

온도센서

■ 온도 검출 소자의 물리적 특성

(1) 전기 전도성 (Electrical Conduction)

재료를 통해 전기가 얼마나 잘 흐르는가를 나타내는 것으로 도선의 전기 저항은 물질의 종류에 따라 다르며 물질의 종류가 같은 때에는 길이에 비례하고 단면적에 반비례한다

$$R = \rho \times l / S$$

(ρ : 비저항, l : 도선의 길이, S : 도선의 단면적)

온도에 따른 도체의 전기저항의 변화는 온도가 높아지면 원자나 전자들의 운동이 활발해져서 원자와 전자의 충돌이 많아지므로 일반적으로 전기 저항이 커진다.

도체는 온도가 높아 질수록 저항이 증가하고, 반도체 경우 온도가 높아질수록 저항이 감소한다
초전 도체경우 온도가 특정 온도까지 내려가면 갑자기 저항이 0이 되는 성질을 가진다.

(2) 열팽창계수

일정 온도를 가했을 때, 금속의 팽창 정도를 나타내는 것.

(3) 열 전도도 (Heat conduction)

재료를 통해 열을 얼마나 잘 전달 하는가를 나타내는 것으로 예로 은이 백금보다 6 배 정도 높다.

Ag > Cu > Au > Al > Ni > Fe > Pt > Sn > Pb > Zn > 티타늄

■ 전기전도와 관련 용어 관계

(1) 전도성 (Conduction, Conductivity)

물질에 열,전기 등이 얼마나 잘 흐르는가를 나타내는 성질

(2) 전도율 또는 도전율 (Conductivity)

물질에 열,전기 등이 얼마나 잘 흐르는지 나타내는 특성 량

. 열 전도 능력 : 열 전도율 [W/(m K)]

. 전기 전도 능력 : 전기 전도율 [S/m]

(3) 전기 전도율 (Electrical Conductivity)

도체가 얼마나 전기를 잘 흐르느냐를 나타내는 지표

전기전도율 단위 : [S/m]=[Simens/m], [1/(Ω m)], [mho/m]

(4) 전기 전도율 표현

재료 고유 저항률의 역수

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad R = \frac{l}{A} \rho = \frac{l}{A} \frac{1}{\sigma}$$

저항률 ρ 인 저항 R 은 도체 길이(L)에 비례하고, 단면적(A)에 반비례

(5) 산업계에서 도체의 도전율 표기 : '% 전도율'

도체의 도전성을 비교하기 위해 표준 연동(軟銅)

도전율에 대한 比

표준연동(길이 1m, 절단면적 1 mm²)의 20°C에서의 도전율 (1/58 Ω = 0.01721 Ω)을 100 로하여 백분율[%]로 표시한 것. (1913 년 IEC 에서 정함)

(6) 도체 및 부도체의 전기전도율 구분

통상적으로 도전율이 1 x 10⁻⁶ [S/m] 이상일 때 도체, 1x 10⁻¹⁰ [S/m] 이하일 때 부도체라 한다.

(7) 전기 전도율 온도 및 주파수 의존성

금속의 전도율은 온도가 높아질 때 감소, 온도가 낮아질 때 증가

전도율은 온도 뿐 만 아니라 주파수에도 의존적임

(8) 저항(R),고유저항(ρ),전도도(G),도전율(σ)과의 관계

저항(Resistance)의 역수 1/R = 전도도(Conductance) G

(예) 은, 구리, 알루미늄 등과 같은 금속류

고유저항(Resistivity)의 역수 1/ ρ =도전율(Conductivity) σ

(예) 자기, 고무, 유리, 합성 수지, 에보나이트 등

(9) 물질의 전기 저항

다음 표는 길이가 1m, 단면적 1mm² 인 여러 가지 물질의 전기 저항을 나타낸 것이다. 이와 같이 저항 값이 다른 것은 물질을 구성하고 있는 원자의 배열이 다르기 때문이다.

물 질	전기저항(Ω)	물 질	전기저항(Ω)
은	0.016	증류수	2.4×10 ¹¹
구리	0.017	유리	10 ²¹
알루미늄	0.028	나무	10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁷
텅스텐	0.055	고무	10 ¹⁹ ~10 ²¹
철	0.098	에보나이트	10 ¹⁹ ~10 ²²
니크롬	1.09	황	2×10 ²¹

■ 측온 저항 (RTD)

(1) 측온저항체란

금속은 자기 고유의 저항값을 가지고 있으며 그 전기 저항값은 온도변화가 있을경우 고유의 온도계수에 따라 일정하게 변화는 특성이 있다.

