



센서의 원리 및 응용

# 온도 센서



한국기술교육대학교  
온라인평생교육원

## ■ 온도 센서의 개요

### 1. 온도 센서란?

- 인간의 질병 유무를 감지하기 위해 체온계가 사용되기 시작한 이래로 여러 분야에 온도 측정이 필요하게 됨
- 측정대상은 기체, 액체, 고체, 플라즈마, 생체 등 다양하며 공간 역시 미생물에서 지구 및 천체에 이르기 까지 다양함
- 온도 센서 : 측정 대상의 온도를 검출하고 이를 기록하거나 제어하기 위해 사용되는 장치
  - 온도를 측정하는 원리에 따른 구분
    - ① 전기저항
    - ② 열기전력
    - ③ 트랜지스터 특성,
    - ④ 광기전력 또는 광기전도
    - ⑤ 색, 팽창 등으로 구분

### 2. 원리에 따른 분류

#### 1) 전기저항을 이용한 온도 센서

- 금속 또는 반도체의 전기저항이 온도에 의해 변하는 특성을 이용한 것

#### 금속 저항 온도 센서

- 백금, 동, 니켈, 텅스텐, 백금, 코발트 등 사용환경에 따라 다양한 특성을 가진 소재를 활용
- 주로 공업용으로 활용

#### 반도체 저항 온도 센서

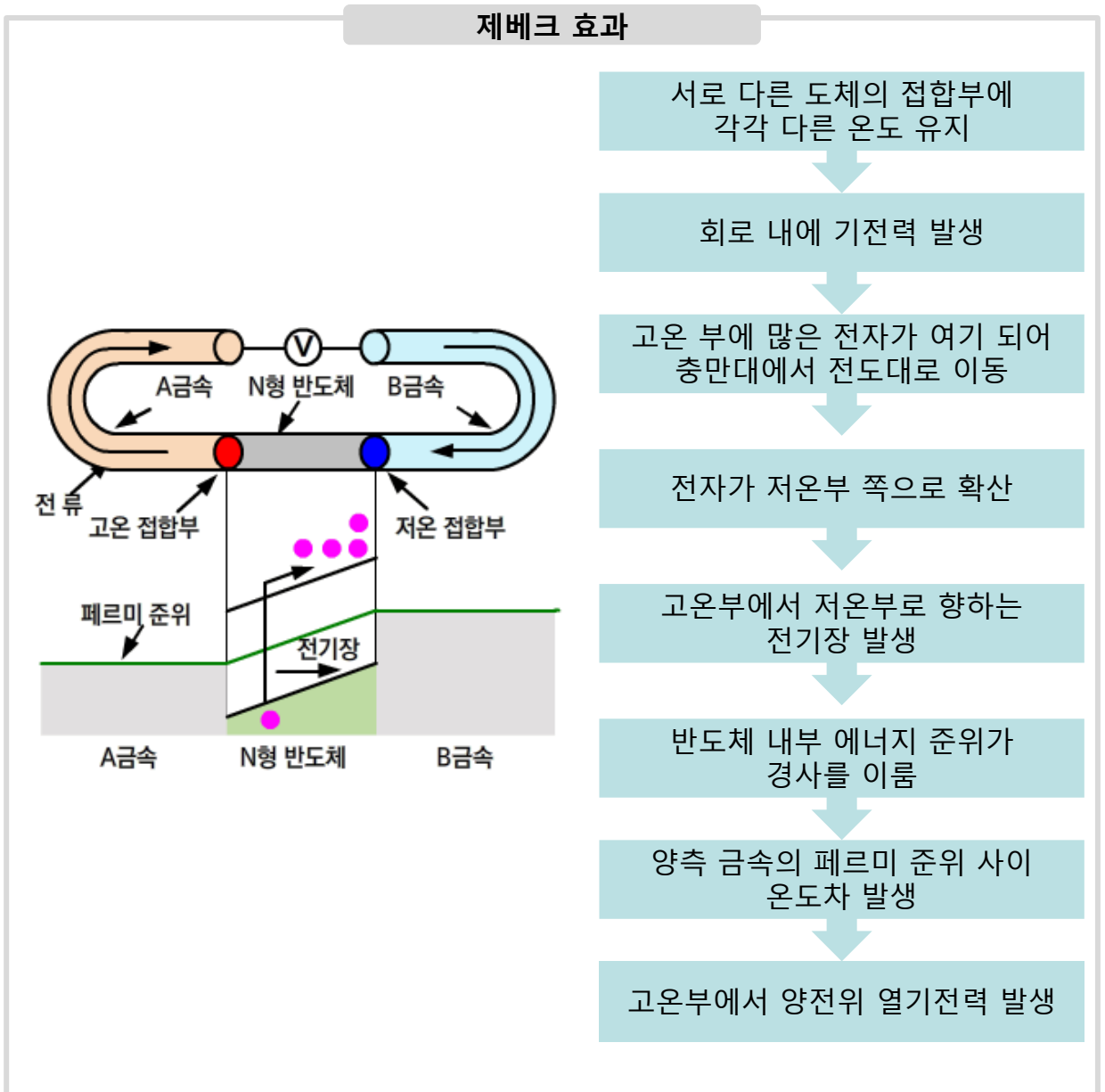
- 서미스터(Thermistor : Thermally Sensitive Resistor) : 온도에 따라 저항 값이 변화하는 소자
- 저항 값 변화가 크고 소형이며 값도 저렴
- 가정용 전기기구나 자동차용 온도 센서로 많이 쓰임

