 인터페이스
Fig. 2. Dicing machine and POP terminal interface

이때, 설비 가동 정보의 상태는 표 1과 같이 정의하였고, 가공속도의 알고리즘은 표 2와 같다. 그리고 가공 라인수는 Z축 센서의 커짐과 X축 첫 번째 센서의 커짐을 동시에 만족하는 횡수로 정의하였다. 다이싱 기계는 주회로, 다수의 서브회로, 각종 센서 및 릴레이, 스테핑 모터, 각종 구동부 및 구조물로 이루어져 있다. 여기에서 기존의 설비변경을 최소화하면서 필요한 신호를 추출하기 위해 그림 2와 같이 power unit, pure water unit, spindle unit 및 error unit은 릴레이를 사용하였고, 나머지는 센서를 부착하여 추출하였다.

표 1. 설비상태정보
Table 1. Facility state Information

Condition State	Power	Pure water	Spindle	Z axis	Error
Power OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Test	ON	OFF	ON	OFF	OFF
Operation	ON	ON	ON	ON	OFF
Unavailability	ON	Δ	Δ	Δ	OFF
Error	ON	Δ	Δ	OFF	ON

1. Δ in error state : ON or OFF
2. Δ in unavailability state : ON or OFF in other case

표 2. 가공속도를 위한 상태 알고리즘
Table 2. State algorithm for machining speed

State No.	Z axis	1 st X axis	2 nd X axis
State 1	ON	ON	OFF
State 2	ON	ON	ON

- Speed is calculated by using the distance between the 1st and the 2nd sensors.
- unit : msec

또한 가동상태와 라인수의 계산에 필수적인 Z축의 가동 또는 비가동 상태는 0.7mm 수직운동을 되풀이하는 것을 인식하므로써 알수 있는데 이를 감지하기 위하여 0.5mm 광레이저 센서를 부착하여 신호를 추출하였다. 그리고 가공 속도를 구하기 위하여 Z축이 가동상태에서 X축의 첫번째 센서가 커짐이 되는 시점부터 두번째 센서가 커짐이 되는 시점까지의 시간을 1/1000초 단위로 측정한 후, 두 개의 센서 사이의 거리에 이 측정값을 나누어서 가공속도로 환산하고 0.2mm/sec 단위로 보정하여 가공속도를 구한다.

IV. RS485 네트워크와 라인제어기

본 연구에서는 단말기와 라인제어기가 통신하기 위해

RS485 네트워크를 자체 설계 개발하였으며, 그 구조는 그림 3과 같다. RS485 네트워크는 저가로써 구축이 가능하며, 노이즈에 비교적 강하고, 9600bps로 전이중 통신을 할 수 있도록 설계되었다. 그리고 POP단말기에서 라인제어기로 전송되는 선로에 능동감지회로(Active Sensor Circuit)가 통신여부를 감지하도록 하여 단말기에서 Event가 발생할 때마다 능동적인 통신을 하도록 설계하였다.

라인제어기는 그림 4와 같이 크게 네가지 역할을 한다. 첫 번째는 상위 POP 서버에 저장되어 있는 각종 기준정보를 Download, 두 번째는 각종 기준정보를 하위 단말기에 송신하고 단말기가 수집한 작업실적 데이터를 수신하는 통신기능, 세 번째는 하위 단말기로부터 수신한 작업실적정보를 저장하고 상위 POP 서버에 Upload, 네 번째는 각종 데이터를 일차별, 설비별 및 Shift별로 작업실적과 가동효율을 분석하고 상위 POP 서버에 Upload하는 것이다.

