

Sensorët dhe Interfejsët

Kapitulli 3 : Sensorët e Temperaturës

- Sensorët termorezistivë
- Sensorët termoelektrikë
- Sensorët e temperaturës të llojit PN
- Sensorët optikë dhe akustikë të temperaturës
- Sensorët dhe aktuatorët termo-mekanikë

Pak histori

- Matjet e tmeperaturës dhe termometrat
 - 1600 – termometrat (me zgjerim të ujit, merkur)
 - 1650 – përpjekjet e para për shkallëzim të temperaturës (Boyle)
 - 1700 – shkallë “standarde” të temperaturës (Magelotti, Renaldini, Newton) – nuk patën sukses
 - 1708 – Shkalla Farenheit (180 ndarje)
 - 1742 – Shkalla Celsius
 - 1848 – Shkalla Kelvin (bazuar në punën e Carnot-it për termodinamikë)
 - 1927 - IPTS - International Practical Temperature Scale

Më shumë histori - sensorët

- Sensorët e temperaturës janë sensorët më të vjetër
 - 1821 – Efekti Seebeck (Thomas Johann Seebeck)
 - 1826 – sensori i parë – një termoçift – i bazuar në efektin Seebeck (Antoine Cesar Becquerel)
 - 1834 – Efekti Peltier (Charles Athanase Peltier)
 - Celula e parë Peltier u ndërtua në vitet 1960-ta
 - U përdor për ftohje dhe për ngrohje
 - 1821 – Zbulimi i përçueshmërisë së varur nga temperatura (Sir Humphrey Davey)
 - 1871 - William Siemens ndërton sensorin e parë rezistiv nga platinumi

Sensorët e temperaturës – Shënime të përgjithshme

- Sensorët e temperaturës janë relativisht të thjeshtë
 - Termoçiftet – çfarëdo çift i dy materialeve të ndryshme, të salduara së bashku në njërin skaj dhe të lidhur për një mikro-voltmetër
 - Celula Peltier – çdo termoçift i lidhur për një burim dc
 - Sensori rezistiv – një gjatësi e përçuesit e lidhur për një ohmmeter
 - Më tepër:
 - Disa sensorë të temperaturës mund të veprojnë edhe si aktuatorë
 - Mund të përdoren prë të matur madhësi të ndryshme (rrezatim elektromagnetik, shpejtësi të ajrit, rrjedhën, etj.)
 - Disa sensorë të ri janë të bazuar në gjysmpërçues

Sensorët e temperaturës - llojet

- Sensorët termoelektrikë
 - Termoçiftet dhe termoelementet
 - Celulat Peltier (të përdorura si aktuatorë por edhe si sensorë)
- Sensorët dhe aktuatorët termorezistivë
 - Sensorë dhe aktuatorë të bazuar në përçues (RTD – Resistance Temperature Detectors)
 - Sensorët e bazuar në gjysmëpërçues – termistorët, diodat
- Sensorët me bashkim gjysmëpërçuesish
- Tjerë
 - Bazuar në efekte sekondare (shpejtësia e zërit, faza e dritës)
 - Ndjeshmëri indirekte (termometrat infra të kuq – kapitulli 4)
 - Zgjerimi i metaleve, bimetaleve

Aktuatorët termikë

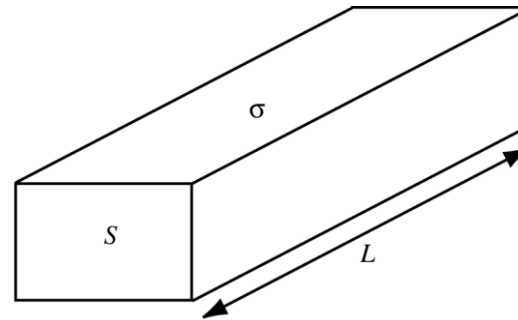
- Një klasë e plotë e aktuatorëve termikë
 - Aktuatorët bimetal
 - Aktuatorët e zgjerimit
 - Ekranet termike
 - Ndonjëherë ndjeshmëria dhe vënia në veprim kombinohen në një pajisje të vetme

Sensorët termorezistivë

- Dy lloje themelore:
 - Resistive Temperature Detector (RTD)
 - Tel metalik
 - Cipë e hollë
 - Bazuar në silic
 - Termistorët (**Thermal Resistor**)
 - NTC (Negative Temperature Coefficient)
 - PTC (Positive Temperature Coefficient)

Efekti termorezistiv

- Përçueshmëria varet nga temperatura
- Përçuesit dhe gjysmëpërçuesit
- Rezistenca matet, të gjitha parametrat tjerë duhet të jenë konstantë.



$$R = \frac{L}{\sigma S}$$

Efekti termorezistiv (vazhd.)

- Rezistenca e gjatësisë së përçuesit

$$R = \frac{L}{\sigma S}$$

- Përçueshmëria:

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{1 + \alpha[T - T_0]}$$

- Rezistenca si funksion i temperaturës:

$$R(T) = \frac{L}{\sigma_0 S} (1 + \alpha[T - T_0])$$

- α – Koeficienti temperaturor i rezistencës (Temperature Coefficient of Resistance -TCR) [C⁻¹]

Efekti termorezistiv (vazhd.)

- T është temperatura [$^{\circ}\text{C}$]
- σ_0 është përçueshmëria e përçuesit në temperaturën referente T_0 .
- T_0 zakonisht jepet në 20°C por mund jepen edhe në temperatura tjera nëse e nevojshme.
- α_{T_0} - Temperature Coefficient of Resistance (TCR) [C^{-1}] në T_0

Shembull

- Bakri: $\sigma_0 = 5.9 \times 10^7 \text{ S/m}$, $\alpha = 0.0039 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ në $T_0 = 20^\circ\text{C}$.
Përçuesi me seksion: 0.1 mm^2 , gjatësi $L = 1\text{m}$,
- Ndryshimi në rezistencë prej $6.61 \times 10^{-5} \text{ } \Omega/^\circ\text{C}$ dhe rezistencë bazë prej $0.017 \text{ } \Omega$ në 20°C
- Ndryshim prej 0.38% për $^\circ\text{C}$.
- Përfundimet nga ky shembull:
 - Ndryshimi në rezistencë mund të matet
 - Rezistenca bazë duhet të jetë e madhe – përçues të gjatë dhe/ose të hollë apo të dyjat
 - Materiale tjera mund të përdoren

Koeficienti Temperaturor i Rezistencës

Material	Conductivity σ [S/m]	Temperature Coefficient of Resistance (TCR) C^{-1}
Copper (Cu)	$5.7-5.9 \times 10^7$	0.0039
Carbon (C)	3.0×10^5	-0.0005
Constantan (60%Cu,40%Ni)	2.0×10^6	0.00001
Cromium (Cr)	5.6×10^6	0.0059
Germanium (Ge)	2.2	-0.05
Gold (Au)	4.1×10^7	0.0034
Iron (Fe)	1.0×10^7	0.0065
Mercury (Hg)	1.0×10^6	0.00089
Nichrome (NiCr)	1.0×10^6	0.0004
Nickel (Ni)	1.15×10^7	0.0069
Platinum (Pl)	9.4×10^6	0.01042
Silicon (Si) (pure)	4.35×10^{-6}	-0.07
Silver (Ag)	6.1×10^7	0.0016
Titanium (Ti)	1.8×10^6	0.042
Tungsten (W)	1.8×10^7	0.0056
Zinc (Zn)	1.76×10^7	0.0059
Aluminum (Al)	3.6×10^7	0.0043

Note: Instead of conductivity σ [S/m], some sources list resistivity ρ , measured in ohm.meter $\rho = 1/\sigma$ [Ωm]. $1S/m=1/\Omega m$

Konsideratat tjera

- Tendosja apo tërheqja në përques do të ndikojë në rezistencë
- Tendosja e përquesit, ndryshon gjatësinë dhe sipërfaqjen e prerjes tërheqore të tij (vëllimi konstant)
 - Ka efekt plotësisht të njëjtë në rezistencë si ndryshimi i temperaturës.
 - Rritja në tërheqje të përquesit e rritë rezistencën e përquesit (matësi i tendosjes)
- Rezistenca duhet të jetë relativisht e lartë (25Ω e më tepër)