이런 특성을 이용하여 순도가 매우 높은 금속선을 감온부로 만들어 온도측정대상체에 접촉시켜 온도를 감지하게 한다.

온도변화에 E_k 라서 변함 전기 저항값을 측정하여 온도로 환산하게된다 이런 온도 측정센서를 RTD (resistance Temperature detector)라고 한다.

(2) 측온 저항 소자

한국산업표준 규격 KSC1603 에서는 0°C에 저항 값이 100Ω 인 백금 측온 저항체에 대하여 규정하고 있다.

PT100 의 온도 별 저항 테이블은 별첨 자료 참조

금속의 전기저항은 일반적으로 온도의 변화에 따라 증감하며 전기저항과 온도는 일정한 관계가 있다. 이 원리를 이용하여 온도를 측정하는 계기가 저항온도계이며 측온저항체의 소선재료는 백금, 동, Nickel 등이 있으며 이중 백금선은 온도의 관계가 매우 정확하며 안정성 재현성이 우수하고 균일한 소선의 제작이 용이하므로 가장 많이 사용되고 있고 사용온도범위는 -200~ +500°C이다.

측온 저항체는 니켈, 구리, 또는 니켈/철로 만들 수 있다. 각 금속은 알파 상수와 운전 범위가 다르다. 측온 저항체는 저항 대 온도 출력을 나타내며 수동적 기구이므로 가동하는데 1mA 정도 만 필요하다. 가장 많이 쓰는 측온 저항체는 알파 상수 0.00385 ohms/ohm/°C인 100ohm, 백금 센서이다. 0°C에서 (얼음 점) 초기 정확도와 운전 범위에 걸치는 정확도를 나타내는 DIN A 와 DIN B 로 주문된다. IEC 751 에 따르면 DIN A 는 0.15 °C ± 0.002/t*, t*는 특정 온도, DIN B 는 0.3°C ± 0.005/t* 이다.

백금측온저항체(Pt 100Ω ,50Ω, 25Ω)는 일반적으로 금속의 전기저항은 온도의 변화에 따라서 증감하고 그 사이에 일정한 관계가 있다.

그 저항으로온도를 측정하는 계기가 저항온도계이고, 백금선의 저항변화를 이용한 것이 백금저항온도계이다. 측정저항계는 백금, 동, Nickel 등이 있으며, 그중 백금선이 온도변화에 예민하게, 전기저항이 증감하므로 현재 널리 이용되며 사용온도범위는 -200°C~500°C이다.

공업용으로 사용되는 측온저항체는, 다른 온도 SENSOR 와 비교하여 다음과 같은 특징이 있다.

- 감도가 양호하다., 안정성, 재현성이 우수하다.
- 고정도를 얻을 수 있다.

■ 열전대 (Thermocouples)

(1) 열전대의 원리

두 종류의 서로 다른 금속선의 한끝을 용접하여 열린회로를 만들고 그 접합부의 용접 부분에 다른 온도를 가하면 온도와 일정한 관계가 있는 열기전력이 발생한다. 따라서 기준 접점온도를 일정하게 유지하면 이 기전력에 의해 측온접점의 온도를 알 수가 있으며 이때의 금속선을 열전대라고 하고 이런 현상을 지백효과라 한다.



(2) 열전대의 특성

공업용 열전대는 다른 온도계와 비교하여 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 응답속도가 빠르며 오차가 비교적 적다.
- 적절한 열전대를 선정하기가 용이하며 절대 0°C에서 2,600°C까지의 온도범위를 측정하기가 가능하다.
- 특정한 곳이나 좁은 장소의 온도측정도 가능합니다.
- 온도가 열기전력으로 검출되므로 측정,조절,종폭,제어, 변환 등의 정보처리가 쉽다.
- 다른 온도계에 비하여 가격이 저렴하며 구입이 쉽다.

