

냉점보상과 단선감지 기능을 갖는 R-형 열전쌍 인터페이스 설계

차 형우, 김 영선, 박 소현, 현 필수, 김 대한*, 윤 영식*, 유 호영*, 김 병조**
 청주대학교 전자정보공학부, (주)토마스엔지니어링*, 윈테크(주)**
 e-mail : hwcha@cju.ac.kr, ys0601@hanmail.net

Design of R-type thermocouple interface with cold-junction compensator and its broken wire detection

Hyeong-Woo Cha, Young-Sun Kim, So-Hyun Park, Pil-Soo Hyun, *Dae-Han *Kim, Young-Sik Yun, *Ho-Young Ryu, Byung-Ju, Kim
 School of Electronic and Information Eng., Chongju University
 *Tomas engineering Co., Ltd, **Wintech Co., Ltd

Abstract

R-type thermocouple(TC) interface circuits with cold-junction compensator(CJC) and its broken wires detection was developed. The circuit consists of a CJC device, a instrumentation amplifier(IA), and two resistor and a diode for broken wire detection. The experiment results show that the interface circuit has a good CJC function on the temperature range for 20°C to 1400°C. At the range the output voltage of the IA was -14V when the TC was broken. At normal operation condition the output voltage of IA was 0V to 10V for the temperature range.

I. 서론

고온 고정도 열처리 장치들이 반도체 산업, 신소재 산업, 그리고 MEMS 산업을 중심으로 급증하고 있다. 최근에 국내에서도 다양한 반도체 제조 장비 국산화가 활발하게 이루어지고 있지만 전기로(Furnace)의 경우 Heater와 온도 컨트롤러는 수입하여 전체 Furnace 장치의 국산화를 하고 있다. 300mm Wafer용 Furnace의 온도 제어의 경우 석영 튜브(tube) 내를 5개 Zone으로 나누어 열전쌍(thermocouple : TC) 온도센서를 사용하여 0°C~ 1400°C범위에서 설정된 온도를 일정하게 제어하고 있다. 일반적으로 TC는 0°C를 기준으로 하여 임의의 온도에 대한 기전력을 발생하는 온도센서이기 때

문에 실온에서 사용되는 TC는 반드시 0°C에 대한 보정, 즉 냉점보정을 해야함과 동시에 열처리장치의 신속한 관리 유지를 위하여 TC의 단선을 검출 기능과 TC의 선형화를 하는 기능이 있어야 한다[1]-[3].

본 연구에서는 300mm Wafer용 Furnace 온도 컨트롤러의 국산화를 위하여 아날로그 신호처리 부분인 TC 센서의 냉점보정과 단선 검출 회로를 제안한다.

II. 회로구성 및 동작원리

R-형 TC에 대한 냉점보상과 TC의 단선을 검출하는 회로를 설계하였고 설계한 회로를 그림 1에 나타냈다. 회로는 냉점보정 소자 LT1025[4], R-형 TC, R_G 그리고 IA로 구성된 냉점보상회로와 R_1 , R_2 , 그리고 D_1 으로 구성된 단선 검출 회로로 구성되며 출력전압 V_{OUT} 은 다음 식으로 주어진다[5].

$$V_{OUT} = \left(\frac{49.4k}{R_G} + 1 \right) V_{IN} \quad (1)$$

냉점 보정원리는 다음과 같다. R-형 TC 기전력 특성에서 1차 항만 고려하면, 실온에 있을 경우 기전력 $V_{TC}(R)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{TC}(R) = \alpha(T_P - T_{ROOM}) + \alpha T_{CJC} \quad (2)$$

여기서 T_P 는 TC 센서가 온도를 측정할 임의 공간의 온도, T_{ROOM} 는 실온, α 는 R-형 TC의 접합물질에 의

본 연구는 2005년도 산업자원부 지역산업기술개발사업 중점 기술개발사업의 지원을 받아 이루어졌음.(과제번호:10018367)

해 결정되는 상수, T_{CJC} 는 냉점보정 온도를 의미한다. 실온에서 $T_P = T_{ROOM}$ 이 성립되기 때문에 TC 센서의 기전력은 0V가 나온다. 그러나 TC는 0°C를 기준으로 임의의 온도차에 대한 기전력을 발생하기 때문에 실온에 해당되는 기전력 αT_{CJC} 을 더해 주어야 한다. 따라서, 그림 1의 회로에서 R_2 가 매우 크다면 이 저항기를 개방상태로 볼 수 있기 때문에 $V_{IN} = \alpha T_P$ 이 되어 R-형 TC의 데이터 표와 동일한 기전력을 얻을 수 있다.