Ndërtimi - përqyesi RTD

- Një bobinë (çikrik)
 - E ngjashme me elementet e nxehjes
 - Përqyes uniform
 - Kimikisht dhe dimensionalisht stabilë në brez të ndjeshmërisë
 - Ndërtohen të hollë ($<0.1\text{mm}$) për rezistencë të lartë
- Çikriku është i sforcuar nga xhami (pyrex) apo silikat
 - E ngjashme si elementi nxehës i tharëses së flokëve
 - Mundëson tendosje minimale dhe lejon përhapje termike
 - Sensorë më të vegjël mund të mos kenë sforcim të brendshëm.
- Të mbyllura në xham, keramikë apo metal
 - Gjatësia është prej disa cm, deri në 50cm

RTD të mbyllura në xham



Ndërtimi

Materialet:

- Platini – përdoret për aplikime precize
 - Kimikisht stabil në temperatura të larta
 - I reziston oksidimit
 - Mund të ndërtohet nga përgues të hollë me pasterti kimike
 - I reziston korrozionit
 - Mund të durojë kushte të ashpra ambienti.
 - I përdorshëm prej – 250°C deri në 800 °C.
 - Shumë i ndjeshëm në tendosje (tërheqje)
 - I ndjeshëm ndaj ndotësve kimike
 - Kërkohet gjatësi e madhe e përguesit (përgueshmëri e lartë)

Ndërtimi (vazhd.)

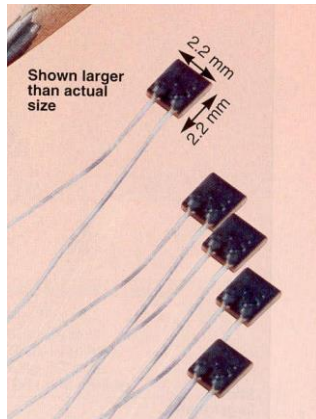
Materialet:

- Nikël dhe Bakër
 - Më pak i shtrenjtë
 - Brez temperaturor i zvogëluar (bakri punon vetëm deri në 300°C)
 - Mund të ndërtohet nga përqes të hollë me pastërti të lartë kimike
 - Kërkohet gjatësi e madhe e përqesit (përqeshmëri e madhe)
 - Bakri nuk është i përshtatshëm për ambient korrodues (nëse nuk mbrohet si duhet)
 - Në temperatura të larta avullimi rrit rezistencën

RTD me cipë të hollë

- **Sensorët me cipë të hollë:**
 - Prodhohen përmes depozitimit të një shtrese të hollë të materialit të përshtatshëm (paltin apo aliazheve të tij) në keramikë termikisht stabile, elektrikisht jo përçuese, termikisht përçuese.
 - Gdhenden për të formuar një brez të gjatë (në formë gjarpëruese).
 - Ek (3.1 – sll. 9) aplikohet por sensorë të rezistencave shumë më të mëdha janë të mundshme.
 - Të vogla dhe relativisht të lira
 - Shpesh janë zgjedhje për sensorë modernë posaçërisht kur sensorët e Platinit të precizitetit të lartë nuk janë të nevojshëm.

RTD me cipë të hollë – (vazhd.)



- Dy lloje të RTD-ve me cipë të hollë nga prodhues të ndryshëm
- Dimensionet janë tipike – disa janë shumë më të mëdha

Disa parametra

- Brezi temperaturor: $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ deri $700\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Rezistencat: zakonisht 100Ω (e më tepër)
- Madhësitë: prej disa mm deri në disa cm
- Kompatibiliteti: mbështjellje në xham, keramikë
- Në dispozicion edhe në sonda të gatshme
- Saktësia: $\pm 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ deri $\pm 0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Kalibrimi: zakonisht jo i nevojshëm

Vetë ngrohja në RTD-të

- RTD-të i ekspozohen gabimeve si pasojë e rritjes së temperaturës të shkaktuar nga nxehtësia e gjeneruar në to nga rryma e përdorur për të matur rezistencën e tyre
- Mbështjellur me tel apo cipë të hollë
- Shpërndarja e fuqisë: $P_d = I^2 R$ (I - rryma (RMS) dhe R – rezistenca e sensorit)
- **Vetë ngrohja** varet nga madhësia dhe ambienti
- E dhënë si rritje e temperaturës për njësi të fuqisë ($^{\circ}\text{C}/\text{mW}$)
- Apo: fuqia e nevojshme për të rritur temperaturën ($\text{mW}/^{\circ}\text{C}$)

Vetë ngrohja në RTD-të (vazhd.)

- Gabimet janë të madhësisë prej $0.01^{\circ}\text{C}/\text{mW}$ deri $10^{\circ}\text{C}/\text{mW}$ ($100\text{mW}/^{\circ}\text{C}$ deri $0.1\text{mW}/^{\circ}\text{C}$)
- Në ajër dhe ujë
 - Në ujë vlerat janë më të ulëta (e kundërta nëse përdoret $\text{mW}/^{\circ}\text{C}$)
- Vetë ngrohja varet nga madhësia dhe ambienti
 - Më e ultë në elemente të mëdha, më e lartë në elemente të vogla
 - Me rëndësi të zvogëlohet rryma sa më tepër të jetë e mundur

Koha e reagimit në RTD-të

- Koha e reagimit
- Ofrohet si pjesë e të dhënave teknike
- E dhënë për ambient në ajër apo ujë apo të dyjat, në lëvizje apo të qëndrueshme
- E dhënë si 90%, 50% (apo tjetër) të gjendjes së qëndrueshme
- Zakonisht e ngadaltë
- RTD-të me tela janë më të ngadaltë
- Vlerat tipike
 - 0.5 sec në ujë deri në 100 sec në ajër të lëvizshëm

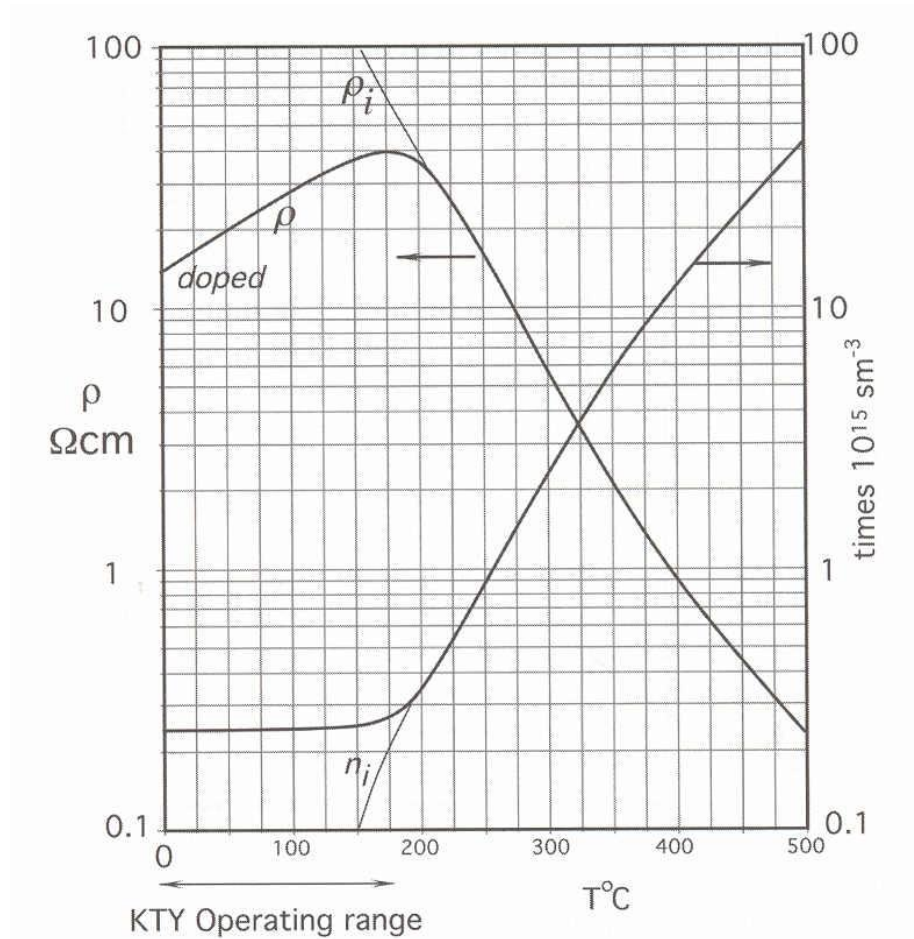
Sensorët Rezistivë të Silicit

- Përçueshmëria në gjysmëpërçues
- Elektronet valente
 - Të lidhur me atomet në shtresat e jashtme (shumica e elektroneve në gjysmëpërçues të pastër)
 - Mund të largohen me nxehtësi (energji e hapësirës së brezit)
 - Kur largohen ato bëhen elektrone përçuese (brezi përçues)
 - Një çift gjithmonë lirohet – elektron dhe vrimë
- Përçueshmëria e gjysmëpërçuesve varet nga temperatura
 - Përçueshmëria rritet me temperaturën
 - E kufizuar me një brez të ngushtë të temperaturës

