

ÉRZÉKELŐK I

Dr. Pődör Bálint

Óbudai Egyetem KVK Mikroelektronikai és Technológia Intézet

5. ELŐADÁS: HŐMÉRÉSÉKLETERZÉKELŐK II



2010/2011 tanév 2. félév

1

HŐMÉRÉSÉKLET MÉRÉS ÉS ÉRZÉKELÉS

A hőmérséklet villamos jellel való átalakításának, és így a hőmérsékletnek elektromos úton való érzékelésének és mérésének három klasszikus eszköze

- a termelem,
- az ellenállás-hőmérő
- és a termisztor.



A hőmérséklet az iparban a leggyakrabban mért paraméter, és a termelem az egyik legfontosabb hőmérsékletérzékelő. A termoelemek (hőelemek) működésének alapja a termoelektromos (Seebeck-) effektus.

3

5. ELŐADÁS

1. Termoelektromos effektusok, termoelemek
2. (Fém) ellenállás-hőmérők
3. Szilícium ellenálláshőmérő
4. Termisztorok
5. Félvezető (pn-átmenetes) hőmérsékletérzékelők

2

TERMoeLEKTROMOS EFFEKTUSOK

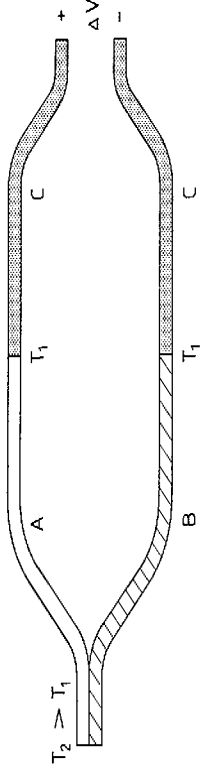
A termoelektromos mérőátalakítók – vagy az elterjedtebben használt elnevezésük szerint hőelemek – néhány termikus-elektromos energiaátalakítással kapcsolatos fizikai hatáson alakulnak. Ezek az alábbiak

- Seebeck –effektus,
- Peltier-effektus,
- Thomson- effektus.

A fenti effektusok általában együttesen érvényesülnek, ezek alapján jönnek létre az úgynevezett termofeszültségek, és lehetővé teszik a hőelemek készítését, használatát.

4

TERMOELEM – SEEBECK EFFEKTUS



- $\Delta V = \alpha_{AB} \Delta T$, α_{AB} a Seebeck állandó A és B anyag között
- Az AC és BC átmenetek hőmérséklete legyen azonos.
- A mért feszültség nem függ a vezeték alakjától
- Hőmérsékletkülönbségek mérésére alkalmas
- A termoelem bármely két különböző fém vagy félvezető villamos érintkeztetésével kialakítható.

Thomas Johann Seebeck (1770-1831) német fizikus

A SEEBECK EFFEKTUS

Seebeck-együtthatók tipikus értékei

Fémek néhány $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ – néhányszor $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$

Félvezetők néhányszor $100 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$

Néhány fém termoelektromos feszültségóra (pozitívtól a negatív felé):

Sc, Sb, Fe, Sn, Cu, Ag, Au, Zn, Pb, Hg, Pt, Ni, Bi

Termoelem: érintkezés pont melegítésekor az az ág lesz pozitív a másikhoz képest, mely a sorban előbb van. A keletkező termofeszültségek egyértelmű meghatározására a platínát (Pt) tekintik alapfémnek. A relatív skálán a Pt termofeszültsége 0 V. A termoelem érzékenysége annál nagyobb minél távolabb helyezkedik el a két alkotó fém a termoelektromos feszültség sorban.

7

A SEEBECK EFFEKTUS

Ha az érintkezési pont (ún. melegpont) hőmérséklete (T_1) a szabad végek hőmérsékletétől (T_0) eltér, akkor azok között ún. termofeszültség vagy Seebeck-feszültség (U_S) mérhető

$$U_S = (\alpha_A - \alpha_B) (T_1 - T_0) = \alpha_{AB} (T_1 - T_0)$$

α_A és α_B a Seebeck együtthatók az anyagpárra jellemző termoelektromos együttható

A Seebeck-együtthatók az anyagok sávszerkezetének (elektron szerkezetének) és a töltéshordozók transzport-mechanizmusának függvényei

6

PELTIER-EFFEKTUS

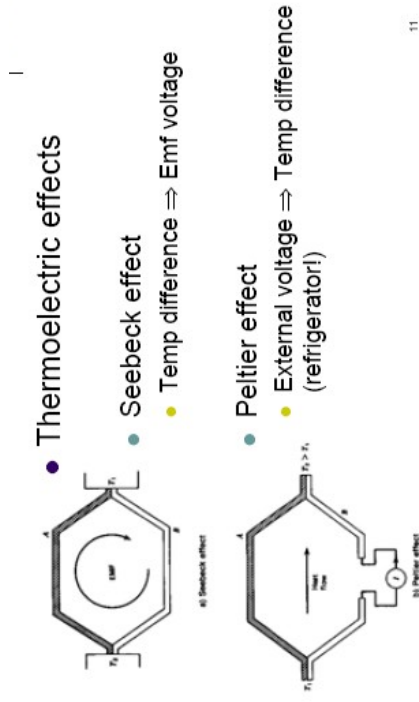
A Peltier hatás a hőnek villamos energiává vagy viszont való átalakulása két vezető érintkezésénél. A két különböző anyagú vezető végeiket összekötve (forrasztva, hegesztve, vagy fémesen összesajtolva), ha áram folyik rajtuk, akkor az egyik kötési pont melegszik, a másik hűl, illetve a fordított folyamatban az egyik pont melegítése (vagy a másik hűtése) a hurkon áramot hajt keresztül.

$$Q = \pm I$$

Q – a kötés által felvett (vagy leadott) teljesítmény, W
I – az áramkörben folyó áram, A
± – az úgynevezett Peltier-tényező, V

