

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мигдала Кирилла Петровича

«Термодинамические и кинетические свойства металлов с возбужденной электронной подсистемой», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертация Мигдала К.П. посвящена созданию аналитической модели описания термодинамических и кинетических свойств металлов с возбужденной электронной подсистемой. Несмотря на обширные экспериментальные и теоретические исследования воздействия на металлы ультракороткими лазерными импульсами, до сих пор нет единого понимания поведения высоковозбужденного электронного газа в металлах при их сверхбыстром нагреве. В подавляющем числе опубликованных работ по моделированию лазерного нагрева металлов субпикосекундными импульсами на основе двухтемпературной модели поведение термодинамических и оптических свойств с ростом энергии электронной подсистемы описывается упрощенными формулами с рядом подгоночных параметров. Такого рода моделирование позволяет описать, например, пороги плавления и абляции материала, однако достоверность таких результатов оставляет сомнения. Для понимания сложной природы поглощения лазерного излучения металлами на сверхкоротких временах, когда система «электроны-решетка» оказываются в сильно неравновесном состоянии, и надежного предсказания поведения вещества при сверхбыстром нагреве необходимо создание новых моделей, которые бы включали в себя реальную физику перераспределения электронов в зонной структуре при их возбуждении и электрон-фононном энергообмене. Важна относительная простота таких моделей для проведения крупномасштабных расчетов с разумными затратами компьютерных ресурсов.

В последние годы появились работы, где на основе метода функционала плотности (МФП) рассчитываются термодинамические параметры электронного газа в металлах для их применения в моделировании взаимодействия излучения с металлами. Получаемые зависимости параметров от температуры электронного газа можно описать аналитическими зависимостями и далее использовать в расчетах поведения металлов при сверхбыстрых нагревах. Однако данные расчетов с помощью МФП имеют ограниченную область применения по степени нагрева электронного газа. Поэтому **актуальность** данной работы не вызывает сомнений.

В диссертационной работе Мигдала К.П. разработана новая аналитическая модель термодинамики и кинетики электронов для ряда металлов при их сверхбыстром нагреве, когда ионная решетка оказывается холодной и далее происходит электрон-фононный энергообмен. Проведено систематическое исследование нагрева нескольких металлов, в том числе со сложной зонной структурой, с использованием полученных данных по нескольким подходам к моделированию нагрева (двухтемпературная термодинамика и гидродинамика, молекулярная динамика). Сделаны важные выводы об областях применимости различных моделей. Получен целый ряд новых результатов, среди которых особенно хотелось бы отметить (1) применимость разработанной двухпараметрической модели для металлов со сложной зонной структурой и (2) влияние изменения электронной структуры при сверхбыстром нагреве и гидростатическом деформировании на скорость электрон-фононного энергообмена.

В качестве замечаний по автореферату можно отметить следующее:

1. Суть ряда основных разработок и полученных результатов представлена скупо, что заставляет при прочтении автореферата обращаться к публикациям автора. Так, при описании содержания второй главы было бы уместным представить суть двухпараболической модели. На Рис. 2, справа даны результаты расчета химического потенциала тантала, где показано, что результаты моделирования в значительной степени зависят от предположений модели. Однако нет вывода о том, какой подход к моделированию является более корректным.
2. Отмечено, что в параграфе 4.6 «дана формулировка модифицированного подхода» для описания электрон-фононного энергообмена в металлах. Однако не поясняется, почему модификация потребовалась и в чем ее суть.
3. На Рис. 4 справа следовало бы пояснить термин «интегральная электронная температура». Интегральная по пятну облучения, по толщине пленки? Почему выбран столь большой коэффициент экстинкции при моделировании? Как он соотносится с экспериментально определенным коэффициентом поглощения? Не понятно, где, как утверждается при описании параграфа 5.2, на Рис. 4, справа даны результаты квантовой молекулярной динамики по описанию экспериментов [28] и кто их выполнял.
4. В основных результатах и выводах работы появляется понятие эффективной массы электрона. Однако в тексте автореферата нет упоминания об этом параметре, которому посвящен отдельный пункт выводов.
5. Для лучшего представления результатов работы было бы не лишним ввести используемые аббревиатуры (МФП, ПЭС, УВ, МД).

Отмеченные замечания не снижают ценности диссертации. В целом содержание автореферата и статьи, опубликованные в ведущих российских и международных журналах, свидетельствуют о том, что диссертационная работа Мигдала К.П. выполнена на высоком научном уровне и носит завершённый характер. Представленная диссертационная работа по своей актуальности, научной новизне и значимости полученных результатов отвечает всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание степени кандидата наук, а ее автор Мигдал К.П. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Главный научный сотрудник лаборатории
разреженных газов,
д.ф.-м.н. (01.04.14)

Булгакова Надежда
Михайловна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук»
630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 1, Тел. (383) 330-75-42,
Факс (383) 330-84-80, E-mail: nbul@itp.nsc.ru

Подпись Н.М. Булгаковой, удостоверяю
Ученый секретарь ИТ СО РАН
к.ф.-м.н.

12.03.2018



М.С. Макаров