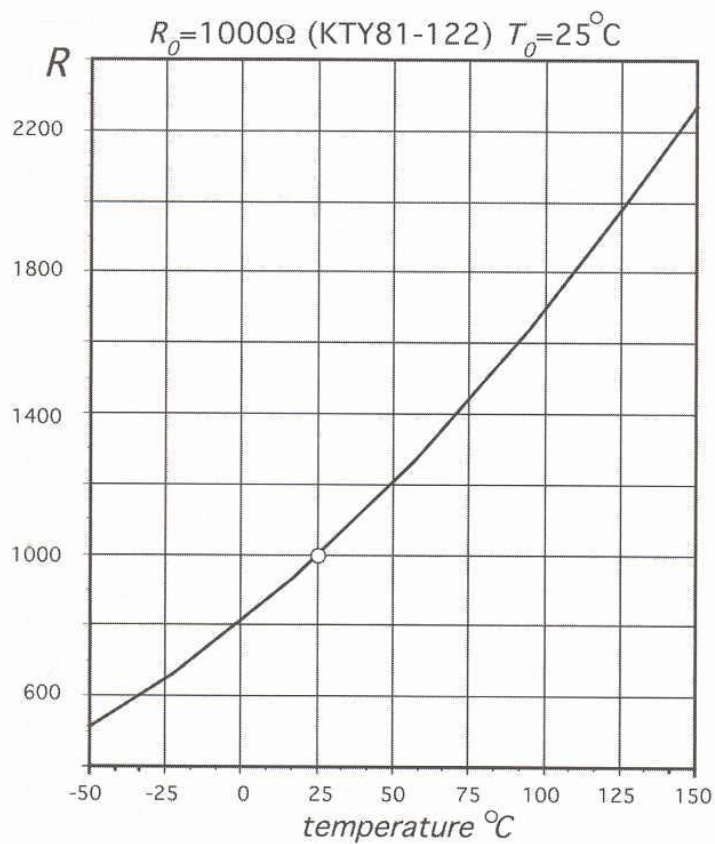
Sensorët Rezistivë të Silicit

- Silici i pastër:
- Pajisje NTC - negative temperature coefficient
 - Rezistenca zvogëlohet me temperaturën
 - Rezistenca në silic të pastër është shumë e lartë
 - Ka nevojë të shtohen papstërtira për të rritur densitetin e bartësve
 - Silici i llojit N – shtohet arseni (As) apo antimoni (Sb)
- Ndryshimet në veçori:
 - Rezistenca rritet deri në një temperaturë (PTC)
 - Rezistenca zvogëlohet pas saj (NTC)
 - PTC deri në afër 200 °C

Rezistenca e sensorit rezistiv të silicit



Rezistenca e sensorit rezistiv të silicit - pajisja specifike



Sensorët Rezistivë të Silicit

- Sensorët rezistivë të silicit janë disi jolinearë dhe ofrojnë ndjeshmëri të rendit $0.5-0.7 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$.
- Mund të operojnë në brez të kufizuar të temperaturave si shumica e gjysmëpërçuesve të bazuar në silic
- Brezi maksimal është mes -55°C deri $+150^{\circ}\text{C}$.
- Brezi tipik: -45°C deri $+85^{\circ}\text{C}$ apo 0°C deri $+80^{\circ}\text{C}$
- Rezistenca: zakonisht $1\text{k}\Omega$ në 25°C .
- Mund të kalibrohet në çfarëdo shkallë temperature
- Prodhohet si çip i vogël me dy elektroda dhe e mbërthyer në kanaqe metalike etj.

Termistorët

- Termistori: **Thermal resistor**
- Në dispozicion prej: fillim 1960-ta
- Bazuar në okside të gjysmëpërçuesve
 - Koeficient të lartë të temperaturës
 - NTC
 - Rezistenca të larta (zakonisht)

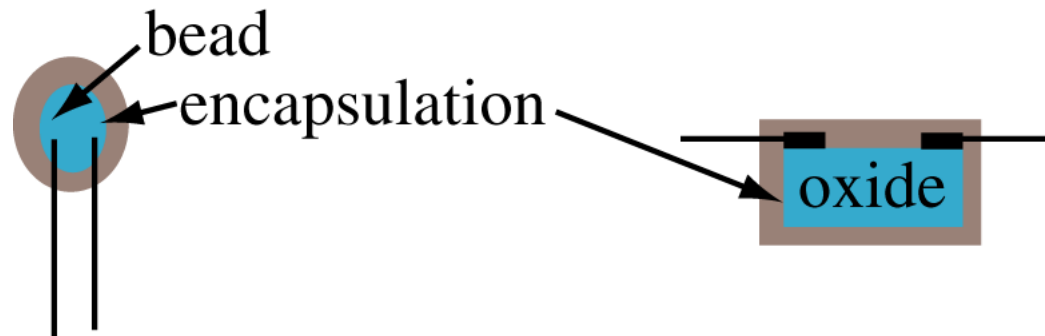
Termistorët (vazhd.)

- Transfer function:

$$R(T) = \alpha e^{\beta T}$$

- α [Ω] dhe β [$^{\circ}\text{K}$] janë konstanta
- $R(T)$: reziestenca e pajisjes
- T : temperatura në $^{\circ}\text{K}$
- Relacioni është jolinear por:
 - Shumë pak jolinear (β është e vogël)
 - Funksion i përafërt i transferit

- Sfera (beads)
- Çipat
- Depozitë në substrat



Termistorët sferikë të mbërthyer në ngjitës



Termistorët - veçoritë

- Shumica janë pajisje NTC
- Disa janë pajisje PTC
- PTC prodhohen nga materiale të posaçme
 - Jo shumë të zakonshme
 - Kanë përparësi kur janë të mundshme temperatura rapide

Termistorët - veçoritë

- Gabime të vetë ngrohjes is në RTD-të por:
 - Zakonisht më të vogla për shkak të rezistencës më të lartë
 - Rryma shumë e vogël (R e lartë)
 - Vlerat tipike: $0.01^{\circ}\text{C}/\text{mW}$ në ujë deri në $1^{\circ}\text{C}/\text{mW}$ në ajër
- Brez i gjerë i rezistencave deri në disa $\text{M}\Omega$
- Mund të përdoret në modin vetë ngrohës
 - Për të rritur temperaturën e tij deri në një vlerë fikse
 - Si temperaturë referente në matje të rrjedhës
- Përsëritshmëria dhe saktësia:
 - 0.1% apo 0.25°C për termistorë të mirë

Termistorët - veçoritë

- Brezi temperaturor:
 - – 50 °C deri në rreth 600 °C
 - Vlerat dhe veçoritë ndryshojnë përgjatë brezit
- Lineariteti
 - Shumë lineare për aplikime të brezit të ngushtë
 - Pak jolinear për breze të gjera të temperaturës
- Në dispozicion në brez të gjerë të madhësive, formave si dhe në formë të sondave të dimensioneve dhe formave të ndryshme
- Disa termistorë të lirë kanë përsëritshmëri të dobët – këto duhet të kalibrohen para përdorimit.
- Në përgjithësi shumë më të lira se RTD-të

Sensorët termoelektrikë

- Ndër sensorët më të vjetër (mbi 150 vjet)
- Ndër më të përdorur dhe më të zakonshëm
- Sensorë pasivë: ato gjenerojnë emfs (tensione) direkt
 - Matin tensionin direkt
 - Tensionet shumë të vogla – vështirë të maten
 - Shpesh duhet të përforcohen para matjes
 - Mund të ndikohen nga zhurma

Sensorët termoelektrikë (vazhd.)

