써미스터의 기초지식

김 석 헌
(동광센서공업 차장)

1. 개 요

써미스터(THERMISTOR)는 Thermally Sensitive Resistor의 약칭으로 온도변화에 대한 저항치의 변화가 극히 크게 변화하는 특징을 갖는 감온반도체이다. 이중에는 부특성 또는 NTC(Negative Temperature Coeffient) THERMISTOR와 정특성 또는 PTC(Positive Temperature Coeffient) THERMISTOR의 두종류와 NTC와 동일한 부의 온도계수이지만 어떤 온도영역에서 저항치가 급격히 감소하는 CTR로 분류한다.

이렇게 3가지 종류로 분류되는 THERMISTOR중 우리주변에서 가장 널리 보급되고 가정생활에서 실제로 흔히 볼수 있는 가전기기의 온도검출용 sensor로 많이 사용되고 있는 THERMISTOR SENSOR에 대해서만 기초지식을 알아보기로 하고 다음기회에는 응용기술에 대해서 알아보기로 하겠다.

1.1 N.T.C THERMISTOR

온도상승에 따라 전기저항이 지수적으로 감소하는 특성을 가진 소자로서 산화니켈 산화코발트, 산화망간, 산화철 등을 주성분으로 한 것으로 스비넬 구조에 가까운 결정구조를 가지고 있다.

일반적으로 그것의 저항치는 산소의 영향을 받지 않는 공기중에서 안정하고 불순물의 영향도 크지 않기 때문에 서미스터재료로는 극히 적당하다. 현재 널리 사용하고 있는 서미스터는 온도가 −50℃~300℃의 범위이고 서미스터 정수가 2000K~5000K 정도이다.

이외에 1000℃ 정도까지의 온도에 사용할 수 있는 서미스터 재료로는 산화지르코늄, 산화나트륨 등을 주성분으로 한 것이 있다.

2. 물리적 성질

서미스터의 특성은 기본적으로 초기저항 R (KΩ), 서미스터 B정수(K) 열방산정수 k(mW/℃) 및 열시정수 δ(s)의 네가지로 결정된다.

2.1 초기저항

서미스터의 저항과 절대온도 T와의 사이에는 근이적으로 다음의 관계가 있다.

$$R = Ro \exp B\,(1/T - 1/To)$$

R : 서미스터의 온도 T(°K) 일때의 저항치
Ro : 서미스터의 온도 To(°K)일때의 저항치
B : 서미스터의 정수

2.2 서미스터 정수 B(K)

활성화 에네르기 E(V), 볼츠만정수를 K(=1.38×10^2 Joule/k)로 했을 때, 서미스터 정수 B=△E/2K

로 표시하고 재료조성이나 소결법에 따라서 대개 결정한다. B값을 알고 있다면, 임의점의 온도 T, To에 대한 저항치 R, Ro를 측정하여 연산한다.

$$B=2.3026\ (\log R-\log Ro)/(1/T-1/To)$$

정수B는 엄밀하게 말하면 온도에 의존하기 때문에 T, To를 크게 잡으면 계산에서 구한 저항값이 오차를 크게 포함하기 때문에 주의할 필요가 있다.

통상 25℃~50℃ 또는 25℃~85℃ 사이에서 정수B를 고정치로 계산하는 경우가 많으므로 서미스터 MAKER에 따라서는 정수B도 온도의 함수로써 표시하는 수가 있다.

또한 온도계수 α는 온도에 대해서 정수B를 산출하는 식을 미분하면

$$\alpha=1/R\cdot dR/dt=-B/T^2$$

예를들면 B=3500K에서 온도 20℃로 하면 온도계수 α는

$$-3,500/(293.15)^2=-0.04$$

로 되고 백금선의 약 10배이다.

2.3 서미스터의 열방산정수 K(mW/℃)

서미스터에 전류를 흘리면 Joule열에 의해 온도가 상승하고 이때의 발열온도 To(K) 및 소비전력 W와의 사이에 다음의 관계가 있다.

$$W=V\cdot I=K\ (T-To)$$

K의 값을 열방산 시정수라고 부르고 서미스터의 온도를 1℃ 상승시키기 위하여 필요한 전력(mW/℃)을 의미한다. 열방산정수 K의 값은 서미스터의 형상, 취부상태, 주위상태에 따라서 결정된다.