8

SEEBECK- ÉS PELTIER EFFEKTUS

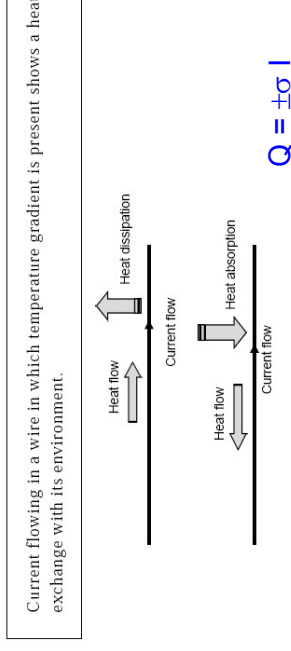


11

9

THOMSON EFFEKTUS

Ha az árammal átjárt homogén vezető mentén hőmérsékletváltozás is fellép, akkor a vezeték mentén hő válik ki, vagy nyelődik el



σ - Thomson tényező

10

KAPCSOLAT A TERMOELEKTROMOS JELENSÉGEK KÖZÖTT

Seebeck- gyűthető $S = \frac{dU_T}{dT}$

A Peltier- és a Seebeck-egyűthetők közötti összefüggés

$\neq S T$

A fenti két egyenletből adódik

$$U_T = \int_{T_1}^{T_2} \frac{\pi}{T} dT$$

11

TERMOELEM HŐÉRZÉKELŐ ÉS HŐMÉRŐ

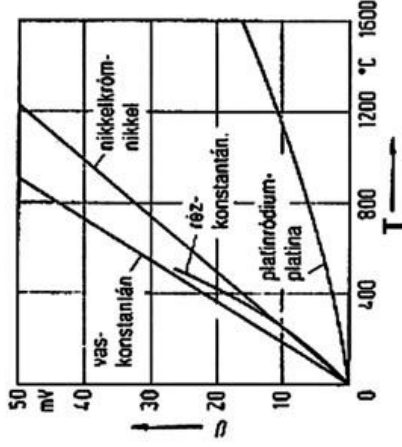
A gyakorlatban használt termoelemek szabványosítottak, számos (nemesfém és nem nemesfém alapú) típusuk terjedt el.

A hidegpont stabil hőmérséklete olvadó jég és víz elegyével biztosítható, vagy az ingadozásokat kiegyenlítő ún. kompenzátor elektronikát alkalmaznak.

Termoelem hőmérő/hőérzékelő előnyei:

- biztosítja a hőérzékelő kis hőkapacitását és kis sugárzási hibáját,
- a hőmérsékleti értékek regisztrálása könnyen megoldható,
- nehezen hozzáférhető helyen is alkalmazható.

SZABVÁNYOS ILLETVE GYAKORI HŐELEMPÁROK



Gyakrabban alkalmazott hőelempárok és a maximális mérés határ:

- Cu-Ko (réz-konstantán) kb. 500 °C (T típus),
- Fe-Ko (vas-konstantán) kb. 700 °C (J típus),
- NiCr-Ni (Nikkelkróm-nikkel) kb. 1000 °C és
- PtRh-Pt (platina-rhodium-platina) 1300 °C (korlátozottan 1600 °C) (S illetve R típus).

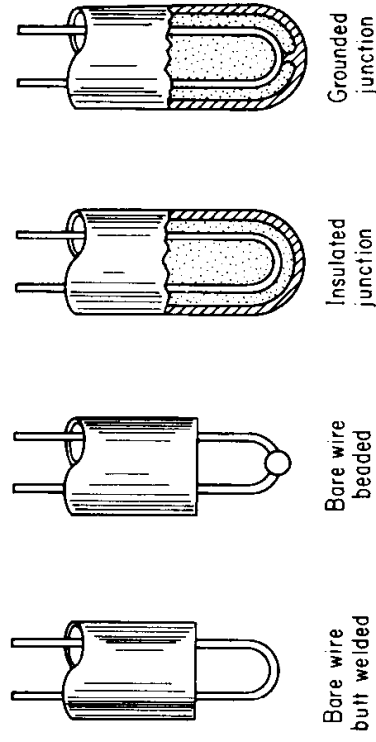
W-W26%Re 2800 °C-ig (G típus) ¹³

HŐELEMEK TÍPUSAI

típusa	Hőelem összetétele	mérés határ °C	U ₁₀₀ mV
T	réz-konstantán (Cu-CuNi)	-270 +400	4,30
J	vas-konstantán (Fe-CuNi)	-210 +1200	5,25
K	nikkelkróm-nikkel (NiCr-Ni)	-270 +1372	4,10
S	platinaródium-platina (Pt10Rh-Pt)	-50 +1769	0,645

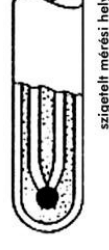
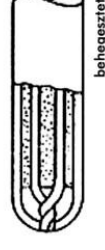
HŐELEMEK MEGVALÓSÍTÁSI FORMÁI

A gyakorlati megvalósítás két eltérő fém jó minőségű hegesztési pontjának létrehozása. Gyakori forma az ún. köpenyhőelem (termokoax).



KÖPENYHŐELEMEK

Ipari felhasználásoknál a hőelempárok huzaljait egymástól pl. kerámiagyűrűkkel elszigetelik és szabványos kivitelű tokba szerelik. A tok anyaga a mérendő közeg hőmérsékletéhez illeszkedik.



Rövid beállási idejű hőelemek a köpenyhőelemek. Ezeknél a szigetelés Al₂O₃ kerámia, ami egy nemesacél burkolatba van ágyazva. Az érzékelő külső mérete illeszkedik a mérési feladathoz, pl. nagyon kicsi átmérő, akár tűszerű érzékelő, vagy becsavarozható tok, pl. belső égésű motorok, vagy csapágyak figyelésére.