## ■ 온도 센서의 개요

### 2. 원리에 따른 분류

#### 2) 열기전력을 이용한 온도 센서

- 제베크 효과를 원리로 하는 온도 센서



---

## ▣ 온도 센서의 개요

### 2. 원리에 따른 분류

#### 2) 열기전력을 이용한 온도 센서

- 제베크 효과 : 두 종류의 금속도체의 양 끝을 단락하여 폐회로를 만들고 2개의 접속점 사이에 온도차가 생기면 회로에 전류가 흐르는 원리
- 열기전력 : 전류를 발생시키는 기전력
  - 열기전력 값은 양끝의 온도차에 의해 결정
- 두 종류의 금속을 조합한 예
  - 구리와 콘스탄탄, 크로멜과 알루멜, 백금과 백금로듐 등
  - 측정 가능한 온도 범위는  $-200^{\circ}\text{C} \sim +2000^{\circ}\text{C}$

#### 3) 트랜지스터 특성을 이용한 온도 센서

- 원리 : 실리콘트랜지스터의 베이스~이미터 사이에 전류를 보내면  $1^{\circ}\text{C}$ 당  $-2\text{mV}$  정도의 온도계수를 나타내는 원리 이용
- 측정 가능 온도 :  $-50^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$

#### 4) 광기전력을 이용한 온도 센서

- 원리 : 형광체의 발광스펙트럼의 온도의존성 등 광학적 원리를 이용한 온도 센서

#### 5) 색을 이용한 온도 센서

- 원리 : 온도 센서에서 표시되는 색과 빛의 반사에 의하여 나타나는 현상을 이용해 온도를 측정하는 센서

#### 6) 팽창(기체/액체/고체)을 이용한 온도 센서

- 원리 : 기체, 액체, 고체 등 물질 상태에 따른 팽창 정도를 바탕으로 온도 변화를 측정하는 온도 센서

## ▣ 온도 센서의 개요

### 3. 사용방법에 따른 분류

#### 1) 접촉식(Contact Temperature Sensor)

- 원리 : 센서를 측온 대상의 물체(고체, 액체, 기체)에 직접 접촉시키면 측정 점의 온도가 열전도에 의해서 센서에 전달
- 종류 : 바이메탈식 온도계 / 서비스터(NTC, PTC, CTR) / IC 온도 센서 등
- 용도 : 저온 측정

#### 2) 비접촉식(Noncontact Temperature Sensor)

- 원리 : 멀리 떨어져 있는 센서가 측온 대상으로부터 방사(radiation)되는 열(적외선)을 검출하여 온도 측정
- 종류 : 초전형 온도 센서(PZT계) / 양지형 온도 센서(기전력형, 도전형)
- 용도 : 고온 측정

	비접촉식	접촉식
측정물체의 크기	작은 물체도 측정 가능	피 측정물의 온도가 변할 수 있고 작은 물체 측정이 어려움
응답속도	빠르기 때문에 움직이는 물체도 측정 가능	고속으로 움직이는 물체에는 부적합
측온점	표면 온도	임의 개소에서 측정 가능
수명	길다	짧다

---

## ▣ 온도 센서의 개요

### 4. 온도 센서의 조건

- 검출단의 열접촉성이 좋을 것
- 검출단에서 열방사가 없을 것
- 소자에 열을 빨리 전달할 것
- 각종 Plant가 정상적으로 동작하는지의 여부
  - Plant 각 부분 온도의 변화를 살펴보면 알 수 있음
  - 실제의 공정감시 Loop 중에서도 온도의 감시가 가장 많이 차지
- Plant에서의 온도 감시는 온도 감시의 50%이상을 차지하고 있을 정도로 중요
- Plant 요소요소의 온도가 확실하게 지시하고 있으면 Plant의 운전상태는 정상으로 판단