2.4 서미스터의 구조 (그림1)

- 동작부분을 구성하는 재료(소체)
- 동작부분을 지지하는 기체
- 전극 및 Lead선
- PACKAGE
- 가열용히타(방열형) 등이 있다.

외형은 직경, 길이가 같이 1mm부터 직경 수cm, 길이 10cm정도까지의 것이 있다. 구조마다 공통점은 도표 1과 같이 동작부분의 형상은 BEAD형, ROD형, DISC형, CHIP형 등으로서 FLAKE형이나 박편(얇은 조각) 모양의 것도 있다. 또한 기체는 필요한 것과 필요없는 것도 있다.

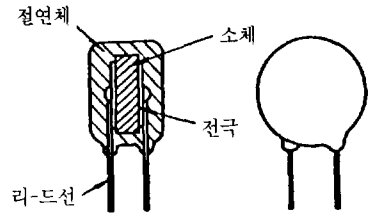

그림 1. 서미스터의 구조

PACKAGE는 열화방지를 목적으로하고 EPOXY 수지 혹은 GLASS CERAMIC, 금속 등의 재료가 사용되고 있다. 전극 및 LEAD선은 보통 2EA 또는 4EA로 일반적인 극성은 없다.

2.5 서미스터의 열시정수 δ(s)

서미스터의 열용량을 H 열방산정수를 K로 하여 서미스터가 To에서 Ta로 냉각되는 경우 임의의 미소시간 dt 사이에 K(T−To)dt의 에네르기가 소비되고 그 결과 서미스터의 온도변화가 dT라면 다음식을 얻을수 있다.

$$HdT=k\ (T-Ta)dt$$

윗식에서

$$T-Ta=(To-Ta)\ \exp\ (-t/\delta)$$

여기에서 t는 시간, δ는 H/K, T는 서미스터의 온도를 나타낸다. 지금 $t=\delta$ 일때 이때의 온도를 Td로 하면

$$(Td-Ta)/(To-Ta)=1/e=1/2.718=1-0.632$$

$$Td=To-0.632\ (To-Ta)$$

로 된다. 같은 형태로 Ta되는 온도에서 To되는 온도로 가열시킬 때 서미스터의 온도 Tu는 다음식으로 된다.

$$Tu=Ta+0.632\ (To-Ta)$$

이를테면 서미스터를 To에서 Ta로 냉각시킬때 또는 Ta에서 To로 가열시킬 때, To와의 Ta 온도차의 63.2%만 냉각 또는 가열하는데 요하는 시간(Td 또는 Tu로 되기까지의 시간)을 열시정수 δ라고 한다.

3. 특징

3.1 서미스터 온도센서의 장단점

그밖의 온도센서와 비교한 경우 서미스터는 온도계수가 크기 때문에 감도가 좋고 또 응답성이 빠르기 때문에 급속한 온도변화에 따라갈수가 있고 단시간내에 측온이 가능하다. (가공법에 따라서 응답성을 늦출수도 있다) 그래도 내습, 내산, 내알칼리 내열평형, 내진 등 환경성에 대하여 신뢰성이 높다. 이때문에 최근에는 경년변화가 대단히 적은 안정한 서미스터를 공급할 수 있게 되었다.

한편 백금측온 저항체등에 비하여 소자호환성에 대한 사용가능 온도 범위가 −50℃ ~ +350℃로 비교적 넓은 이점이 있다. 그러나 시장에서의 강한 욕구에 의해 최근 450℃까지 실용에 견디는 서미스터가 개발되어 석유온풍난방기의 석유기화제어용이나 오븐렌지용 등에 쓰여지고 있다.

3.2 회로면에서의 장점

서미스터를 온도센서로 이용하는 제어회로면에서 보면 다음과 같은 장점 및 단점이 있다.

1) 강도를 높이기 위하여 시판하고 있는 간단한 AMP를 이용하여 제어회로가 구성된다.