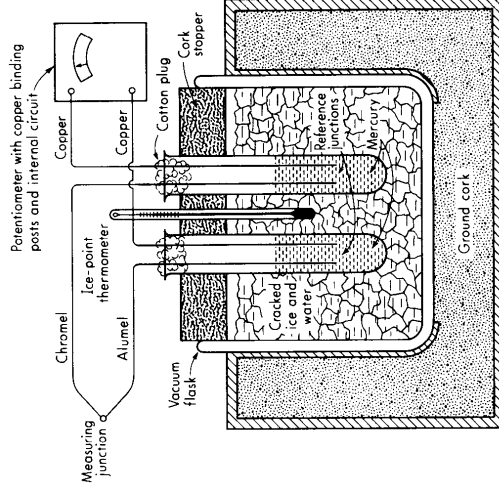
TERMOELEMEK A GYAKORLATBAN

Igen jó linearitás viszonylag széles hőmérsékleti tartományban, de az érzékenység kicsi.
Mérete kicsi, működése gyors. A hőelemhuzal ellenállása nem lényeges.
Pontosság (ipari/szabványos) típusok $\pm(1,5-2,5)$ °C.

A termoelemek típusait, a használható hőmérséklet-tartományokat és a termofeszültség-hőmérséklet táblázatokat nemzetközi szabványok rögzítik.

17

HIDEGPONT LABORATÓRIUMI MEGVALÓSÍTÁSA



19

TERMOELEMEK ALKALMAZÁSA

A kivezetések, illetve a hidegpont hőmérsékletét stabilizálni kell. Ma is az olvadó jég a legjobb módszer.

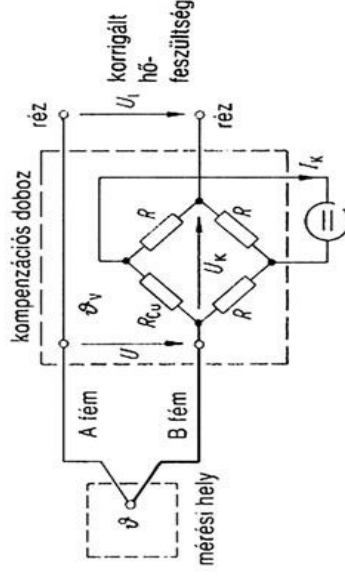
Elektronikus hidegpontstabilizálás. PI. termosztát 50 °C-ra.

Hidegpontkompenzációs elektronikus referenciaáramkörrel.

Magasabb hőmérsékletek mérésénél feladat és ha mérési pontosságra nem tartanak igényt, referenciahőmérséklet lehet a környezeti hőmérséklet (szobahőmérséklet) is, ilyenkor a kompenzátor el is maradhat.

18

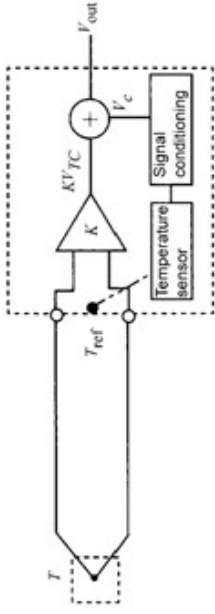
HIDEGPONT KOMPENZÁLÁS



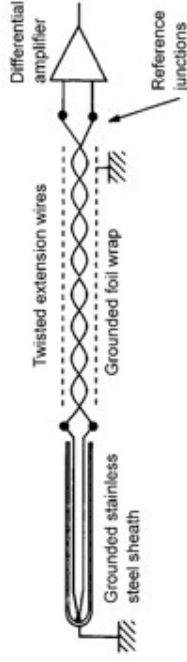
A hőmérsékletet a hídban elhelyezett R_{Cu} réz ellenállás-hőmérő érzékeli így a híd U_k kompenzációs feszültséget szolgáltat, mely a mért termofeszültséghez hozzáadódva kompenzálja az összehasonlító hely hőmérsékletváltozását.

20

HIDEGPONT KOMPENZÁCIÓ



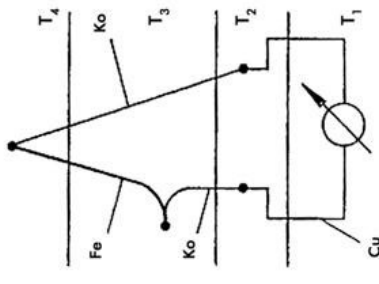
1. Szabályozott hőmérsékletű fémblokk.
2. Referencia (hidegpont vagy jégpont) kompenzáló áramkörök.
3. Szoftveres kompenzáció.



21

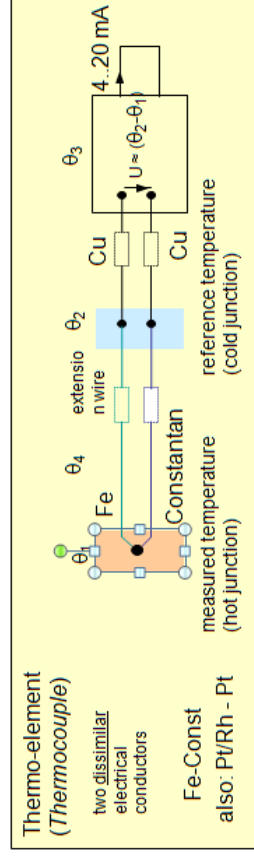
KONTAKTPOTENCIÁLOK KIEGYENLÍTÉSE

Nehézséget jelenthet, ha a termoelem jelét nagy távolságra kell eljuttatni. A vezeték saját ellenállása és az esetleges toldások kontaktpotenciálja jelentős mérési hibákat okozhat.



A T_3 hidegponton Fe-Ko forrasztási ponttal ellentétesen kapcsolt Ko-Fe forrasztási pont helyezkedik el, az itt keletkező termofeszültség levonódik a mérőpontban keletkező feszültségből. Ekkor az indikátor forrasztási pontnál keletkezett Ko-Cu és Cu-Ko hőelemek termofeszültségei egymást kiegyenlítik.