## ▣ 온도 센서의 개요

### 5. 온도 센서 종류와 측정범위

- 자동제어를 설계할 때 적절한 온도 제어를 구성하려면 센서의 측정범위를 잘 알고 있어야 함
- 각 센서의 온도 범위
  - 수정(水晶) 온도계 : 100 ~ 220℃
  - 서미스터 : -200 ~ 800 ℃
  - 온도 센서 : -55 ~ 150 ℃
  - 백금측온저항체 : -180 ~ 600 ℃
  - 니켈측온저항체 : -20 ~ 300 ℃ (사용빈도가 적음)
  - 구리(金同) 측온 저항체 : 0 ~ 200 ℃ (사용빈도가 적음 /온도계수  $\alpha$  : 0.004250/ C)

#### \* 더 알아보기

바이메탈식 온도계	0 ~ 300℃	열전대J(철,콘스탄탄)	0 ~ 600℃
수은온도계	-30 ~ 300 ℃	광 온도계	:800 ~ 2000 ℃
알코올 온도계	-60 ~ 100 ℃	방사 온도계	0 ~ 2000 ℃
열전대R(백금,로듐)	+200 ~ 1400 ℃		
열전대K(크로멜,알루멜)	-200 ~ 1000 ℃		
열전대E(크로멜,콘스탄탄)	-200 ~ 700 ℃		



센서의 원리 및 응용

# 온도 센서



한국기술교육대학교  
온라인평생교육원



## ▣ 서미스터와 열전대

### 1. 서미스터(Thermistor)

#### 1) 개요

- 서미스터(Thermistor) : 온도 변화에 따라 전기저항이 크게 변화하는 반도체 소자
- 서미스터의 재질 : 탄화규소가 주성분
- 온도측정 범위 :  $-50\sim 200^{\circ}\text{C}$
- 서미스터의 조건
  - 온도에 대하여 안정적일 것
  - 온도 특성의 재현성이 좋을 것
- 사용용도 : 가정용 전자제품, 자동차 등의 온도계측 및 제어, 각종 산업용 기계장치 등

#### 2) 분류

- 온도 특성에 따라 구분

#### NTC 방식

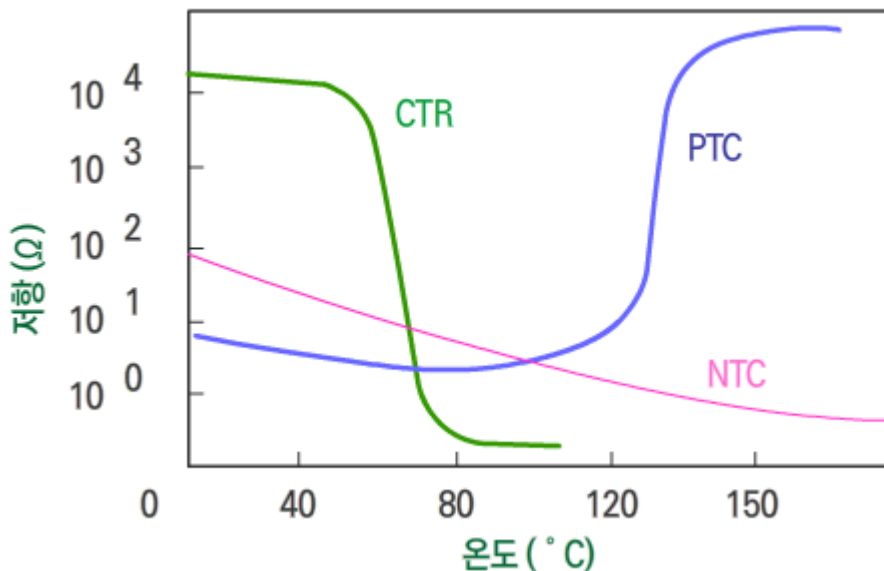
음의 온도계수를 가짐

#### PTC 방식

양의 온도계수를 가짐

#### CTR 방식

NTC와 유사하나 특정 온도 범위에서 갑자기 저항치 감소



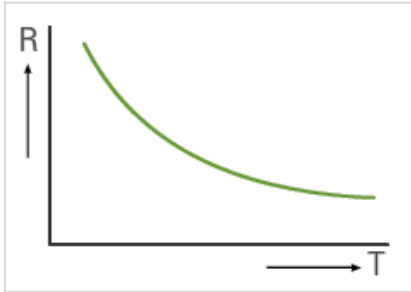
## ▣ 서미스터와 열전대

### 2. 서미스터(Thermistor)

#### 2) 분류

##### ① NTC(Negative Temperature Coefficient Thermistor)

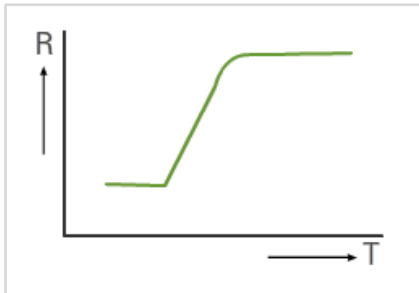
- 부온도계수 저항기 : 온도 상승에 따라 전기저항이 지속적으로 감소
- 온도 범위 :  $-50 \sim 400\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 특성



