

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд на доц. д-р Елена Кръстева Назърова за придобиване научната степен „доктор на науките” на тема „Сравнително изследване на купрати и желязо-базирани свръхпроводници»

Рецензент: Марин Мирчев Господинов, професор, дфн. Институт по Физика на Твърдото Тяло при БАН, София

Представената ми за рецензиране дисертация на доц. д-р Елена Кръстева Назърова от ИФТТ-БАН е написана на 192 страници, съдържа 83 фигури и 12 таблици. Материалът е разделен в 6 глави. В първата глава е разгледано съвременното състояние на достиженията в изследването на купратите и желязо-базирани свръхпроводници, а в останалите 5 глави са представени научните резултати от проведените експериментални изследвания на серии образци от двата материала в широк температурен диапазон, различни по вид и големина магнитни полета, съответните изводи и научни приноси.

Актуалност на разработвания в дисертацията проблем

Изследванията по синтезиране, изследване и приложения на Високо Температурните Свръхпроводници (ВТСП), са едни от най-актуалните научни и приложни проблеми на физиката на кондензираната материя през последните 30 години. Предмет на изследвания в този дисертационен труд са два материала, единият от които – Итриевата Купратна YBCO система, която е един изключително интересен и изучаван материал и една нова система, която показва това явление – т.н. «желязо-базирана система».

Основна цел на дисертационния труд

Основната цел на дисертационния труд е провеждане на сравнителни изследвания на свойствата на тези две системи от материали, което да даде възможност да се установят приликите и разликите между тях. Използвайки различни експериментални методи на изследвания да се определят критичните параметри, да се изследва влиянието на субституциите и добавките, интра- и интер-грануларните свойства, и да се изследва флуксонидната динамика в смесено състояние. Да се установят основните разлики в поведението на тези две изследвани системи – купрати основно свръхпроводимата система 1-2-3 и желязо-базираната система в частност железен селенид. Получената информация да даде възможност за по-доброто разбиране на технологията и физиката на тези важни за науката и практиката материали. Това познание е от особена важност от гледна точка на практическото приложение на свръхпроводимите материали и в частност за изготвяне на свръхпроводими жици и ленти за силнотоккови приложения.

Познава ли дисертанта състоятието на проблема и оценява ли творчески литературния материал

В увода и гл.1 на дисертационния труд е представено компетентно състоятието на изследвания проблем в целия му обем. Дисертанта има дългогодишен опит в тази актуална област на науката (работи в областта на дисертацията от 1985 г.

и понастоящем). Познава в детайли състоянието на проблема , на основата на което са формулирани и целите на дисертацията. Прави много добро впечатление за творческото и критично използване на литературния материал.

Избраната методика дава ли отговор на поставената цел

В този дисертационен труд са представени резултати от проведени изследвания на различни материали със съвременни и с големи възможности различни изследователски апаратури. Направени са твърдофазни синтези на различни състави, получени са кристали в някои системи от съединения, проведени са рентгенофазни и рентгеноструктурни изследвания, определени са компонентните състави на съединенията, измервани са електричните, магнитни и термични свойства в широк температурен интервал при различни по вид и големина магнитни полета. Изследванията са провеждани в лаборатории със съвременно оборудване в ИФТТ и Центровете за ниски температури и високи магнитни полета във Вроцлав и Дрезден, които разполагат със съвременни изследователски апаратури и специалисти в тези области. Избраните изследователски методи са дали възможност да се решават поставените цели и задачи в предложения дисертационен труд

Аналитична характеристика на естеството на материала, върху който се градят приносите в дисертацията

В глава 1 е направен кратък обзор на достиженията в изучаването на купратите от вида YBCO и желязо базираните свръхпроводници от вида FeSe. В тази глава е подчертан възобновения интерес към високотемпературната свръхпроводимост след откриването на нови от материали на т.н. желязо-базираните свръхпроводници, които също се характеризират с квази – двуразмерна структура. Направен е анализ на свойствата на желязо- базираните свръхпроводници и корелацията на критичните температури от структурата на съединенията. Разгледани са основните въпроси , свързани с дължината на кохерентност и енергията за създаване на фазови граници

.В Глава 2 са описани подробно различните технологични методи за получаването на образците, които са изследвани в тази дисертация. Поликристалните образци са получавани чрез твърдофазен синтез или чрез израстване от стопилка. При купратите от вида YBCO особено внимание е отделено на отгряването при около 450° C в атмосфера на кислород , вследствие на което се достига до оптимално кислородно съдържание в структурата на материала в поликристалните образци, а също и в тънките слоеве от тези съединения. При слабо легирани образци, изследвани от автора , термичната обработка се извършва в азотна атмосфера, която е неутрална за този вид съединения. Подробно е описана методиката за получаване на FeSe , която по технологичните процедури се различава от тази прилагана при получаването на обикновените купратни съединения. Изследвано е влиянието на добавката на Ag върху получаването и свръхпроводимите свойства на купратната система $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Направен е синтез на системата FeSe с добавка на различни количества Ag, като е получен за първи път нов свръхпроводим материал , който съдържа само свръхпроводимата тетрагонална фаза, което е един от съществените приноси в тези дисертационен труд

- Изследвана е зависимостта на редуцираната критична температура (T_c/T_{cmax}) от концентрацията на носителите в равнините CuO_2 , която е една универсална зависимост характерна за купратите, като е установено оптимално легиране, при което се достига максимална стойност на критичната температура $T_{c,max}$.