TERMOELEM TÁVADÓVAL



Thermo-element
(Thermocouple)

two dissimilar
electrical
conductors

Fe-Const
also: Pt/Rh - Pt

23

TERVEZÉSI PÉLDA

J-típus: Fe-CuNi
(vas-konstantán)

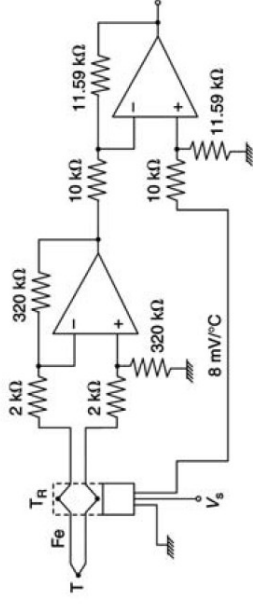
Want a system to have output 2.00 V at 200°C. Use type J thermocouple, and solid-state temp sensor, whose output voltage varies 8 mV/°C, for reference temp correction.

- $V_{J0}(200^\circ\text{C}) = 10.78 \text{ mV}$
- Gain = $2.00 \text{ V} / 10.78 \text{ mV} = 185.5$
- TC sensitivity $\approx 50 \text{ uV}/^\circ\text{C}$
 - Smaller than the sensor ($8 \text{ mV}/^\circ\text{C} / (50 \text{ uV}/^\circ\text{C}) = 160$ times)
- $V_{\text{out}} = 185.5(V_{\text{TC}} + V_C/160) = 1.159(160V_{\text{TC}} + V_C) \dots$

24

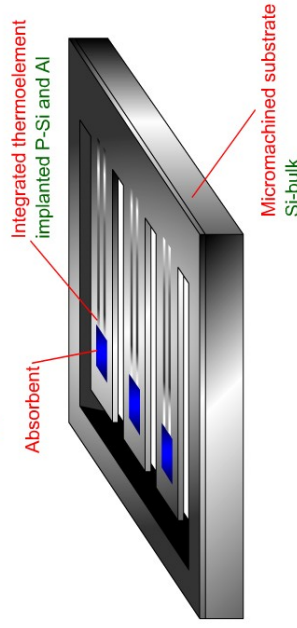
TERVEZÉSI PÉLDA

- $V_{out} = 1.159(160V_{TC} + V_C)$



25

INTEGRÁLT TERMOELEM

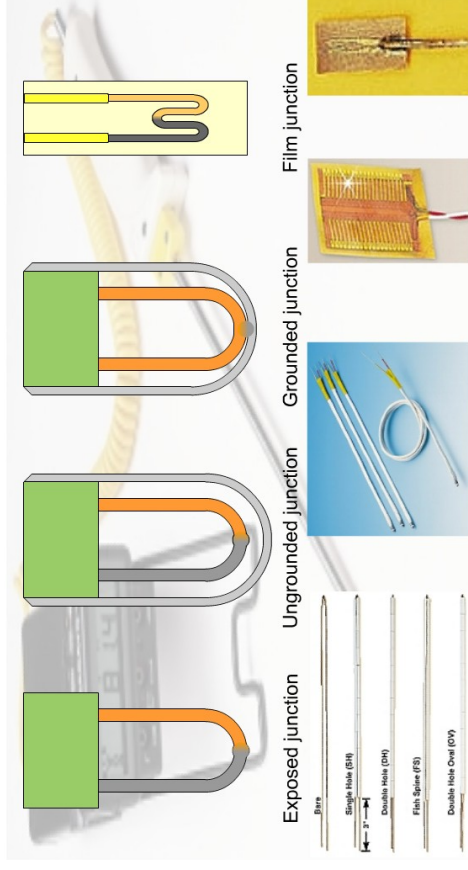


Termoelem: Al-Si(p), több elem sorba kötve (termoszlop).
Si MEMS konzol: hőszigetelés.

Abszorbens réteg: sugárzás (IR) abszorpció.
Az eszköz (IR) sugárzás mérésére alkalmas.

27

GYAKORLATI PÉLDÁK



26

ELLENÁLLÁS-HŐMÉRŐK ÉS ÉRZÉKELŐK

Fizikai mechanizmus:

A hőmérsékletváltozás hatására a vezetőkben, illetve a félvezetőkben megváltozik a töltéshordozók koncentrációja és/vagy mozgékonyasága.

Az ellenállás-hőmérők működése a tiszta fémek fajlagos ellenállásának viszonylag nagymértékű és – korlátozott tartományokban – jó közelítéssel lineáris hőfokfüggésén alapszik.

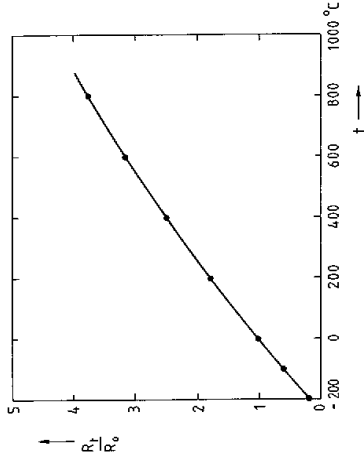
$$\rho = \rho_0 + \Delta\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta T)$$

$$TK = \alpha = \Delta\rho / \rho_0 \Delta T$$

Fémek $\alpha = (4...7) \times 10^{-3} / K$

28

TISZTA FÉM ELLENÁLLÁS- HŐMÉRSÉKLET GÖRBÉJE



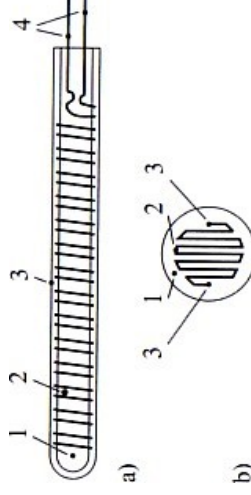
Platina (Pt) fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggése

