

Отзыв

на автореферат диссертации В.А. Хохлова «Двухтемпературная гидродинамика при воздействии ультракоротких лазерных импульсов на твердые мишени», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3 «теоретическая физика»

Тема диссертации В. А. Хохлова «Двухтемпературная гидродинамика при воздействии ультракоротких лазерных импульсов на твердые мишени» представляется весьма актуальной в свете широкого применения техники современных ультракоротких импульсов лазерного излучения при проведении фундаментальных исследований, и также имеет ряд важных практических приложений, таких как лазерная резка металлов.

В работе строится гидродинамика и исследуются течения в веществе в особом неравновесном двухтемпературном (2Т) состоянии, когда температура электронной подсистемы заметно превышает фоновую температуру атомной подсистемы. Несмотря на краткость существования таких состояний, их эволюция после воздействия ультракороткого лазерного импульса определяет всю последующую динамику и фазовые превращения вещества.

К числу полученных научных результатов следует отнести:

- разработанная схема позволила впервые корректно описать 2Т-эффекты в конденсированном веществе мишеней. В частности, проанализировано принципиальное отличие гомогенного плавления в широкой области по мере постепенного подтягивания ионной температуры к электронной от движения фронта плавления (задачи Стефана) в однотемпературном случае;
- молекулярно-динамическое (МД) моделирование, стартующее с состояния, полученного в 2Т газодинамическом расчете, или 2Т газодинамический расчет с использованием впервые предложенного варианта критерия разрыва дает правильное описание процесса откольной абляции. Получаемые значения для порога абляции, момента отрыва, толщины отрывающегося слоя и его скорости находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными. При учете радиального распределения интенсивности лазерного излучения - падения интенсивности излучения от центра к периферии лазерного пятна - отлетающий слой имеет вид полупрозрачного купола, опирающегося на практически плоское основание, что соответствует схеме в опытах Ньютона (с перевернутой линзой). Это позволило корректно объяснить наблюдающиеся при лазерной абляции «кольца Ньютона» в микрофотографиях отраженного зондирующего импульса;
- разработанная модель с включением сдвиговой упругости позволяет (впервые) получить результаты, полностью соответствующие МД-моделированию и экспериментам. Также показано, что вещество в короткой треугольной ударной волне (УВ) остается упругим, т.е. скорость УВ соответствует упругому веществу, несмотря на значительное превышение классического порога упругости;
- разработанное расширение модели и расчетной схемы позволило впервые описать воздействие ультракоротких лазерных импульсов на мишени, состоящие из двух (пленка на подложке) и более (наноламинаты) слоев веществ с существенно различными свойствами. Прослежен переход от колебаний пленки на подложке (при $F_{\text{abs}} < F_{\text{del}}$ к отслоению пленки и к разрыву в пленке. Полученные результаты хорошо соответствуют экспериментальным данным;
- впервые теоретически исследовано поведение наноламината из чередующихся тонких слоев никеля и алюминия. Показано, что существует порог разрыва в первом слое никеля, а следующий порог соответствует разрыву в первом слое алюминия вблизи границы с первым слоем никеля. Полученные пороги соответствуют наблюдаемым в эксперименте порогам разрыва в слое никеля и вблизи границы первых слоев никеля и алюминия;

- проведено исследование лазерной абляции в жидкость (на примере абляции золота в воду) в широком диапазоне длительностей лазерных импульсов от фемто- до наносекундного диапазона. Впервые корректно объяснено образование наночастиц золота в воде в результате развития неустойчивости Рэля - Тейлора на границе воды и оторвавшегося слоя золота, возникающей вследствие торможения контакта водой (в случае коротких лазерных импульсов) и при конденсации золота, продиффундировавшего в воду при контакте сверхкритических воды и золота (при длинных импульсах).

Работа Хохлова В.А. по актуальности, научной новизне и значимости результатов исследований, степени их научной апробации и опубликования в научных журналах соответствует критериям, установленным п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 11.09.2021)), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3 - теоретическая физика, а ее автор Хохлов Виктор Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Руководитель научного направления ФИЦ ПХФ и МХ РАН

чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.

e-mail: ivl@icp.ac.ru

Ломоносов Игорь Владимирович

Подпись Ломоносова И.В. заверяю

Ученый секретарь ФИЦ ПХФ и М

д.х.н.

Психа Б.Л.

18 марта 2025 г.

Федеральный исследовательский центр физики и медицинской химии
Российской Академии Наук, 142432, Москва, Черноголовка, пр-кт акад. Семенова,
д. 1, тел.: +7 (496) 522-44-74, сайт: <https://icp-ras.ru>, e-mail: office@icp.ac.ru