- Една голяма част от проведените изследвания и резултатите, включени в този дисертационен труд са получени при образци, получени при частичното заместване на редкоземния елемент R^{3+} с Ca^{2+} с подобен йонен радиус но с по-ниска валентност. Това дава възможност да се достигне свръхлегираната област на фазовата диаграма $T(p)$ на тези съединения. Изследвани са серии от Ca субституирани образци $R_{1-x}Ca_xBa_2Cu_3O_z$ ($R = Y, Eu, Gd$ и Er).

- Проведено е систематично изследване на ролята на добавката на Ag върху свойствата на поликристалния $FeSe_{0.94}$. Наблюдаваното подобие между 1-2-3 купратитната система и новия свръхпроводник $FeSe$ показва, че съществува общо поведение в характеристиките и свойствата на тези два големи класа свръхпроводници, което е и една основна цел на настоящия дисертационен труд.

В глава 3 се разглеждат свойствата на изследваните свръхпроводими образци в смесено състояние, като в свръхпроводниците от II род съществува нелинейна хистерезисна връзка между намагнитването и външното магнитно поле, което е резултат от пининга на магнитните флуксони в свръхпроводника.

- Наблюдава се, че в присъствието на променливо (AC) магнитно поле колинеарно с приложеното постоянно (DC) магнитно поле нелинейните процеси във флуксонидната динамика водят до генерация на високи хармоници на AC магнитна възприемчивост. Установено е, че в този случай сигнала на третата хармоника е свързан с депининг на флуксонидите и може да се използва за определяне линията на необратимост.

- Установено е, че Ca субституираните образци са свръхлегирани, а обработените в инертна среда са слабо легирани. Получени са линии на необратимост, които с нарастване степента на свръхлегиране се отместват към по-ниска температура.

- Изследван е сигнала на третата хармоника на AC магнитна възприемчивост като функция на температурата при различни магнитни полета (0-13 T) за $FeSe_{0.94}$ образци, като е установено, че добавката на Ag значително повишава полето на необратимост в сравнение с това на образеца без Ag получен чрез твърдофазен синтез.

- Показано е, че методът на AC магнитна възприемчивост, дава възможност да се индуцират промени в динамиката на флуксонидите като се променят температурата, амплитудата и честотата на AC магнитно поле и стойността на DC магнитно поле.

- Установено е, че с увеличаване степента на легиране нараства и енергията на активация за отделните образци. За YBCO системата, същата варира в широк интервал (1 – 10 eV) и зависи силно от кислородното съдържание и магнитното поле. Определена е енергията на активация за серия поликристални образци $FeSe_{0.94}$ без и с добавка на различно количество Ag, като е използван метода на резистивните измервания.

- Разгледани са зависимости на AC магнитна възприемчивост, получени при отсъствие на постоянно магнитно поле ($H_{dc}=0$). Нарастването на постоянното поле води до отместване към по-ниските температури както на реалната така и на имажинерната част на третата хармонична. Наблюдаваното поведение на

третата хармонична е подобно на това за класически свръхпроводими материали –сплавите на Nb и за ВТСП на купратна основа .

В **Глава 4** са представени резултати от изследване на интра- и интергрануларните свойства на купратите и желязо базираните свръхпроводими материали , като е отбелязано , че грануларната природа на изследваните материали от ВТСП е едно от основните затруднения за тяхното практическо приложение, което е в основата на интереса на дисертанта. Представени са резултати от изследвания на интра- и интер- грануларните свойства на 1-2-3 свръхпроводимата система и на FeSe си е използвана добавката на Ag като полезен метод за подобряване на интергрануларните връзки.

- Изследвано е поведението на зависимостта $M(H)$ при различни температури и за кристали $Fe_{1.02}Se$. Установеното присъствието на феромагнетизъм в тези материали се дължи преди всичко на присъствието на хексагоналната фаза. Като е използван подход , който позволява да се отдели приноса на магнитната фаза от приноса на свръхпроводимата фаза.

- Наблюдавана е зависимост на E_a от магнитното поле за слабо легирания образец , която е характерна за 2D флуксонидна система. Този резултат корелира с малката концентрация на носителите, по-голямата дължина на параметъра c на елементарната клетка и силната анизотропия на образца, до като в свръхлегирания образец зависимостта на E_a от магнитното поле съответства на 3D флуксонидна система . Този резултат показва, че съществува тясна връзка между интергрануларния критичен ток и интергрануларната флукс динамика. Установено е , че Ca субституция увеличава концентрацията на носителите, като същевременно подобрява интергрануларния критичен ток и флукс пининга.