- 사용처 : 각종 온도 측정과 전력형의 파워 서미스터  
(예: 온도조절기, 전열기구, 체온계, 풍속계 등)

##### ② PTC(Positive Temperature Coefficient Thermistor)

- 정온도계수 저항기 : 온도 상승에 따라 전기저항치가 증가하는 온도계수성
- 온도 범위 :  $-50 \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 특성



- 사용처 : 각종 온도 센서(예: 모터기동, 자기소거, 정온발열, 과전류 보호용 등)

## ▣ 서미스터와 열전대

### 2. 서미스터(Thermistor)

#### 2) 분류

##### ③ CTR(Critical Temperature Resister)

- 민감온도계수 저항기 : 어떤 온도에서 저항값이 급격히 감소
- 온도 범위 : 0 ~ 150 °C
- 특성



- 사용처 : 항온발열(예: 온도 경보 및 적외선 검출)

#### \* 더 알아보기

##### ● 전기저항 변화형 서미스터 종류

###### NTC형

- 부정온도계수를 가짐
- Ni, Mn, Co, Fe, Cu, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 금속 산화물 소결체
- 온도계, 온도보상 전류제한 용으로 쓰임

###### PTC형

- 정온도 계수를 가짐
- BaTiO<sub>3</sub>계 : 가정용 난방 과열보호, 온도스위치, 항온 발열용
- 유기물계 : 이상온도검출

###### CTR형

- VO<sub>2</sub>계 : 가정용 보온장치, 이상온도검출용 )
- Ag<sub>2</sub>S계 : 이상온도감지, 특정온도에서만 동작하지 않음

## ▣ 서미스터와 열전대

### 2. 서미스터(Thermistor)

#### 2) 분류

- 일반적인 서미스터는 NTC 서미스터를 말하는 것
- 서미스터 정수가 2000 ~ 5000K 정도의 것이 많이 사용
- 서미스터 형태 : 다이오드 type, 칩 type, 와이어 type, 디스크 type, 홀더 부착 type 등

#### 장점

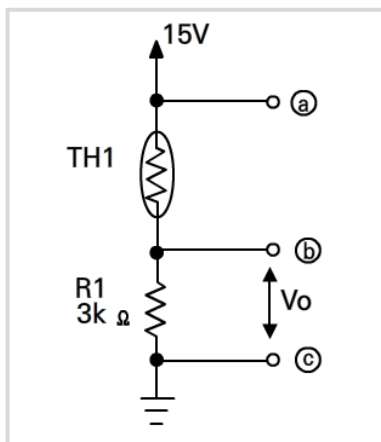
- 온도 변화에 대한 저항값 변화 폭 넓음  
→ 모양, 저항값 자유도 높음
- 좁은 장소에서 온도 측정 가능
- 적은 오차
- 견고성
- 저렴한 가격
- 전기적 출력 처리 쉬움

#### 단점

- 측정온도범위가 좁음(-100 ~ 500°C)
- 고온 영역에서 측정 불가능  
: 300°C 까지
- 변화율이 비직선적

#### 3) 회로 구성

##### ① NTC 서미스터의 기본회로 구성



- 센서형 서미스터에 직렬 저항을 연결한 것
- 저항의 변화에 따른 전압강하 방식을 이용한 기본회로
- TH1 - 2KD - 5(NTC) / 6KD - 5(NTC) / 10KD(PTC)

