

Měření resistivity polovodičových materiálů

J. Paleček*, J. Danihelka**, O. Král***, M. Pína****

*Gymnázium Kladno, jpalecek@mymail.cz

**Gymnázium Plasy, Danihelkaa@volny.cz

***VOŠ a SPSE Plzeň

****Martin Pína, Gymnázium Olomouc-Hejčín,
martin.pina@paegas.vol.cz

supervisor: RNDr. Zdeněk Tomiak, katedra inženýrsví pevných
látek FJFI ČVUT

Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámit se se základními principy měření resistivity polovodičových vzorků. Resistivita ρ je definována jako převrácená hodnota konduktivity σ . Konduktivita vzorku je konstanta, nezávislá na protékajícím proudem I vzorkem a platí, že

$$i = \sigma * E \quad (1)$$

kde i je proudová hustota a E je intenzita elektrického pole ve vzorku.

Uvedený vztah je vlastně Ohmův zákon v diferenciální formě. Proto chceme-li z něj vycházet při určování σ , musíme určit oblast proudů I , respektive napětí U na vzorku, kdy je zaručena platnost Ohmova zákona. Předpokládáme, že měřený vzorek je homogenní, tj. resistivita ρ , respektive konduktivita σ je všude ve vzorku konstantní. Dále předpokládáme, že kontakty na vzorku jsou ohmické se zanedbatelným (vzhledem k odporu vlastního polovodičového vzorku) odporem.

Ohmův zákon v integrální formě má pak známý tvar

$$U = R * I \quad (2)$$

kde R je odpor vzorku a závisí na resistivitě ρ a geometrických rozměrech dle vztahu

$$R = \rho * \frac{l}{s * w} \quad (3)$$

kde l , s , w jsou délka, šířka a tloušťka vzorku. Vzorek má tvar hranolu s příslušnými rozměry.

V praktické části jsme měřili odpor R vzorku (Obr.1) v rozsahu proudů 0 až +40mA a 0 až -40 mA, tj. v oblasti, kde je odpor konstantní a na proudem I nezávislý. Změřili jsme geometrické rozměry vzorku ($l = 2,9 * 10^{-2} m$, $s = 6,5 * 10^{-3} m$, $w = 1,8 * 10^{-3} m$) a ze vztahu (3) jsme vypočetli resistivitu vzorku. Její hodnota byla $2,1 * 10^{-4} \Omega * m$.

Dále jsme se seznámili s měřicí metodou dle van der Pauwa, která umožňuje měření rezistivity na vzorcích prakticky libovolného tvaru. Po obvodu destičky o tloušťce w jsou umístěny, pokud možno symetricky, čtyři bodové kontakty, označené čísly 1 – 4. Měříme odpory R_I a R_{II} vzorku (Obr. 2), definované jako

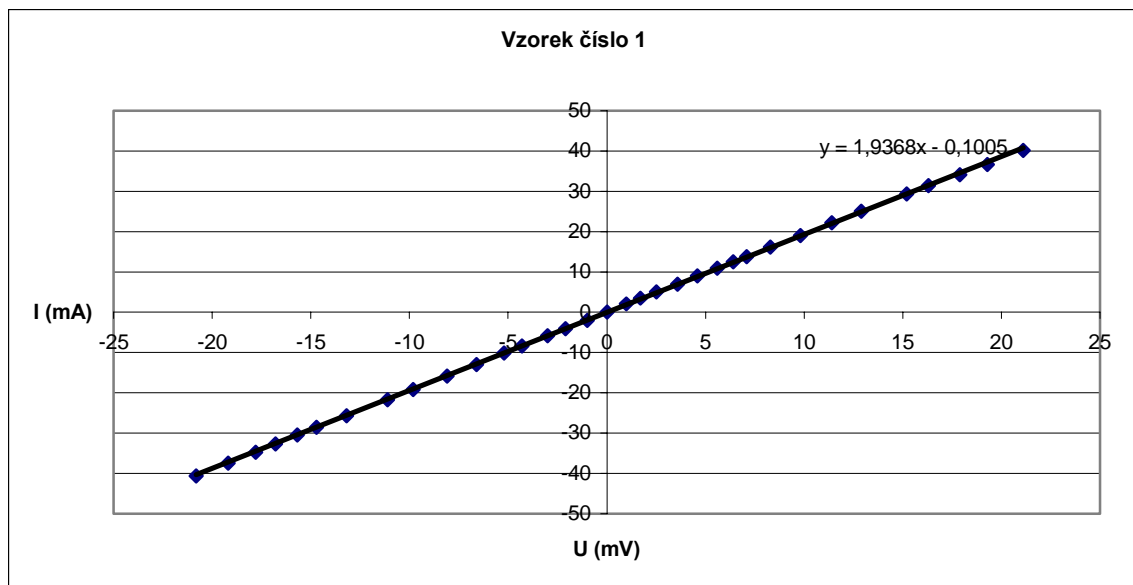
$$R_I = \frac{U_{3,4}}{I_{1,2}} \quad a \quad R_{II} = \frac{U_{4,1}}{I_{2,3}} \quad (4)$$