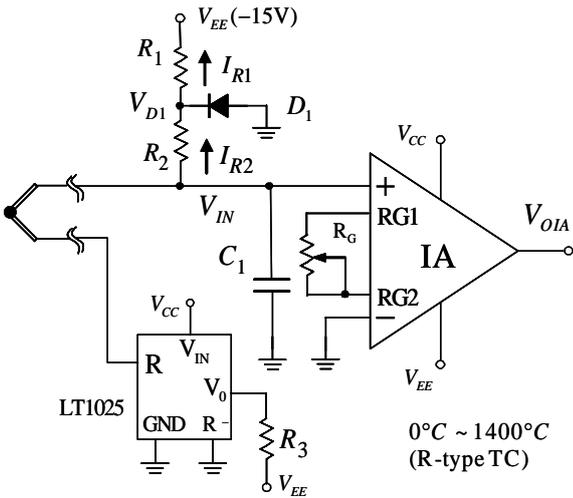


그림 1. 제안한 R-형 열전쌍 인터페이스 회로도

TC의 단선 검출은 다음과 같다. 회로에서 -15V, R_1 , D_1 , 그리고 접지를 통해 D_1 이 순방향이 되어 $V_{D1} \cong -0.5V$ 가 된다. TC가 단선이 되면 C_1 에 축적된 $V_{IN} = \alpha T_P$ 의 전압이 R_2 를 통해 -0.5V로 방전하기 때문에 V_{IN} 는 -0.5V에 가까운 값을 가질 것이다. TC의 온도변화 값이 (+)로 변환되고 -0.5V는 계측 증폭기 IA에 의해 (-) 포화전압으로 변환되기 때문에 이 값으로 TC의 단선을 감지할 수 있다.

III. 실험결과 및 고찰

제안한 그림 1을 개별 소자를 사용하여 실험하였다. 사용한 소자는 $D_1 = IN4937$, $IA = AD620$, $MUX = ADG406$, $CJC = LT1025$, $R_1 = 10M\Omega$, $R_2 = 50M\Omega$, $R_G = 79.4\Omega$, $C_1 = 1\mu F$, $V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -15V$, R-형 TC 센서는 Sentech사 제품을 사용하였다[1].

그림 2는 그림 1에 나타난 회로에서 CJC 보상을 한 경우와 하지 않은 경우에 대한 계측 증폭기의 입력 전압 V_{IN} 과 R-TC의 Data Sheet 기전력 출력과의 차이를 나타낸 결과이다. 점선은 CJC 보상전의 V_{IN} 과 TC의 기전력의 차를 나타낸 것이고 실선은 CJC 보상을

한 V_{IN} 과 TC의 기전력의 차를 나타낸 값이다. 이 결과로부터 CJC 보상을 통해 0°C ~ 1400°C의 온도 범위에서 TC의 기전력과의 3μV 차이가 있다는 것을 알 수 있다.

그림 1에서 TC가 단선되었을 경우 입력 $V_{IN} = -42mV$, 출력전압 $V_{OUT} = -14.215V$ 가 됨을 알 수 있다. 따라서, A/D 변환기의 V_{OUT} 을 측정하여 (-)전압이 나타난 경우에는 TC가 단선이 된 것으로 프로그램을 하면 된다.

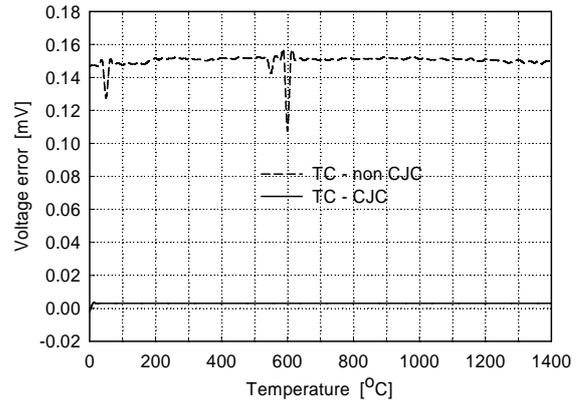


그림 2. 그림 1에 나타난 회로의 냉점보정결과에 대한 입력전압의 오차

IV. 결론 및 향후 연구 방향

R-형 열전쌍(TC)의 냉점보상 기능과 열전쌍의 단선 감지 기능을 갖는 인터페이스 회로를 제안하였다. 제안한 기본 회로를 바탕으로 상용의 CJC 소자 1개를 사용하여 실온에서 1400°C 범위에서 4채널의 TC의 출력을 0~10V로 출력하는 인터페이스 회로도 설계하였다. 본 회로를 바탕으로 R-형 TC 10개(5개의 Zone 각각 2개 사용)를 사용하여 300mm Wafer용 Furnace의 온도 제어기의 전체 회로를 설계하였고, 제어 알고리즘 및 Firmware를 현재 개발하고 있다.

본 연구는 반도체설계교육센터(IDECE)로부터 부분적인 지원을 받아 이루어졌음.

참고문헌

- [1] <http://www.sentech.co.kr/th1.html>
- [2] <http://iseinc.com>
- [3] J. J. Carr, Sensors and circuits ; sensor transducers, and supporting circuits for electronic instrumentation measurement and control, PTA Prentice Hall, 1993.
- [4] LT1025 Data sheet, Linear Technology Co., 2004
- [5] AD620 Data sheet, Analog Device Co., 2004.