

Gdańsk, 30.11.2022

Prof. dr hab. inż. Wojciech Sadowski

Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej

Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej

Politechnika Gdańska

E-mail: wsadowski@pg.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Antona Losa

pt.: „Studies of critical currents and pinning properties in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ single crystals substituted with molybdenum”

Recenzowana rozprawa została przygotowana w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu pod opieką promotorską prof. dr hab. Krzysztofa Rogackiego.

Niniejsze opracowanie wykonałem zgodnie z wytycznymi zaleceniami Rady Doskonałości Naukowej (RDN), przedstawiając ocenę, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w określonej dyscyplinie; czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora oraz czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

I. W swojej recenzji zgodnie z zaleceniami RDN odniosę się najpierw do zagadnienia oryginalności rozwiązania problemu naukowego w rozprawie doktorskiej mgr Antona Losa.

Przedmiotem rozprawy pt. : „Studies of critical currents and pinning properties in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ single crystals substituted with molybdenum” są badania prądów krytycznych i sposobu kotwiczenia worteksów w kryształach $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ domieszkowanych molibdenem”. Jest to praca eksperymentalna napisana w języku angielskim.

Nadprzewodniki na bazie tlenku miedzi stanowią ważną rodzinę nadprzewodników wysokotemperaturowych (HTSC), reprezentowaną przez dużą liczbę materiałów. Jednym z nich są tlenki itrowo-barowo-miedziowe, często nazywane skrótowo YBCO o stechiometrii kationowej 1:2:3, do której należy również wiele innych związków posiadających zamiast Y inny element ziem rzadkich. Są one klasyfikowane jako nadprzewodniki typu II o wysokich parametrach krytycznych, co czyni je bardzo perspektywicznymi materiałami aplikacyjnymi. Mają one strukturę perowskitu składającą się z warstw przewodzących (jony Y między dwiema płaszczyznami CuO_2) i bloków quasi-izolacyjnych (warstwy Ba i łańcuchy CuO), a zatem mają właściwości quasi-2-wymiarowe.

YCBO są nadprzewodnikami prawdopodobnie najszerzej badanymi od odkrycia w 1987 r. i wdrożonymi już do zastosowań aplikacyjnych. Po wstępnej komercjalizacji HTSC pojawiło się wyzwanie, jak zwiększyć ich krytyczne parametry, w tym krytyczną gęstość prądu. W dłuższej perspektywie zwiększenie krytycznej gęstości prądu obniży koszty urządzeń np. do transportu energii, a także rozmiary nadprzewodzących urządzeń elektrycznych, co może sprawić, że te nadprzewodniki wysokotemperaturowe będą konkurencyjne na rynku. W prezentowanej pracy Doktorant przedstawił badania właściwości i rzeczywisty charakter prądów krytycznych w monokrystalicznym nadprzewodniku wysokotemperaturowym Y123 (w materiale jednorodnym strukturalnie, pozwalającym mierzyć charakterystyki anizotropowe) oraz charakterystyki i rodzaje kotwiczenia wirów w nich występujących. Należy odnotować, że własności domieszkowanych nadprzewodników YBCO różnymi elementami, były prezentowane w bardzo dużej ilości prac. Natomiast niezmiernie mało jest danych dotyczących syntezy i własności transportowych kryształów YBCO domieszkowanych molibdenem (Mo), który, jak pokazały badania Doktoranta, w specyficzny sposób modyfikuje strukturę krystaliczną YBCO. Tak więc głównym celem prezentowanej pracy było zbadanie wpływu domieszkowania Mo na krytyczną gęstość prądu w nadprzewodniku wysokotemperaturowym Y123, określenie rodzajów centrów kotwiczenia wywołanych tą substytucją oraz scharakteryzowanie obszaru temperaturowo - magnetycznego, w którym dominuje dany typ kotwiczenia (pinningu). Kryształy zostały domieszkowane Mo i wygrzewane w czystym tlenie, co zwiększyło siłę kotwiczenia wirów i krytyczną gęstość prądu. Jest to ważne, ponieważ umożliwia zaprojektowanie materiału o pożądanych parametrach w określonych temperaturach i polach magnetycznych.

Skuteczność centrów kotwiczenia (pinningu) Mo sugerowano w nielicznych wcześniejszych badaniach. Analizując w bezpośrednich badaniach eksperymentalnych mechanizm kotwiczenia w czystych monokryształach Y123 i domieszkowanych Mo, Doktorant wyjaśnił naturę centrów pinningu na bazie Mo. Wykazał, że Mo wprowadzany do łańcuchów CuO zamiast miedzi tworzy oktaedry MoO_6 , które w niższych temperaturach mogą być efektywnymi centrami kotwiczenia, gdzie długość koherencji jest porównywalna z rozmiarem oktaedru. Dwa oktaedry MoO_6 tworzą dimer Mo_2O_{11} , który powoduje zniekształcenie sieci krystalicznej o wielkości kilku elementarnych komórek odpowiadających długości koherencji w podwyższonych temperaturach, zbliżonych do temperatury wrzenia azotu, i dlatego molibden wydaje się być dobrym, efektywnym centrum pinningu przy tych temperaturach.

