

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autorka: Bc. Lenka Kubíčková

Název práce: Relaxivity of magnetic iron oxide nanoparticles containing diamagnetic cations

Studijní program a obor: Fyzika, Fyzika kondenzovaných soustav a materiálů

Rok odevzdání: 2017

Jméno a tituly vedoucího: doc. Mgr. Jaroslav Kohout, Dr.

Pracoviště: Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, katedra fyziky nízkých teplot

Kontaktní e-mail: kohout@mbox.troja.mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:

Lenka Kubíčková se v laboratoři Mössbauerovy spektroskopie na katedře fyziky nízkých teplot v letech 2013-2015 aktivně podílela na řešení grantu „Hyperjemné interakce v nanočásticích a nízkodimenzionálních oxidech železa“ a od roku 2016 se účastní řešení grantu „Oxidové nanomagnetů, jejich vlastnosti a interakce s biologickými systémy“.

Osvědčila schopnost nastudovat příslušnou fyzikální problematiku a systematicky vědecky pracovat už ve své bakalářské práci. Úspěšně zvládla metodiku měření hyperjemných parametrů v magneticky uspořádaných látkách pomocí Mössbauerovy spektroskopie a metodiku měření relaxačních procesů jader atomů ^1H ve vodě v okolí magnetických nanočástic oxidů železa (nanomagnetů), které jsou perspektivní pro svou nízkou toxicitu v biofyzikálních a medicínských aplikacích, jako jsou např. kontrastní látky pro zobrazování pomocí magnetické rezonance (MRI), cílený transport léků, značení a separace buněk, atd.

Předložená diplomová práce je věnována charakterizaci a využití nanočástic metastabilního epsilon polymorfu oxidu železitého ($\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$), který lze připravit pouze ve formě nanočástic (nebo tenkých vrstev), na přípravu kontrastních látek pro zobrazování v tomografech magnetické rezonance. Jelikož relaxivita, schopnost kontrastní látky ovlivnit relaxační procesy jader ^1H a tedy i kontrast v T_2 -vážených obrazech, závisí podle režimu pohybového středování (MAR) na kvadrátu magnetizace nanočástice, bylo cílem práce zvýšit relaxivitu pomocí zvýšení magnetizace nanočástic. Toho lze dosáhnout, vzhledem k ferimagnetickému uspořádání magnetických momentů Fe^{3+} iontů ve čtyřech neekvivalentních polohách krystalové struktury $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$, substitucí diamagnetického iontu hliníku Al^{3+} , který přednostně obsazuje, vzhledem k velikosti svého iontového poloměru, tetraedrické polohy.

Hliníkem substituované vzorky byly připraveny metodou impregnace mezoporézního oxidu křemičitého (matrice) nonahydrátem dusičnanu železitého s následným žiháním. Původní matrice vyžihaných vzorků byla rozpuštěna a magnetická jádra $\epsilon\text{-Fe}_{2-x}\text{Al}_x\text{O}_3$ byla pak obalena amorfním oxidem křemičitým („silikou“) o čtyřech různých tloušťkách.

Charakterizace takto připravených vzorků byla provedena metodou práškové rentgenové difrakce (XRPD) a fluorescenční spektroskopie (XRF), transmisní elektronové difrakce (TEM), dynamického rozptylu světla (DLS), DC magnetických měření a Mössbauerovy spektroskopie. Pomocí XRPD byly určeny mřížové parametry, fázová čistota, pomocí XRF prvkové složení vzorků ($x=0.23(1)$), ze snímků z TEM distribuce velikostí nanočástic a tloušťky obalů amorfni siliky, z DLS hydrodynamickou velikost nanočástic. V substituovaném vzorku $\epsilon\text{-Fe}_{1.77}\text{Al}_{0.23}\text{O}_3$ byl pozorován při měření hysterezních smyček při pokojové teplotě nárůst specifické magnetizace o $\sim 30\%$ vůči čistému vzorku $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Na základě výsledků Mössbauerovy spektroskopie byl potvrzen výskyt hliníku pouze v tetraedrických polohách krystalové struktury epsilon-fáze oxidu železitého s koncentrací $x=0.24(2)$ ve shodě s výsledky XRF a očekávané snížení středních velikostí hyperjemných magnetických polí oproti nesubstituovanému vzorku $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ vlivem přerušování supervýměnné interakce Fe-O-Fe(Al) hliníkem.

Koncentrace železa ve vodných suspenzích nanočástic, připravených pro měření relaxivit v závislosti na tloušťce obalu, velikosti vnějšího magnetického pole a teplotě, byla určena pro jednotlivé vzorky pomocí hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS).

Hlavního cíle diplomové práce - podstatného zvýšení relaxivit substituovaných vzorků nanomagnetů $\epsilon\text{-Fe}_{1.77}\text{Al}_{0.23}\text{O}_3$ až o 50% bylo dosaženo v různých magnetických polích při teplotě lidského těla $\sim 40^\circ\text{C}$ u vzorků s tenkým obalem amorfni siliky do ~ 7 nm. Relaxivita vzorků s větší tloušťkou je srovnatelná s relaxivitou vzorků nesubstituovaného $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$, protože u větších tlouštěk obalu začíná převládat relaxační mechanismus způsobený nejpravděpodobněji výměnou vody v pórech a na povrchu amorfni „siliky“ nad relaxačním mechanismem způsobeným pohybovým středováním molekul vody v magnetickém poli nanočástice – MAR. Tímto

mechanismem je ovlivněné i chování relaxivit při vyšších teplotách a ve vnějším magnetickém poli. Nad teplotou ~340 K (~67°C) bylo pozorováno rozpouštění obalu z amorfni „siliky“.

Po formální stránce je práce napsána na vynikající odborné úrovni přesahující rozsah diplomové práce, obsahuje originální výsledky a jen několik překlepů (např. u obr. 5.27 popis x-ové osy: „silica [nm]” -> “thickness of silica [nm]”).

Téma diplomové práce je aktuální nejen z hlediska možných aplikací v biofyzice a medicíně (značení buněk, cílený transport léčiv, zvýšení kontrastu při zobrazování pomocí jaderné magnetické rezonance), ale také z hlediska fyzikálních mechanismů ovlivňujících relaxivitu nanočástic, zejména vlivu obalu ze „siliky“.

Kladně hodnotím také výbornou prezentaci výsledků práce na mezinárodních konferencích, zejména na „XXVIIth International Conference on Magnetic Resonance in Biological Systems (ICMRBS 2016, 21.-26.8., Kyoto, Japonsko)“, kde byla Bc. Lenka Kubíčková oceněna za příspěvek ve formě posteru s názvem: $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ Nanoparticles: *Transversal Relaxivity* (Young Investigator Award, Poster Prize).

Práci

- doporučuji
 nedoporučuji
uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího: V Praze, 24.5. 2017