



**Masarykova univerzita**

**Přírodovědecká fakulta**

**Ústav fyziky kondenzovaných látek**

**doc. RNDr. Petr Mikulík, Ph.D., mikulik@physics.muni.cz**

## **Oponentní posudek disertační práce**

Student: RNDr. Petr Cejpek

Název: Studium indiem dopované slitiny s tvarovou pamětí  $\text{Ni}_2\text{MnGa}$

Oddělení: Katedra fyziky kondenzovaných látek, MFF UK

Vedoucí: RNDr. Milan Dopita, PhD.

RNDr. Petr Cejpek předkládá disertační práci s názvem „Study of indium doped shape-memory alloy  $\text{Ni}_2\text{MnGa}$ “ („Studium indiem dopované slitiny s tvarovou pamětí  $\text{Ni}_2\text{MnGa}$ “) pro obhajobu na MFF UK v Praze.

Během svého doktorského studia se autor zabýval detailně procesy přípravy a charakterizace krystalů  $\text{Ni}_2\text{MnGa}$  čistých a dopovaných indiem  $\text{Ni}_2\text{MnGa}_{1-x}\text{In}_x$ . Systémy založené na slitině Ni-Mn-Ga vykazují efekty martensické transformace (přechod od monoklinické fáze martensitu přes pre-martensit ke kubickému austenitu) a magnetické tvarové paměti (viz kapitola 1 disertační práce), a v souvislosti s dopováním tak umožňují bohaté studium strukturních, elektrických i magnetických vlastností připravených materiálů. Tyto systémy mají možné uplatnění v sensorice či v mikromechanických systémech, proto je tematika jejich studia a základní výzkum v této oblasti velmi aktuální.

Vzhledem k přítomnosti čtyř prvků jsou vlastnosti vyrobené slitiny silně závislé na přípravě (růstu a krystalizaci), tak i následném tepelném zpracování (žhánění). Proto byly krystaly připravovány dvěma různými způsoby, a to Bridgmanovou metodou a metodou letmé zóny. Následně bylo prováděno dlouhodobé žhánění pro stabilizaci struktury a zlepšení reprodukovatelnosti získaného krystalu. Autor poté použil velké množství experimentálních technik pro charakterizaci: optickou mikroskopii, energiově-disperzní rtg spektroskopii (EDX) v elektronovém mikroskopu, rtg fluorescenci (XRF), diferenční skenovací kalorimetrii (DSC), měření měrného odporu čtyřsondou a měření magnetizace (až do 7 T) až do nízkých teplot (4 K), a rtg difrakci (tato část je nejrozsáhlejší). Tyto metody jsou v kapitole 2 popsány stručně a současně dostatečně s nezbytným teoretickým základem.

Samotné experimentální práci a diskusi výsledků se pak věnují kapitoly 3 až 7. Tyto kapitoly jsou napsané jasně a podávají kompletní informaci o postupu a výsledcích. Pomocí výše uvedených metod se autor detailně zabývá souvislostí struktury a vlastností v závislosti na koncentraci galia a india. Sledovanými a komentovanými vlastnostmi jsou teploty související s fázovými přechody martensické transformace, Curieova teplota, charakteristiky magnetické hysterese a teplotní závislosti magnetizace, závislosti resistivity na teplotě a velikosti i směru aplikovaného magnetického pole. Krystalická struktura byla studována rentgenovou difrakcí a to nejen za různých teplot, ale i in-situ při aplikaci napětí v tahu a tlaku, kde bylo nutné vyřešit i problémy se správným uchycením vzorku. Z těchto měření pak autor odhaluje informace o doménách, dvojčatění a modulované struktuře. Takoveto pečlivé získání a diskutování výsledků přináší nové vědecké poznatky do materiálového výzkumu materiálů s tvarovou pamětí.

Disertační práce je napsaná anglicky, má 7 číslovaných kapitol, 2 nečíslované kapitoly a 1 do-  
datek. Práce je strukturována přehledně a vysázena v dobré typografické kvalitě, obrázky jsou  
vytištěny zřetelně. Autor adekvátně cituje 107 prací a přikládá též seznam 10 vlastních pub-  
likací. Drobným problémem je odlišnost vytištěné práce, která má 113 stran, zatímco verze  
zaslaná elektronicky obsahuje 105 stran, takže recenze nemohou odkazovat na čísla stránek  
textu. Rozdíl je způsoben vkládáním či nevkládáním prázdných stránek do textu tak, aby kapi-  
toly začínaly vždy na liché straně.

K dizertační práci a její obhajobě mám několik bodů k diskusi:

1. V kapitole 1.2.2 se diskutují různé typy dvojčatění, na což je pak odkazováno z kapi-  
toly 6.2, kde se navíc uvádí hodnoty Eulerových úhlů. K tomuto by bylo vhodné do-  
plnit obrázek (schéma).
2. Kapitola 2.1.1. Je známa čistota prekurzorů, které byly použity pro růst krystalů?
3. V práci jsou kresleny grafy teplot fázových přechodů v závislosti na různých paramet-  
rech. Bylo by možné vykreslit pro jeden vzorek všechny teploty (resp. rozsahy teplot)  
fázových přechodů do jednoho grafu?
4. Bylo by přínosné vykreslit grafy materiálových parametrů jako např. susceptibility  
nebo Youngova modulu?

Na závěr mého posudku bych shrnul, že RNDr. Petr Cejpek během doktorského studia získal  
velmi dobré zkušenosti a výsledky v přípravě i analýze vlastností krystalů  $\text{Ni}_2\text{MnGa}$  dopo-  
vaných indiem. Disertační práce splnila stanovené cíle a je zpracována na adekvátní odborné  
úrovni, autor publikoval výsledky své práce, čímž prokazuje své předpoklady k samostatné  
tvořivé práci. Z výše uvedených důvodů souhlasím s udělením akademického titulu Ph.D.

V Brně dne 2. 9. 2021

.....  
doc. RNDr. Petr Mikulík, Ph.D.