- Të thjeshtë, të fortë dhe të lirë
- Mund të operojnë në gati tërë brezin e temperaturës prej gati zeros absolute e deri në reth 2700°C.
- Asnjë teknologji tjetër sensorësh nuk mund ti afrohet as për së afërmi këtij brezi.
- Mund të prodhohet nga secili me aftësi minimale
- Mund të prodhohet edhe në vendin ku do të bëhen matjet

Sensorët termoelektrikë (vazhd.)

- Vetëm një pajisje themelore: termoçifti
- Ekzistojnë variacione në ndërtim/materiale
 - Termoçiftet metalike
 - Termoelementet – shumë termoçifte në seri
 - Termoçiftet dhe termoelementet gjysmëpërçuese
 - Celulat Peltier – termoelemente të veçanta që përdoren si aktuatorë (për të ngrohur apo ftohur)

Efekti termoelektrik

- **Efekti Seebeck** (1821)
- Efekti Seebeck është shumë e dy efekteve tjera
 - Efekti Peltier
 - Efekti Thomson
- **Efekti Peltier:** nxehtësia e gjeneruar apo absorbuar në pikën bashkuese të dy materialeve të ndryshme kur ekziston fushë elektromagnetike (FEM) në këtë bashkim si pasojë e rrymës së prodhuar nga FEM në këtë bashkim.
 - Duke lidhur një FEM të jashtme nëpër këtë bashkim
 - Nga FEM e gjeneruar nga bashkimi vetë.
 - Rryma duhet të kalojë nëpër bashkimin.
 - Ka aplikim në ftohje dhe nxemje
 - Zbuluar më 1834

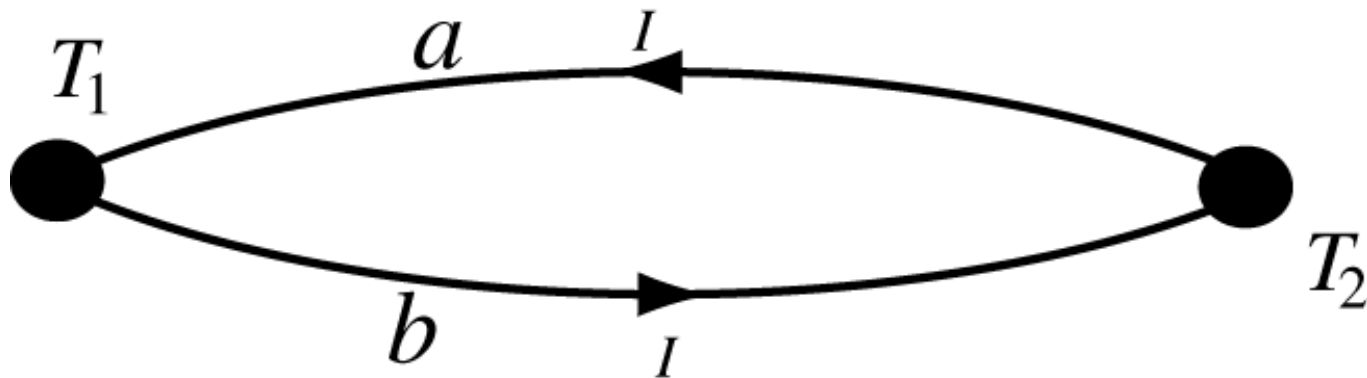
Efekti termoelektrik (vazhd.)

- **Efekti Thomson (1892):**
 - përqyesi nëpër të cilin kalon rryma nëse nuk nxehet njëtrajtësisht ose do të absorbojë ose do të rrezatojë në mënyrë të njëtrajtshme varësisht nga drejtimi i rrymës në përqyes (prej të ftohtit në të nxehtë apo e kundërta).
 - Zbuluar më 1892 nga William Thomson (Lord Kelvin).

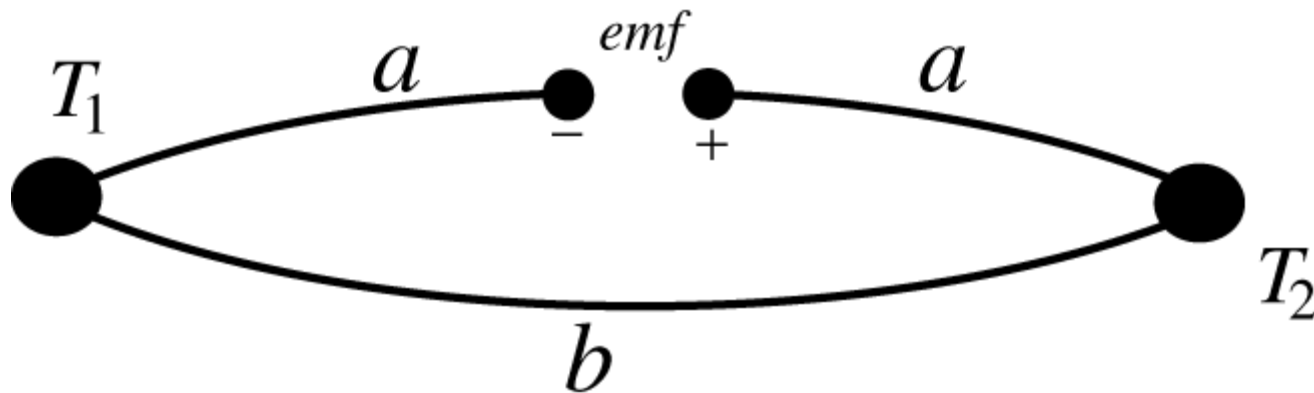
Efekt i termoelektrik (vazhd.)

- ***Efekt i Seebeck:*** FEM e prodhuar nëpër bashkimin e dy materialeve të ndryshme përgjese të lidhura bashkë.
- Shuma e efekteve Peltier dhe Thomson
- I pari për tu zbuluar dhe përdorur (1821)
- Bazë për të gjithë sensorët termoelektrikë
- Efekt i Peltier përdoret në pajisjet TEG (Thermoelectric Generators)

- Nëse dy skajet e dy përcuesve lidhen së bashku dhe diferenca e temperaturës vazhdon të jetë e njëjtë, rryma termoelektrike do të kalojë nëpër qark të mbyllur (modi i gjenerimit)

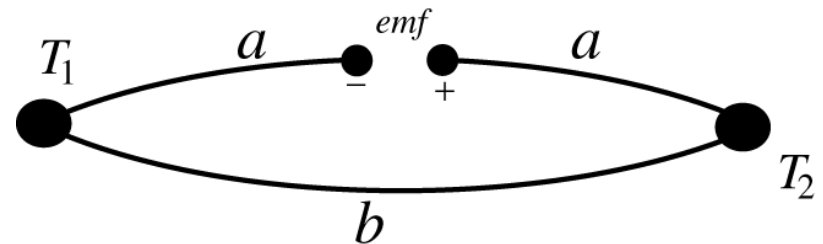


- Nëse qarku është i hapur një FEM do të paraqitet do të paraqitet nëpër qarkun e hapur (modi i ndjesisë).
- Është ky FEM që matet në sensorin termoçift.



Termoçifti - analizë

- Përçuesit a, b homogjenë
- Bashkimet në temperaturat T_2 dhe T_1
- Në bashkimet 1 dhe 2:



$$emf_A = \alpha_A(T_2 - T_1) \quad emf_B = \alpha_B(T_2 - T_1)$$

- FEM totale: $emf_T = emf_A - emf_B = (\alpha_A - \alpha_B)(T_2 - T_1) = \alpha_{AB}(T_2 - T_1)$

Termoçifti - analizë

- α_A dhe α_B janë koeficientët Seebeck të dhënë në $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ dhe janë veçori të materialeve A, B
- $\alpha_{AB} = \alpha_A - \alpha_B$ është koeficienti Seebeck i kombinimit të materialeve A dhe B, të dhënë në $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- Koeficientët Seebeck përdoren normalisht.

Koeficientët Seebeck - shënimet:

Koeficientët Seebeck janë të vegjël –

- Prej disa mikrovoltësh për gradë Celsius.
- Dalja mund të matet direkt
- Dalja shpesh përforcohet para ndërlidhjes (interfacing) me procesorët
- FEM të indukuara si pasojë e burimeve të jashtme shkaktojnë zhurmë
- Termoçiftet mund të përdoren si termometra
- Më shpesh, megjithatë, sinjali do të përdoret për veprim (për të kyçur apo çkyçur furrën, detektuar flakën para kyçjes së gazit, etj.)