(3) 열전대 구성 재료 및 소선 (Element) 사용온도

열전대 종류	소선경 (mm)	사용온도 (°C)	최고사용 온도(°C)
K (+)Chromel (-)Alumel	0.65	650	850
	1.00	750	950
	1.60	850	1050
	2.30	900	1100
E (+)Chromel (-)Constantan	0.65	450	500
	1.00	500	550
	1.60	550	650
	2.30	600	750
J (+) Iron (-)Constantan	0.65	400	500
	1.00	450	550
	1.60	500	650
	2.30	550	750
T (+)Copper (-)Constantan	0.32	200	250
	0.65	200	250
	1.00	250	300
B (+)Platinum .30% Rhodium (-)Platinum .6% Rhodium	1.6	300	350
R (+)Platinum .30% Rhodium (-)Platinum .6% Rhodium	0.50	1500	1700
S (+)Platinum .10% Rhodium (-)Platinum	0.50	1400	1600

(4) 열전대의 종류 별 특징

B Type Thermocouple

Rhodium 의 함유량이 높으므로 다른 Rt/Rh Thermocouple 보다 용접 및 기계적인 강도가 높습니다. 또한 산화성,중성분위기에서의 연속사용이 가능하고 환원성 분위기에서도 적합하며 다른 Rt/Rh Thermocouple 보다 오래 사용 할 수 있습니다. Pt 의 사용중에 생기는 + - 측에의 Rh 확산에 열기전력 특성의 노화를 방지한 목적으로 사용되는 열전대입니다.

R Type Thermocouple

산화성, 불활성 기체에서 최고 1600°C 정도까지 연속적으로 사용할 수 있습니다. 환원성분위기이나 금속 산화성 분위기에서는 약하므로 비금속보호관을 사용하여야 합니다.

S Type Thermocouple

IPTS(Intermation Practical Temperature Scale)에 의하면 Antimony 의 응고점(630.74°C)에서부터 금의 응고점(1064.43°C)까지의 표준온도 측정할 때 사용되며 "S" Type Thermocouple 의 분위기는 "R" Type Thermocouple 과 동일합니다

K Type Thermocouple

현재 공업용으로 가장 널리 사용되는 열전대로서 최고 1200°C 정도까지 내열도를 유지하며 기전력 특성의 직선성이 양호하고 내열, 내식성이 높은 것이 특징입니다. 산화성 분위기에서는 안정되나 환원성분위기에서는 매우 약하여 특히 아황산 가스에 대하여는 열기전력이 저하되며 부식이 되어 파손되는 단점이 있습니다.

E Type Thermocouple

열기전력이 다른 열전대에 비하여 대단히 크며 내열성 및 정도는 "K" Type Thermocouple 보다 떨어지나 900°C 이하의 온도 사용에는 비교적 안정되어 좁은 범위의 온도측정에 사용되며 산화성분위기에서는 안정되나 환원성분위기에서 약한 점은 "K" Type Thermocouple 과 동일합니다

J Type Thermocouple

환원성분위기에서는 매우 안정되나 산화성 분위기 중에서는 철의 산화가 심하므로 사용에 적합하지 않습니다.

T Type Thermocouple

비교적 저온 (-200 - 300°C)에 사용되는 약산화성분위기 또는 환원성분위기에 적합하며 열기전력이 안정되고 정도가 높아 실험실에서 사용되고 있습니다.

■ 써미스터

온도에 따라 전기저항이 변하는 반도체 특성을 이용하고 있다. 변화 특성에 따라 NTC, PTC, CRT 로 분류하고 있다.

(1) NTC 써미스터

온도 상승에 따라 전기 저항값이 감소하는 특성을 지닌다. , Mn, Co 계 금속 산화물(Mn₂O₃, NiO, Co₂O₃, Fe₂O₃)의 분말을 측정용 도선과 함께 소결한 후 표면에 유리를 코딩한 것으로 온도 측정에 광범위 하게 사용하고 있다.

(2) PTC 써미스터

온도 상승에 따라 전기저항값이 증가하는 특성을 지닌다. 온도스위치 또는 회로의 온도보상용으로 많이 사용되고 있다.

(3) CTR 써미스터

저항 값이 좁은 온도범위에서 온도와 함께 급격히 감소하는 특성이 있다. 산화바륨 결정이 67[°C] 이하의 저온에서 절연성 전도를 나타내고, 고온에서는 금속전도를 나타내는 현상을 이용하여 일정온도를 검출하는 온도 스위치로 사용하고 있다.

■ 반도체 온도센서

(1) 다이오드와 트랜지스터 온도센서

반도체 다이오드 센서는 p-n 접합에 걸리는 순방향 전압의 온도의존성을 이용하는 것으로 반도체 다이오드의 온도가 증가하면 p-n 접합에 걸리는 순방향 전압이 변화하는 것을 감지하여 온도변화를 검출한다.