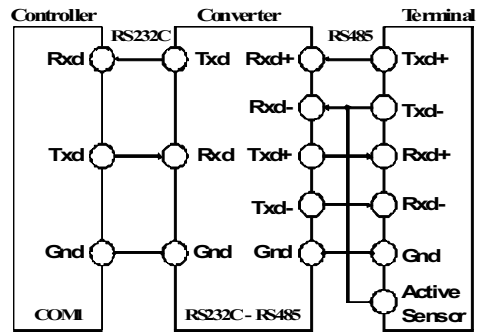


그림 3. RS485 네트워크 구조
Fig. 3. RS485 Network structure

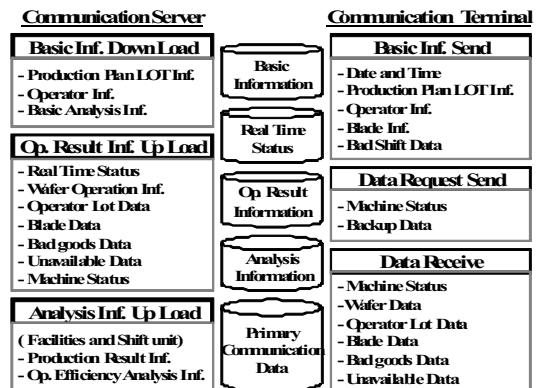


그림 4. 라인 컨트롤러의 역할
Fig. 4. Role of line controller

라인제어기에 구축한 데이터베이스는 그림 5와 같이 설계 하였으며, 이들 데이터 및 정보의 흐름은 그림 6과 같다. 단 말기로부터 수신한 데이터는 전후의 연계성이 중요하므로 현재 데이터의 정보를 가지고 있는 현재상태표를 중심으로 웨이퍼 정보, 불량 정보, 속도 정보, 작업자 정보, 설비상태 정보 및 비가동 정보, 블레이드의 교체이력 정보, 블레이드의 누적절삭수 정보 등을 각각 표로써 나타내며, 이들을 이용하여 작업실적에 관한 표를 구성한다. 설비의 상태정보와 비가동정보를 통합한 것은 설비의 가동상태를 기준으로 작업자가 입력한 비가동정보를 부가적인 설비 가동상태의 원인으로 간주하였기 때문이다.

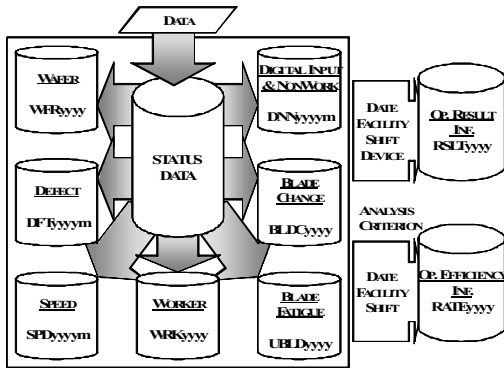


그림 5. 라인 컨트롤러의 데이터베이스 구조
Fig. 5. Database structure of line controller

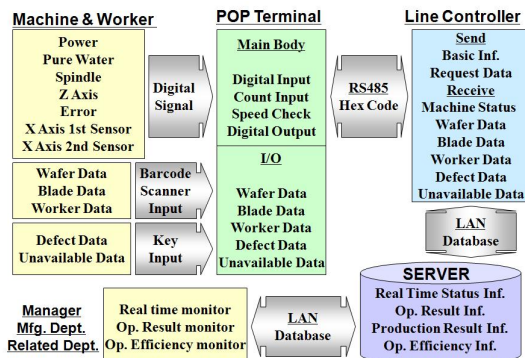


그림 6. 데이터 및 정보의 흐름
Fig. 6. Data and Information flow

이들 현재상태표에 저장된 정보들은 생산현장에서 실시간으로 제공된 작업실적정보들로서 주간·야간의 Shift 교대 후에 일자, 설비, Shift 및 기기 별로 분석을 한다. 그리고 그 결과로써 작업일자, 설비번호, Shift, 웨이퍼의 기기명, 가공

웨이퍼 수, 개별 매수, 웨이퍼 실적 달성률, 총 가공시간, 총 검사 시간, 불량 웨이퍼 수, 양품률, 평균 가공속도, 속도가동률 등이 저장된다. 또한 일자, 설비, Shift별로 가동효율정보를 분석하고 그 결과로써 작업일자, 설비번호, Shift, 가동률, 정미가동률, 속도가동률, 양품률, 종합효율, 요인별 비가동시간 등이 저장된다.

V. 실시간 모니터링 및 적용사례

이상과 같이 개발한 POP 시스템은 생산현장에서 수집한 작업실적정보와 이들을 분석한 생산실적정보 및 가동효율정보들을 실시간으로 상위 POP 서버에 저장하며, 경영자, 생산 부서 및 관련부서에서 다이싱 공정의 현재 상태를 알고자 할 때, 모니터링을 실행하면 이들의 정보를 조회할 수 있다.

그림 7부터 그림 11까지는 개발한 POP 시스템을 국내 반도체 가공에서 유망한 중소기업의 생산현장에 적용하여 효율적인 생산공정관리를 수행함을 보여주는 화면이다.

먼저 그림 7은 다이싱 룸에서 조회용 PC로 실시간 모니터링을 하는 화면이다. 화면상에는 1호기에서 10호기까지 각 가공기계의 가동유무, 검사 및 비가동기체인 경우에는 비가동의 이유의 정보와 함께 각 기계의 작업내역정보인 웨이퍼 번호, 작업자, 시작 및 종료시간, 작업시간, 절삭라인 및 블레이드 정보를 제공함을 알 수 있다.

