

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шишкова Глеба Сергеевича «Особенности распространения температурной волны в твердом теле» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Шишкова Г.С. посвящена исследованию особенностей и установлению закономерностей распространения температурных волн через твердые среды с использованием методов экспериментального исследования с помощью динамического пирозффекта (TSW метода – thermal square wave method at single-frequency) и математического моделирования.

Тематика научного исследования актуальна и имеет важное практическое значение, так как современные тенденции в развитии микро- и нано системной техники требуют разработки новых методов и подходов к отводу тепла в нестационарных термодинамических условиях эксплуатации. Несомненный научный интерес представляет рассмотрение особенностей прохождения тепла в средах с разными механизмами теплопроводности.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитированной литературы из 90 наименований. Оригинальная часть работы опубликована в 6 печатных работах, из которых 3 статьи в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, дана общая характеристика работы, сформулированы цель и задачи исследования.

Первая глава содержит обзор литературы по теме диссертационной работы и постановку задач исследований. Изложены основы классического подхода к изучению теплопроводности твердых тел. Приведено сравнение

классического (уравнение теплопроводности Фурье) и волнового подходов к решению уравнения теплопроводности. Приведено описание метода динамического пироэффекта, используемого в работе для анализа прохождения температурных волн через вещество и определения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности материалов.

Во второй главе проведен анализ распространения температурных волн в твердом теле при различных способах модуляции теплового потока: синусоидальной и прямоугольной. Рассмотрена зависимость распространения температурной волны от тепловых свойств вещества. Показано, что воздействие на поверхность модулированным тепловым потоком приводит к наличию стационарного градиента температуры по толщине образца. Величина градиента зависит не только от коэффициента теплопроводности материала и мощности теплового потока, но и от частоты модуляции. Величина изменения температуры поверхности определяется характером временной зависимости скорости нагрева: линейная (случай прямоугольной модуляции) или гармоническая (случай синусоидальной модуляции).

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований динамической температуропроводности и теплопроводности стали и сплава на основе меди. Показано, что теплофизические характеристики изучаемых материалов, полученные в статическом и динамическом режимах, различаются в несколько раз. Данные результаты свидетельствуют о различных механизмах температуропроводности при динамическом и статическом прохождении тепла в сплавах.

Выполнено уточнение граничных условий при решении уравнения теплопроводности, когда температурная волна проходит через систему двух слоев в случае неплотного соприкосновения образцов. Получено решение задачи прохождения температурной волны через систему трех слоев: несегнетоэлектрический материал – сегнетоэлектрик – металл.

Проведены исследования тепловых характеристик графита и пластин кристалла парателлуриата. Рассмотрено влияние магнитного поля на прохождение температурной волны через графит и феррит бария.

В работе проведен комплексный анализ экспериментальных данных и результатов математического моделирования прохождения температурной волны через среды с различными теплофизическими характеристиками. Результаты теоретических положений и исследований хорошо согласуются с полученными экспериментальными данными. Все вышесказанное свидетельствует о достоверности полученных в работе результатов. Некоторые научные результаты в диссертационной работе получены впервые.

Автор успешно справился с задачами, поставленными в диссертационной работе. К наиболее значимым можно отнести следующие научные результаты.

Экспериментально подтвержден теоретический вывод о том, что в динамическом режиме прохождения теплового потока через вещество количество тепла, достигшее тыльной поверхности обратно пропорционально коэффициенту теплопроводности материала.

Установлено, что величины коэффициентов теплопроводности пластин кристалла парателлуриата зависят от кристаллографического направления. Зависимость коэффициента теплопроводности от кристаллографических направлений коррелирует с аналогичной зависимостью для диэлектрической проницаемости и подтверждена ростовыми особенностями кристалла.

Впервые автором показано, что в динамическом режиме прохождения тепла через образец, теплопроводность и температуропроводность керамики феррита бария, находящейся в состоянии остаточной намагниченности, зависят от направления намагничивания.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором в диссертационной работе, являются обоснованными. Полученные в экспериментальной части работы данные представляют несомненный интерес для дальнейшего развития теоретических представлений о механизмах прохождения температурной волны через твердые среды.

Работа не лишена некоторых недостатков:

1. В диссертации не указано, какую марку стали использовали в эксперименте (известно, что коэффициенты теплопроводности углеродистых и легированных сталей могут различаться в несколько раз). Также нет данных о меди. Не ясно, использовали сплав на основе меди или чистую медь, и какой степени чистоты.

2. В работе допущены отклонения от стандартных обозначений единиц физических величин, предписываемых ГОСТ 8.417-2002. В частности, напряженность магнитного поля указана в Эрстедах (в системе СГС).

3. При экспериментальном исследовании влияния магнитного поля на прохождение температурной волны через графит и феррит бария не обоснован выбор величины и направления воздействия магнитного поля.

4. Не корректно сформулированы подписи к рисунку 2.5 на стр. 53 диссертации и рис. 6 стр.11 автореферата.

5. В названии п.3.1 диссертации «Апробация метода на сплавах стали и меди» допущена стилистическая неточность.

Сделанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают значимость и ценность работы. Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертационной работы, а ее результаты являются хорошо апробированными, они докладывались на всероссийских и международных научных конференциях.

В целом диссертационная работа Шишкова Г.С. «Особенности распространения температурной волны в твердом теле» отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Шишков Глеб Сергеевич заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры технологии металлов
и материаловедения

Тверского государственного технического
университета, доцент

Афанасьева Людмила Евгеньевна

5 марта 2020 г.

адрес: 170026 г. Тверь, наб. А. Никитина, 22

тел.: (4822)44-57-51, e-mail: common@tstu.tver.ru