2002년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2002.7.10-12

P/R Coater공정용 Exhaust Flow Controller의 개발

박찬원, 김현식, 주용규
강원대학교 전기공학과

Development of Exhaust Flow Controller for P/R Coater Process

Chan-won Park, Hyun-sik Kim, Yong-kyu Joo
Dept.of Electrical Engineering, Kangwon National University,

Abstract - 본 연구에서는 반도체 제조공정에서 photo resister를 도포하고 제거하는 coater와 developer 장치에서 도포막의 균일화를 위한 배기장치의 정밀한 유량제어기술을 소개 하고자 한다. 개발된 배기 제어장치는 차압식 유량계로서 차동 압력센싱 방식을 이용하고 One chip microprocessor로 A/D변환과 피드백 서보제어로 장치를 구현하였으며 제어 유량은 최대 2000ℓ/min로서 개발 후 성능과 안정성 평가가 우수하여 실제장비에의 장착이 가능하였다.

1. 서 론

최근 반도체 제조공정은 대부분 In-line 배치처리로서 공정의 throughput 향상에 따른 제반 특성의 균일화가 주요한 요소로 대두되고 있다. 이때 각 공정마다 가장 빈번히 사용되는 사진 식각공정의 track process는 우수한 yield를 확보하기 위한 주요한 단계이다. 특히 photo resister를 도포하고 제거하는 coater와 developer 공정에서 균일한 포토레지스터의 도포는 필수적인 핵심기술 요소이다. coater의 catch cup에서의 유체역학적인 균일한 배기의 분포는 박막의 균일성을 위해 아주 중요한데 이는 정확한 배기제어기(Exhaust Flow Controller : EFC)에 의해 가능하다. 본 연구에서는 이를 위한 정밀한 유량제어기술을 개발하였으며 개발된 EFC는 차동 압력센싱 방식을 이용하고 One chip microprocessor로 A/D변환과 피드백 서보제어로 장치를 구현하였다.

2. 본 론

2.1 차압식 유량계

베르누이 법칙에 의하면 유체가 흐르고 있는 관로상의 일부를 축소시키면 유체가 그 부분을 통과할 때 속도는 증가하고 압력이 감소함으로써 조리기구 전후 압력차와 유량과의 사이에는 일정한 관계가 성립되어짐으로 이 차압을 측정하여 유량을 구하는 것이다. 기체의 단면적, 유속, 정압은 서로 불가분의 관계가 있으며, 곧 유체유량을 결정하는 중요한 함수로 실제 오리피스 전후 정압을 측정하여 베루누이 방정식과 연속의 법칙에 의해 유량을 산출하게 된다. 개발된 장치는 오리피스 전후단의 도관으로부터 각각 인출된 압력들을 차압 센서로 검출하고 차압에 따른 압력센서의 전기적인 출력신호를 연산기를 통해 연산한 후 이를 다시 유량으로 환산하고 프리세트된 제어하고자 하는 유량값으로 일정하게 유지하기 위해 서보제어기로 버터플라이 밸브를 조정하는 것을 기본 동작으로 한다. 즉 공기흐름의 량을 Q 라고 할 때 본 장치에서 관로속을 흐르는 유속으로부터 측정된 차압 ΔP 는

$$Q = a\sqrt{\Delta P} \quad \text{또는} \quad \Delta P = \frac{Q^2}{b}$$

의 관계로 나타난다. (a, b : 상수)

한편 본 장치에서는 균일한 유량의 제어를 확보하기 위하여 프리세트된 유량값과 측정값을 상시 비교하고 그 차이값을 서보제어기로 출력하여 유량조절 기구인 버터플라이 밸브를 피이드백 제어하여 유량을 제어하는 구조로 구성하였다.

2.2 하드웨어의 설계 및 동작

2.2.1 전체 시스템 구성과 동작

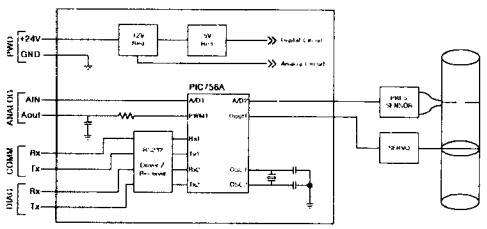

그림 1. 전체 구성도

2.2.2. 센서부

차압식 유량계의 구현을 위해 관로 내의 압력을 달리하는 두곳의 차압센싱이 필요한데 본 연구에서는 반도체식 소형 차압식 압력센서를 이용하였다. 제작에 사용된 압력센서는 ICSensors社의 브릿지형 차압압력센서인 Model 1210A-001D를 사용하였다. 본 센서는 모듈화에 적합한 저전력 소비형으로서 ±0.5%의 온도보상 오차와, ±0.1%의 비선형성을 가진다. 또한 그림2 와 같이 외부 차동증폭기의 이득과 Gain set resister에 의

해 압력 센싱의 이득을 조절할 수 있게 되어 있다.