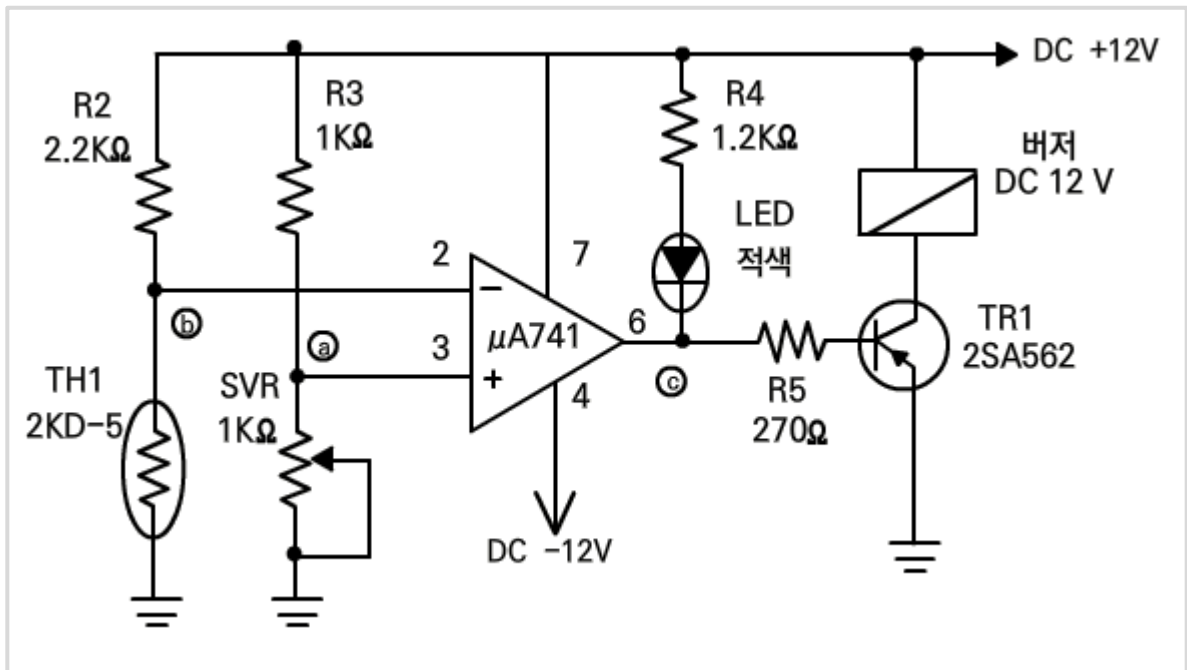
## ■ 서미스터와 열전대

### 2. 서미스터(Thermistor)

#### 3) 회로 구성

##### ② NTC 서미스터의 조합회로 구성

- 설정온도가 되면 OPAMP가 트랜지스터를 스위칭하도록 구성
- 서미스터의 온도변화를 검출신호를 증폭해 자동제어 출력신호로 활용

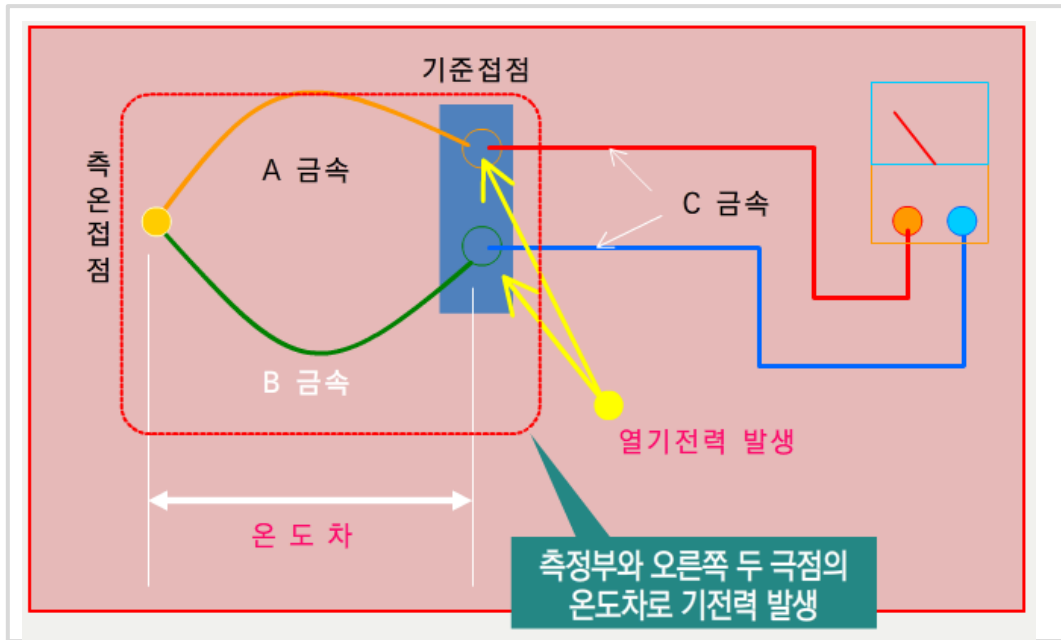


## ▣ 서미스터와 열전대

### 3. 열전대(Thermocouple)

#### 1) 개요

- 2종의 금속선의 접합점을 가열(또는 냉각)시킬 때 제베크 효과로 인해 발생하는 열기전력을 이용한 온도 센서
- 사용처 : 원자로, 항공기, 동력계통, 제철소 등 여러 공정에서 온도 감지 방법 제공
- 특징 : 간단한 구조와 저렴한 가격, 내구성으로 많은 분야에서 널리 활용 가능



