

단결정(Al₂O₃) 성장을 위한 자동가스 조절용 DC-MOTOR의 실시간 모니터링 시스템 구현

이형충*, 박종국*, 조현섭**
 경희대학교 테크노경영대학원*, 청운대학교 전자공학과**

A Design of Realtime Monitoring System of Automatic gas Control DC-MOTOR for Single Crystal(Al₂O₃) growth

Hyung-Chung Lee*, Chong-Kug Park*, Hyeon-Seob Cho**
 Kyung hee University*, Chungwoon University**

Abstract - DC-Motor is needed more and more sophisticated control to follow the highest precision of industrial automation and used in a number of control equipment or industrial fields. It is also useful to control single crystal(Al₂O₃) growth. It is possible to procure a quality crystal utilizing a DC-Motor, if you mix Hydrogen and Oxygen gas properly and keep proper temperature in accordance with time process. In this paper, we will study about electrical valve positioning system for the gas mixture to improve the quality of single crystal(Al₂O₃) growth and we will design about realtime monitoring systems of the automatic gas control DC-Motor for single crystal(Al₂O₃) growth

- (1) Computer I/O Interface Circuit
- (2) A/D Converter Circuit
- (3) Counter Circuit
- (4) DC Motor Driver Circuit

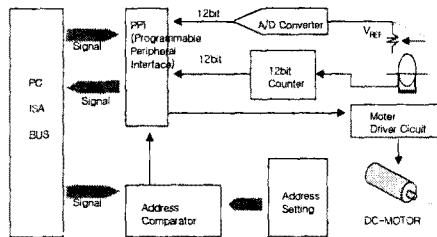


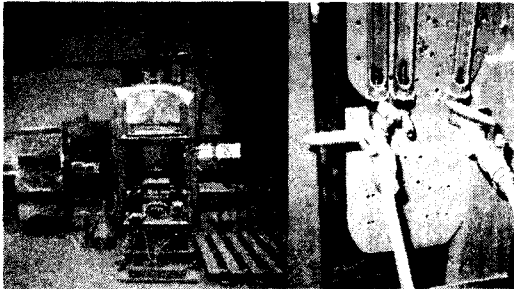
그림1 전체 Block Diagram

1. 서 론

DC-Motor는 산업자동화의 고정밀도로 인해 수많은 제어용 기계나 산업현장에서 널리 사용되고 있다.

단결정(Al₂O₃) 성장시 기존 수동식 밸브를 DC-Motor로 제어하여 수소와 산소 가스를 적절히 혼합하고, 공정 시간의 경과에 따라 충분한 온도(1200~1300℃)를 유지시켜 준다면 직경이 확대된 양질의 결정을 얻을 수 있다.

따라서 본 논문에서는 단결정(Al₂O₃) 성장을 DC-Motor로 제어하여 양질의 결정을 얻기위한 자동 가스 조절용 DC-Motor의 실시간 모니터링 시스템을 연구, 구현하고자 한다.



기존 단결정 성장용 제어계 기존 수동식 밸브 장치

2. 본 론

2. 시스템의 구성

본문에서 사용하고있는 시스템은 그림1과 같이 크게4개의 하드웨어 부분과 구동용 소프트웨어로 구성된다.

2.1.1 COMPUTER I/O INTERFACE CIRCUIT

Computer와 DC Motor Controller의 상호 데이터 전송 통로를 이루며 ISA BUS상에서 4개의 주소를 사용하는 12BIT I/O장치이다.

그림2에서 ④로 입력되는 어드레스 값이 ⑤에서 Setting한 값과 일치할 경우 ③의 상태는 High에서 Low로 변환된다. 이 ③신호는 컴퓨터와 외부기기의 입·출력을 담당하는 8255PPI의 Chip Select로 인가되며 어드레스가 일치할 경우에만 각종 신호를 입력, 또는 출력할 수 있게 해준다.