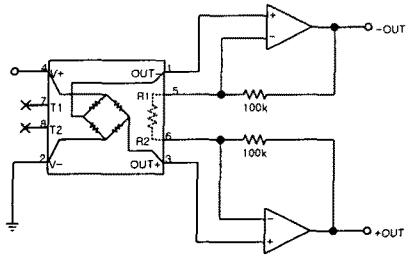

그림 2. 센서부와 아날로그회로

2.2.3. 제어부(CPU부)

본 시스템에서 사용한 프로세서는 MicroChip社의 PIC17C756A로써 10bit A/D, 50digital I/O, 2개의 USART, 그리고 10bit의 PWM 기능을 내장하고 있는 마이크로 컨트롤러이며, 반도체 공정 데이터의 백업과 센서의 캘리브레이션을 위한 시리얼 불휘발성 메모리(EEPROM)를 보조로 사용 하였다.

산업용 표준 24V의 직류 전원을 사용하는 제어부는 레귤레이터를 통해 12V와 5V를 각각 아날로그 회로와 디지털 회로에 공급하며, 진단과 데이터 프리세트를 위한 2쌍의 시리얼 통신포트를 가지고 있고, 공정에서 프리세트되는 유량을 제어하기 위한 DC서보모터구동을 위해 ACD단자를 사용하였다.

2.2.4 서보 제어부

제작된 시스템에서는 그림3의 직류 비례식 장치를 사용하여 유량을 제어한다. 본 서보 모터는 입력 펄스폭에 따라 그 제어 각을 조절할 수 있으며 입력 펄스가 1.5 ms의 폭을 가지면 서보의 각은 0°를 유지하고, 1.0ms와 2.0ms에서는 각각 -45°와 45°의 제어각을 유지하게 된다. 그림 5는 +45도의 경우의 실제 출력 파형을 보여준다.

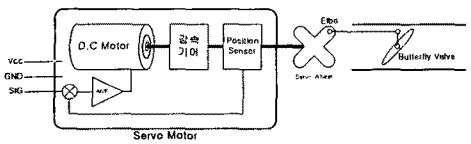

그림 3. 서보제어기

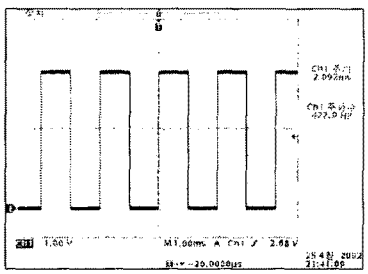

그림 4. Servo +45°의 경우의 출력 파형

2.3. 소프트웨어의 구성 및 동작

본 연구에서 개발된 EFC장치의 소프트웨어는 그림 5와 같이 크게 EFC 메인구동 프로그램과, 서브프로그램으로 나뉘어지며 Communication 프로그램, Control 프로그램, Servo Motor 구동 프로그램 등으로 구성된다. EFC Main 프로그램은 시스템의 KEY 스위치와 LED제어를 위한 루틴과, 각 서브프로그램의 장치들을 모든 서브프로그램들을 인터럽트 관리를 통해 제어하고, 이들의 동작 메모리 영역에 대한 정의 루틴을 포함한다.

또한, Interrupt 프로그램에서 받아들인 센서 데이터를 변환하는 부분들을 가지고 있다. Communication 프로그램은 EFC 시스템과 제어용 PC간의 통신을 수행하며, EFC 시스템에게 새로운 데이터를 보내거나 이상신호를 PC에게 전달해주는 역할을 한다. Control 프로그램에서는 센서의 온도변화에 대한 보상값을 계산하고, 프리세트되어 구동값으로 변환된 데이터를 서보모터에 전달해주며 제어펄스를 보다 정확하게 보상처리 해주는 동작을 한다. Servo Motor 구동 프로그램은 센싱된 차동압력 신호가 CPU에 의해 A/D변환 되어 입력되면 Control 프로그램에서 보내진 제어 펄스에 따라 유량을 조절한다.

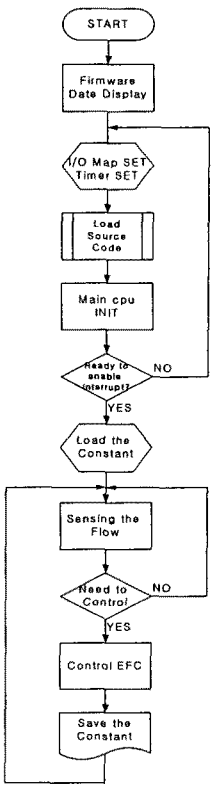

그림 5. 소프트웨어의 순서도

Main 프로그램의 시작에서는 사용할 메모리를 Clear하고, 타이머와 인터럽트를 초기화하고 활성화시키는 마이

크로프로세서를 초기화작업을 수행한다. 또한 서브프로그램을 로딩하고 이들을 각각의 초기화하여 전체 시스템의 동작준비를 한다. EFC 시스템의 동작중 현재의 유량을 측정하여 프리세트값과 비교하여 버터플라이밸브의 변화가 필요하다면 인터럽트의 발생하여 Control 프로그램에 의해 필요한 보정값이 계산되어지고 서보 모터를 제어하여 유량을 제어한다. 또 이 데이터는 직렬통신을 통해 host PC에 전해지며, PC는 보정된 데이터를 현재의 초기값으로 기억한다.