순방향 전압과 온도변화를 정확하게 검출하기 위해서 다이오드 전류를 일정하게 유지하는 것이 중요하다.

(2) IC 온도센서

정전류 조건이 만족하지 않을 경우 특성이 흐트러지기 쉬운 2 단자 다이오드 소자와 출력특성의 직선성이 부족한 3 단자 트랜지스터 소자의 결점을 해결하기 위한 것으로 온도변화를 전류 변환기로 활용된다.

(3) 반도체 온도센서의 특성

- (1) 직선성이 양호하다.
- (2) 출력 임피던스 낮다.
- (3) 출력신호 변화량이 크다
- (4) 실용적인 범위 내에서 사용하기 쉽다.

[참고] 열전 효과(熱電效果, thermoelectric effect), 열전 현상(熱電現象)

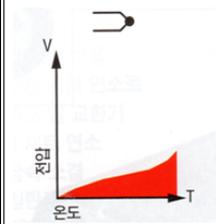
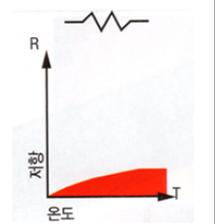
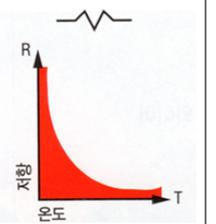
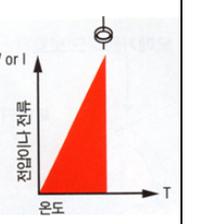
지벡 효과(Seebeck effect), 펠티에 효과(Peltier effect), 톰슨 효과(Thomson effect)의 세 가지 열과 전기의 상관현상을 총칭하여 열전효과라 한다.
지벡 효과 : 지벡효과는 서로다른 두 금속선 양쪽끝을 접합한다. 그리고 한접점에 가열하게되면 두접점에 온도차가 발생과 전위차가 생기므로 전류가 흐르게 되는 것이다.

펠티에 효과 : 펠티에 효과는 열전대에 전류를 흐르게 했을 때, 전류에 의해 발생하는 줄열 외에도 열전대의 각 접점에서 발열 혹은 흡열 작용이 일어난 현상을 말한다. 이렇게 두 금속의 접합점에서 한 쪽은 열이 발생하고, 다른 쪽은 열을 빼앗기는 현상을 이용하여 냉각도 할 수 있고, 가열도 할 수 있으며 이러한 특성 때문에 냉동기나 항온조 제작에 사용된다.

톰슨 효과 : 동일한 금속에서 부분적인 온도차가 있을 때 전류를 흘리면 발열 또는 흡열이 일어나는 현상을 말한다

만약 고온에서 저온부로 전류를 흘리면 흡열이 일어나는 부(-) Thomson 효과와, 만약 고온에서 저온부로 전류를 흘리면 발열현상이 나타나는 정(+) Thomson 효과가 있다.

■ 온도측정 방식 비교

항목	열전대	측온 저항 (RTD)	써미스터	IC센서
특성 및 장단점				
	<p>장점 자가 동력형 간단하고 튼튼함 저렴하고 다양함. 온도범위가 넓음</p> <p>단점 비선형 출력전압이 낮음 기준이 필요함 안정성이 낮음 감도가 가장 낮음</p>	<p>장점 가장 안정적임 가장 정확함 열전대 보다 선형적</p> <p>단점 가격이 비쌘 전원이 필요함. 절대저항이 낮음</p>	<p>장점 출력이 높음 응답이 빠름 2선 저항측정</p> <p>단점 비선형 온도범위가 제한적 파손되기 쉬움 전원이 필요함 자기 발열이 있음</p>	<p>장점 가장 선형적임 출력이 가장 높음 저렴함. 온도범위가 넓음</p> <p>단점 200℃이하에서 사용 전원이 필요함 반응이 느림 자기발열이 있음 구성이 제한적임</p>
측정범위	-27~+18℃	-250~+900℃	-100~+450℃	-55~150℃
출력형태	전압	저항	저항	전압,전류,디지털

[잠깐] 접촉식 온도센서와 비접촉식 온도센서

RTD, 써미스터, 열전대 등은 접촉식 온도센서이다. 직접 전도, 대류에 의한 온도측정 방식 외에, 측정물체로부터 방출되는 방사에너지를 수집하여 전기적 에너지로 변환하여 측정하는 방식의 센서를 비접촉식 온도센서라고 한다.

<허락 없이 본 자료에 대한 무단 복제 및 배포를 금합니다.>