그림3의 회로는 그림2에서 출력된 Chip Select 신호를 받아서 동작을 개시한다. 외부기기로부터 입력받을때는 ③의 RD 단자를 Low로 하여 ⑥의 Data BUS로부터 데이터를 받고 외부기기로 출력할 때는 WR단자를 Low하여 각 Port로 출력한다.

여기서 PA, PB, PC는 소프트웨어적으로 입·출력을 결정할 수 있는데 PA와 PC_L(⑦)는 Counter를 위한 입력 Port로, PB(④)는 A/D Converter를 위한 Port로, PC_H(③)는 DC-Motor를 제어하는 ③ 출력 Port로 사용한다.

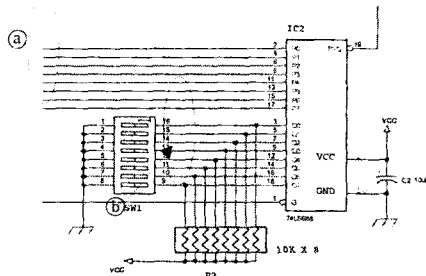


그림2 Address Comparator Circuit

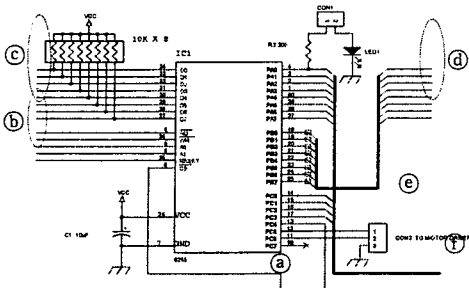


그림3 I/O Interface Circuit

2.1.2 A/D CONVERTER CIRCUIT

DC-Motor의 현재위치 값을 알기위하여 Analog DC 전압(+5V)을 20kΩ의 Potentiometer에 인가하여 각 위치에 대응하는 12bit의 Digital 값을 얻는 장치이다. Sampling 주파수는 SW3에 의하여 Crystal로 구성된 비안정 멀티바이브레터의 발진주파수(645KHz)와 컴퓨터 내부의 발진 주파수를 212 분주한 주파수 중 하나를 선택할 수 있다. +2 A/D Converter 입력되는 전압 값은 D1과 D2 Zener Diode에 의하여 ±5.8V로 제한되어 피전압 입력으로부터 입력회로를 보호하며, Sampling된 DC 전압에 해당하는 Digital 값은 8255를 통하여 RD 명령이 떨어질 때 컴퓨터 내부로 입력되어 밸브의 위치정보를 위한 각종자료로 활용되어진다. (그림4 참조)

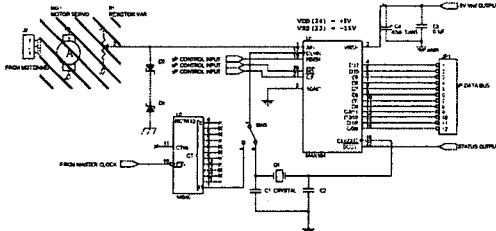


그림4 A/D Converter Circuit

2.1.3 COUNTER CIRCUIT

DC-Motor의 이동량과 이동 속도 등을 측정하기 위하여 Photo Interrupter로부터 위치의 변화가 발생할때마다 Pulse 신호를 입력받아 그 수를 12Bit Counter로서 계수한다. (그림5 참조)