Ligjet termoelektrike:

Tri ligje udhëheqin operimin e termogjifteve:

- *Ligji 1. Rryma termoelektrike nuk mund të krijohet në qarkun homogjen vetëm prej nxehtësisë.*
- Ky ligj përcakton nevojën për bashkim të materialeve të ndryshme pasi që një përcues i vetëm nuk mjafton.

Ligjet termoelektrike:

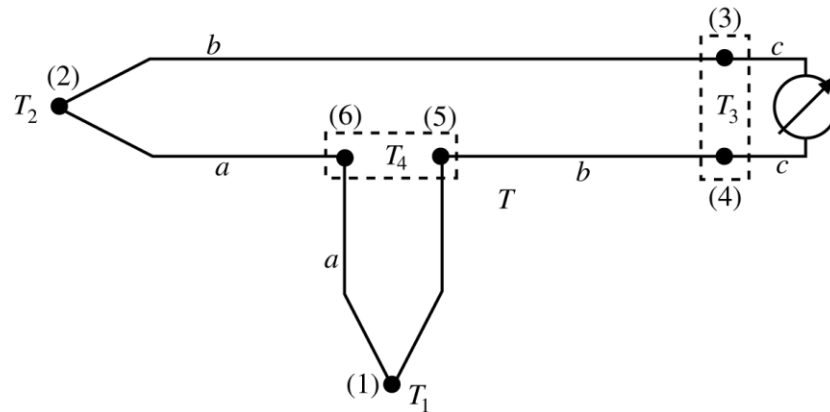
- *Ligji 2. Shuma algjebrike e forcave termoelektrike në qarkun e përbërë nga çfarëdo numër dhe kombinim i materialeve të ndryshme është zero nëse të gjitha bashkimet janë në temperatura të njëjta.*
- Materialet shtesë mund të bashkohen në qarkun termoelektrik pa ndikuar daljen e qarkut përderisa çfarëdo bashkim që i shtohet qarkut mbahet në temperaturë të njëjtë.
- Tensionet shtohen kështu që bashkimet e shumëfishta mund të lidhen në seri për të rritur daljen.

Ligjet termoelektrike:

- *Ligji 3.* Nëse dy bashkimet në temperaturat T_1 dhe T_2 prodhojnë tensionin Seebeck V_2 dhe temperaturat T_2 dhe T_3 prodhojnë tensionin V_1 , atëherë temperaturat T_1 dhe T_3 prodhojnë $V_3 = V_1 + V_2$.
- Ky ligj përcakton metodat për kalibrim të termocifteve.

Termoçiftet: lidhja

- Bazuar në ligjet termoelektrike:
- Zakonisht lidhen në çift
 - Një bashkim për të detektuar
 - Një bashkim për referencë
 - Temperatura referente mund të jetë më e ultë apo më e lartë se temperatura e ndjerë



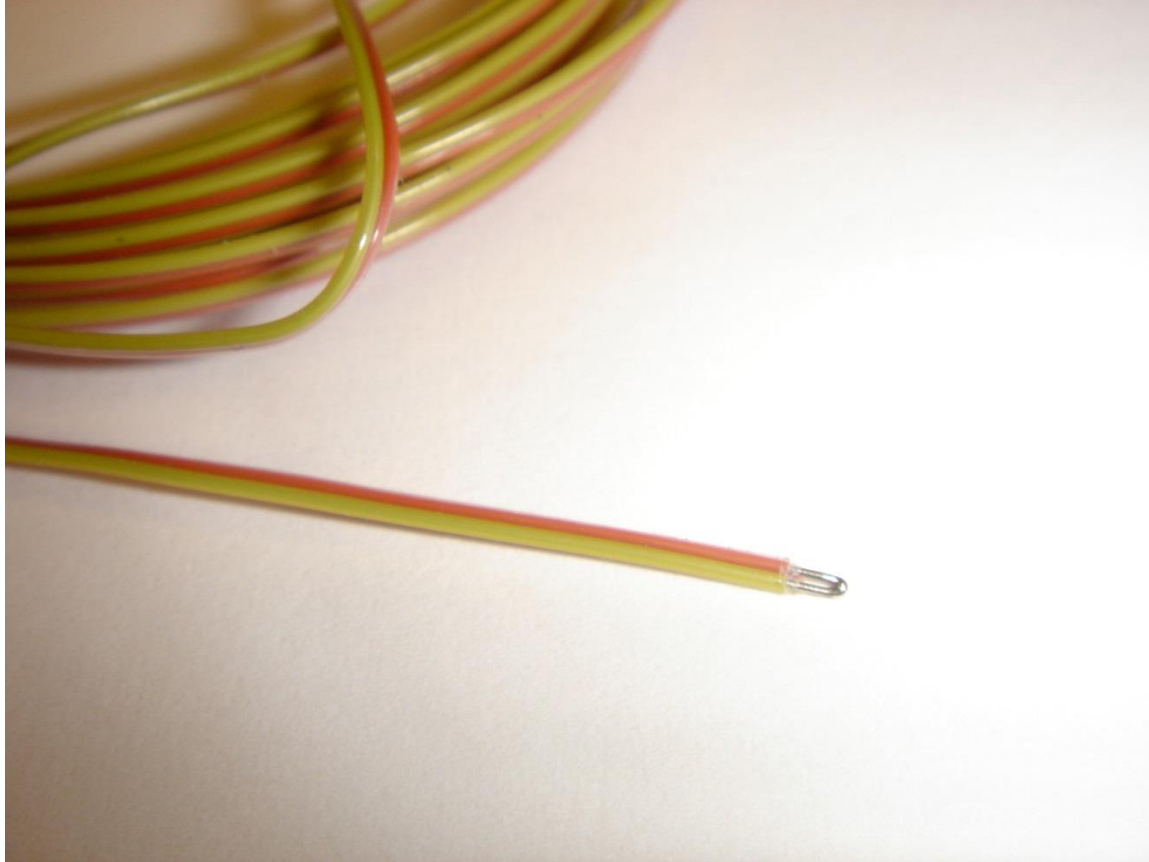
Termoçiftet (vazhd.)

- Çdo lidhje në qark mes dy materialeve të ndryshme shton një FEM si pasojë e bashkimit të tillë.
- Çdo çift i bashkimeve në temperatura identike mund të shtohet pa ndryshuar daljen.
 - Bashkimet 3 dhe 4 janë identike (ajo mes materialeve b dhe c dhe ajo mes materialeve c dhe b dhe temperatura e tyre është e njëjtë. Nuk ka FEM si pasojë e këtij çifti
 - Bashkimet (5) dhe (6) poashtu prodhojnë zero FEM