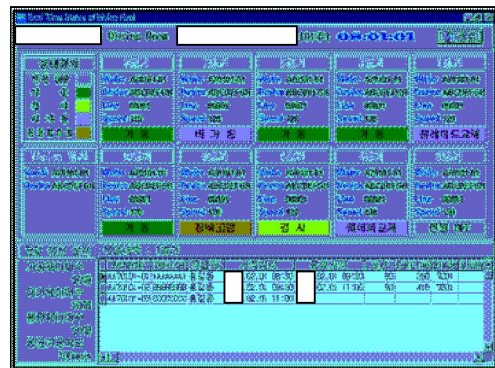


그림 7. 실시간 모니터링 화면
Fig. 7 Real time monitoring view

그림 8은 가공설비에 대한 가동률 분석을 조회하는 화면으로, 각 가공설비별로 주간 또는 야간에 가동한 실적 달성률, 24시간 기준으로 한 시간가동률, 정미가동률 등을 보여주며, 그림 8의 아래 그래프에서 보듯이 각 가공설비별로 비교한 가동률 및 설비의 종합가동효율을 조회할 수 있다.

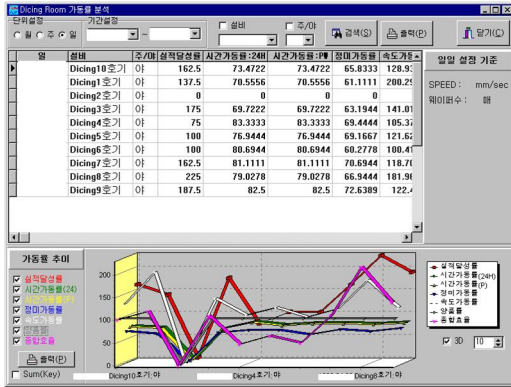


그림 8. 가동률 분석 화면
Fig. 8. Operating ratio analysis view

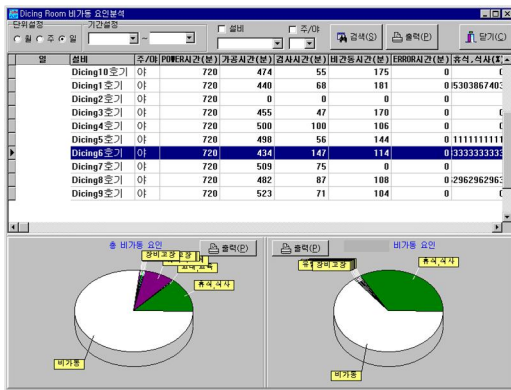


그림 9. 비가동률 요인분석 화면
Fig. 9. Non-operating ratio analysis view

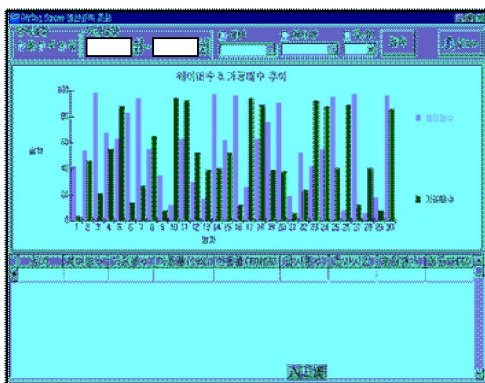


그림 10. 작업실적정보 화면
Fig. 10 Operation result information view

그림 9는 비가동 요인의 분석을 조회하는 화면이다. 그림

9의 예에서 보듯이 본 화면은 분석을 원하는 특정 가공설비를 선택하였을 때, 선택한 설비의 비가동시간에 대한 이유로서 휴식이나 식사, 장비고장, 검사 등의 상세한 내용을 분석하여 관리자에게 제공한다. 따라서 이런 정보는 향후 불필요한 비가동시간을 최소화하고 생산성 향상을 위한 자료로 활용할 수 있다. 그림 10은 웨이퍼 수와 가공된 매수를 일별로 보여주는 작업실적정보 검색화면이고, 그림 11은 일별로 작업가동률을 분석한 정보를 제공하는 가동효율정보 검색화면이다.