#### • 열전대의 장점과 단점

##### 장점

- 좁은 장소에서 온도 측정 가능
- 빠른 응답속도
- 진동, 충격에 강함
- 고온 영역 측정가능

##### 단점

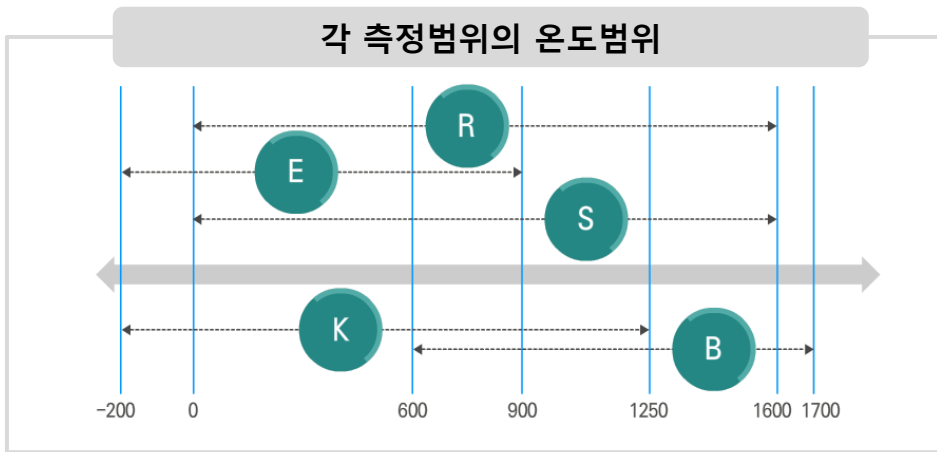
- 작은 변화율
- 온도차 검출방식으로 냉접점 온도의 보정 필요

## ▣ 서미스터와 열전대

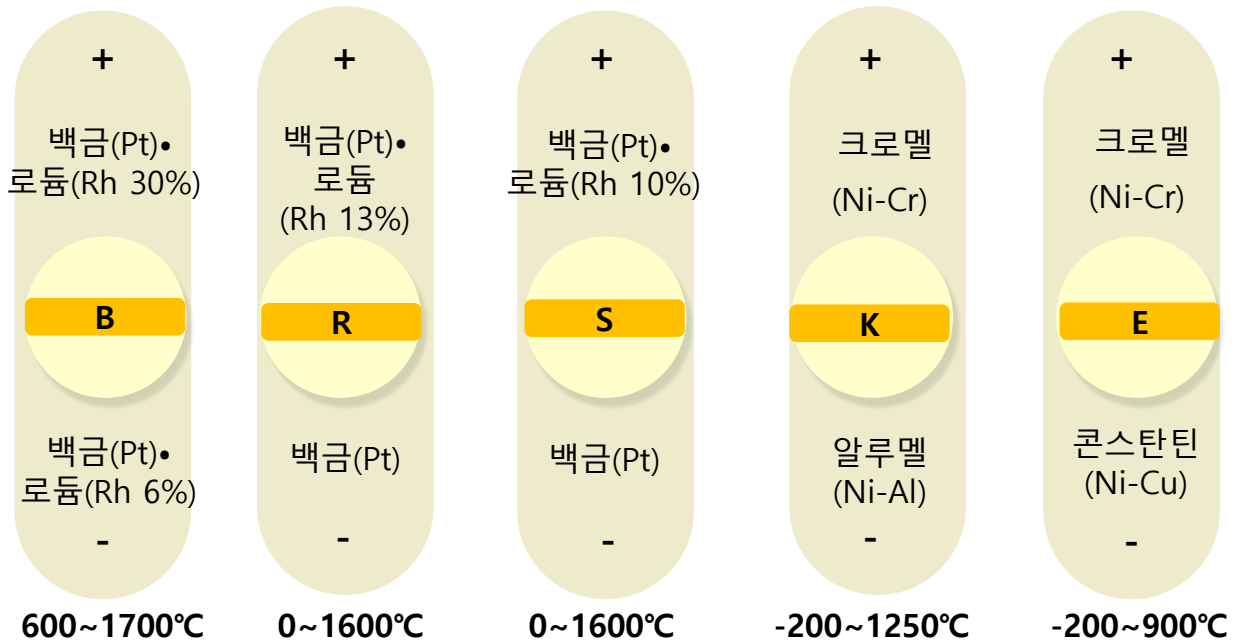
### 3. 열전대(Thermocouple)

#### 2) 온도 측정 범위

- 열전대의 온도의 측정 범위는 재료의 특성에 따라 조금씩 다름
- 일반적으로 - ~ 1700°C까지 넓은 범위에서 측정이 가능
- 측정범위의 기호 : B, R, S, K, E 등