Mogę więc jednoznacznie stwierdzić, że rozprawa doktorska mgr Antona Losa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

W uwagach chciałbym stwierdzić, że Doktorant opublikował tylko jedną pracę (rozdział 6, poz.35 - A. Los, B. Dabrowski, K. Rogacki, Current Applied Physics 27, 1-6 (2021). Dziwi mnie fakt, że m.in. bardzo ciekawe wyniki dla $H \parallel ab$ nie zostały jeszcze opublikowane, jak również wyniki skalowania siły kotwiczenia wirów i wynikające z nich wnioski odnośnie rodzajów centrów kotwiczenia, które odgrywają istotną rolę.

II. Czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora?

Na to pytanie z przekonaniem mogę udzielić pozytywnej odpowiedzi.

Praca doktorska liczy 116 str., zawiera 4 rozdziały zasadnicze: abstrakt i cel pracy (rozdział 2, str.4,), wstęp (rozdział 3, str.5-22, ref.- 21 pozycji), teoria (rozdział 4, str.23-45, ref.-25 pozycje), eksperyment (rozdział 5, str. 46-76, ref.- 38 pozycje), analiza wyników eksperymentalnych (rozdział 6, str.77-108, ref.-35 pozycje) oraz końcowe podsumowanie (rozdział 6, str. 109).

W rozdziale 3 Autor przedstawił stan wiedzy z jednej strony dotyczący nadprzewodnictwa z uwzględnieniem aspektów historycznych i nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego w szczególności. Natomiast w rozdziale 4 wnikliwie przeanalizował on teoretyczne aspekty nadprzewodnictwa ze szczególnym uwzględnieniem teorii Ginsburga-Landaua, teorii BCS i prądów krytycznych w nadprzewodnikach. Treści rozdziałów 3 i 4 zostały przedstawione przez Doktoranta bardzo kompetentnie. Przeprowadzona przez niego selekcja materiałów naukowych, ich analiza wskazuje na wysoki poziom wiedzy z zakresu nadprzewodnictwa i szczególnie zagadnień dotyczących prądów krytycznych stanowiących główną oś tematyki pracy doktorskiej.

III. Ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora

Na to pytanie, także udzielam pozytywnej odpowiedzi.

Praca napisana jest poprawnie zarówno pod względem merytorycznym jak i edytorskim. Konstrukcja pracy, dobrze zdefiniowany cel pracy oraz poszczególne etapy jej realizacji obejmującej wytworzenie monokrystalicznych próbek, badanie ich własności strukturalnych, transportowych, magnetycznych, z jednoczesną analizą porównawczą z próbkami niedomieszkowanymi podkreśla kompetentne, naukowe podejście do badań. Rozprawa doktorska wykazuje umiejętność Doktoranta do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, wymaganej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora. Uzyskane przez Doktoranta wyniki pod kierunkiem i weryfikacją prof. Krzysztofa Rogackiego – wybitnego specjalisty w zakresie badań własności magnetycznych, stanowią dodatkową wartość i walor uzyskanych wyników badawczych. Wyniki te przedstawione w krótkim, syntetycznym podsumowaniu - rozdział 7 (Summary), co również świadczy o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Uwagi: Wydzielenie każdego rozdziału, wraz z referencjami stosownymi tylko do niego znacząco utrudnia analizę całego tekstu i wykorzystywanych referencji, które w każdym rozdziale mają wewnętrzną numerację. Jako pewien niedostatek chciałbym wskazać brak odwołania się do najnowszych prac dotyczących nadprzewodnictwa, w tym również do prac, monografii przeglądowych dotyczących syntezy, własności i najnowszych osiągnięć związanych z nadprzewodnictwem.



Chciałbym dodatkowo wskazać kilka uwag, pytań, co do których oczekuję ustosunkowania się Doktoranta podczas bezpośredniej obrony pracy:

- (str. 12) Autor określa stechiometrię jednego ze związków YBCO - Y248, a jaka być powinna być właściwa stechiometria kationowa?
- (str. 47) Wzrost kryształów był prowadzony w tyglach BaZrO_3 , czy stwierdzono obecność domieszek Zr?
- Kryształy wygrzewano w tlenie pod ciśnieniem 130 - 140 bar (250 - 400 °C) i 250 - 300 bar (400 – 500 °C) - na podstawie czego wybrano stosowane w pracy ciśnienia?
- W pracy założono wchodzenie Mo w pozycje Cu? Czy ze względu na podwyższone ciśnienie Mo nie mógł lokować się w pozycjach międzywęzłowych?
- W jaki sposób określano zawartość tlenu w kryształach? Stosowane kryształy miały wymiary $1 \times 1 \times 0.1 \text{ mm}^3$, a więc bardzo małe, aby określić zmiany tlenowe z TGA. Jak była czułość pomiaru na stosowanej TGA?

W podsumowaniu stwierdzam, że zgodnie z wymaganiami przepisów Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r., Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz zaleceniami Rady Doskonałości Naukowej, oceniam pozytywnie wszystkie aspekty pracy doktorskiej mgr. Antona Losa, które podlegają ocenie recenzenta.

Wnioskuje o dopuszczenie mgr. Antona Losa do publicznej obrony pracy doktorskiej.



Wojciech Sadowski