Potom rezistivita ρ vzorku je dána vztahem

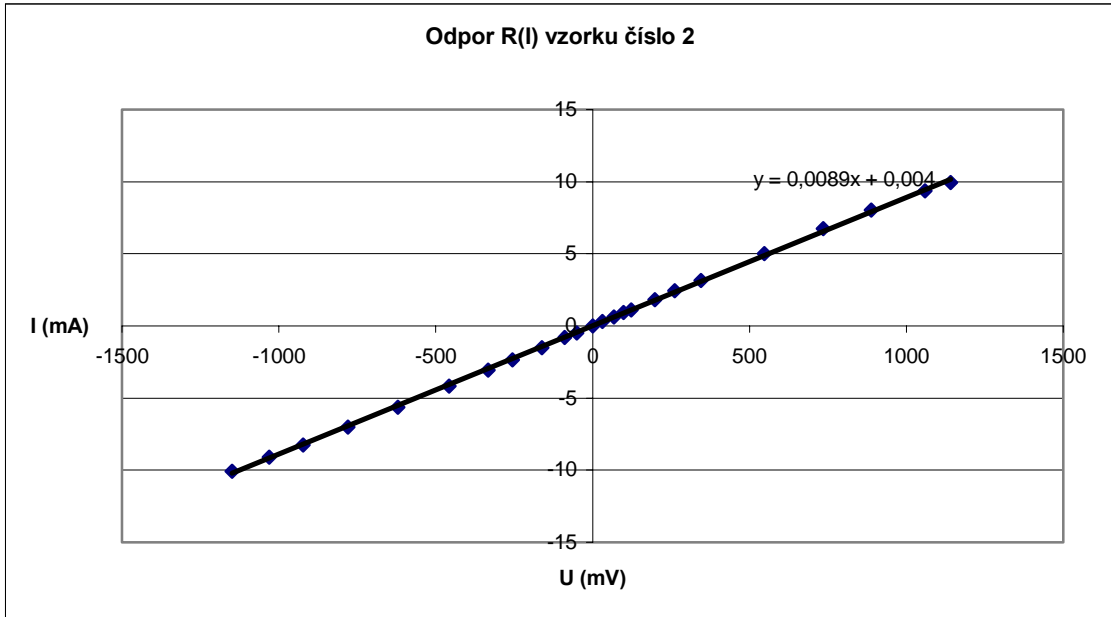
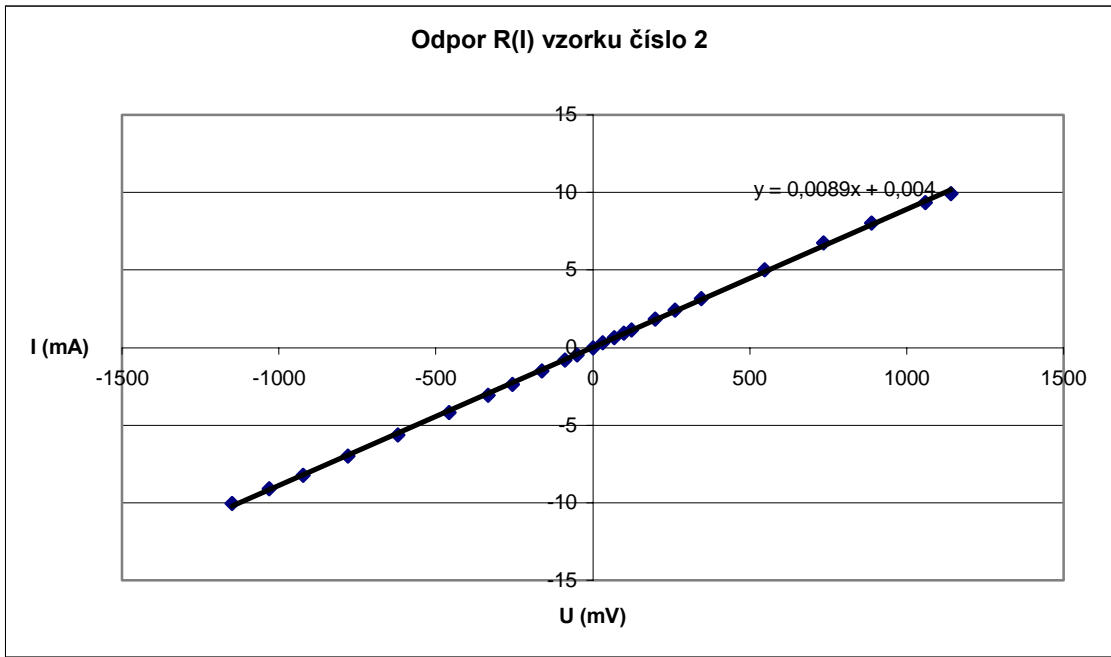
$$\rho = \frac{\pi}{\ln 2} * w * \frac{R_I + R_{II}}{2} \quad (5)$$

a výsledná hodnota rezistivity tohoto vzorku byla $0,71 \Omega * m$

Pokud srovnáme naměřené hodnoty rezistivit obou vzorků, zjistíme, že se liší o tři řády. To je názornou ilustrací toho, jak lze vodivost (rezistivitu) polovodiče výrazně měnit změnou koncentrace dotujících příměsí (donorů nebo akceptorů). Vzorek č. 2 má menší koncentraci donorů N_D než vzorek č. 1.



Obr. 1



Obr. 2