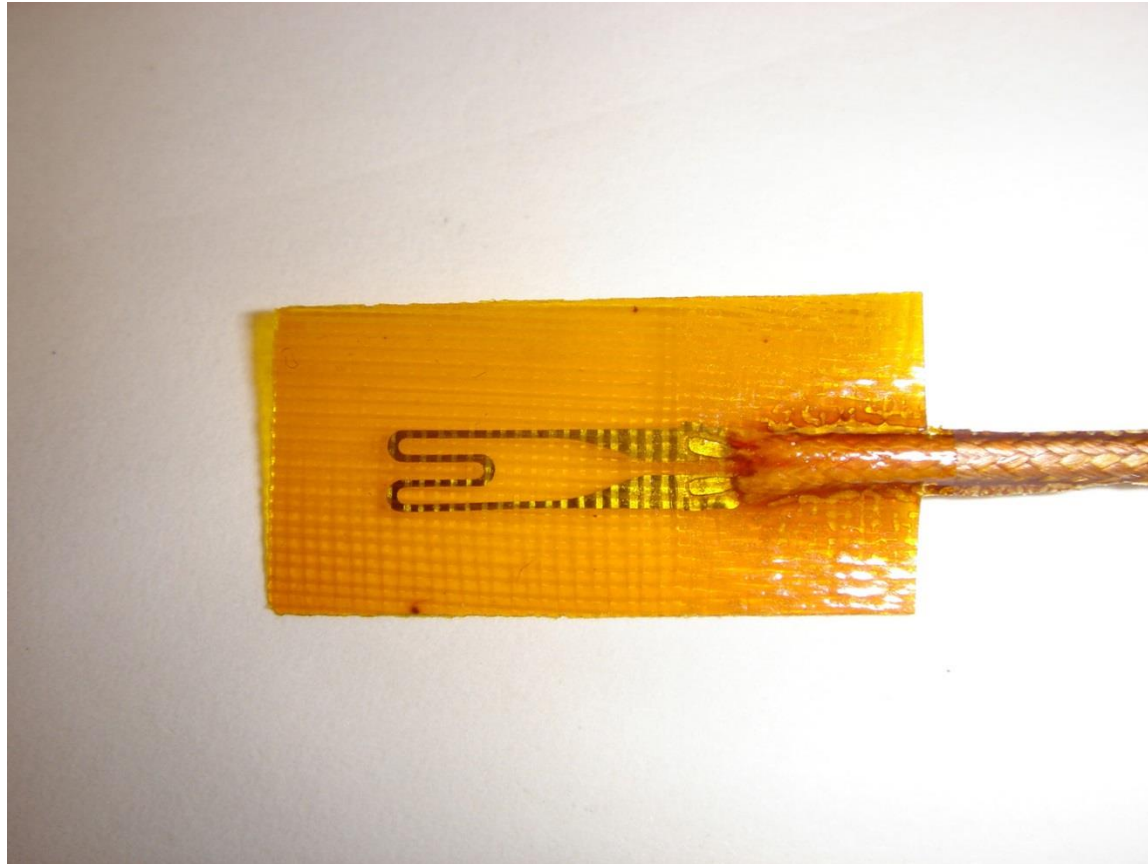
Termoçiftet – aspektet praktike

- Përzgjedhja e materialeve për termoçifte.
- Materialet ndikojnë në:
 - FEM dalëse
 - Brezin temperaturor
 - Rezistencën e termoçiftit
- Përzgjedhja e materialeve bëhet me ndihmën e tri tabelave:
 - Tabelën e serive termoelektrike
 - Koeficientëve Seebeck të llojeve standarde
 - Tabelën referente termoelektrike

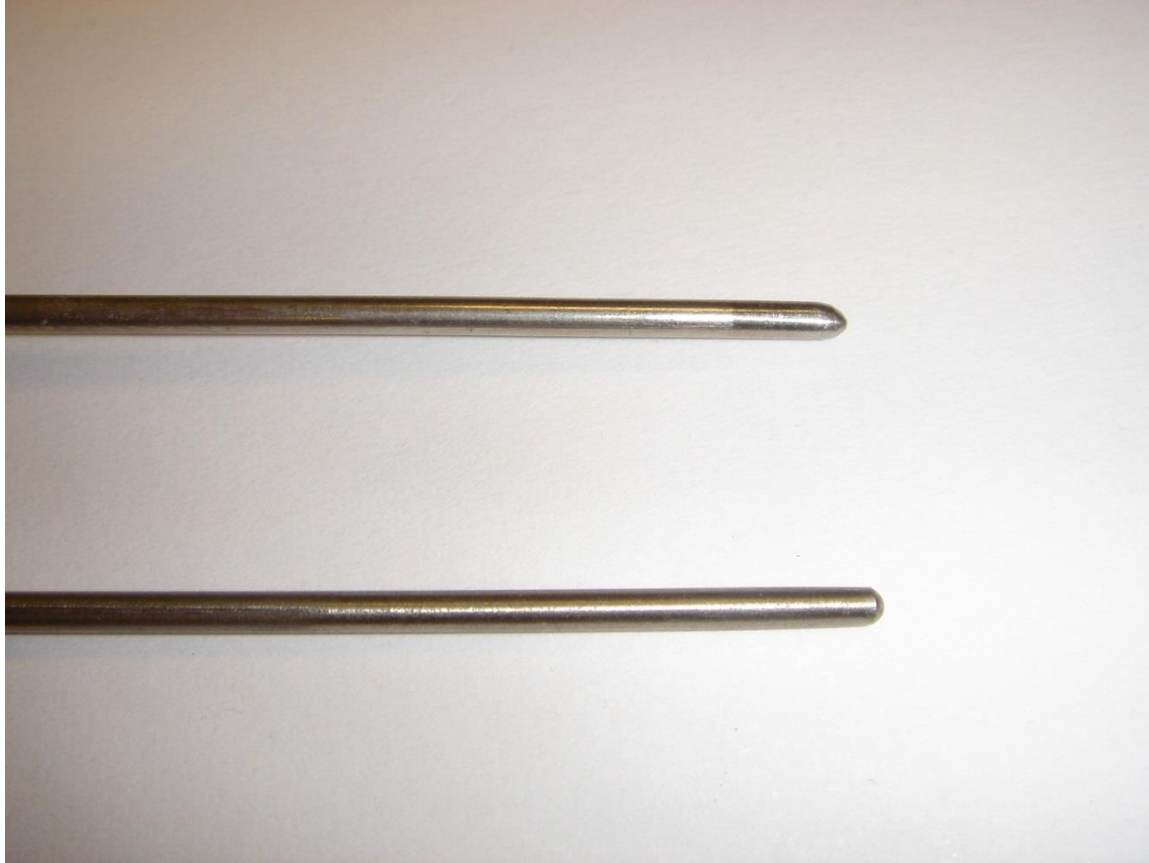
Termoçifti (bashkimi i ekspozuar)



Termoçifti (fleksibil, për tu cementuar në sipërfaqe)

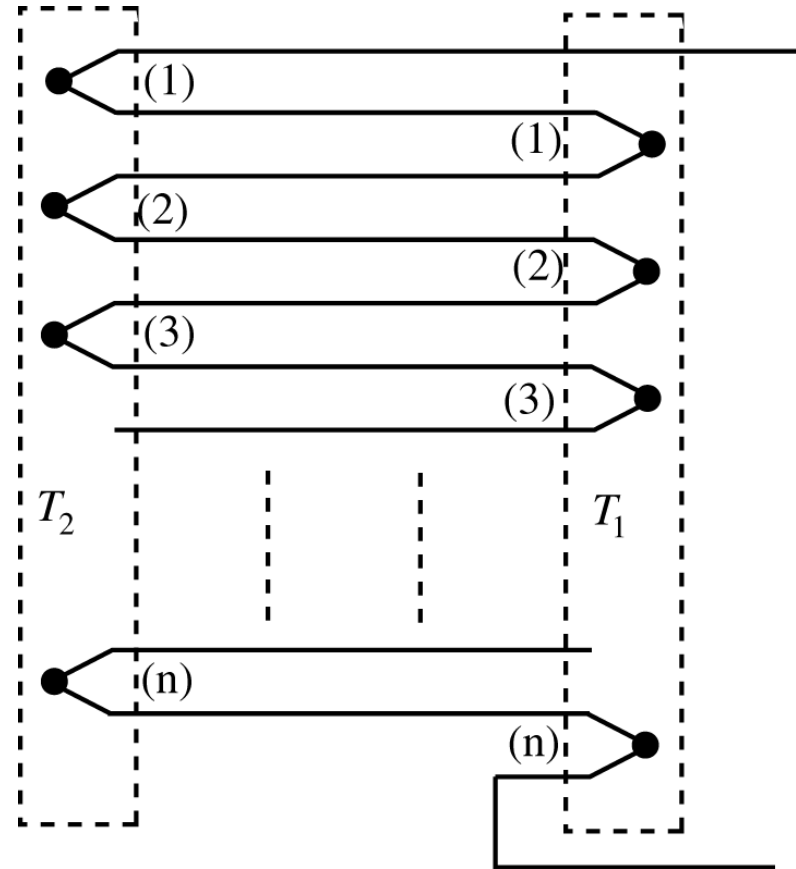


Termoçifti (bashkimi i mbrojtur)



Termoelementet

- n termocifte të vendosura në seri (elektrikisht)
- Në paralel termikisht
- Dalja është n herë sa dalja e termociftit



Termoelementet (vazhd.)

- Përdoren për të rritur daljen
- Ndonjëherë realizohen me termocifte metalike
- Shembull: detektor i flakës: 750 mV në diferencë temperature prej 120°C.
- Përafërsisht 100 termocifte metalike.

