

# RESISTANSENS TEMPERATURBEROENDE

## TEORIBAKGRUND

Resistanser kan ha tre olika temperaturberoenden:

1. positiv temperaturkoefficient  $\alpha$ , resistansen ökar med ökad temperaturen **PTC**,
2. negativ temperaturkoefficient  $\alpha$ , resistansen minskar med ökad temperatur **NTC**,
3. temperaturen påverkar ej resistansens storlek.

I första fallet handlar det oftast om **metaller**. Hos en del metallegeringar påverkas resistansen ej vid uppvärmning.

Resistansens temperaturberoende hos metaller formuleras med sambandet:

$$R(T) = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T)$$

$$\text{eller } R(T) = R_0 + R_0 \cdot \alpha \cdot T$$

Resistansen hos metaller ökar med temperaturen därför att elektronerna i metallens ledningsband rör sig mer. Antalet kollisioner ökar då med strömmens elektroner som skall passera genom resistorn vilket medför att resistansen ökar.

**Halvledares** temperaturberoende hos resistansen har en annan matematisk formulering:

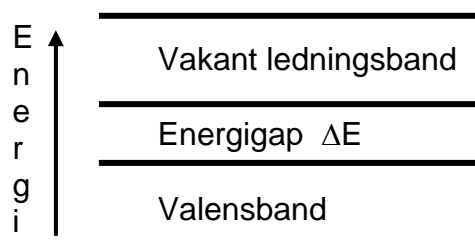
$$R(T) = R_0 \cdot e^{\frac{\Delta E}{2k \cdot T}}$$

med lite algebra erhålles:

$$\ln(R(T)) = \ln(R_0 \cdot e^{\frac{\Delta E}{2k \cdot T}})$$

$$\ln(R(T)) = \ln(R_0) + \frac{\Delta E}{2k} \cdot \frac{1}{T}$$

Detta samband ger minskad resistans vid ökad temperatur. Man säger att halvledare har negativ temperaturkoefficient. Bilden ger en principskiss på elektronernas energier i en atom.



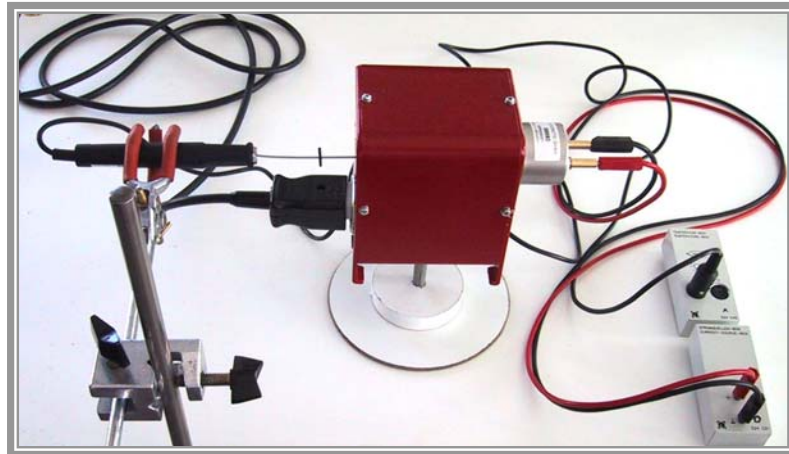
Då atomen värms upp – högre energi - kommer elektronerna att lyftas upp genom energigapet till lediga platser i ledningsbandet. Det blir fler elektroner som ger bidrag till strömmen. Resistansen minskar alltså hos en varm halvledare.

## EXPERIMENTET

Utrustningen består av en ugn som uppvärms med spänning från nätet. Temperaturen bestäms med hjälp av en temperaturgivare **Ni Cr-Ni** som sticks in till vänster i ugnen. Resistansen skjuts in i ugnen från höger.

Resistansen beräknas via Ohms lag då spänningsfallet beräknas vid konstant ström genom resistansen.

Bästa mätresultaten erhålles om resistansmätningen görs under avsvälning.