29

ELLENÁLLÁS-HŐMÉRŐK

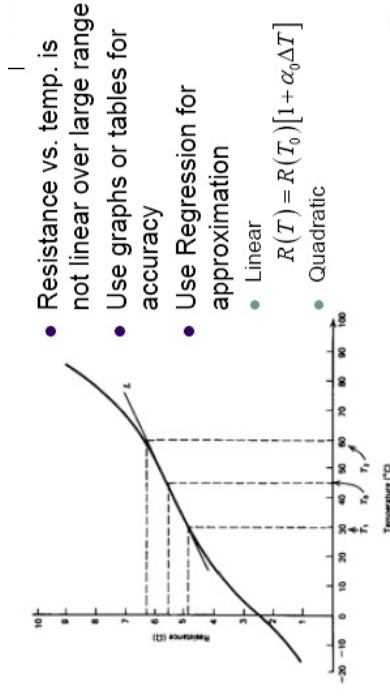
Ellenállás-hőmérőnek szinte minden tiszta fém alkalmas.
A gyakorlatban a Pt, Ni és a Cu terjedt el.

Kivitel: huzaltekerceslés, valamint vékony- és vastagréteg technológia



31

ELLENÁLLÁS-HŐMÉRSÉKLET GÖRBE



- Resistance vs. temp. is not linear over large range
- Use graphs or tables for accuracy
- Use Regression for approximation
- Linear
- Quadratic

$$R(T) = R(T_0)[1 + \alpha_0 \Delta T]$$

30

ELLENÁLLÁS-HŐMÉRŐK

Pt – magasabb hőmérsékletek
Ni – alacsony és közepes hőmérsékletek
Cu – szobahőmérsékletek környezete

Ellenállás típus	Ajánlott T tartomány (°C)	Érzékenységi ppm/°C (0 °C)
Réz	-50...150	4300
Nikkel	-60...180	6810
Platina (USA)	-220...850	3925
Platina (EU)	-220...850	3850
Platina (speciális)	-250...1000	3850

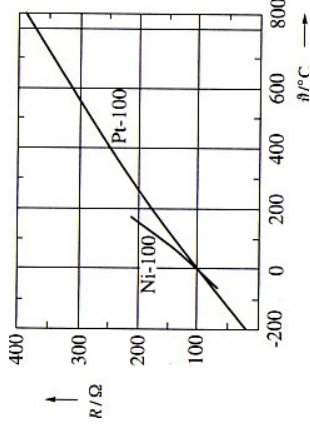
Szabványos alapérték (°C) legközelebbi 100 ohm

32

ELLENÁLLÁS-HŐMÉRŐK

Előnyei:
Pontos
T-t mér (nem ØT-t)

Hátrányai:
Korlátozott T-tartomány
Önfűtés
Nagy, lassú
Hozzávezetések ellenállása
(3- vagy 4-vezetékes mérés



33

Resistance-Temperature Detectors (RTD)

- Signal Conditioning
 - Bridge circuit
 - Dissipation constant (P_D)
 - Temp rise from Self heating

$$\Delta T = \frac{P}{P_D}$$

- Example:
 - PT-100 has a resistance of 100 ohms at 0 °C and 138.4 ohms at 100 °C (0.384 Ω/°C sensitivity), price > 1,200 Bath

7

35

Resistance-Temperature Detectors (RTD)

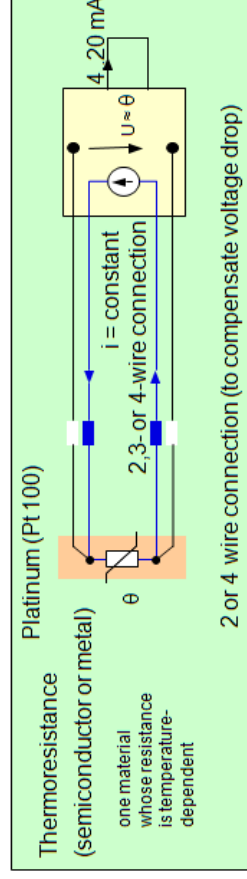
- Metals
 - Platinum – repeatable, expensive
 - Nickel – less repeatable, less expensive
- Sensitivity
 - ~0.4 Ω/°C for platinum
 - ~0.5 Ω/°C for nickel
- Range
 - -100 to 650°C for platinum
 - -180 to 300°C for nickel



Pt – magasabb hőmérsékletek
Ni – alacsony és közepes hőmérsékletek
Cu – szobahőmérsékletek környezete

34

ELLENÁLLÁSHŐMÉRŐ TÁVADÓVAL



36

RÉTEGTECHNOLÓGIÁVAL MEGVALÓSÍTOTT HŐMÉRSEKLETÉRZÉKELŐK

Termoelemek:

- Vékonyréteg termoelem:
 - A megvalósításból adódóan a beállási idő akár 1 e-6 s is lehet
- Vastagréteg termoelem:
 - Nem túl jó linearitás
 - Kis érzékenység

• Vékony és vastagréteg termoelemek hátránya:

Hozzávetések megvalósítása nehéz

37

RÉTEGTECHNOLÓGIÁVAL MEGVALÓSÍTOTT HŐMÉRSEKLETÉRZÉKELŐK

Szabványosítható rétegelLENÁLLÁS-HŐMÉRŐK megvalósításának nehézségei:

- hordozó hőtágulása módosítja TK-t (szabványos TK biztosítása nehéz)
- ilyen hatása van a vastagréteg pasztáknál alkalmazott tapadásjavító adalékoknak
- ilyen hatása van a vékonyréteg alatt alkalmazott tapadásjavító beötívöződésének
- vastagrétegnél probléma a négyzetes ellenállás kis értéke, ami miatt csak meanderrel, nagy méretben lehet elegendően nagy ellenállásértéket elérni
- vastagrétegnél csak pozitív TK valósítható meg

RÉTEGTECHNOLÓGIÁVAL MEGVALÓSÍTOTT HŐMÉRSEKLETÉRZÉKELŐK

Vékonyréteg ellenállás-hőmérők:

- Pt, Ni, Cu alapanyag
- Hordozó: üveg, vagy zománczott kerámia (tapadásjavító réteg: Cr)

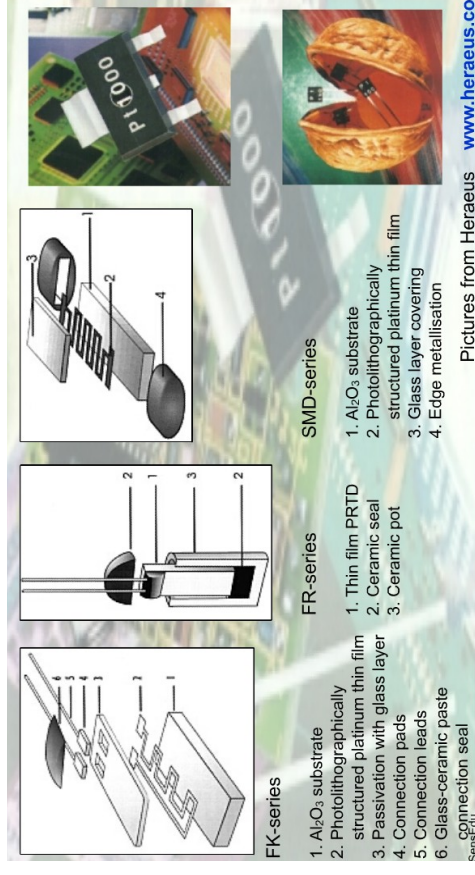
• TK-t befolyásolja:

- rétegvastagság
- szennyezőanyag tartalom
- hordozó anyaga és felületi érdessége
- ellenállásötvet sztochiometriai összetétele
- a rétegleválasztás körülményei
- rétegleválasztást követő hőkezelés



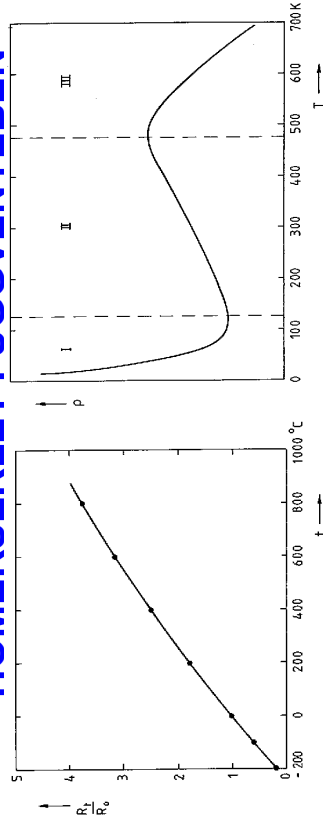
38

GYAKORLATI PÉLDÁK



40

FAJLAGOS ELLENÁLLÁS A HŐMÉRSÉKLET FÜGGVÉNYÉBEN



Bal oldalon a platina fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggése

Jobb oldalon n típusú Si hőmérsékletfüggése. A II. tartomány használható szenzorban.

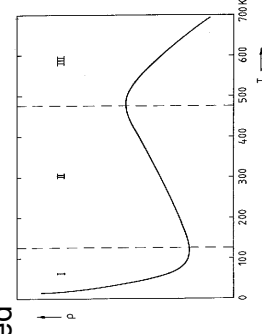
41

FÉLVEZETŐ (Si) ELLENÁLLÁS HŐMÉRSÉKLETÉRZÉKELŐ (SILISTOR)

FÉLVEZETŐK TULAJDONSÁGAI

Dependence upon temperature separated in 3 ranges:

- Below 150K: « freeze out » region, influence of impurities is small (reduction of ionisation)
- Between 200K and 500K: doping effects exert maximum influence (positive temperature coefficient of resistance)
- Over 600K: doped materials behave as intrinsic materials



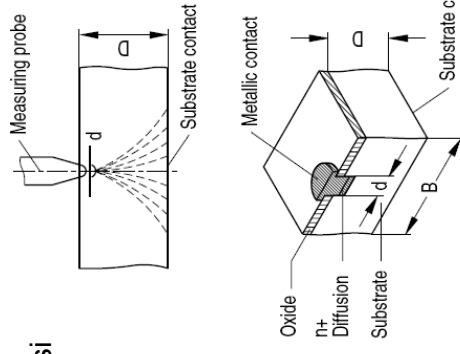
43

Si ELLENÁLLÁS-HŐMÉRŐ

A Si ellenállás-hőmérő a terjedési ellenállás mérésén alapul. Terjedési ellenállás (**spreading resistance**)

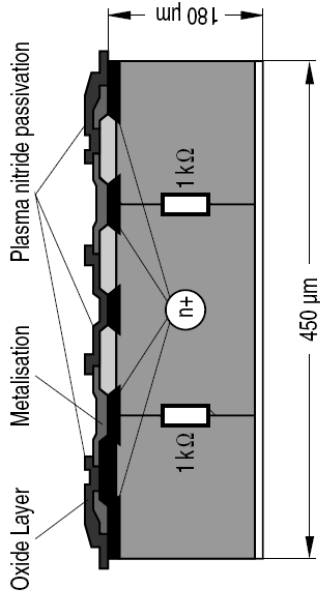
$$R = \frac{\rho}{\pi d} \neq d$$

Ha d elég kicsi, az eredmény nem függ a Si lapka méreteitől.