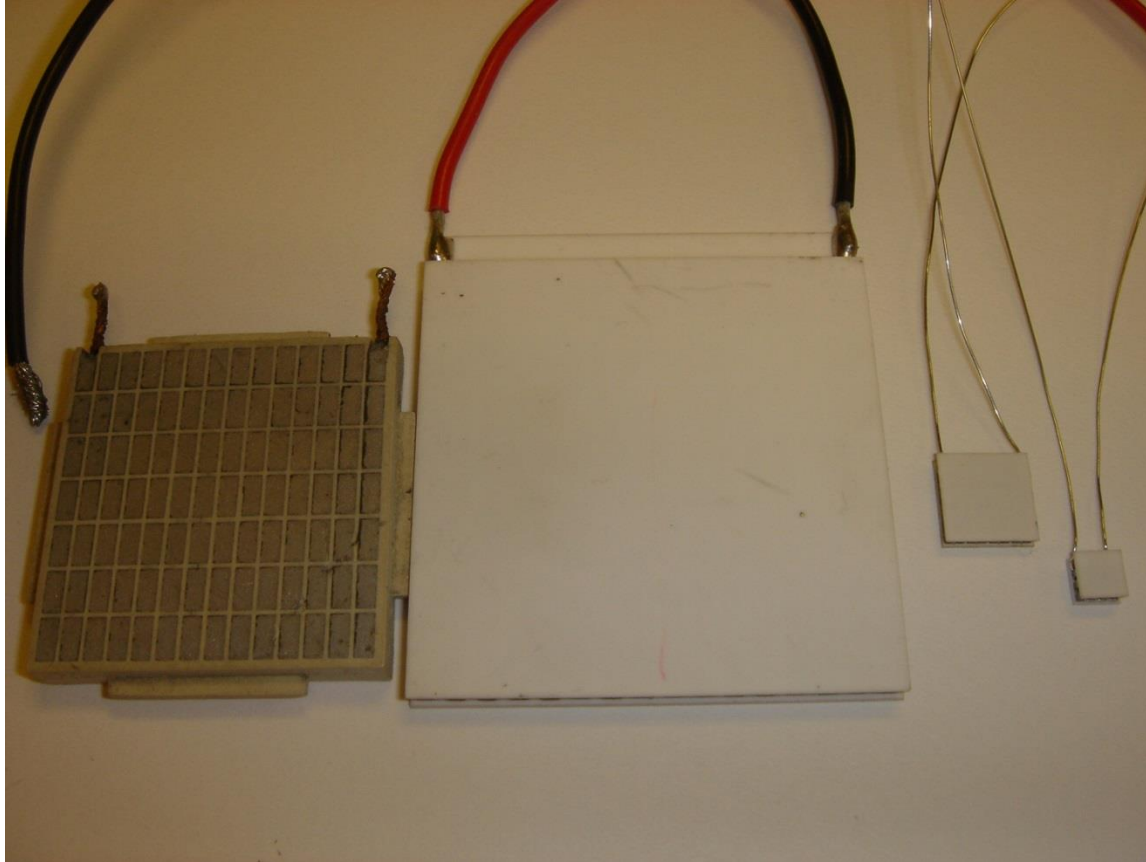
Celulat Peltier

- Të krijuara prej bizmut teluridit (Bi_2Te_3) (n-p bashkime)
- Celulat Peltier shpesh përdoren për ftohje dhe nxemje në frigoriferë,
- Mund të përdoren si sensorë me dalje prej disa voltë
- Përdoren edhe si gjeneratorë të vegjël për instalime të vogla në distancë

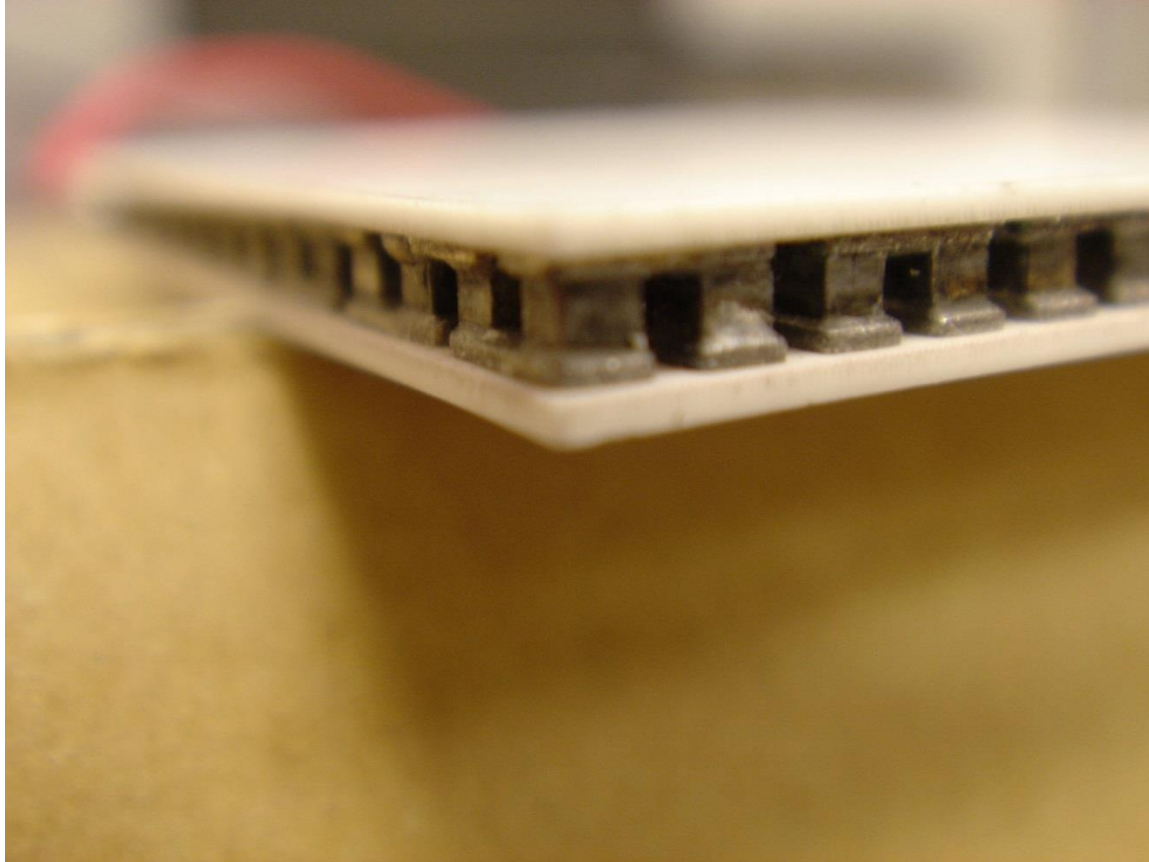
Celulat Peltier (vazhd.)

- Bashkimet vendosen mes dy pllakave keramike
- Madhësitë standarde janë 15, 31, 63, 127 dhe 255 bashkime
- Diferenca maksimale e temperaturës prej 100°C
- Operimi maksimal i temperaturës në 225°C

Disa termoelemente (Peltier TEG-ë)



Detajet e ndërtimit të TEG-ut

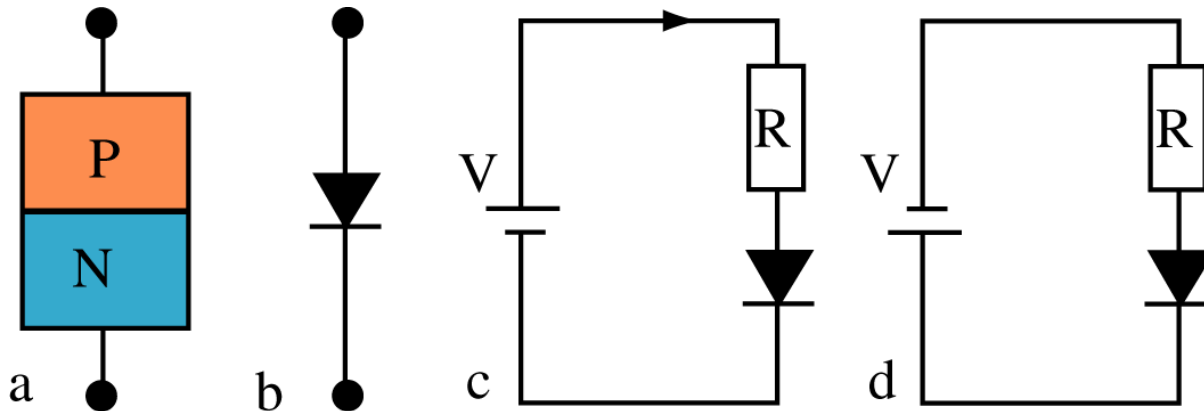


Sensorë temperature të bashkimit P-N

- Bashkimi mes një gjysmëpërçuesi të llojit p dhe n
- Zakonisht silic (por edhe germanium, galium-arsenide, etj.)
- Një diodë e thjeshtë
- E polarizuar drejtë

