

Abstrakt

Autor: Mgr. Serhii Volkov

Názov: Dlhodosahový jav blízkosti v štruktúrach supravodič/feromagnet

Školiteľ: Doc. Ing. Maroš Gregor, PhD

Univerzita: Univerzita Komenského v Bratislave

Fakulta: Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Katedra: Katedra experimentálnej fyziky

Študijný odbor: 4.1.3 Fyzika kondenzovaných látok a akustika

Rok: 2021

Kľúčové slova: indukovaná supravodivosť, jav blízkosti,

Supravodivá spintronika, ktorá v sebe spája tradičnú spintroniku a supravodivosť prispela ku význačnému posunu vo vývoji spintronických zariadení. Aplikácia supravodivej spintroniky rieši taký vážny problém ako vytvorenie vysokoúčinného generátora čistého spin-polarizovaného prúdu a to používaním hybridných štruktúr na základe klasického supravodiča a feromagnetu. Ďalší vývoj takých štruktúr kladie vysoké požiadavky aj na základný výskum, ktorý kladie veľký dôraz na elektrónový transport. Tento typ štruktúr supravodič/feromagnet často vykazuje netypické správanie elektrónových transportných vlastností. Také netypické správanie sú považované za anomálie a často krát sú vylúčené z ďalších analýz. V predloženej práci sa venujeme štúdiu elektrónového transportu na rozhraní supravodič-feromagnet a možnosti dlhodosahového javu blízkosti na týchto heteroštruktúrach, ako aj analýze anomálií v diferenciálnej vodivosti nameranej pomocou hrotovej kontaktnej Andreevskej spektroskopie. Takéto anomálie sú zvyčajne nazývané ako „anomália pri nulovom napätí“ (v angličtine „zero-bias anomaly“) a v našom prípade bola podobná zvýšená vodivosť pri nulovom napätí nameraná na štruktúrach pozostávajúceho zo supravodiča NbN a slabo spin-polarizovaného feromagnetu NiCu. V práci sme ukázali teoretické vysvetlenie tohto javu založenom na indukovanej supravodivosti v feromagnete ako aj experimentálnu verifikáciu nameraných diferenciálnych vodivostí týchto heteroštruktúr.

Predložená dizertačná práca pozostáva z úvodu do problematiky, štyroch základných kapitol a záveru.

Teoretické základy skúmanej problematiky sú predstavené v Kapitole 1. Kapitola začína prehľadom základných experimentálnych faktov a teórii, ktoré viedli k ustáleniu moderného poznania o klasickej teórii supravodivosti. Kapitola pokračuje diskusiou základných bodov mikroskopickej

teórie supravodivosti navrhutej Bardinom, Cooperom a Shreifferom. Následuje prehľad fyzikálnych základov javu blízkosti v štruktúrach na báze supravodiča (S) a normálneho kovu (N). Základy Blonder-Tinkham-Klapwijkovej teórie sú prezentované na kontakte supravodič normálny kov. Následne bol rozpracovaný teoretický model popisujúci možný vznik anomálií vo vodivostných spektrách založený na proximitne indukovanej supravodivosti. Kapitola končí diskusiou javu blízkosti v štruktúrach na báze klasického supravodiča a feromagnetu a zároveň krátkym úvodom do feromagnetizmu.

Vlastnosti skúmaných materiálov sú prediskutované v Kapitole 2. Na začiatku kapitoly sú prezentované kryštalické fázy a elektrónová štruktúra stechiometrického fcc-NbN. Kapitola končí prehľadom mechanických, elektrických a magnetických vlastností zliatiny niklu a medi v závislosti od vzájomných koncentrácií Ni a Cu.

Metódy a techniky, ktoré boli použité na depozíciu a meranie vzoriek sú diskutované v Kapitole 3. Kapitola začína prehľadom metód pulznej laserovej ablácie, magnetronového naprašovania a tvarovania vzoriek pomocou optickej litografie a iónového leptania. Kapitola pokračuje prehľadom techník, ktoré boli použité na meranie transportných elektrických vlastností skúmaných vzoriek. Táto skupina výskumných techník je predstavená bodovou kontaktnou spektroskopiou (PCS, PCARS), technikami na merania odporovo-teplotných (RT) a prúdovo-napäťových (IV) charakteristík. Kapitola končí prehľadom techník, ktoré slúžia na analýzu morfológie, kryštalickej štruktúry, chemického a fázového zloženia skúmaných materiálov. Morfológia bola skúmaná pomocou skenovacej a atómovo-silovej mikroskopie, kryštalická štruktúra pomocou röntgenovej difrakcie a elektrónovej transmisnej mikroskopie. Nakoniec, chemické vlastnosti boli merané pomocou energetickej disperznej spektroskopie röntgenového žiarenia (EDX) a röntgenovej fotoelektrónovej spektroskopie (XPS) a hrúbka skúmaných vzoriek bola vyhodnotená pomocou techniky röntgenovej reflexie.

V kapitole „Experimentálne výsledky“ uvádzame štúdiu transportných vlastností heteroštruktúr na báze NbN a NiCu. V tejto štúdii sme vyhodnocovali supravodivú hustotu stavov v skúmaných štruktúrach pomocou bodovej kontaktnej spektroskopie. Tento výskum bol zameraný na štúdium zmeny supravodivej hustoty stavov spôsobenú blízkosťou slabo polarizovanej feromagnetkej vrstvy s klasickým supravodičom. Pomocou konzistentného zväčšenia hrúbky vrstvy NiCu sme pozorovali možný vznik indukovanej supravodivosti vo vrstve NiCu. V niektorých nameraných vodivostných charakteristikách boli pozorované anomálie pri nulovom napätí, kde nameraná diferenciálna vodivosť bola väčšia ako dvojnásobok oproti vodivosti meranej pri napätiach nad energetickou medzerou. Pomocou ďalších experimentov a prístupu popísaného v kapitole 1 sme uviedli možnú príčinu vzniku takejto anomálie v skúmaných štruktúrach. Táto štúdia je podložená

množstvom výsledkov ohľadom kryštalickej a fázovej štruktúry, elektrónovo-transportných, magnetických (v prípade NiCu) vlastností skúmaných vrstiev.