В **Глава 5** са представени резултати и анализи на критичните параметри на изследваните образци – критична температура, критично магнитно поле и критичен ток. Направен е извода , че важната разлика между конвенционалните свръхпроводници и ВТСП е, че при конвенционалните свръхпроводници всички носители кондензират, когато температурата се понижи под T_c , което не се наблюдава при ВТСП.

--- Установено е , че при слабо легираните образци с нарастване на концентрацията на носителите T_c расте, докато при свръхлегираните с нарастване на концентрацията на носителите T_c намалява, заради нарастване на броя на не сдвоените носители.

- Представени са резултати от изследвания на поликристални Ca субституирани образци $Y_{1-x}Ca_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ с различна степен на свръхлегиране $x=0.025$ и $x=0.20$., като е установено влиянието на нивото на легиране върху линията на необратимост, линията и дължината на кохерентност и зависимостта $\rho(T)$ при различни магнитни полета-.

В **Глава 6** се обсъждат изследвания свързани с практическото приложение на свръхпроводимостта и свръхпроводимите материали. Това приложение може да бъде в много и различни области: енергетика, околна среда, транспорт, медицина, промишленост, информатика, комуникации и др.

- Представени са резултати от изследвания на влиянието на състава на свръхпроводимия прах, който се залага в сребърната тръба и на различни деформационни и термични процеси върху свръхпроводимите свойства на ленти от т.н. първо поколение.

Приносите в дисертационния труд могат да бъдат квалифицирани като:

доказване с нови средства на съществени страни от съществуващи научни проблеми (приноси 1,4 и 8), Създаване на нови методи – приноси 5 и 6 , получаване и доказване на нови факти принос 2.

Преценка на публикациите по дисертационния труд и отражението им в науката

Резултатите , включени в дисертационния труд , публикувани в периода 1985-2015г са 30 на брой. От тях 22 броя са в специализирани списания с импакт фактор:- Phys. St. Sol. (a)-1брой , Physica C- 6 броя, Mater. Sci. and Eng.- 1 брой, J. of Optoelectr & Adv. Matter - 4 броя., J. of Supercond. and Novel Magnetism.- 4 броя J. Mater. Sci. Technol.- 1 брой, The Open Supercond. Journal. – 1 бр., Supercond. Sci. Technol. - 5 броя., 3 в списания с импакт ранг Nanoscience & Nanotechnology-1 брой, Archaeologia Bulgarica – 1 брой, AIP Conference proceedings- 2 броя. Публикувани в пълен текст сборници от международни конференции-1 брой. Proceed. of the Eleven International School on Condensed Matter Physics, Varna, Bulgaria 2000, Eds. J. M. Marshall et al. , И AIP Conference proceedings. Има също един Chapter 5 of Book “Superconductivity: Theory, Materials and Applications”- ed. by V. Romanovskii, 2012, Nova Science Publishers, USA, pp.327-361 и една работа в Българския Физически Журнал. Подадена е заявка за патент „ Желязо-базиран свърхпроводящ материал”.

Публикациите са намерили отзвук в международната научна колегия. Дисертанта има ... независими цитата.

На базата на моите лични впечатления за изследователската активност на доц. д-р Елена Назърова и на подреждането на авторите в публикациите тя е на първо място в 18 публекации, на второ в 7 , а останалите 5 след второ място. Нямам съмнение , че доц. д-р Назърова има съществен принос в получаването и публикуването на резултатите, върху които е написан дисертационния труд. Автореферата е изготвен съгласно изискванията и правилно отразява основните постижения и научни приноси в дисертационния труд

Лични впечатления

Познавам лично доц. д-р Елена Назърова повече от 30 години. Впечатлен съм от нейната активност, изключителна работоспособност , целеустременост и желание за работа. Сега, когато чета тази дисертация , се убеждавам, че тя е един изграден , задълбочен , системно образоващ се и активно работещ учен. Нейните резултати и професионално развитие може да служат за пример на колегите от по- младата генерация учени в ИФТТ.

Заклучение на рецензента

Считам, че представеният за рецензиране дисертационен труд на тема „ Сравнително изследване на купрати и желязо-базирани свръхпроводници ” с автор доц. д-р Елена Назърва, съдържа важни за науката и практиката приноси и научни резултати . Авторът на представената дисертация показва висока научна компетентност и богат опит като експериментатор. Броят и качеството на публикациите , на основата на които е написана дисертацията и броят на независимите цитирания, надвишава изискванията в правилника за условията и реда за придобиване на научната степен и заемане на академична длъжност в ИФТТ-БАН, който е съгласуван с приетия от МС ЗРАСРБ , правилника към него и правилника към ЗРАСРБ на БАН. Убедено предлагам на научното жури за защита на дисертационния труд да присъди научната степен „ ДОКТОР НА НАУКИТЕ „ на доц.д-р Елена Назърва.

16.11.2016
София

Рецензент



Марин Господинов