

9 DEPENDÈNCIA DE LA RESISTIVITAT AMB LA TEMPERATURA

Resum. La resistivitat d'un material és una magnitud física intensiva que és funció de la temperatura. Depenent del tipus de material, es donen diferents comportaments, dos dels quals s'analitzaran en aquest treball: el comportament metàl·lic, en el que la resistivitat creix amb la temperatura, i el semiconductor, en el qual minva. S'estudiarà, igualment, un tercer material: un aliatge metàl·lic en què la resistivitat varia molt poc amb la temperatura.

9.1 Fonament

La intensitat del corrent, I , que circula per un conductor és proporcional a la diferència de potencial, V , aplicada entre els seus terminals, dins d'un ampli interval de valors de V . La relació de proporcionalitat $V = R I$ és anomenada *llei d'Ohm*, i els conductors que la verifiquen es diu que són *òhmics*. La constant R s'anomena *resistència* del conductor i és funció de la seva *resistivitat*, ρ , i de la seva geometria. En el cas d'un conductor cilíndric homogeni, la resistència és $R = \rho L/A$, sent L la longitud (altura) i A la secció (base).

Experimentalment s'observa que R i, consegüentment, ρ depenen de la temperatura. El comportament pot ser de tres tipus:

Metàl·lic. Presenta resistivitats baixes que augmenten amb la temperatura de forma aproximadament lineal si el rang de temperatures és prou petit (entre 300 K i 500 K). La resistència en funció de la temperatura s'escriu llavors:

$$R = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \quad (1)$$

on T pot expressar-se en kelvins o en graus Celsius (centígrads), α és el *coeficient de temperatura* de la resistència, i T_0 i R_0 són constants tals que $R(T_0) = R_0$. Per a un valor de T_0 de referència fix, que per convenció sol ser 20 °C, α és un paràmetre característic del material.

Els aliatges metàl·lics, en general, presenten comportament metàl·lic, amb resistivitats més elevades que les dels metalls purs però gairebé constants amb la temperatura.

Semiconductor. Presenta resistivitats més elevades que minven en augmentar la temperatura de forma exponencial dins d'un ampli rang de temperatura. La resistència varia segons:

$$R = R_0 \exp\left[b\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right] \quad (2)$$

on T està expressada en kelvins, b és una constant característica del material, i T_0 i R_0 són constants tals que $R(T_0) = R_0$.

Aïllador. Presenta resistivitats molt elevades i difícils de mesurar. El comportament qualitatiu és semblant al del semiconductor.

9.2 Dispositiu experimental

- Multímetre actuant com a òhmmetre
- Suport amb tres resistències:
 - metàl·lica (connectors blau-negre)
 - de l'aliatge metàl·lic constantà (connectors verd-negre)
 - semiconductora (connectors vermell-negre)
- Sistema de calefacció i mesura de la temperatura:
 - calefactor que incorpora un agitador.
 - recipient amb un bany termostàtic.
 - termoparell i el seu dispositiu lector.

9.3 Procediment experimental

En primer lloc comproveu que les resistències estan dins del bany termostàtic, per a la qual cosa caldrà que el nivell del líquid arribi a la base del disc del suport.

A temperatura ambient mesureu amb el multímetre, funcionant com a òhmmetre, cadascuna de les resistències. Deixeu fixa la banana negra en una de les entrades al multímetre i connecteu a l'altra entrada la blava, la verda o la vermella segons quina resistència vulgueu mesurar. Per mesurar la temperatura cal connectar el termòmetre i seleccionar l'escala de graus Celsius amb dècimes de grau.

Mesureu cadascuna de les resistències en funció de la temperatura. Per fer-ho connecteu el calefactor a la xarxa, ajusteu el control de l'agitador (*stirrer*) a la posició 4 i el de la potència del calefactor (*hotplate*) a la 7. En aquest moment començarà a pujar la temperatura, per tant s'ha d'estar preparat per començar les lectures immediatament. A mesura que augmenti la temperatura mesureu els valors de les resistències a intervals de 2 °C i correlativament. Per exemple, blau, 20 °C; verd, 22 °C; vermell, 24 °C; blau, 26 °C; verd, etc. Canvieu la potència del calefactor a la posició 8 quan la temperatura sigui superior a 50 °C, i a la 0 quan superi els 96 °C. Feu mesures fins als 100 °C.

ATENCIÓ. En acabar, desconnecteu el calefactor i el termòmetre.

9.4 Realització de l'informe

- Representeu gràficament $R(T)$ per a la resistència metàl·lica i la de constantà.
- Representeu gràficament $R(1/T)$ per a la resistència semiconductora en eixos semilogarítmics.
- Feu les regressions lineals $y=mx+n$ per a la resistència metàl·lica i el constantà i anoteu en cada cas m , n , i el coeficient de correlació, r .
- Feu la regressió lineal $y=mx+n$ per a la resistència semiconductora amb el logaritme neperià de la resistència i la inversa de la temperatura i anoteu m , n , i el coeficient de correlació, r .
- Deduïu les expressions que a partir dels paràmetres m i n de les regressions lineals permeten calcular, per a un determinat valor de T_0 , els valors de α i R_0 en el cas de les resistències metàl·liques, i de b i R_0 en el cas de la resistència semiconductora.
- Escriviu, per a $T_0 = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$, els valors calculats de R_0 i α per a les resistències metàl·liques i de R_0 i b per a la resistència semiconductora.

Nota. Els càlculs i la gràfica de la resistència semiconductor a s'han de fer en K. A l'eix d'abcises de la gràfica semilogarítmica es posen directament els valors de $1/T$ en unitats de $10^{-3}K^{-1}$. Els càlculs i les gràfiques de les altres resistències es poden fer en graus Celsius ja que les funcions només depenen de la diferència de temperatures.

– Responen a les següents qüestions:

1. Una resistència metàl·lica calibrada pot utilitzar-se per mesurar la temperatura. Un termòmetre clínic utilitza una resistència metàl·lica idèntica a l'estudiada aquí. Quina variació en la resistència s'ha de mesurar per apreciar una variació de $0,1\text{ }^{\circ}C$?
2. La resistència semiconductor a presenta una dependència no lineal amb la temperatura. Justifiqueu si en el rang de temperatures altes o bé en el de temperatures baixes un mateix canvi en la temperatura (per exemple 10 K) produeix una variació més alta en la resistència.
3. L'aliatge metàl·lic presenta una resistència gairebé constant. Heu mesurat alguna variació apreciable? En quin sentit evoluciona?