44

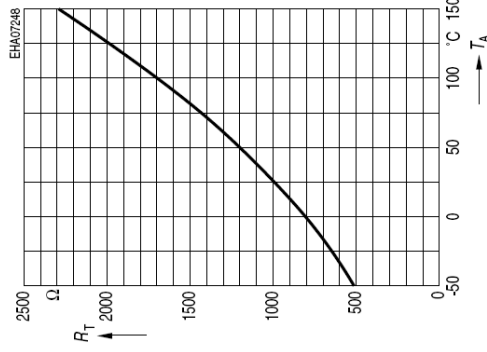
SI ELLENÁLLÁS-HŐMÉRŐ



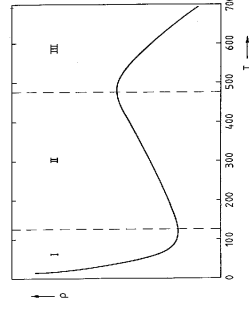
A Siemens KTY Si ellenállás-hőmérő chip keresztmetszete.
 $\rho = 7 \text{ ohmcm}$, $d = 22 \text{ }\mu\text{m}$, $R = 2 \times 1000 = 2000 \text{ ohm}$.

SI R-T KARAKTERISZTIKA

Sensor Resistance $R_T = k_T \times R_{25} = f(T_A)$
 $I_B = 1 \text{ mA}$; Example: $R_{25} = 1000 \text{ }\Omega$



Si ellenállás-hőmérő jelleggöbéje



Gyengén/közepesen adalékolt Si fajlagos ellenállása a hőmérséklet függvényében.

General Technical Data: KT- and KTY-Series Temperature Sensors

These temperature sensors are designed for the measurement, control and regulation of air, gases and liquids within the temperature range of -50°C to $+150^\circ\text{C}$. The temperature sensing element is an n-conducting silicon crystal in planar technology. The gentle curvature of the characteristic, $R_T = f(T_A)$, is described as a regression parabola in the following expressions.

The resistance of the sensor can be calculated for various temperatures from the following second order equation, valid over the temperature range -30°C to $+130^\circ\text{C}$.

$$R_T = R_{25} \times (1 + \alpha \times \Delta T_A + \beta \times \Delta T_A^2) = f(T_A)$$

with: $\alpha = 7.88 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$; $\beta = 1.937 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-2}$

The temperature factor k_T can be derived from this:

$$k_T = \frac{R_T}{R_{25}} = 1 + \alpha \times \Delta T_A + \beta \times \Delta T_A^2 = f(T_A)$$

The temperature at the sensor can be calculated from the change in the sensors resistance from the following equation, which approximates the characteristic curve.

$$T = \left(25 + \frac{\sqrt{\alpha^2 - 4 \times \beta \times (k_T - \alpha)}}{2 \times \beta} \right) \text{ } ^\circ\text{C}$$

SI R-T KARAKTERISZTIKA

enyhén görbült jelleggörbe, pozitív hőmérsékleti egyűththató, kb. kétszer akkora, mint a platináé

$$R(T) = R_0 [1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2]$$

$T_0 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ -on
 $\alpha = 7,8 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
 $\beta = 18,4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-2}$

$150 \text{ } ^\circ\text{C}$ -nál nagyobb hőmérsékleten szabad töltéshordozók képződnek, vezetővé válik, az ellenállás lecsökken és az érzékelés nem marad egyértelmű.

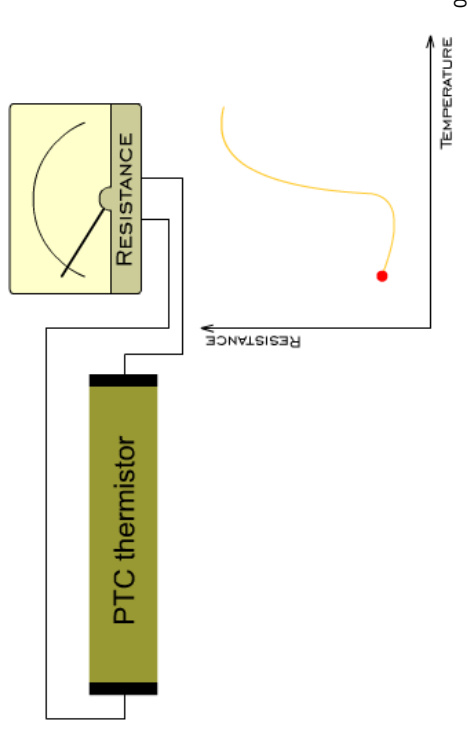
TERMISZTOROK

A termisztorok olyan ellenállások, amelyek hőmérsékleti tényezője (TK) a szokásos fémek illetve normál áramkörti ellenállások hőmérsékleti tényezőjéhez képest nagyságrendekkel nagyobb. A termisztor ellenállás hőmérsékleti tényezője nagy és általában negatív, de van pozitív együtthatójú típus is.

Elnevezések: negatív TK, NTC termisztor vagy melegen vezető, illetve pozitív TK, PTC termisztor, vagy hidegen vezető.

49

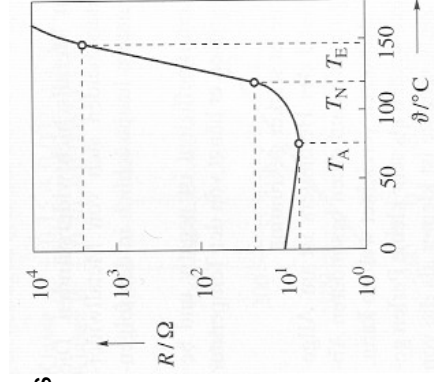
PTC TERMISZTOR



PTC TERMISZTOR

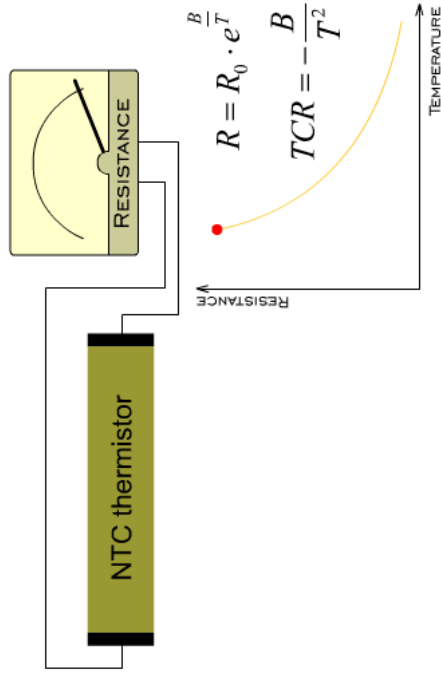
PTC-ellenállások anyag: félvezető ferroelektromos anyag, pl. báriumtitanát hideg állapotban az ellenállás viszonylag kicsi és negatív együtthatójú.

