

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Кешарпу Каушаля Кумара «Зарождение сверхпроводимости в сильно анизотропных гетерогенных материалах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - «Физика конденсированного состояния» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 14 июня 2022 года.

Диссертация принята к защите диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 11.04.2022 г., протокол № 1.

Диссертация выполнена на кафедре теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС».

Научный руководитель – Григорьев Павел Дмитриевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 1 от 11.04.2022 г.) в составе:

1. Мухин Сергей Иванович (председатель комиссии), доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС».

2. Ховайло Владимир Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС».

3. Васин Михаил Геннадьевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник теоретического отдела Института физики высоких давлений им. Л. Ф. Верещагина РАН.

4. Гаврилов Сергей Сергеевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории неравновесных электронных процессов Института физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН.

5. Алисултанов Заур Замирович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник сектора теоретической физики Института физики им. Х.И. Амирханова ДФИЦ РАН.

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН).

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- обобщен метод расчета эффективной проводимости с использованием приближения Максвелла-Гарнетта для применения к сильно анизотропным неоднородным средам;

- показано, что анизотропия температуры сверхпроводящего перехода, наблюдаемая в органическом сверхпроводнике $(TMTSF)_2PF_6$, обусловлена перколяцией сверхпроводящих островков вдоль кратчайшей оси.

- В диссертации был проведен численный расчет методом Монте-Карло подтвердивший гипотезу: из-за игольчатой/плоской формы образцов $(TMTSF)_2PF_6$ ($l_x \gg l_y > l_z$), вероятность перколяции сверхпроводящих доменов выше всего вдоль самой короткой оси z и ниже всего вдоль самой длинной оси x

- показано влияние скорости охлаждения на форму и размер сверхпроводящего домена в органических сверхпроводниках $(TMTSF)_2ClO_4$. Было установлено, что при низкой скорости охлаждения полуоси сверхпроводящих доменов пропорциональны длине сверхпроводящей когерентности: $a_x \propto \xi_x$, $a_y \propto \xi_y$, $a_z \propto \xi_z$. Однако при более высокой скорости охлаждения форма доменов не подчиняется этому правилу.

- показано, что повышение температуры сверхпроводящего перехода в более тонких образцах сверхпроводников на основе железа $FeSe$ связано с перколяцией сверхпроводящих доменов при более высокой температуре в более тонких образцах;

- показано, что возможный механизм анизотропного падения удельного сопротивления в купратах $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ связан с наличием сверхпроводящих доменов в металлической фоновой фазе.

- проведен расчет электросопротивления как в приближении Максвелла-Гарнетта, так и в самосогласованном приближении. Показано, что приближение Максвелла-Гарнетта обладает лучшей применимостью, чем самосогласованное приближение, для нахождения объема сверхпроводящей фазы в неоднородных сверхпроводниках при низкой доле сверхпроводящего объема.

Практическое значение полученных соискателем результатов заключается в том, что:

- для повышения температуры сверхпроводящего перехода при проведении экспериментов необходимо использовать тонкие образцы, т.к. форма образцов сильно анизотропных неоднородных сверхпроводников играет важную роль для перехода в

сверхпроводящее состояние. Сверхпроводимость в более тонких образцах ($FeSe$ и $(TMTSF)_2PF_6$) будет проявляться при более высокой температуре по сравнению с более толстыми образцами.

- для расчета объема сверхпроводящей фазы при низкой доле сверхпроводящего объема необходимо использовать приближение Максвелла-Гарнетта, а не самосогласованное приближение;

- разработанный в диссертации математический аппарат с использованием приближения Максвелла-Гарнетта можно применить к другим сильно анизотропным неоднородным материалам для объяснения анизотропного падения удельного сопротивления.

Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что:

- по диссертационной работе автором опубликовано 6 статей в изданиях из перечня ВАК, входящих в базы Web of Science и Scopus;

- полученные результаты соотносятся с данными предыдущих экспериментальных работ и дополняют их;

- при расчетах были использованы широко применяемые методы и модели, что также подтверждает достоверность результатов.

Личный вклад соискателя состоит в том, что он:

- выполнил анализ данных из перечня литературы;
- обобщил приближение Максвелла-Гарнетта для применения к неоднородным сильно анизотропным материалам;

- использовал разработанный математический аппарат для вычисления объема сверхпроводящей фазы, проводимости и формы сверхпроводящих доменов в разных материалах;

- проанализировал полученные результаты и дал объяснение ранее проведенным экспериментам в $(TMTSF)_2PF_6$, $(TMTSF)_2ClO_4$, $\beta - (BEDT - TTF)_2I_3$, $FeSe$ и $YBa_2Cu_4O_8$.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения степени кандидата наук в НИТУ «МИСиС» соискателем учёной степени не нарушен.

Диссертация Кешарпу Каушала Кумара соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС». Наиболее важными

результатами диссертации являются: предложенный и обоснованный физический механизм эффекта анизотропии удельного электросопротивления наблюдаемого в ряде сильно анизотропных неоднородных сверхпроводниковых материалов; предложенный эффект повышения температуры перехода в сверхпроводящее состояние путем уменьшения толщины образцов из этих материалов; разработанный математический аппарат для вычисления объемов сверхпроводящей и нормальной фаз в сильно анизотропных неоднородных сверхпроводниках.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Кешарпу Каушалю Кумару ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 4, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



С.И. Мухин

14.06.2022