

Posudek disertační práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy v Praze

Posudek vedoucího

Autor: Mgr. Jan Zemen

Název práce: Magnetické anizotropie v (Ga,Mn)As a v kovových multivrstvách se silnou spin-orbitální interakcí / Magnetic anisotropies in (Ga,Mn)As and metallic multilayers with strong spin-orbit coupling

Studijní program a obor: Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum (F3)

Rok odevzdání: 2010

Jméno a tituly vedoucího: Tomáš Jungwirth, Ph.D.

Pracoviště: Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Sekce fyziky pevných látek

Kontaktní e-mail: jungw@fzu.cz

Obsah práce

Předložená práce prezentuje výsledky teoretického studia magnetických anisotropií ve feromagnetických materiálech se silnou spin-orbitální interakcí. Tématické dělení práce na část věnovanou polovodičům a kovovým slitinám odpovídá rozdílnému fyzikálnímu charakteru těchto systémů i rozdílnému přístupu k jejich modelování. Tyto dva aspekty autor stručně shrnuje v úvodní kapitole spolu s popisem zkoumaných látek a základních prvků použitých teoretických modelů. Podrobný popis přiblížení efektivního $\mathbf{k}\cdot\mathbf{p}$ Hamiltoniánu s výměnnou interakcí v případě feromagnetických polovodičů a mikroskopické těsné vazby v případě kovových feromagnetů, implementovaných při numerických výpočtech magnetických anisotropních energií, je uveden v druhé kapitole. Třetí kapitola shrnuje původní výsledky autora práce. Kromě analýzy numerických výsledků obsahuje i srovnání s dřívějšími experimentálními výsledky v případě (Ga,Mn)As a s výpočty z prvních principů v případě kovových multivrstev CoPt a FePt. Autor se rovněž přímo podílel na společných teoreticko-experimentálních studiích na strukturách (Ga,Mn)As, ve kterých magnetické anisotropie hrají klíčovou roli. Tyto práce tvoří velmi důležitou část původních výsledků autora popsanych ve třetí kapitole. Poslední kapitola shrnuje výsledky a hodnotí efektivitu použitých teoretických modelů při popisu magnetických anisotropií spin-orbitálního původu.

Přínos práce

Větší část disertační práce je věnována magnetické anisotropii a jevům souvisejícím s tímto základním magnetickým parametrem ve feromagnetických polovodičových materiálech a

strukturách. Hlavní důraz je kladen na (Ga,Mn)As, který přes své relativně nedávné objevení dnes představuje prototyp feromagnetického polovodiče. Jedná se tedy o příspěvek v oboru, který má důležité místo v moderní fyzice pevných látek, ve výzkumu mikroelektronických součástek a ve spintronice. Základem disertační práce je detailní teoretický rozbor magneto-krystalických anisotropií v systémech (Ga,Mn)As publikovaný ve 30-stránkovém článku ve Physical Review B. Tato práce má ambici stát se základní referencí o magnetických anisotropiích v tomto materiálu. Další neméně významný přínos práce autora je v oblasti motivovace a přímé interpretace experimentů na epitaxních vrstvách, laterálních mikro- a nano-strukturách a elektronických mikro-součástkách v (Ga,Mn)As, jejichž vlastnosti a chování bezprostředně souvisí s magnetickými anisotropiemi. Autorovi se podařilo na semikvantitativní mikroskopické úrovni předpovědět nebo vysvětlit experimenty na zrelaxovaných nanodrátech, popsat tvar a orientaci magnetických doménových stěn a popsat fungování feromagnetických transistorů řízených piezoelektrickým a elektrostatickým polem (články ve Physical Review Letters, Physical Review B, New Journal of Physics, atd.) Kromě více než 50ti citací je přínos autora studia magnetických anisotropií v (Ga,Mn)As patrných z řady navazujících teoreticko-experimentálních projektů, na kterých se dále podílí i po sepsání disertační práce (nové články odeslané do Nature Physics, Physical Review B).

Ve druhé části své disertace se autor pustil do téměř neprobádané oblasti výpočtů magnetických anisotropií metodou relativistické mikroskopické těsné vazby a tuto metodu aplikoval na kovové feromagnetické systémy. Principální použitelnost metody demonstruje na srovnání výpočtu magnetických anisotropií CoPt a FePt metodou děsné vazby s výpočty z prvních principů. Tato část disertace netvoří uzavřený vědecký projekt a autor bude v této oblasti výzkumu pokračovat v rámci již získaného prestižního EPSRC Fellowship na University of Nottingham ve Velké Británii. Nicméně již výsledky dosažené v rámci disertační práce jsou významné. Na rozdíl od výpočtů z prvních principů je metoda těsné vazby velmi dobře aplikovatelná na výpočty relativistických magnetických anisotropií v transportních vlastnostech komplexních magnetických struktur. V poslední době bylo realizováno několik klíčových experimentů v této oblasti, což zdůrazňuje potřebu praktického formalismu pro odpovídající teoretické výpočty. Autor ve své disertaci položil základ takového formalismu.

Hodnocení práce

Disertační práce je na velmi dobré mezinárodní úrovni a je napsána bez zjevných věcných chyb – většina fyzikálních témat popsaných v práci byla autorem prezentována na řadě seminářů a vědeckých konferencích a prošla oponentním řízením v prestižních mezinárodních fyzikálních časopisech. Výsledky jsou originální a mají jak charakter velmi podrobné systematické práce, tak i několika inovativních prací v přímé spolupráci s experimentátory. Rozsah práce odpovídá disertační Ph.D práci a její grafická a zejména jazyková úroveň je velmi vysoká. Autor si během studia podstatně rozšířil své fyzikální znalosti, osvojil základní principy vědecké práce a získal odpovídající stupeň samostatnosti, který bude moci uplatnit jako postdoc na svém novém působišti ve Velké Británii.

Práci doporučuji uznat jako disertační.



Tomáš Jungwirth