한편 Control 프로그램에서는 실험에 의해 만들어진 look-up table을 참조하여 압력센서와 서보모터의 현재상태, 온도등을 파악한다. 즉, 압력센서로 측정하여 얻어진 차압신호를 환산한 유압을 초기값으로 기억하고, 서보모터의 개폐 상태를 기록하여 닫힌 것을 초기값으로 취한다.

모든 초기값들의 설정이 완료되면 CPU에게 현 상태를 알려주고 실제 동작준비를 하게 된다. 일정주기로 압력센서의 차압을 측정하고 A/D변환하고 CPU에 전달하면, CPU는 필요한 값을 계산하고 반환하여 서보모터의 적정한 제어값을 지시한다.

서보모터 제어 프로그램은 최초 서보모터의 기본 동작을 셋팅하는 것으로 시작한다. 다음으로 서보모터의 정확한 동작을 파악하기 위한 Check 루틴이 시작되는데, 이를 위해 전체 프로그램에서의 모든 인터럽트 값에 대해 영향을 받지 않는 명령을 사용한다. 모터의 Check 후에 이상이 없으면 다시 제어부(메인) 루틴에서의 인터럽트를 받아들일 수 있도록 준비하고 서보는 동작 명령을 기다리게 되고 필요하다면 원하는 만큼의 각으로 butterfly 밸브를 움직여 유량을 제어한다. 현재 유지되고 있는 각도에 대한 펄스는 유속 때문에 조금씩 변화될 수도 있지만, 이는 Control 프로그램의 PID 제어에 의해 오차를 최소화할 수 있도록 되어있다.

2.4. 실험측정 및 결과

그림 6은 제작된 EFC장치의 배기유량의 프리세트값에 대한 실제 장치가 동작하여 측정된 유량값중 400lpm - 590lpm사이의 실측된 결과를 보여주고 있다.

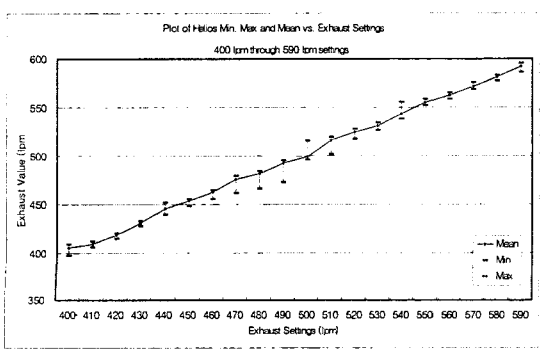

그림 6. 실측된 유량제어 특성결과(400lpm-590lpm)

실험에서의 측정은 full scale 1%정밀급 유량계를 배기펌프와 EFC장치사이에 연결하여 측정한 결과이며 그림의 실측에서 나타난 결과와 같이 반도체 coater장치로서의 실용오차 범위 내에서 잘 동작하는 것으로 평가되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 반도체 제조공정에서 photo resister를 도포하고 제거하는 coater와 developer에서 균일한 포토레지스터의 도포를 위하여 catch cup에서의 유체역학적인 균일한 배기의 분포를 확보하기 위한 배기유량 제어장치를 개발하였다. 반도체 장치의 특성에 맞게 모듈화가 가능하도록 하드웨어를 구성하였으며 체계적인 소프트웨어의 구현으로 설계와 응용의 flexibility를 배가하였다. 제작된 장치는 on-line제어기능을 가지며 완성후 실제사용 환경에서의 실측결과 실용적 사용에 적합한 것을 입증하였다.

[참 고 문 헌]

[1]J.Brayzek, "Evolution of smart transducer technology," Sensor 95, pp. 45-50, 1995.

[2]F.M.L. van der Goes, P.C. de Jong, and G.C.M. Meijer,"Concepts for accurate A/D converters for transducers," The 7th international conference on solid-state sensors and actuators, pp. 331-334, June 1993.

[3]W.J.Tompkins and G.Webster, Interfaceing Sensor to the IBM PC,Prentice-Hall Inc., 1988.

[4]David F. Hoeschele, "Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Conversion Techniques", John Willey & Sons, 1994.

[5]Kevin M. Daugherty, "Analog to Conversion a Practical Approach", Mc Graw-Hill, INC. 1995.

[6]J.Michael Jacob, Industrial Control Electronics Applications and Design, Prentice-hall, Inc, 1989

[7]David M.Auslander & Paul Saques, "Microprocessor for Measurement and control", 1981.