- 성분과 사용온도 범위



---

## ▣ 서미스터와 열전대

### 3. 열전대(Thermocouple)

#### 2) 온도 측정 범위

- 측정범위 기호별 특징과 장단점



- 상온의 열전기력이 매우 적음
- 보상도선이 불필요
- 가격이 고가



- 안정성이 좋고 분산이나 열화도가 적음
- 표준 열전대로 적합
- 산화성 분위기에 강함
- 0°C 이하 저온 측정 불가로 환원성 분위기에 약함
- 가격이 고가



- 안정성이 좋고, 분산이나 열화도 적음
- 표준 열전대로 적합
- 산화성 분위기에 강함
- 0°C 이하 저온 측정 불가
- 환원성 분위기에 약함
- 가격이 고가



- 열기전력의 직선성이 좋음
- 내산화성 양호
- 환원성 분위기에 약함



- K에 비해 저렴
- 열기전력 큼
- 환원성 분위기에 약함

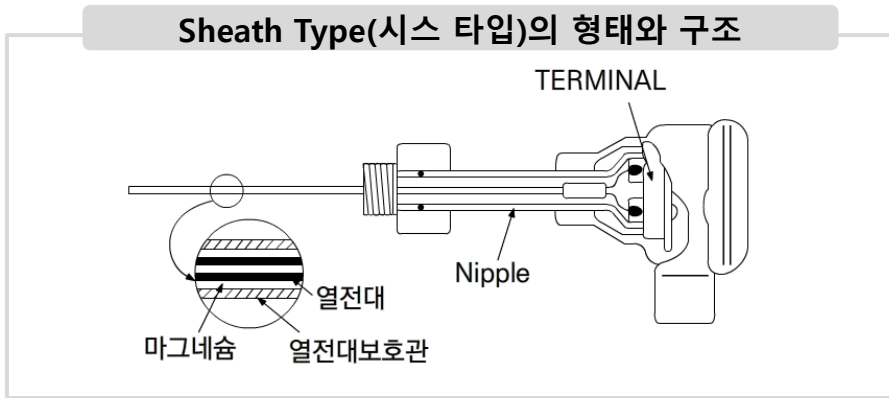


## ■ 서미스터와 열전대

### 3. 열전대(Thermocouple)

#### 2) 온도 측정 범위

- 가장 많이 사용되는 열전대 : Sheath Type(시스 타입)
- 응답이 빠른 장점 → 공정제어에 가장 많이 사용
- 형태 : 외부는 열전대 보호관으로 되어 있고 내부는 열전대선과 산화 마그네슘이
- 충전



#### 3) 구조와 형태

- 열전대의 구조에 따른 종류



- |           |                     |
|-----------|---------------------|
| <b>장점</b> | • 열전대 노출형태로 응답속도 빠름 |
| <b>단점</b> | • 고온, 고압에서 부식       |



- |           |   |
|-----------|---|
| <b>장점</b> | • 접점을 절연체로 보호하고 있어 응답속도가 좋고 고온 및 고압에서 사용 가능 |
| <b>단점</b> | • 전압이 있는 곳은 적합하지 않음                         |



- |           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| <b>장점</b> | • 외부 환경에 견고함                |
| <b>단점</b> | • 외부와 완전히 절연된 상태로 응답속도가 떨어짐 |