2) 열전대와 같은 영접점이나 보상이 없이 자기가 열하여 사용하는 경우에도 온도보상을 간단히 할 수 있다.

3) 서미스터의 고유저항이 높기 때문에 도선저항을 무시하여도 온도 오차가 생기지 않는다. 따라서 원격 집중제어 관리가 가능하다.

4. 사용상의 주의점

서미스터를 온도센서로 이용하는 경우는 다음의 점에 주의할 필요가 있다.

1) 서미스터는 실온 ↔ 200℃의 HEAT SHOCK에도 대단히 잘 견디도록 만들어져 있지만 서미스터 COATING재가 GLASS인점과 서미스터에 경년변화를 가능한한 주지 않기 위하여 급격한 온도변화는 될 수 있는한 주지 않는 것이 좋다.

2) 서미스터의 통전전류는 열방산정수 K(mW/℃)의 1/10~1/1000의 전력이 되도록 인가한다 1/100 정도가 적당하다.

3) 이용회로의 절연불량이나 뇌유기, 오배선 등 서미스터에 과전류가 흐르면 서미스터가 파괴되어 사용할 수 없는 경우가 있기 때문에 과전류 인가에는 주의할 필요가 있다.

4) 측정개시는 열시정수 δ(s)의 5배 이상, 가능하면 7배 이상 경과하여 시작하는 것이 좋다.

5) 정도를 요구하기도 하고 서미스터의 경년변화를 겸한 SYSTEM에 사용하는 경우는 서미스터의 안정성을 강제노화 고온보관시험 등에서 TEST한 충분한 신뢰의 서미스터를 이용할 필요가 있다. 또. TRANSISTOR의 온도보상등에 많이 쓰여지고 있는 DISC형 서미스터 등은 특성의 경년변화가 다소 허용하는 시스템에 사용하는 경우에는 차이가 없지만 온도계측용으로서 만들어진 것은 없기 때문에 정도를 요구하는 온도센서로 사용하는 것은 가능한 피하고 정밀급을 필요로 하는 경우는 R은 ±1%에 B는 ±1%급의 초정밀 센서용인 AT—THERMISTOR가 적당할 수 있겠으나 온도검출범위에 따라 서미스터의 종류와 정도를 선택할 필요가 있다.

6) 금속보호관의 내부에 넣어 사용하는 경우는 열LEAK에 따라 온도오차를 방지하기 위해 수중의 경우엔 관경의 1.5배 이상 기체중에서는 25배 이상의 깊이에 넣어 측정하는 것이 좋다.

7) LEAD선간이나 절연체 표면에 결로에 따른 수증기나 먼지 또는 이온화 물질이 부착되면 서미스터 저항이 떨어지기도 하고 불안정하게 되어 측정오차를 발생시키기 때문에 충분히 건조시켜 내습, 절연처리를 하여 사용할 필요가 있다.

5. 서미스터 2차 가공상의 주의

서미스터를 온도센서로 이용하는 경우 그 용도에 따라서 각종의 형상으로 가공시키며 가공상 특히 주의하지 않으면 안되는 점을 소개한다.

1) 서미스터의 COATING GLASS나 LEAD선의 열팽창계수에 맞는 피복재료를 이용하고 특히 접착력에 강한 탄력성이 없는 재료를 이용하는 경우는 주의를 요한다.

2) 결로나 호흡작용에 따른 수분증기 침입에 대한 내습처리를 실시할 것

3) 요구하는 응답속도에 따라서, 열전달율이 좋고 나쁨에 대해 피복재료를 나누어 사용할 것

4) 사용하는 소재 전체에 대하여 내열성, 내한성

등의 내환경성이나 위생법 등을 고려할 것.

5) 개발 방향

a) 고정도화

b) 호환화

c) 저가격화

d) 사용온도 범위의 확대

e) WIDE-RANGE화

6. R을 이용한 마이콤과의 MATCHIG 방법

다음 기회에 응용기술에 대해서 상세 설명키로 하고 이번에는 간단히 기본적 회로에 대해서만 알아보기로 하겠다. (그림2)

서미스터의 온도변화에 의해 저항(R)과 분합되어 전압으로 마이콤의 아나로그 입력(AD)에 인가되고 이 인가된 전압에 의해 온도를 판별한다.

