

TEPLOTNÁ ZÁVISLOSŤ ELEKTRICKÉHO ODPORU ŽELEZA V OBLASTI 4-300 K

ŠTEFAN JÁNOŠ*, LADISLAV KOVÁČ*, RADOMÍR MLÝNEK**, Košice

Elektrický odpor feromagnetických kovov pri nízkych teplotách pochádza z niekoľkých zdrojov. Predpokladá sa, že elektrický odpor týchto kovov je možné vyjadriť v tvare

$$\varrho = \varrho_0 + \varrho_1(T)$$

$$\varrho_1(T) = \varrho_1(T) + \varrho_2(T) + \varrho_3(T)$$

Príspevok ϱ_0 pochádza od rozptylu vodivostných elektrónov na nečistotách a dislokáciách a možno ho považovať za nezávislý od teploty. Príspevok ϱ_1 je tzv. intrinšická časť elektrického odporu, ktorá vyjadruje teplotnú závislosť odporu. Príspevok ϱ_1 pochádza od interakcie vodivostných elektrónov a fonónov, ϱ_2 od rozptylu vodivostných elektrónov na spinových vlnách a ϱ_3 vzniká od rozptylu s elektrónov s itnerantnými d elektrónmi. Turov [1, 2, 3] odvodil výraz pre teplotnú závislosť príspevku ϱ_2 a zistil, že $s - d$ výmenná interakcia vedie k závislosti

$$\varrho_2 = \alpha T + \beta T^2.$$

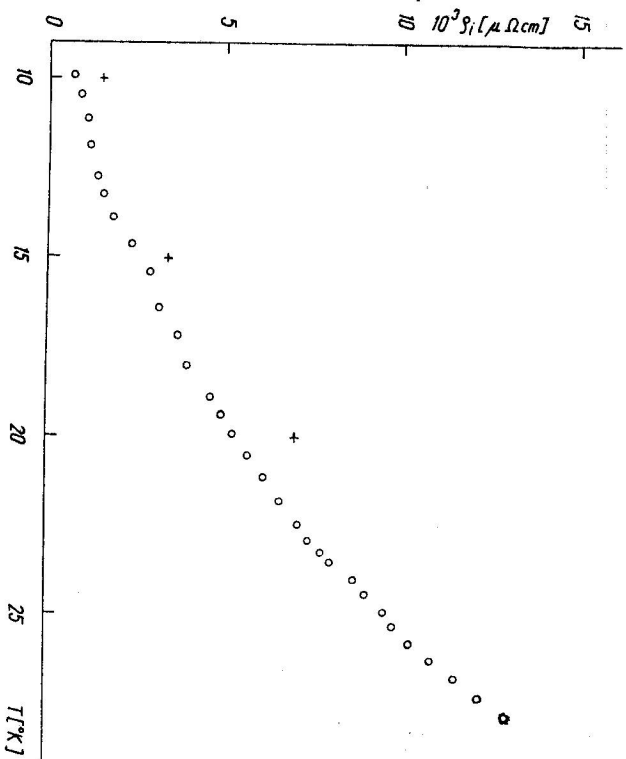
Kvadratickú závislosť získali vo svojich teoretických prácach taktiež Kasuya [4], Mannari [5], Goodings [6]. Baber [7] ukázal, že v prechodových kovoch môže hrať dôležitú úlohu rozptyl s elektrónov s itnerantnými d elektrónmi, ktorý vedie pri nízkych teplotách ku kvadratickej závislosti elektrického odporu od teploty. Herring [8] previedol teoretickú analýzu elektrón-elektrónového rozptylu v prechodových kovoch. Zistil, že ak prevláda elektrón-elektrónový rozptyl, potom ideálne Lorentzove číslo $L_1 = \varrho_1: W, T$ je konštantné v oblasti nízkych teplôt. (ϱ_1 a W sú intrinšické časti elektrického a tepelného odporu.)

Ak by prevládal rozptyl vodivostných elektrónov na spinových vlnách, nastal by značný pokles L_1 pri nízkych teplotách. White a Tainsh [9] skúmali teplotnú závislosť ϱ_1 a W na čistom nikle pod 20 K. Ich výsledky podporili uzávery v práci [8] o prevládaní elektrón-elektrónového rozptylu v magnetických prechodových kovoch. Podobné výsledky sa získali v ďalších prácach na magnetických prechodových kovoch [10, 11, 12, 13]. Experimentálne údaje teda nasvedčujú, že príspevok ϱ_2 od interakcie vodivostných elektrónov a spinových vln nie je hlavným zdrojom elektrického odporu feromagne-

* Katedra experimentálnej fyziky Prírodovedeckej fakulty UPJŠ, KOŠICE, nám. Februárového víť. 9.