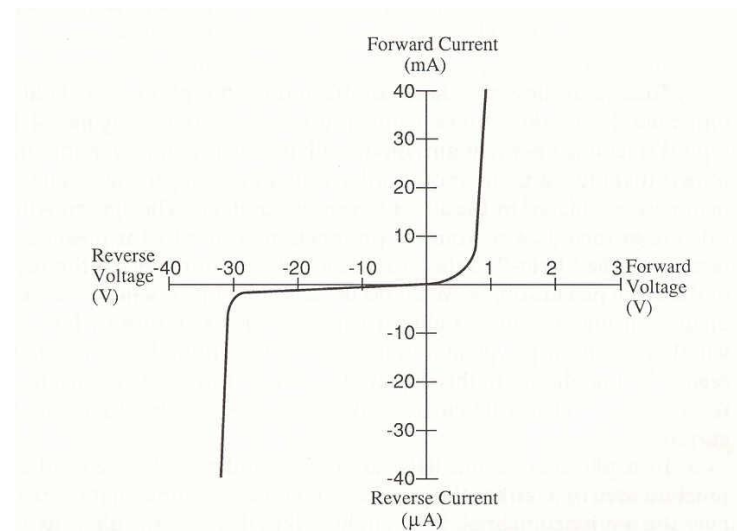
Sensori i bashkimit P-N

- Ndërtimi i sensorit



Sensori i bashkimit P-N (vazhd.)

- Rryma e drejtë varet nga temperatura
- Çdo diodë gjysmëpërçuese mund të përdoret
- Zakonisht tensioni nëpër diodë detektohet



Bashkimi P-N – parametrat e operimit

- Me polarizim të drejtë me burim rryme
- Zakonisht 10-100 μ A (rrymat e vogla – detektimi më i madh)
- Brezi maksimal (silicium) –55 deri 150°C
- Saktësia: ± 0.1 °C
- Gabimet si pasojë e vetë-ngrohjes: 0.5 mW/°C
- Paketimi: si një diodë apo tranzistor

Sensorët tjerë të temperaturës

- Optikë
- Akustikë
- Sensorët termo-mekanikë
- Aktuatorët termo-mekanikë

Sensorët optikë të temperaturës

- Pa kontakt
- Shndërrim i rrezatimit optik në nxehtësi
- Më i dobishëm gjatë detektimit infra të kuq të temperaturës
- Bazohet në efekte kuantike
- Sensorët tjerë bazohen në diferencën fazore gjatë përhapjes
 - Drita përhapet nëpër një fije optike të siliciumit
 - Indeksi i thyerjes është i ndjeshëm në temperaturë
 - Faza e dritës së detektuar është masë e temperaturës

Sensorët akustikë të temperaturës

- Shpejtësia e zërit varet nga temperatura
- Matet koha e nevojshme që zëri të kalojë nëpër medium të ngrohur
- Shumica e sensorëve përdorin sensorë ultrasonikë për këtë qëllim

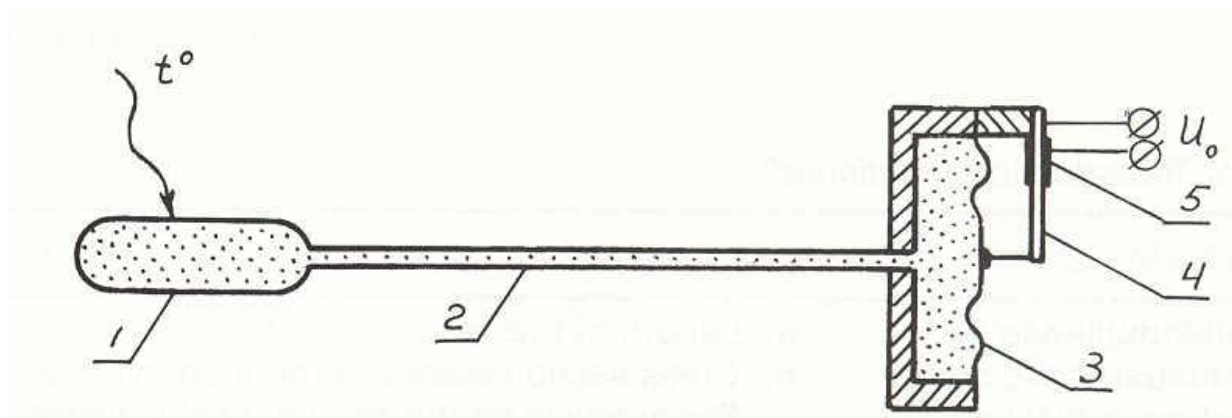
$$v_s = 331.5 \sqrt{\frac{T}{273.15}} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Sensorët termo-mekanikë

- Ndryshimet në veçoritë fizike si pasojë e temperaturës
 - Gjatësia
 - Vëllimi
 - Shtypja, etj.
- Zgjerimi i gazrave dhe i lëngjeve (termometrat)
- Zgjerimi i përçuesve (termometrat, termostatet)
- Mund të ketë lexim direkt (përshkallëzim, shifra)
- Disa aktivizojnë ndërprerësit direkt (termostatet)
- Shembujt:

Sensor temperature me zgjerim gazi

- Rritja në temperaturë e zgjeron gazin
- Diafragma e shtyn "sensorin"
(instrumentin matës të tërheqjes, potenciometrin) apo edhe një ndërprerës
- Dalja e sensorit shkallëzohet në temeperaturë

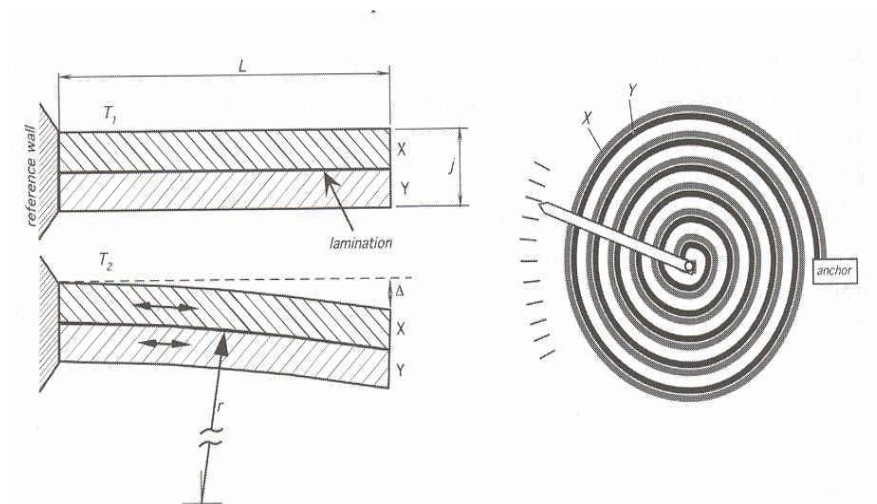


Sensorët bimetalikë

- Dy shirita metalikë të salduar së bashku
- Secili shirit metalik ka koeficient ndryshe të zgjerimit
- Me zgjerimin e tyre, dy shiritat lakohen. Kjo lëvizje më pas mund të përdoret për të:
 - Lëvizur një disk
 - Vërë në veprim një sensor (sensori i presionit si shembull)
 - Rrotulluar një potenciometër
 - Mbyllur një ndërprerës

Sensorët bimetalikë (vazhd.)

- Për të zgjeruar lëvizjen, shiriti bimetalik lakohet në një dredhë.
- Disku rrotullohet me zgjerimin/tkurrjen e dredhës



Ndërprësi bimetalik (shembull)

- Përdorimet tipike: shkrepstat e dritave në vetura, termostatat)
- Operimi
 - Ana e majtë fiksohet
 - Ana e djathtë lëviz poshtë kur të nxehet
 - Ftohja e kthen mbrapsht operimin



Termometri bimetalik në formë bobine



Ndërprerësi bimetalik (shkreptuesi në veturë)

