



Středoškolská technika 2009
Setkání a prezentace prací
středoškolských studentů na ČVUT

TERMoeLEKTRICKÉ MATERIÁLY
NA BÁZI SLOUČENIN $A_2^V B_3^{VI}$
(příprava a fyzikální vlastnosti)

Patrik Čermák

SPŠ elektrotechnická a VOŠ
Karla IV. 13, 531 69 Pardubice

Termoelektrické materiály jsou již řadu let zkoumány s cílem najít co nejefektivnější sloučeniny v daném rozsahu teplot. Můžeme je vidět v seskupení dvou materiálů – např. termočlánky (měření teploty), nebo v seskupení více materiálů – např. Peltierovy články (generace elektrické energie, chlazení), přičemž se zde využívá dvou ze tří tzv. termoelektrických jevů: 1. Seebeckův, 2. Peltierův.

Seebeckova jevu je využíváno díky vzniku napětí v obvodu dle obr. 1, sestávajícího ze dvou různých materiálů (jako jsou kovy a polovodiče). Seebeckovo napětí je úměrné rozdílu teplot dle rov. 1 a ve skutečnosti vzniká na jednom druhu materiálu díky driftu volných nosičů náboje. Peltierův jev je dle obr. 2 doprovázen teplotními změnami na spojích dvou různých materiálů (jako jsou kovy a polovodiče) vyvolanými průchodem proudu pásovou strukturou kontaktu. Peltierův jev může tedy vznikat pouze na spoji těchto druhů materiálů.

Obr. 1: Schéma Seebeckova obvodu

Obr. 2: Schéma Peltierova obvodu

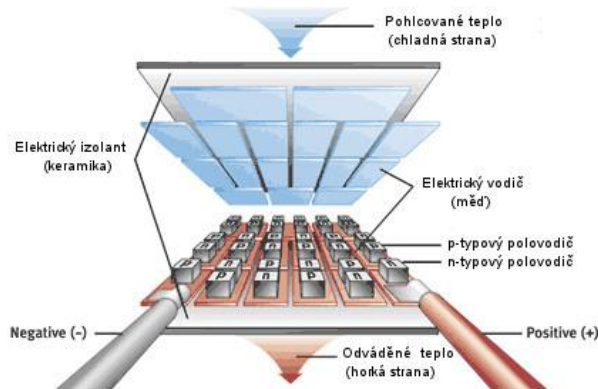
$$U = \alpha \cdot (T_2 - T_1) \quad (1)$$

kde U je vzniklé napětí [V], α je tzv. Seebeckův koeficient závislý na teplotě [V.K⁻¹], a $T_2 - T_1$ je rozdíl teplot spojů [K].

Ve své práci se zabývám přípravou a studiem některých fyzikálních vlastností termoelektrických materiálů na bázi sloučenin $A_2^V B_3^{VI}$ (kde $A = Bi, Sb$ a $B = Se, Te$), s tzv. strukturou typu tetradymitu, dosahujících maxima efektivity v oblasti pokojových teplot (300 K).

Jelikož bylo mým záměrem vyšetřit některé transportní vlastnosti materiálů pro Peltierův článek (obr. 3), připravil jsem proto monokrystalické a polykrystalické vzorky n-typu ($Bi_{2,002}Te_{2,9}Se_{0,091}I_{0,007}$) a p-typu ($Bi_{0,5}Sb_{1,5}Te_{2,9}Se_{0,1}$) elektrické vodivosti, které jsem následně

charakterizoval změřením Seebeckova koeficientu α , měrné elektrické vodivosti σ a u polykrystalických vzorků ještě součinitele teplotní vodivosti a , ze kterého byl vypočten součinitel tepelné vodivosti λ . Z těchto, fitovaných, teplotně závislých parametrů jsem následně vypočetl tzv. ZT-parametr (rov. 2), na kterém závisí účinnost obou zmiňovaných jevů.



