

## Posudek vedoucího disertační práce RNDr. Dagmary Butkovičové

### „ Studium spinové dynamiky v hybridních strukturách založených na feromagnetickém polovodiči (Ga,Mn)As“

RNDr. Dagmary Butkovičová se ve své disertační práci věnovala studiu hybridních struktur feromagnet/polovodič, které jsou velice zajímavé pro spintroniku. Konkrétně se zaměřila na heterostrukтуры obsahující feromagnetický polovodič (Ga,Mn)As, což je nejprozkoumanější modelový materiál ze skupiny zředěných magnetických polovodičů. Hlavním cílem této práce bylo podrobné studium jevu optického spinového krutu (Optical Spin Transfer Torque, OSTT), což je optická obdoba jevu STT, který se ve feromagnetických kovových vrstvách používá pro netermální přepínání směru magnetizace. V první části disertační práce jsou popsány experimenty, ve kterých jsme se pokusili dosáhnout netermálního ovládní směru magnetizace v (Ga,Mn)As s přispěním kontroly magnetické anizotropie pomocí mechanického napětí vyvolaného piezo-měníčem (PZT) v hybridní struktuře (Ga,Mn)As/GaAs/PZT. Pro tento účel byla nejprve optimalizována příprava této struktury, která byla detailně testována pomocí rentgenové difrakce a magneto-optických metod. Přepínání magnetizace působením jevu OSTT se nám sice nepodařilo dosáhnout, ale dosažené poznatky o přípravě struktur obsahujících PZT plánujeme využít v naší laboratoři při studiu jiných materiálů, které nevyžadují chlazení v kryostatu, což se ukázalo být hlavním zdrojem nereprodukovatelnosti naměřených výsledků ve strukturách na bázi (Ga,Mn)As.

Nejzajímavějším výsledkem v této práci je experimentálně pozorované ultrarychlé otočení směru spinu elektronů po jejich optické injekci do struktury (Ga,Mn)As/GaAs vlivem jejich interakce s magnetizací ve vrstvě (Ga,Mn)As. Tento jev, který tvoří základ jevu STT, byl zatím považován jen za teoretický koncept, protože v běžně studovaných kovových feromagnetech totiž není možné od sebe odlišit elektrony, které jsou zodpovědné za magnetizaci, a elektrony realizující spinový proud. V námi studovaném feromagnetickém polovodiči (Ga,Mn)As se ale jedná o různé elektrony (na *d*- resp. *s*-orbitalech), díky čemuž se nám podařilo toto "předpokládané" otočení spinů elektronů vlivem magnetizace pozorovat experimentálně.

RNDr. Butkovičová je spoluautorkou 7 článků publikovaných v impaktovaných mezinárodních vědeckých časopisech a další 1 článek je těsně před dokončením. Obsah této práce ale přímo tvoří jen 2 publikace, kde byl přínos autorky k měření a zpracování dat i jejich interpretaci zásadní a kde se také podílela na sepsání textu článků. Další 1 publikace přímo využívá autorkou připravenou hybridní heterostrukturu s piezo-měníčem a lze ji tedy chápat jako přímý výstup této disertační práce. Všechny ostatní její články s disertační prací věcně souvisí a autorka se na nich nějakou formou podílela (zejména měření a zpracováním částí experimentálních dat), nicméně v disertační práci nejsou z důvodu vnitřní konzistence této práce přímo zahrnuté. Dosažené výsledky autorka dále prezentovala na 5 konferencích ve formě 3 přednášek a 2 posterů.

Celkově je možné říci, že RNDr. Dagmary Butkovičová přistupovala k řešení studované problematiky se značným pracovním nasazením a snahou o detailní pochopení celé studované problematiky. Je také potřeba konstatovat, že délka jejího doktorského studia byla poměrně nadstandardně dlouhá, což do velké míry souvisí s jejím přesídlením do Velké Británie po ukončení interního doktorandského studia. Navzdory obtížím vyvolaným touto změnou prostředí (a zaměstnání) se jí ale podařilo pokračovat v interpretaci dříve naměřených experimentálních výsledků, což nakonec vedlo k jejich interpretaci, která se zdá být fyzikálně velice zajímavá.

Předloženou práci proto doporučuji přijmout jako disertační práci.

V Praze 7.11.2021

Prof. RNDr. Petr Němec, Ph.D.  
KCHFO MFF UK