

Oponentský posudek k rigorózní práci

Název rigorózní práce:

Electron tunneling study of surface and correlation effects in bi-layered lanthanum-strontium manganites

Autor: Mgr. Daniel Mazur, Ph.D., Université de Genève, Švýcarsko

Vedoucí: Dr. John F. Zasadzinski, Illinois Institute of Technology, U.S.A.

Oponent: Mgr. Josef Mysliveček, Ph.D., KFPP MFF UK

Tématem předložené rigorózní práce je experimentální studium vrstevnatého směsného oxidu manganu $\text{La}_{2-2x}\text{Sn}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$, $x=0,36$ (LSMO) cílené na identifikaci mnohačasticových interakcí v tomto materiálu. LSMO je zkoumán při teplotách pod Curieovou teplotou, kdy je vodivým feromagnetem. LSMO je tzv. feromagnetem dvojité výměny, nad Curieovou teplotou přechází v paramagnetické dielektrikum. Díky této vlastnosti se řadí mezi materiály vykazující kolosální magnetorezistanci.

Těžištěm experimentální práce je zkoumání voltampérové (VA) charakteristiky bodového kontaktu Au-LSMO. Autor ukazuje pozoruhodnou reprodukovatelnost tohoto kontaktu a dokazuje, že kontakt lze považovat za tunelový – VA charakteristika odpovídá tunelování na obdélníkové bariéře o tloušťce $(1,5 \pm 0,3)$ nm a výšce (330 ± 50) meV ve WKB aproximaci. Je provedena kalibrace plochy bodového kontaktu, která se pohybuje v rozmezí do $0,26 \mu\text{m}^2$. Doplňující analýza povrchu LSMO vzorků metodou XPS ukazuje, že stechiometrie LSMO je zachována pro hloubku $> 6 \text{ \AA}$ pod povrchem. VA charakteristika tunelového kontaktu je dále interpretována jako lokální hustota povrchových elektronových stavů $\nu(E_F - eV) = dI/dV(V)$.

Autor ukazuje, že v oblasti kolem (0 ± 50) mV vykazuje VA charakteristika anomálii – pokles vodivosti. Anomálie je dobře definovaná ve tvaru $dI/dV \propto \sqrt{|V|}$. Autor ukazuje, že anomálii tohoto typu lze vysvětlit jako projev elektrostatické interakce vodivostních elektronů, která snižuje hustotu elektronových stavů v okolí Fermiho meze. Pro podepření tohoto tvrzení je provedeno několik doplňujících experimentů, které vykazují kvalitativní shodu s Al'tshuler-Aaronovou teorií (v Abrikosově úpravě na vrstevnaté systémy – AAA teorie) vlivu elektrostatické interakce vodivostních elektronů na vlastnosti kovů – je změřena teplotní závislost anomálie dI/dV , (ne)závislost anomálie dI/dV na magnetickém poli do 6 T, a teplotní závislost nízkoteplotní elektrické vodivosti LSMO ve tvaru $\sigma(T) \propto \sqrt{T}$.

Po identifikaci mnohačasticové interakce určující chování LSMO se autor snaží určit některé parametry AAA teorie z experimentálních výsledků. Směrnice závislosti $dI/dV \propto \sqrt{|V|}$ určuje velmi krátkou střední dobu života elasticky rozptýlených vodivostních elektronů, $\tau \approx 15$ fs. Rozdíl mezi reálným průběhem dI/dV a průběhem pro standardní kovy vypočteným z WKB aproximace ukazuje přerozdělení hustoty elektronových stavů v okolí Fermiho meze [úbytek stavů v oblasti kolem (0 ± 50) mV a jejich přesun k bezprostředně vyšším energiím] způsobené elektrostatickou interakcí vodivostních elektronů. Práce aspiruje na prvenství v experimentálním určení tohoto přerozdělení pro systémy popsané AAA teorií, argumentace se však pohybuje na hranici spekulace, protože výsledné přerozdělení závisí na volbě tvaru

WKB přiblížení. Autor zde postupuje velmi opatrně a vybírá přiblížení, které nejlépe odpovídá celkovému experimentálnímu obrazu.

Jako celek práce představuje komplexní experimentální studii, která logicky navazuje na řadu aktuálních prací popisujících vlastnosti silně korelovaných elektronových systémů, mezi které patří i vysokoteplotní supravodiče. Na základě několika pečlivě vybraných a provedených experimentů je LSMO představen jako systém s vlastnostmi určenými elektrostatickou interakcí vodivostních elektronů a jsou určeny jeho nejdůležitější parametry v rámci AAA teorie. Práce představuje významný příspěvek k experimentálnímu poznávání silně korelovaných elektronových systémů, o čemž svědčí i fakt, že byla přijata k publikaci v prestižním impaktovaném časopise (Physical Review B, v tisku).

Z formální stránky je práce zpracována informativně a přehledně. Mnohostrannost problému vyžaduje rozsáhlou argumentaci, která je ale vedena pečlivě a s vědomím otázek, které nemohou v rámci práce být zodpovězeny.

Práce je zdařilým příkladem komplexního řešení aktuálních problémů fyziky pevných látek, jako takovou ji doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 12. 10. 2007

Josef Mysliveček

Otázky k obhajobě rigorózní práce:

1. Z jakých důvodů má mechanický kontakt Au-LSMO charakter kontaktu tunelového?
2. Lze navrhnout na tunelování nezávislý experiment, který by poskytl informaci o neelastických ztrátách elektronů na povrchu LSMO?