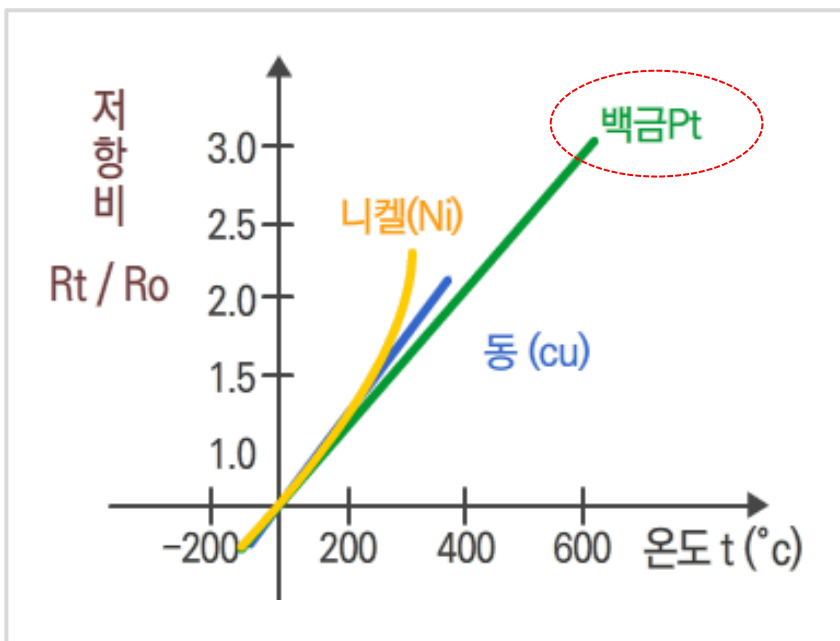


## ▣ 서미스터와 열전대

### 3. 열전대(Thermocouple)

#### 4) 사용상 주의사항

- 일반적으로 금속의 전기저항은 온도에 따라 변함
- 그 중 백금(Platinum)은 타금속에 비하여 온도계수가 직선적으로 변화하며 중량도 가볍고 물리적, 화학적 성질이 우수하여 고순도의 것을 얻기 쉬움  
→ 장기간 안정적인 온도측정용 센서로서 사용





센서의 원리 및 응용

# 온도 센서



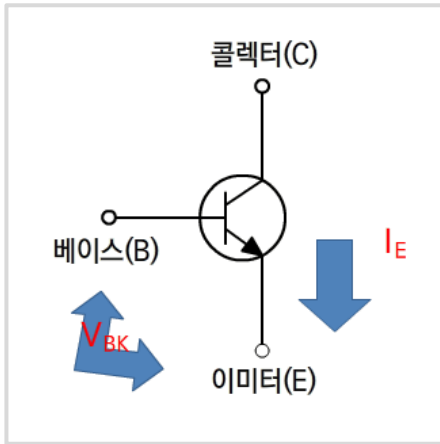
한국기술교육대학교  
온라인평생교육원

## ▣ 기타 온도 센서

### 1. IC 온도 센서

#### 1) 개요

- 트랜지스터의 베이스와 이미터 전압이 온도에 따라 변화하는 것을 이용하여 증폭회로와 함께 하나의 칩을 만든 것



- 특징
  - 작고 간단한 구조
  - 저렴한 가격
  - 출력신호가 높아서 제어장치의 입력신호로 활용  
→ 여러 시스템의 인터페이스를 통합하고 자유롭게 설계가 가능

#### 2) 종류

##### ① 전압 출력형 IC 온도 센서

- IC 온도 센서는 온도범위가 상온에서 측정이 가능한 센서
- 반도체의 PN접합 공핍층의 폭이 온도에 의해 변화 → 그로 인해 생기는 전압의 변화로 온도를 측정
- 출력전압 : 10[mV/K]
- 측정온도의 범위 : -40~100 °C
- 동작전압범위 : 4~30V
- 정격전류 : 1mA의 회로

---

## ▣ 기타 온도 센서

### 1. IC 온도 센서

#### 2) 종류

##### ② 전류 출력형 IC 온도 센서

- 온도 변화에 따라 전류가 변화하여 검출
- 출력전류 작게 검출 → 전류증폭기로 증폭하여 출력신호로 사용
- 출력 전류 :  $1[\mu\text{A/K}]$
- 측정온도범위 :  $-55\sim+150[^\circ\text{C}]$
- 동작전압범위 :  $+4\sim+30[\text{V}]$

### 2. 측온 저항체 온도 센서

- 금속이 온도에 비례하여 전기저항이 증가하는 원리를 바탕으로 전기 저항을 측정하여 온도를 파악하는 센서
- 측온 저항체의 재료 : 백금, 동, 니켈
- 사용온도 범위 :  $-200\sim640\text{ }^\circ\text{C}$
- 특징
  - 열전대에 비해 비교적 간단한 부가회로만으로도 온도를 측정 가능
  - 높은 정확도
  - 소폭의 온도 변화도 감지
- 측온 저항체 저항 측정
  - 초기 온도가 0도일 때 측온 저항체의 초기 저항값을 기본 값으로 설정
  - 온도가 변화면 저항값도 같이 변화
    - 저항 변화에 따른 온도를 측정

> 측온 저항체의 저항 측정 공식

$$R_T = R_0(1 + \alpha T)$$

## ▣ 기타 온도 센서

### 2. 측온 저항체 온도 센서

- 백금 측온 저항체(PT100)

#### 필요 조건

- PT100 : 0~100℃
- 규정 전류 1mA, 2mA

#### 사용 온도

- L : -200~ 100 ℃
- M : 0~ 350℃
- H : 0~ 650℃

#### 형태

- 유리관형 : 2선, 3선, 4선식
- 평판형 : 약 직경 0.4 ~ 2.8mm, 길이 3 ~ 10mm

### 3. 초전형 온도 센서

- 초전효과를 이용해 인체에서 감지되는 소량의 적외선을 감지하는 열 감지 센서
- 초전효 : 온도 변화에 따라 유전체 결정의 분극 크기가 변화하여 전압이 나타나는 현상