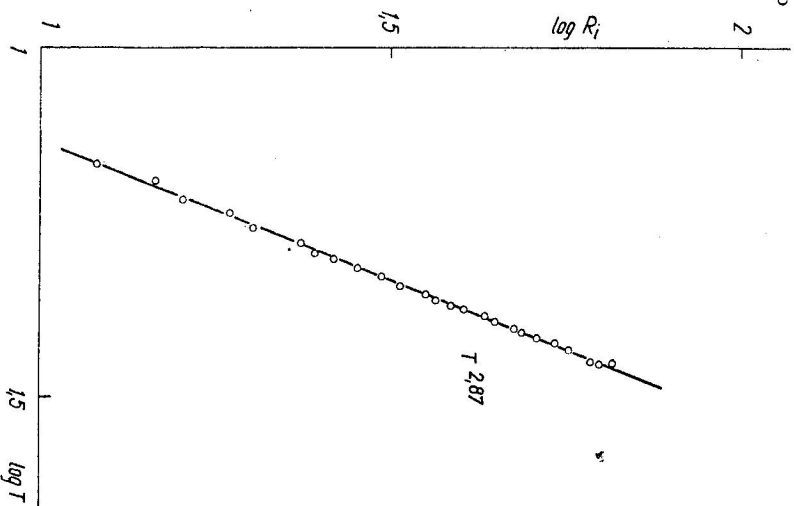
** Ústav experimentálnej fyziky SAV, KOŠICE, nám. Februárového víť. 9.

účkových kovov pri nízkych teplotách. Pre doplnenie experimentálnych údajov o teplotnej závislosti intrinzieckého odporu ρ_i vo feromagnetických kovoch podrobne sme skúmali teplotnú závislosť ρ_i na polykryštalickej vzorke čistého železa fy Johnson-Matthey v oblasti 4–300 K. Kvadratická závislosť ρ_i od teploty bola pozorovaná na železe pod 10 K v práci [14]. Bolo teda fyzikálne zaujímavé overiť prítomnosť kvadratického termu na ďalšom feromagnetickom kove v teplotnej oblasti 10–30 K. V oblasti pod 30 K sme sa pokúsili vyjadriť experimentálnu závislosť elektrického odporu od teploty v tvare $\rho_i = \alpha T^2 + \beta T^3$. Vypočítané hodnoty konštant sú $\alpha = 11,4 \times 10^{-6} \mu\Omega\text{cm deg}^{-2}$, $\beta = 2,4 \times 10^{-10} \mu\Omega\text{cm deg}^{-3}$. Funkcia $\alpha T^2 + \beta T^3$ s uvedenými konštantami vysťhuje experimentálnu závislosť s presnosťou 2 %. Veľkosť kvadratického termu je v dobrom súhlase s prácou [14]. ($\alpha = 13 \times 10^{-6}$ pod 10 K). Hodnoty špecifického odporu železa v oblasti 10–30 K sú zakreslané na obr. 1 spolu s výsledkami práce [14]. Teplotná závislosť elektrického odporu železa v oblasti 10–30 K je na obr. 2. Kvadratický term s konštantou $\alpha = 29 \times 10^{-6}$ získali autori práce [15] na monokryštále železa v oblasti 5–20 K. Výsledky našich meraní pre vyššie teploty sú nasledovné. V oblasti 35–55 K je $\rho_i \sim T^{3,2}$, od 77–140 K je $\rho_i \sim T^{2,6}$, od 180–300 K je $\rho_i \sim T^{1,6}$. Teplotná závislosť v oblasti 77–300 K sme určili zo 150 nameraných hodnôt. Pre štúdium teplotnej závislosti elektrického odporu sme použili dvojkomorový kryostat pre teplotnú oblasť 2,5–300 K [16].



Obr. 1. Intrinziecký elektrický odpor železa. + — výsledky práce [14];
o — výsledky tejto práce.

Obr. 2. Teplotná závislosť elektrického odporu železa v oblasti 15–30 K.



Autori práce ďakujú prof. Dr. V. Hajkovi za jeho záujem, podporu a starostlivosť. Ing. Kadeřkovej z Fyzikálneho ústavu ČSAV v Prahe za zaslanie vzorky, G. Petrášovi z Výpočtového strediska Přírodovědecké fakulty P. J. Šafářika za numerické výpočty a A. Fehéroví za pomoc pri meraniach.

LITERATÚRA

- [1] Трпov E. A., Изв. Акад. Наук СССР, Сер. Физ. 19 (1955), 462.
- [2] Трпov E. A., Изв. Акад. Наук СССР, Сер. Физ. 19 (1955), 474.
- [3] Трпov E. A., Физ. Метал. Металлургия, 6 (1958), 203.
- [4] Kasuya T., Progr. Theoret. Phys. (Kyoto) 22 (1959), 227.
- [5] Mannari I., Progr. Theoret. Phys. (Kyoto) 22 (1959), 335.
- [6] Goodings D. A., Phys. Rev. 132 (1963), 542.
- [7] Baber W. A., Proc. Roy. Soc. London A 158 (1937), 383.
- [8] Herring C., Phys. Rev. Lett. 19 (1967), 167.
- [9] White G. K., Tainsh R. J., Phys. Rev. Lett. 19 (1967), 165.

- [10] Schrieffer J. R., Phys. Rev. Lett. 19 (1967), 1131.
- [11] Schrieffer J. R., Phys. Rev. Lett. 20 (1968), 1034.
- [12] Schrieffer J. R., J. Phys. Chem. Solids 28 (1967), 2581.
- [13] Anderson A. C., Peterson R. E., Robichaux J. E., Phys. Rev. Lett. 20 (1968), 459.
- [14] White G. K., Woods S. B., Phil. Trans. Roy. Soc. London, A 251 (1958), 273.
- [15] Breitchman J. G., Trussel C. W., Coleman R. V., Phys. Rev. Lett. 25 (1970), 1291.
- [16] Kováč L., Jánoš Š., Gréser A., (bude publikované v Čs. čas. fyz.)

Došlo 4. 11. 1970