## METALLRESISTOR PTC

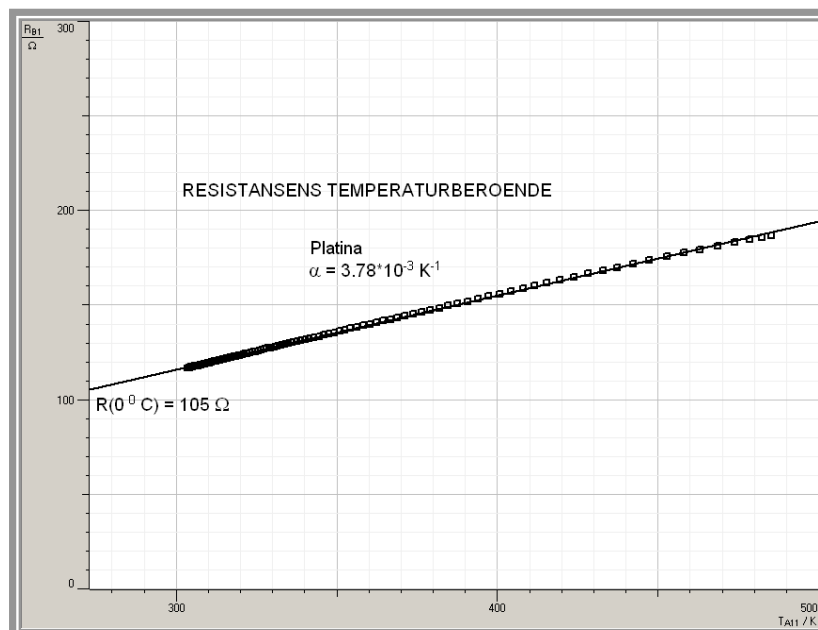
Nedanstående graf från en **CASSY-Lab** mätning visar  $R(T)$  för metallen platina som under avsvälning gav följande resultat.

Temperaturkoefficienten  $\alpha$  blir alltså lika med grafens lutning  $k$  delad med  $R_0$

Grafens derivata är  $k = 0.397 \Omega K^{-1}$  vilket ger  $\alpha = \frac{k}{R_0} = \frac{0.397}{105} = 3.78 \cdot 10^{-3} K^{-1}$

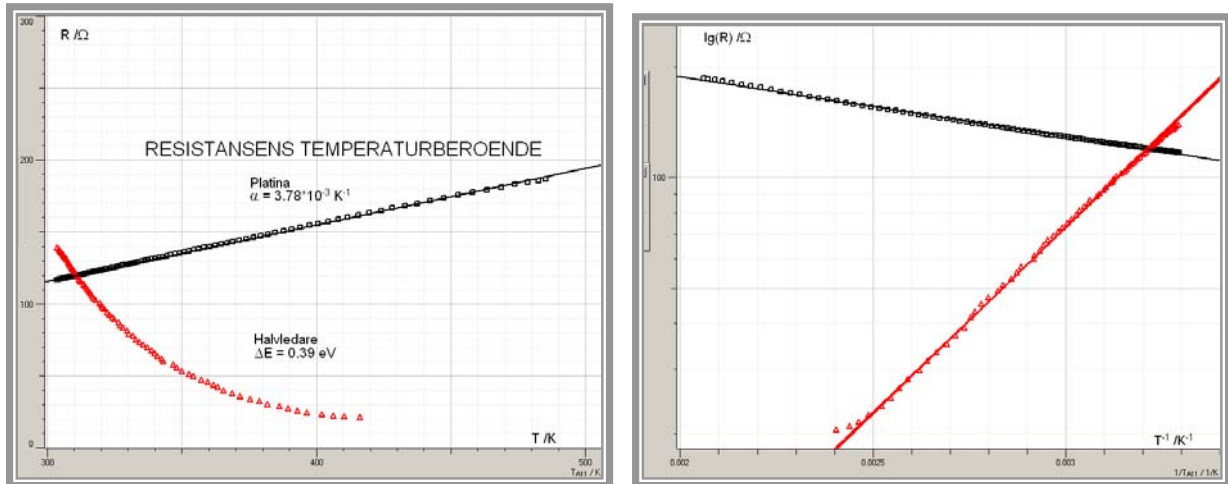
Tabellvärdet för platinas temperaturkoefficient är  $\alpha = 3.92 \cdot 10^{-3} K^{-1}$

Mätningens felkälla är alltså drygt 3 %.



## HALVLEDARE NTC

I graferna från Cassy-lab mätningen finns dels  $R(T)$  dels  $\lg(R(T^{-1}))$ . Grafen till vänster är exponentiellt avtagande. För att verifiera resistansens exponentiella avtagande mot inversa temperaturen har  $y$ -axeln logaritmisk skala samt  $x$ -axeln är graderad i  $T^{-1}$  i högra grafen. Grafen blir tydligt linjär och bekräftar den matematiska beskrivningen som finns på blad 1.



Lite matematisk behandling:

$$R(T) = e^{\ln 10 \cdot A \cdot \frac{1}{T}} = e^{\frac{\Delta E}{2k} \cdot \frac{1}{T}}$$

Förenklat ger detta:

$$\Delta E = \ln 10 \cdot A \cdot 2k$$

Där konstanten  $A$  hämtas från linjära regressionen i högra grafen.

Boltzmanns konstant  $k = 1.380 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Efter division med elementarladdningen  $\Delta E = \frac{\ln 10 \cdot A \cdot 2 \cdot 1.380 \cdot 10^{-23}}{1.602 \cdot 10^{-19}}$  Ås erhålles

energigapets  $\Delta E$  storlek.

Med  $A = 1037$  fås slutligen energiskillnaden mellan valensband och ledningsband till

$$\Delta E = 0.41 \text{ eV.}$$

Ingvar Pehrson  
051019  
Masonit för fönstren !