

## ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертационной работе Порохова Н.В. "Высокотемпературные сверхпроводящие пленки для проводников третьего поколения", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.09 "Физика низких температур".

Диссертационная работа Н.В. Порохова посвящена исследованию высокотемпературных сверхпроводящих пленок (ВТСП)  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  (YBCO) для проводников третьего поколения, экспериментальному изучению их морфологических, структурных и электрофизических свойств, физической интерпретации полученных экспериментальных данных, разработке методик воспроизводимого изготовления таких пленок на соответствующих подложках, необходимых для их прикладного использования.

В диссертации автором разработаны лабораторные технологии получения ВТСП проводников 3-го поколения диэлектрических подложках, в частности, на гибких нитевидных подложках  $ZrO_2$  стабилизированного  $Y_2O_3$  (YSZ) и плоских подложках кристаллического кварца  $SiO_2$ .

Научную работу Н.В. Порохов начал еще студентом в 2005 году, когда он пришел в лабораторию криоэлектроники физического факультета МГУ. Эта работа переросла в работу над темой представленной диссертации, выполненной на физическом факультете и успешно завершённой к настоящему времени. За время работы над диссертацией Н.В. Пороховым выполнен большой объем исследований, результаты которых опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах и представлены на российских и международных научных конференциях.

В результате проведенных исследований впервые получены пленки YBCO на монокристаллических нитевидных подложках YSZ, с высокой критической температурой, близкой к 90 К и шириной перехода 1 К. Впервые получены ВТСП пленки на подложках из кристаллического кварца с высокой критической температурой перехода, близкой к 85 К и шириной перехода 2 К при рассогласовании параметров кристаллических решеток подложки и пленки ВТСП более 20 %. В результате работы:

1. Впервые получены и исследованы пленки высокотемпературного сверхпроводника материала  $YBa_2Cu_3O_{7.8}$  на монокристаллических волокнах двуокиси циркония стабилизированного иттрием (91%  $ZrO_2$  + 9%  $Y_2O_3$ ) диаметром 100-300 мкм, обладающие высокой критической температурой, близкой к 90 К, и узкой шириной перехода  $\sim 1$  К, имеющие плотность критического тока, близкую к  $10^4$  А/см<sup>2</sup> при 77 К.
2. На плоских подложках кристаллического кварца ( $SiO_2$ ) впервые получены ВТСП пленки материала  $YBa_2Cu_3O_{7.8}$  с высокой критической температурой перехода, близкой к 85 К, узкой шириной перехода 2 К, плотностью критического тока  $7 \times 10^4$  А/см<sup>2</sup> при 77 К, при рассогласовании параметров кристаллических решеток подложки и пленки ВТСП более 20%.
3. Показано, что второе критическое поле  $\mu_0 H_{c2}(0)$  в нуле температур ВТСП пленок материала  $YBa_2Cu_3O_{7.8}$  составляет 145 Тл для пленок на нитевидных подложках YSZ и 94 Тл для пленок на плоских подложках кристаллического кварца  $SiO_2$ .
4. Определена зависимость энергии активации  $U_0$  абрикосовских вихрей от напряженности магнитного поля ВТСП пленок материала  $YBa_2Cu_3O_{7.8}$  на нитевидных подложках YSZ и на плоских подложках кристаллического кварца  $SiO_2$ .
5. Впервые продемонстрирована возможность получения ВТСП пленок материала  $YBa_2Cu_3O_{7.8}$  на плоских подложках аморфного кварца с размерами 10 x 10 мм<sup>2</sup>. Температура перехода в сверхпроводящее состояние пленок составила  $T_c = 20$  К при соотношении коэффициентов термического расширения подложки и пленки  $\sim 20$ .

Диссертационная работа Н.В. Порохова существенно расширяет экспериментальные знания о процессах формирования кристаллических тонких пленок на нестандартных

кристаллических и аморфных подложках. Результаты исследований вносят существенный вклад в развитие физических основ технологии получения ВТСП проводов третьего поколения для передачи электроэнергии переменного тока. Эти результаты важны также для создания ВТСП аксиальных градиометров - трансформаторов магнитного потока для ВТСП сверхпроводящих квантовых магнитометров (СКВИДов), обеспечивающих фильтрацию пространственно-однородных магнитных шумов окружающей среды, необходимую для работы в неэкранированном пространстве с высоким разрешением по магнитному полю.

В целом работа содержит богатый и разнообразный материал, получены новые результаты, представляющие существенный фундаментальный и практический интерес. В процессе работы над диссертацией Н.В. Порохов опубликовал, вместе с соавторами, 7 статей в реферируемых журналах, 1 рецензируемую статью в сборнике трудов конференции, 9 тезисов в трудах конференций, а так же зарекомендовал себя как инициативный специалист, способный к самостоятельным научным исследованиям.

Считаю, что Н.В. Порохов вполне заслуживает присуждение ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.09 - "Физика низких температур".

Научный руководитель  
доктор физико-математических наук,  
заведующий кафедрой физики полупроводников  
и криоэлектроники  
профессор

 Снигирев О.В.

Подпись заведующего кафедрой физики полупроводников  
и криоэлектроники профессора Снигирева О.В.  
заверяю.

Ученый секретарь  
Ученого совета физического факультета МГУ,  
профессор

Караваев В.А.