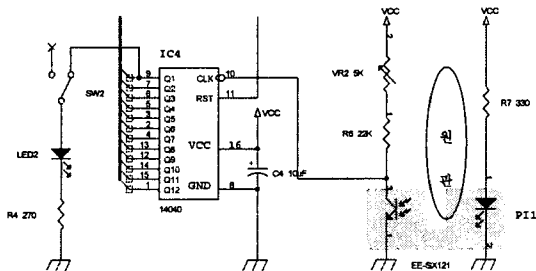


그림5 Counter Circuit

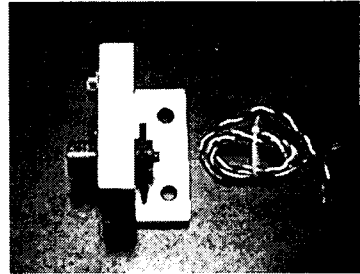


그림6 12Bit Counter의 A/D Converter를 위한 센서

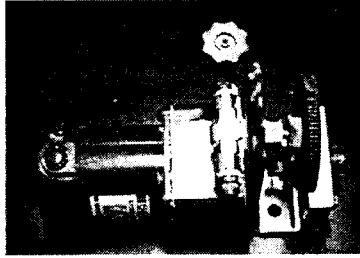


그림7 DC-Moter에 장착된 센서 모듈

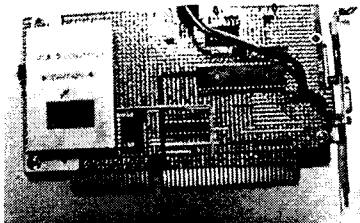


그림8 DC-Moter를 제어하기 위한 인터페이스 카드

2.1.4 DC MOTOR DRIVER CIRCUIT

DC-Motor를 제어하기 위하여 Power Transistor 드라이버 회로와 각종 동작을 위한 스위치로 구성된 회로로서 그림9의 SW5를 Manual 위치에 두었을 때에는 작업자에 의한 수동작을 수행하고 SW5를 Automatic의 위치에 두었을 때에는 컴퓨터 제어에 의한 자동 동작을 수행한다.

먼저 수동동작 과정을 살펴보면 SW5를 Manual 위치에 두고 그림10의 SW3과 SW4를 On/Off함으로써 모터를 CW 방향과 CCW방향으로 조작할 수 있다. SW3을 On 했을 경우에는 DC5V의 전압이 그림10의 1kΩ을 통하여 Q1의 Base에 인가되어 Q1을 On시켜 K1 Relay를 구동하여 결국 모터를 CCW방향으로 회전하게 한다. 마찬가지로 SW4을 On 했을 경우에는 DC5V의 전압이 그림6의 1kΩ을 통하여 Q2의 Base에 인가되어 Q2을 On시켜 K2 Relay를 구동하여 결국 모터를 CW 방향으로 회전하게 한다. 각각의 SW 조작시 가시성을 확보하기 위하여 D3과 D4 LED로 Display 한다.

작업의 동작중에 컴퓨터는 각각의 시간마다 모터의 변위값을 Sampling하여 A/D 변환 후 파일로 저장하게 된다. 자동동작을 살펴보면 수동동작에서 Sampling된 메시간에서의 변위 값들을 일련의 명령어로 변환하여 SW5를 Automatic 위치에 두었을 때 컴퓨터의 제어신호만으로 동작하도록 하는 것이다. Computer에서 보내온 CW Signal과 CCW Signal은 수동동작과 같이 각각 Q1, Q2를 On/Off하여, K1, K2를 구동하여 모터의 회전방향을 지시한다.

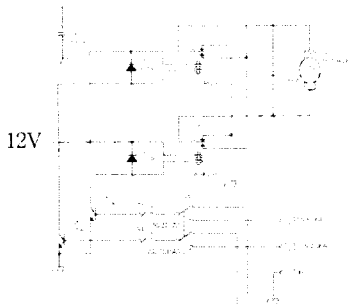


그림9 DC Motor Driver Circuit(A)

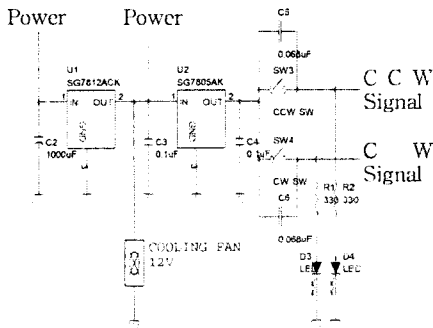


그림10 DC Motor Driver Circuit(B)