Obr. 3: Schéma Peltierova článku

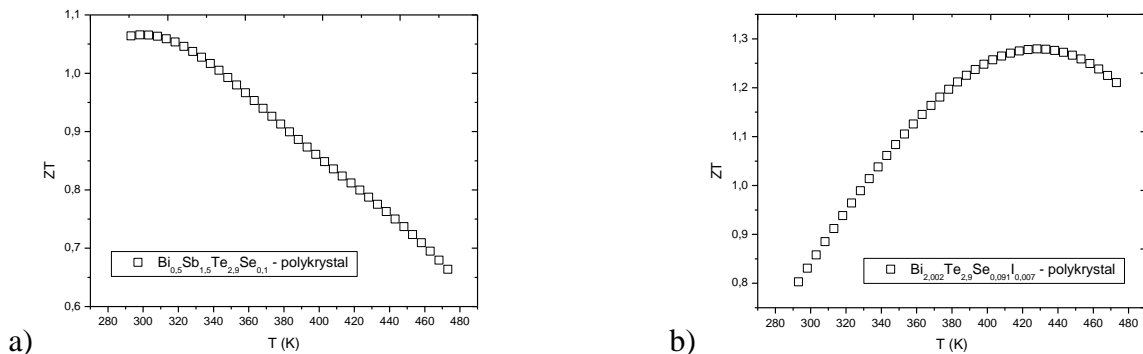
(zdroj: <http://genesis.upce.cz/fakulty/fcht/fcht-katedry/fcht-katedry-slchpl/slchpl-skupiny/slchpl-te/>)

$$ZT = \sigma \alpha^2 T / \lambda \quad (2)$$

kde σ je elektrická vodivost [$\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$], α je Seebeckův koeficient [$\text{V} \cdot \text{K}^{-1}$], λ je tepelná vodivost [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] a T je absolutní teplota [K].

Speciálně u n-typového materiálu bylo předmětem mého zkoumání vyšetřit vliv dotace jodu na jeho vlastnosti. Příliš velká koncentrace jodu vyvolá dle obr. 4, posunutí maxima ZT-parametru do teploty okolo 430 K. Posunutí maxima ZT-parametru a tím optimalizaci efektivity do oblasti pokojových teplot (300 K) lze očekávat snížením dotace jodu, který do hostitelské struktury Bi_2Te_3 přináší další volné elektrony. Tato optimalizace bude předmětem mého dalšího zkoumání.

Z těchto, polykrystalických materiálů jsem následně sestavil funkční Peltierův článek, ke kterému jsem ještě vytvořil demonstrační aparát který, díky připojeným Peltierovým článkům, umožňuje demonstraci Peltierova jevu (průchodem proudu se jedna strana článku chladí, druhá ohřívá) a demonstraci Seebeckova jevu (vychýlení ručky připojeného V-metru vyvolané rozdílem teplot stran článku). Pokud bychom chtěli realizovat demonstraci tzv. TE generátoru (výroba el. energie z rozdílu teplot), museli bychom Seebeckův obvod uzavřít (připojit zátěž), čímž by začal protékat proud, který by zapříčinil přečerpávání tepla z jedné strany článku na stranu druhou. TE generátor je totiž zařízení, v němž se uplatňuje vznik obou těchto jevů.



Obr. 4: Teplotní závislost ZT-parametru polykrystalického:
a) $\text{Bi}_{2,002}\text{Te}_{2,9}\text{Se}_{0,091}\text{I}_{0,007}$ (n-typ), b) $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_{2,9}\text{Se}_{0,1}$ (p-typ)

Z prezentovaných výsledků je tedy patrné, že p-typový materiál $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_{2,9}\text{Se}_{0,1}$ dosahuje maxima efektivity v oblasti pokojových teplot (300 K). Dosahuje v této oblasti teplot i vyšší efektivity, než klasický p-typový Sb_2Te_3 a je tedy již vhodný pro nasazení v praxi za účelem např. zvýšení účinnosti nynějších Peltierových článků. N-typový $\text{Bi}_{2,002}\text{Te}_{2,9}\text{Se}_{0,091}\text{I}_{0,007}$ je vhodný pro použití v oblasti termoelektriny, ovšem ne v oblasti pokojových teplot (300 K), pro tento účel je tedy ještě nutná další optimalizace.

Projekt je realizován ve spolupráci s Ústavem aplikované fyziky a matematiky Univerzity Pardubice, pod vedením Doc. Ing. Čestmíra Drašara, Dr., za přispění SPŠE a VOŠ Pardubice, Karla IV. 13, ze které, od pana Mgr. Ing. Jaroslava Švadlenky – učitele fyziky, přišel vůbec první impuls k vědecké práci a domluvil mi prvotní spolupráci s Univerzitou Pardubice ve SLChPL ÚMCh AV ČR, v. v. i. a UPa na měření některých transportních vlastností těchto materiálů, pod vedením Ing. Tomáše Plecháčka, PhD. Odtud jsem již sám poté přešel k panu Dr. Drašarovi na ÚAFM, který mne přijal na výzkum těchto materiálů, přičemž s SLChPL na měření dále spolupracuji. Všem tedy proto patří velké díky.