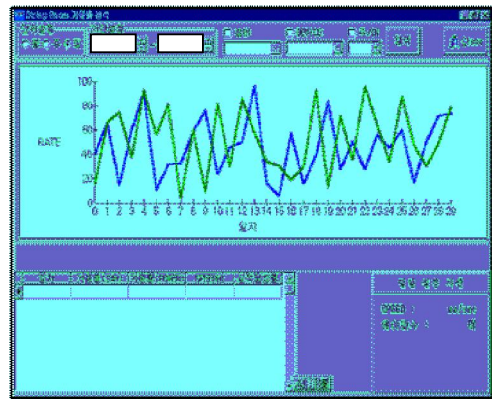


그림 11. 일별 가동률 분석 화면
Fig. 11 Daily operating ratio analysis view

이상과 같은 실시간 모니터링의 결과정보는 웨이퍼 다이싱 공정의 생산현장을 관리부서에서 화면을 통해 확인할 수 있었다. 본 연구에서 제안한 시스템을 다이싱 기계관리에 적용하였는데, 다이싱 공정에 본 시스템을 적용하기 전에는 현장관리자가 직접 현장에서 기계가동률을 파악하였고 비가동시 원인을 정확히 파악할 수 없었다. 하지만, 본 연구에서 제안한 시스템을 적용한 결과 기계가동정보가 실시간으로 파악되어 기계별 가동률과 비가동률 및 그 원인을 정확히 파악할 수 있었다. 특히, 다이싱 기계의 비가동 원인을 상세히 파악할 수 있어 휴식 및 식사로 인한 기계비가동률을 작업자가 교대로 식사시간을 갖고 가동케 함으로써 가동효율을 이전에 비해 15%이상 향상시킨 것으로 파악되었다.

VI. 결론

본 연구에서 개발한 시스템은 다이싱 기계, 작업자, 웨이퍼, 블레이드 등의 정보 발생원으로부터 POP 단말기를 통해 생산현장의 실적정보를 실시간으로 모니터링하고 수집하여 데이터베이스를 구축하며, 이들을 가공하여 생산실적, 가공효

율, 비가동요인, 불량요인 등을 획득, 제공하는 생산시점 관리시스템이다. 개발한 시스템을 다이싱 기계관리에 적용한 결과, 비가동원인을 제거함으로써 기계가동률을 15%이상 향상시켰다. 또한 개발한 시스템은 생산현장에서 획득한 생산정보를 공통 데이터베이스를 통해서 상위시스템으로 연결하며, 상위시스템의 생산계획정보를 생산현장에 전달하는 기능을 제공함으로써, 그동안 계획기능에 치우쳤던 정보시스템을 생산현장에서의 실행 및 제어 기능까지 수행하도록 도와준다. 그리고 이들 획득된 정보를 분석, 활용하면 다이싱 공정에서의 웨이퍼의 품질향상 기회를 제공하고 또한 공정에서의 불량요인을 파악하고 제거할 수 있으므로 공정관리를 통한 생산성 향상에 기여할 것으로 사료된다. 또한 이와 같은 정보의 전사적 공유 및 활용은 공장 전체의 효율 증대와 유연성을 증가시키며, 제품의 양호한 품질을 유지하는 기대효과도 제공할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 이정환, 이승훈, 오현욱, "실시간 공정관리를 위한 공정모니터링 시스템 개발," 산업경영시스템학회지, 제 31권, 제 1호, 92-100쪽, 2008년 3월.
- [2] Lee, Y.H., Kim, S.Y., Lee, G.W., and Lee, S.W., "Production Planning and Control in Semiconductor Industry: Theory and Practice," IE Interfaces, Vol. 8, No. 4, pp. 73-87, 1995.
- [3] Yeom, B. J., "Development of Production and Process Management System for Semiconductor Process" KAIST, 95-R-12-11, 1995.
- [4] ~장명복, 정한열, "정보 품질이 ERP시스템 활용에 미치는 영향에 관한 연구," 한국 컴퓨터정보학회 논문지, 제 12권, 제 6호, 279-286쪽, 2007년. 12월.
- [5] Yea, S.H., and Kim, S. Y., "Shift Scheduling in Semiconductor Wafer Fabrication," IE Interfaces, Vol. 10, No. 1, pp. 1-13, 1997.
- [6] Song, J.Y., Kim, D. H., and Cha, S. K., "Real-time Manufacturing Control and Information Management System," IE Interfaces, Vol. 7, No. 3, pp. 69-76, 1994.
- [7] Yamaguzi, J. S., "A Guide to POP system in CIM's Age" Oumu Publishing Cop., 1992.
- [8] Blackstone, J. H., Phillips, D. T., and Hogg, G. L., "A state-of-the-Art Survey of Dispatching Rules for Manufacturing Job Shop Operations," International Journal of Production Research, Vol. 20, No. 1, pp. 27-45, 1992.
- [9] 오암석, "생산성 증대를 위한 XML 기반 기계부품 생산관리시스템 개발," 한국해양정보통신학회논문지, 제 8권, 제 8호, 1851-1858쪽, 2004년. 12월.
- [10] 김귀정, 한정수, "자동차 부품 생산성 향상을 위한 POP 기반 통합관리 시스템," 한국산학기술학회논문지, 제 9권, 제 5호, 1265-1270쪽, 2008년. 12월.

저 자 소 개



김인호

1988: 부산대학교 공학석사.

1992: 부산대학교 공학박사.

1996 - 현재: 동명대학교 기계공학과
부교수

관심분야: 생산시스템, POP 시스템,
CAD/CAM, 컴퓨터 기술
응용