

## Posudek diplomové práce:

Bc. Jan Zich –

### „Příprava a studium termoelektrických vlastností chalkopyritu dopovaného prvky 15. skupiny“

Bc. Jan Zich se zabývá ve své diplomové práci nazvané „**Příprava a studium termoelektrických vlastností chalkopyritu dopovaného prvky 15. skupiny**“ studiem vlivu příměsí atomů fosforu resp. antimonu uvažovaných jako aniontový dopant v chalkopyritových vzorcích nominálního složení  $\text{CuFeS}_{2-x}\text{P}_x$  ( $x=0$  to  $0.05$ ) resp.  $\text{CuFeS}_{2-x}\text{Sb}_x$  ( $x=0$  to  $0.08$ ). Hlavním cílem diplomové práce bylo posoudit vliv těchto dopantů na termoelektrické vlastnosti připravených materiálů.

Ternární sulfidické I-III-VI<sub>2</sub> materiály s chalkopyritovou strukturou byly v posledních dekáдах studovány termoelektrickou vědeckou komunitou za účelem možného vylepšení jejich termoelektrických vlastností. Velkou motivací byla ekonomicky výhodná surovinová dostupnost konstitučních prvků/sloučenin. Mezi těmito materiály byly tyto aspekty studovány i na samotném chalkopyritu  $\text{CuFeS}_2$ . Zatímco se většina publikovaných prací zabývala substitucí na kationtových pozicích a vlivem této substituce na změny termoelektrických parametrů a transportních vlastností náboje a tepla, velmi málo je doposud známo o možnostech substituce na aniontových pozicích a jejich vlivu na výše zmíněné vlastnosti. Z tohoto pohledu je tematika práce velmi cenná a atraktivní. Autor připravil řady vzorků  $\text{CuFeS}_{2-x}\text{P}_x$  a  $\text{CuFeS}_{2-x}\text{Sb}_x$  výše uvedených složení, které charakterizoval práškovou rentgenovou difrakcí a poté charakterizoval jejich transportní a termoelektrické vlastnosti.

Teoretická část práce je přehledně a logicky vystavěná, obsahující velmi kvalitně zpracovanou rešeršní část, uvádějící základní literární poznatky týkající se studovaného materiálu  $\text{CuFeS}_2$  včetně podrobného a pečlivého shrnutí současného stavu a motivace vedoucí ke studované problematice, tj. studiu možné substituce chalkopyritové matrice na aniontových místech atomy Sb resp. P za účelem pokusit se optimalizovat jeho termoelektrické vlastnosti. Dobře zpracovaná experimentální část popisuje metodu a podmínky přípravy čistého i dopovaných vzorků, metody strukturní charakterizace připravených vzorků a také experimentální metodiky použité pro charakterizaci jejich transportních a termoelektrických vlastností (elektrická vodivost, Seebeckův koeficient, Hallův koeficient a tepelná vodivost).

Dosažené výsledky jsou prezentovány a diskutovány na 13 stranách a podle autora z nich vyplývá z nich, že studované dopanty se v chalkopyritové matrici buď vůbec (v případě Sb) a nebo velmi omezeně (v případě P) rozpouští a vytvářením stabilnějších sloučenin, tj. tetrahedritu  $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$  popř.  $\text{CuPS}_2$ . Vznik těchto sloučenin způsobuje ochuzení chalkopyritové matrice o Cu a S. Tato skutečnost (deficit Cu a S) má pak dominantní vliv na změny pozorovaných transportních, termoelektrických a tepelných vlastností. Pozorované zvýšení primárně sledovaných termoelektrických parametrů (power faktor a parametr Z) je však nevýznamné a autor na závěr konstatuje, že "způsob dopování není z pohledu efektivity vhodný". Na základě získaných zkušeností

z provedených experimentů autor na závěr doporučuje možné směry/způsoby budoucí optimalizace termoelektrických vlastností chalkopyritových materiálů.

Diplomová práce je napsaná přehledně a srozumitelně a po odborné i formální stránce je na úrovni odpovídající všeobecným standardům prací tohoto typu. Mám k ní vlastně jen pár spíše formálních připomínek:

1. Ač diskutované obrázky leží většinou někde poblíž relevantního textu, přesto bych doporučil uvádět v textu odkaz na jejich číslo, pro lepší orientaci potenciálního čtenáře.
2. Na několika místech diskutuje autor zjištěné výsledky jen slovně, např. teplotní závislost Hallovy pohyblivosti a z ní vyplývající dominantní rozptyl na akustických fononech (str. 47) popř. Pisarenkův graf závislosti Seebeckova koeficientu na koncentraci volných nositelů (str. 51). I zde by jistě potenciální čtenář ocenil posoudit jednotlivá tvrzení, na základě jejich přítomnosti v práci, sám.

Poslední dvě připomínky jsou, ale jen opravdu formální a nijak nesnižují hodnotu diplomové práce, která je dokladem toho, že autor vykonal značný objem experimentální práce a prokázal plně schopnost zhodnotit získané výsledky. Hodnotím ji známkou

**Výborně**

V Pardubicích 18.8.2021

Ing. Jiří Navrátil, Csc.