

ВИСНОВОК

наукового керівника щодо виконання
індивідуального плану наукової роботи, індивідуального навчального
плану та роботи над дисертацією Мироненко Ірини Вікторівни
«Кінетика процесів перенесення фононів і магнонів в гетерогенних
наноструктурах»
яка подається на здобуття ступеня доктора філософії
із галузі знань 10 — Природничі науки
за спеціальністю 104 - «Фізика та астрономія»

Мироненко Ірина Вікторівна у 2019 році вступила до аспірантури Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна за спеціальністю «104 Фізика та астрономія» кафедри фізики низьких температур фізичного факультету. Освітня складова (40 кредитів ЄКСТ) індивідуального плану Мироненко І. В. виконана у повному обсязі.

Аспірантці була поставлена наукова задача щодо дослідження мікроскопічної теорії процесів поперечного переносу фононів і магнонів у шаруватих гетерогенних наноструктурах і застосування отриманих результатів для аналізу експериментальних досліджень кінетики багатошарових систем. Важливим аспектом цієї роботи було показати, як на основі порівняння теорії з експериментом можна знайти величину та температурну залежність середніх часів розсіювання фононів на магнонах і магнонів на фононах. Оскільки фізичні пристрої найчастіше працюють у нестационарних режимах, то теоретичні розрахунки повинні враховувати також процеси переносу в нестационарних зовнішніх умовах. Щоб створити такий підхід, необхідно використовувати кінетичні рівняння Больцмана для залежних від часу магнонної й фононної функцій розподілу. Поставлена задача є актуальною в фізиці, оскільки останніми роками приділяється велика увага до особливостей фізичних процесів у системах, які мають субмікронні розміри, що насамперед пов'язано з потребою зменшувати розміри електронних приладів і пристроїв. Оскільки основою компонентної бази сучасної твердотільної електроніки є багатошарові гетероструктури, перенос енергії через такі структури є досить важливим як для розв'язування прикладних задач, так і з наукової точки зору. З проблемою тепловідводу безпосередньо стикаються в наноелектроніці, де металеві або напівпровідникові шари використовують як елементи польових транзисторів. Генеруючі спінові струми у шаруватих наноструктурах, які

містять шар феромагнітного діелектрика, відіграють важливу роль в області спін-калоритроніки, що активно розвивається в останні роки. Науковий аспект проблеми теплопровідності наноструктур полягає в тому, що закон Фур'є $Q = -k\nabla T$, який пов'язує потік тепла з градієнтом температури, не може бути застосований для аналізу теплопереноса в шаруватих наноструктурах, де довжина вільного пробігу фононів більше або порядку товщин шарів і де відбиття фононів від межі контактуючих матеріалів істотно впливає на теплопереніс. Як наслідок, для опису потоків тепла в наноструктурах потрібно застосовувати мікроскопічний підхід.

На початку наукової роботи Мироненко І. В. було представлено послідовний кінетичний метод, який спирається на уявлення про фононну температуру і на τ - наближення. У рамках цього методу розглянуто поперечне перенесення тепла через металевий шар, розташований між двома масивними діелектриками, що мають температури T_H і T_B , причому $T_H > T_B$.

На основі мікроскопічної теорії було обчислено ефективну поперечну теплопровідність шаруватої гетероструктури. Поперечне теплоперенесення аналізується в рамках феноменологічної двотемпературної (2ТМ) моделі, тобто в термінах електронної та фононної температур. Порівняння результатів 2ТМ та мікроскопічного підходу дозволяє з'ясувати умови, за яких застосування феноменологічного двотемпературного методу є виправданим.

Даний метод може бути застосований до різних шаруватих гетероструктур. Розглянуто мікроскопічний опис теплообміну в багатошаровій системі та розраховано поперечну ефективну теплопровідність шаруватої гетероструктури $I_1/FI/I_2$. Проведено розрахунок функції розподілу фононів у шарі FI .

Використовуючи кінетичний метод до поперечного теплообміну, Мироненко І. В. змоделювала та проаналізувала задачу про ефективну поперечну теплопровідність структур, що містять два металевих шари $I/M_1/I/M_2/I$. Також аспіранткою було наведено розрахунки ефективної поперечної теплопровідності в шаруватій системі для випадку товстого та тонкого металевих шарів. Отримані нею результати для системи з двома металевими шарами, узагальнено на випадок системи з довільною кількістю шарів і надграткою.

Окремо зазначу, що дослідження аспірантки Мироненко І. В. виконувались в межах підтримки програми Європейського Союзу Horizon 2020 у рамках гранту № 644348. Робота також підтримана проектом МОН України № 0118U002037.

Під час навчання в аспірантурі Мироненко І.В. набула низку фахових і допоміжних компетентностей, необхідних для науково-дослідної діяльності. Серед них знання щодо особливостей кінетики процесів перенесення фононів і магнонів у гетерогенних наноструктурах; організації проведення наукових досліджень у цій галузі.

Результати підготовленої Мироненко І. В. дисертаційної роботи є оригінальними дослідженнями, які опубліковані у провідних міжнародних виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus.

У межах дисертаційної роботи поставлена задача із дослідженням мікроскопічної теорії процесів поперечного переносу фононів і магнонів у шаруватих гетерогенних наноструктурах і застосування отриманих результатів для аналізу експериментальних досліджень кінетики багат шарових систем вирішена повністю. Висновки дисертаційної роботи є статистично достовірними та науково обґрунтованими. Отримані результати добре узгоджуються з даними інших дослідників гетерогенних наноструктур. Вважаю, що наукова складова індивідуального плану роботи аспірантки Мироненко І. В. виконана в повному обсязі та на високому рівні.

Науковий керівник,
доктор фізико—математичних наук,
професор кафедри фізики низьких температур
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна,
професор

Валерій ШКЛОВСЬКИЙ

Підпис Валерія Шкловського засвідчую
Начальник Відділу Кадрів
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна,



Олеся ПРОМИКО