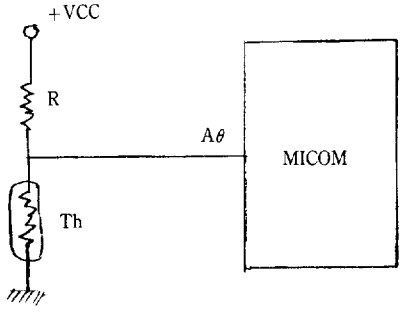

그림 2. R을 이용한 마이콤과의 매칭방법

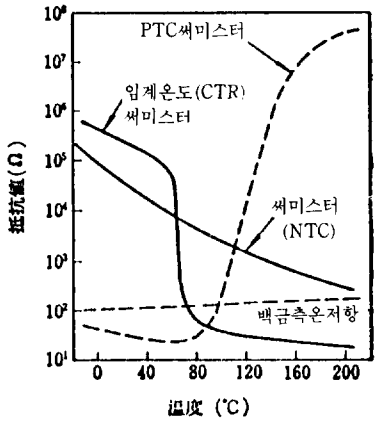

그림 3. 서미스터의 저항—온도특성

7. 서미스터의 저항—온도특성(그림3)

1) NTC THERMISTOR

2) PTC THERMISTOR

3) 임계온도 THERMISTOR(CTR)

4) 백금측온 저항체

8. 서미스터의 역사

서미스터의 역사는 오래되었다. 1934년 M. FARADY의 Ag_2의 측정이 처음이었고 1938년경에는 독일에서 DuD—Du_2D계, U_2O_8계 등이 항공계기의 온도보상등에 사용되었다. 오늘날의 서미스터는 1941년 BELL연구소의 PEASON이라고 불리는 Mn—Ni계 산화물 복합소결체의 개발이 시초다. 그후 1950년대 들어서 개량되었고 1948년의 트랜지스터 발명에 따라 수요증대와 함께 제조기술 및 성능의 비약적인 향상을 보였다.

9. 서미스터의 현황 및 개발방향

9.1 생산

현재 우리나라에서 서미스터의 소자생산은 DISC형 정도의 기초적인 기술수준의 소자가 생산되고 있으며 그외 특수한 종류의 서미스터는 거의 일본등지로부터 소자를 수입하여 국내에서 ASM을 하는 정도의 수준이기는 하나 ASM 제조과정에서의 나름대로 기술축적이 필요하여 ASM 상태에서의 국산화율을 비율로 본다면 종류에 따라 다르겠지만 높은편이라 할 수 있겠다.

가까운 일본의 경우를 보면 약 70%가 NTC이고 약 30%가 PTC를 생산하고 있으나 이중에서 DISC형이 가장 많이 생산되고 있다. 어려움이라면 소량다품종으로서 100% 주문자 요구의 형상, 칫수에 맞도록 ASSY를 수작업 해야 하기 때문에 ASM작업은 소규모 형태의 업종에 알맞는 품목이라 하겠다.

9.2 적용범위

현재는 서미스터의 적용범위가 널리 확대되어 공

조기 가전기기 산업용기기, 항공기기, OA기기, 의료기기, 주방기기, FA 등 많은 분야에 적용이 확대되어 가고 있다.

9.3 장래성

모든 기기의 전자화, 고도화, 반도체화, 자동화, 편리성화 되고 있는 추세에 따라, 서미스터 센서의 응용분야는 더욱더 넓어지고 다양해지며 이것으로 인한 수요도 크게 증대될 전망이다.

9.4 개발의 방향

현재까지 소자수입을 해와서 ASM만을 하는 과정에서도 아직 고정도를 요하는 종류의 센서는 아직 ASM상태로 수입사용하는 예도 있어 ASM과정의 기술축적을 바탕으로 소자개발에 박차를 가하는 등 온도범위 확대, 특히 고온화, 호환성, 안전성 COST DOWN 기능화 등의 연구과제가 많다.