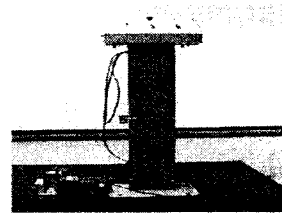


그림12 작업대

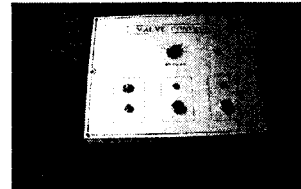


그림13 작업대 인터페이스

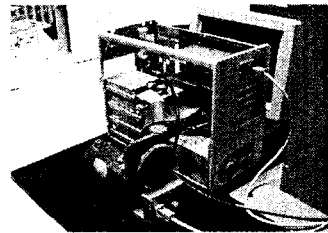


그림15 제어용 컴퓨터와 Motor



그림16 성장된 단결정 결과물

2.2 Sampling 작업

본 System은 단결정 성장시 직경이 확대된 양질의 결정을 얻기 위해 컴퓨터를 이용한 Sampling 방식을 사용하였다. 즉, 가장 이상적인 값(그림11, 표1)으로 Sampling된 DC-Motor의 시간별 변위량을 일련의 명령어로 변환하여 File로 저장한 후 이를 반복 수행 하도록 설계 및 구현 하였다. Sequence Graph(그림11)는 시간에 의해서 온도를 제어하는 그래프이다. 가로 부분은 시간 축, 세로 부분은 밸브의 위치이다. 밸브의 위치를 0~100으로 보았을 때 각 시간마다 밸브의 위치가 변한다. 따라서 8시간 18분이 최종 위치이고, 샘플시간 명령어가 밸브의 위치를 다시 처음 상태로 돌려준다. Sequence Chart(표1)는 단결정 성장시 이상적인 시간별 사양이다.

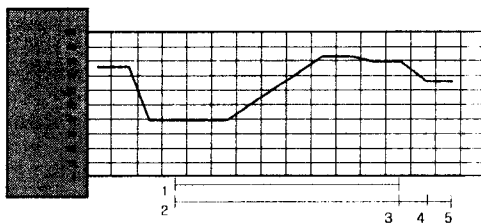


그림11 Sequence Graph

Time (min)	Valve Position (%)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	0
29	0
30	0
31	0
32	0
33	0
34	0
35	0
36	0
37	0
38	0
39	0
40	0
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0
51	0
52	0
53	0
54	0
55	0
56	0
57	0
58	0
59	0
60	0

표1 Sequence Chart

3. 결 론

본 논문에서는 정밀 제어가 요구되는 자동화 공정에서 수동 동작으로 인한 단결정 성장 제어의 문제를 개선하고 효율적인 제어 성능을 보장할 수 있도록 하기 위해 가스 조절용 DC-Motor의 실시간 모니터링 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템으로 단결정을 성장시킨 결과 작업 실무자의 작업공정에 대한 밸브 위치의 Accuracy는 ±5°였으며, 실제 실험에 있어서 기술상의 문제였던 가스의 정밀조정이 가능하여 직경이 확대된 양질의 결정을 얻을 수 있었다. 또한 조작이 간편하여 사용상의 편리성도 얻을 수 있었다. 따라서 앞으로 많은 실험과 연구가 이루어진다면 단결정 직경의 확대 및 결정의 정교함이 더 많이 향상될 수 있다.

[참고문헌]

- [1] Howard Kaufman, Izhak Bar Kana and Kenneth Sobel, "Direct Adaptive Control Algorithms," Springer-Verlag, 1999
- [2] B. C. Kuo, Automatic Control Systems, Prentice-Hall, 1981
- [3] C. Canudas De Wit, N. Fixot, "Robot Control Via Robust State Estimated Feedback," IEEE Trans. Automatic Control, Vol.36, No.12, pp.1497-1501, Dec, 2001
- [4] Robert H. Bishop, Modern Control System Analysis and Design Using MATLAB, Addison Wesley Publishing Company
- [5] Peter Norten, "C++ Programming," 1993