

# 단결정 실리콘 성장기를 위한 퍼지 제어기 구성 및 적용

## Fuzzy Controller Design

### and Its Application to MCZ Crystal Grower

김 광 대\*, 한 형 석\*\*

\* (주)포스코홀스(Tel : 041-550-4339; Fax : 041-550-4492 ; E-mail:kdkim@phc.co.kr)

\*\* 경원대학교 전기전자공학부(Tel : 031-750-5561; Fax : 031-758-5319 ; E-mail:hshan@mail.kyungwon.ac.kr )

**Abstract:** In this paper, the fuzzy system is applied to MCZ Crystal Grower using at industrial field. The existing controller, which is PID controller, has a fixed gain and as a result of it, it can not have an adaptive control function against the error or disturbance. Hence, the machine operator should always check the process status and when the error is occurred, the quality and the productivity may be decreased by each personal capability. In order to remove this drawback, a fuzzy control system which is known to be adaptive and flexible is applied to the machine. After applying the fuzzy system, and compared with the existing system, the diameter deviation and the defects were decreased. we proved the possibility of application fuzzy system to single silicon crystal grower.

**Keywords:** MCZ Crystal Grower, PID, Fuzzy system

#### 1. 서론

현재 산업현장에서 실제 사용중인 단결정 실리콘 성장기(MCZ crystal grower)에 퍼지시스템을 도입하였다. 성장기는 단결정봉 제조공정의 한 방법이며 진공로에서 용융상태의 액체 실리콘으로부터 단결정을 제조하는 마그네트 초크라스키(MCZ: magnet czoehralski)성장기법을 이용하고, 단결정 실리콘을 고진공하에서 1,420 °C 이상으로 가열 용융시킨후, 단결정 실리콘의 핵(seed)을 접촉시켜 봉상의 단결정 실리콘을 주어진 처방전에 따라서 자동적으로 성장되며, 반도체공정에 있어서 필수재료인 실리콘 웨이퍼를 생산하는 공장에서 단결정봉(silicon crystal ingot)를 만들어 내는 중요하고 핵심적인 장비이다. 공정중에서 결정봉의 직경과 끌어올리는 속도와 관련된 제어의 상태는 각종 결점들에 의해서 제품에 직접적인 영향을 준다. 공정동안에 생겨난 에러들은 수동으로 작업자들이 자동에서 자동보류모드로 전환후 조치를 취하고 있고, 공정개선을 위해서는 기존의 PID 제어기에 의한 고정된 이득값에 의존하고, 처방전의 일부값 변경으로, 미세조정을 하고 있는 실정이다. 그리고 기존에 사용중인 PID 제어기는 고정된 이득값들을 사용하고 있고 어떠한 오류나 주변사항 변동에 능동적으로 대처할수 있는 기능을 가지고 있지 못하기 때문에, 작업자는 항상 제품상태를 확인해야 하고 이상 발생시에 작업자의 개인적인 대처능력이나 상황마다 다르기 때문에, 효율이나 생산성이 저하된다. 이러한 이유로 프로세스 전문가의 경험과 숙련된 운전 기술을 바탕으로 각각의 기술을 조합한 퍼지(fuzzy)시스템의 도입이 필요하다. 본 논문에서 연구된 퍼지제어의 퍼지추론법은 최대-최소법(max-min method)을, 비퍼지화(defuzzification)는 무게중심법(COG: center of gravity)을사용하였다. 퍼지제어기를 구성하여 공정에 적용하여 결과를 고찰 하였다.

#### 2. 성장기의 자동 직경 조정 시스템

성장기는 메카니컬 진공챔버 구성물, 전자기 서보, 온도조정, 컴퓨터 자동제어 시스템으로 구성되어 완성된 기능을 발휘하는 장비인데 그중에서 본 논문과 연관된 크리스탈의 직경을 제어하는 메카니즘 및 시스템은 그림 2.1과 같고 동작상태를 간략히 설명하면 다음과 같다. 카메라에 의하여 제품의 직경을 읽어서 보드를 통해서 직경값은 PLC로, 화상은 RGB 모니터로 송신한다. 원하는 결정봉의 직경값과 실제값을 비교하여 PID 루프로 전송되어 보상된 새로운 시드-리프트의 원하는 값이 결정되고, 그 값은 모터가 구동할 수 있도록 PLC의 아날로그 출력카드 및 인터페이스보드를 통해서 모터 드라이브로 공급된다. 모터드라이브에서 시드-리프트 모터로 전압이 공급되어 제품의 끌어 올리는 속도를 조정한다. 시드-리프트의 편차가 또다른 PID 루프의 입력으로 전달되고 새로운 출력값은 히터의 온도값으로 변환된다(자동직경조정기1). 히터의 온도값은 비례하는 히터 파워값으로 변환되어 PLC의 출력카드를 통해서 히터 전원공급장치로 전달되며 이를 통하여 챔버내의 용탕의 온도를 조정하여 제품의 직경을 제어한다(자동직경조정기2). 따라서, 두가지 조정기는 동시에 사용되고 서로 연관성을 가지고 있다. 직경이 안정하게 조정되면 시드-리프트가 안정되며 온도제어도 안정이 된다. 원하는 결정봉의 직경값보다 실제값이 커지면 시드-리프트는 빨라지고, 따라서 히터의 파워가 높아진다. 실제값이 작아지면 시드-리프트와 히터파워는 반대로 늦어지고 낮아진다. 원하는 결정봉의 직경대로 성장하면서 결정봉의 끌어 올리는 값이 목표값에 따라가면서 용탕의 온도조건이 안정할 때가 장비의 최상의 조건이 된다.