Az anyagösszetételétől függő Curie-hőmérsékleten az egyes kristallitok egységes polaritása megszűnik, ez egy keskeny hőmérsékleti tartományban az ellenállás exponenciális növekedéséhez és pozitív hőmérsékleti együtthatóhoz vezet.



51

NTC TERMISZTOR



52

OXIDTERMISZTOROK

Az NTC termisztorok alapanyaga félvezető tulajdonságú fémoxidok (MnO, NiO, stb.) Az oxidtermisztorok olyan fémoxidokból készülnek, amelyeknek nagy a hőmérsékleti együtthatójuk (félvezető tulajdonság!), ellenállásuk stabil, és gyártásuk jól reprodukálható. Kedvező tulajdonsággal rendelkeznek a keverék oxidok, mint pl. a TiO₂+MnO, vagy a Mn₂O₃+NiO+CoO keverékek. A nagyobb hőkapacitású és szélesebb hőmérséklettartományban alkalmazható termisztorok grammnyi tömegűek is lehetnek, míg a gyöngy-, fólia-, szál-, stb. termisztorok tömege miniatűr változatban néhány mg is lehet.

53

TERMISZTOROK KARAKTERISZTIKÁI

A termisztorok ellenállás-hőmérséklet jelleggörbét széles hőmérsékleti tartományban igen jó közelítéssel az alábbi egyenlet írja le

$$R(T) = A \exp(B/T)$$

más alakban

$$R(T) = R_0 \exp(B(1/T - 1/T_0))$$

T - hőmérséklet az abszolút (Kelvin) skálán,

T [K] = 273,16 + t [°C],

A [ohm] és B [K] - termisztorra jellemző állandók. Tipikusan

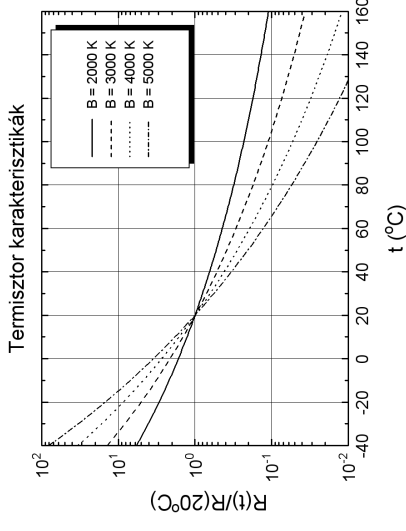
B = 1000...5000 K.

A karakterisztika másik, az előzővel ekvivalens alakjában T₀

a referencia hőmérséklet (legtöbbször +20 °C vagy 0 °C) és

R₀ a termisztor ellenállása ezen referencia hőmérsékleten⁶⁵

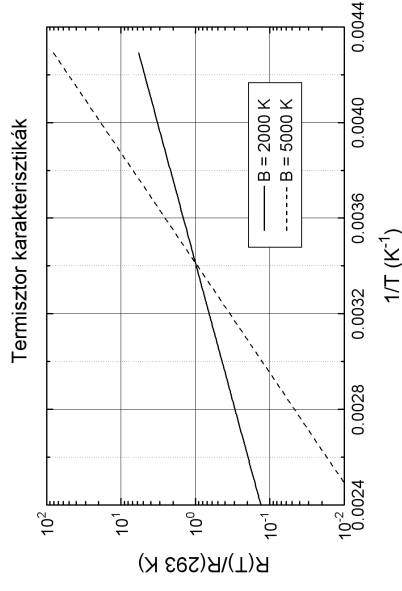
TERMISZTOROK KARAKTERISZTIKI



$$R(T) = A \exp(B/T)$$

54

TERMISZTOR KARAKTERISZTIKÁI

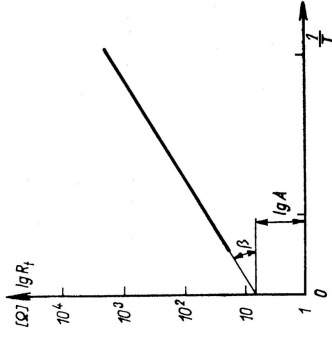


$$\ln R = \ln A + B/T$$

Az ellenállás logaritmusát az abszolút hőmérséklet reciproka függvényében ábrázolva a karakterisztika egyenes.

56

TERMISZTOR KARAKTERISZTIKÁI



Termisztor paramétereinek meghatározása mérések alapján

57

GYÁRTÁS

Same process for the two types of thermistor but different materials:

- PTC type based on barium titanate
- NTC type based on mixture of different powered oxides (Mn, Fe, Ni...)
- Properties depend on :
- The heat treatment temperature and atmosphere
- The manner they are annealed

Main parameters controlled by the composition of thermistors:

- For normal application (temperature between -50°C and $+200^{\circ}\text{C}$) : Mn and Ni
- Adding Co and Cu changes the resistivity (varies between 10 and $10^5 \Omega\text{cm}$) and also the B-coefficient (2580K to 4600K)

59

TERMISZTOR GYÁRTÁS

Manufacture and structure of thermistors:

- Production complicated:
- Ceramic manufacturing technology
- High pressure forming
- Sintering at temperatures up to 1000°C


Process:

- The thermistor is trimmed to adjust its resistance and metal coated
- Its connecting leads are attached
- It is encapsulated


58

Example of thermistors:

- Various structures for thermistor thermometers:

Bead: 



Rods: 

Chip/integrated circuit: 

60

VÉGE

61

62