

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Гавашели Юлии Олеговны «Теплофизические свойства хлорида натрия в поле интенсивного лазерного излучения», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертационная работа Гавашели Ю.О. посвящена экспериментальному и теоретическому изучению теплофизических свойств ионного кристалла хлорида натрия в процессе воздействия на него лазерного импульса фемтосекундной длительности.

В настоящее время лазерные источники ультракоротких импульсов электромагнитного излучения находят широкое применения, как в научных исследованиях, так и в технических, биологических и медицинских технологиях. Объектом исследования выбрано вещество, представляющее интересный класс прозрачных кристаллических материалов, которые также широко используется в практике. В частности, хлорид натрия применяется в оптике в качестве окон и призм, пропускающих инфракрасное электромагнитное излучение.

Как правило, ультракороткие лазерные импульсы характеризуются высокой интенсивностью. Под действием таких импульсов в веществе возникают экстремальные состояния с высоким давлением, высокой температурой. Дальнейшее распределение энергии из области облучения по материалу сопровождается, как сжатием в ударной волне, так и значительным расширением вещества в волне разгрузки. Знание теплофизических характеристик хлорида натрия в таком широком диапазоне давлений, температур и плотностей требуется для анализа и численного моделирования физических явлений при высоких плотностях энергии.

В этой связи диссертационная работа Гавашели Ю.О. представляется весьма актуальной и практически значимой.

Структура диссертации включает введение, четыре главы, заключение, список сокращений и список цитируемой литературы.

Во введении обсуждается актуальность темы работы, формулируются цель и задачи исследования, указываются объект и предмет изучения, кратко описываются методы исследования, в т.ч. их новизна. Излагаются научная новизна и практическая значимость результатов исследования, перечисляются основные положения, выносимые на защиту, обосновывается достоверность полученных результатов и выводов, разграничиваются вклады научного руководителя и диссертанта в проделанную работу, дается список кон-

ференций и симпозиумов, на которых работа была апробирована. И, наконец, кратко характеризуются научные публикации результатов, объем и структура самой диссертации.

В первой главе дается обзор известных работ по изучению закономерностей разрушения хлорида натрия под действием лазерных импульсов излучения высокой интенсивности, а также по исследованию фазовых диаграмм и свойств ионных кристаллов в широком диапазоне температур и давлений. На основе этого обзора в конце первой главы сформулированы задачи, решаемые диссертантом.

Во второй главе приводится описание установки, на которой выполнена экспериментальная часть работы, а также методов исследования и обработки опытных данных. Эксперименты по облучению хлорида натрия были выполнены на фемтосекундной лазерной установке титан-сапфир в ОИВТ РАН. Длина волны излучения 800 нм, длительность импульсов 40 фс, интенсивность излучения варьировалась от 25 до 90 ТВт/см², напряженность электрического поля — от 95 до 182 МВ/см. Эксперименты по изучению облученных образцов были выполнены методами атомно-силовой микроскопии (в ОИВТ РАН) и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (в КБГУ).

Третья глава посвящена изучению термомеханической абляции кристаллов хлорида натрия. В первом параграфе описано, как определялись и какими получились пороги термомеханической абляции при облучении хлорида натрия импульсами с длительностью 40 фс — 24 ТВт/см² по интенсивности излучения, 94 МВ/см по напряженности электрического поля. Отмечено, что измеренная критическая напряженность электрического поля хорошо согласуется с предсказанным ранее значением. Второй параграф этой главы посвящен анализу порогов лазерной абляции хлорида натрия, облучаемого импульсами различной длительности. В результате этого анализа сделан вывод, что при длительностях облучения ниже 30 пс основным механизмом разрушения хлорида натрия является термомеханическая абляция, а также сделан прогноз порога разрушения этого материала при еще более коротком лазерном облучении — с длительностью импульса 20 фс. В третьем параграфе главы исследована геометрия абляционного кратера на поверхности хлорида натрия после облучения. А также приведены оценки максимального давления, достигаемого в материале под действием ультракороткого лазерного импульса. По разным оценкам это давление составляет от 2 до 13 Мбар. В четвертом параграфе дано описание результатов изучения исходных (т.е. вне абляционного кратера) и облученных образцов (в кратере) методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Установлено, что в приповерхностном слое в кратере появляется новое соединение — оксид натрия Na₂O (кислород берется из воздуха, в атмосфере которого проводилось лазерное облучение), а

также уменьшается степень взаимодействия атомов натрия с остальными компонентами образующейся смеси (хлор, кислород).

В четвертой главе излагаются результаты теоретического исследования фазовой диаграммы хлорида натрия в широком диапазоне температур и плотностей (первый и второй параграфы) и фазовой траектории состояний исследуемого вещества на этой фазовой диаграмме (третий параграф). Следует особо выделить сделанные оценки параметров критической точки перехода жидкость – пар хлорида натрия, а также максимально возможной температуры этого материала при изучаемом режиме воздействия.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Новизна, оригинальность, обоснованность, достоверность и практическая ценность полученных результатов не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты являются новыми, они получены автором лично или с соавторами. Обоснование научных положений диссертации выстроено логически верно. Достоверность результатов работы подтверждается качественным согласием с имеющимися результатами для других ионных кристаллов. Полученные в работе результаты могут быть использованы для решения прикладных задач, связанных с интенсивными импульсными воздействиями, как на хлорид натрия, так и на другие материалы с близкими свойствами.

По тексту диссертации имеются следующие замечания:

1. На предложенных фазовых диаграммах хлорида натрия (рисунки 44, 46, 47, 49, 50) в критической точке не выполняется требование равенства нулю производной температуры по объему при постоянном давлении, которое следует из уравнений (4.6). Т.е. отсутствует горизонтальная касательная к газовой и жидкостной ветвям спинодали, где изобара и изотерма должны иметь общую касательную, как в переменных давление – объем, так и в переменных температура – плотность.

2. На предложенных фазовых диаграммах хлорида натрия (рисунки 44, 46, 47, 49, 50) граница области смеси твердое тело – жидкость в метастабильном состоянии продолжена в диапазон более низких температур, чем в точке пересечения этой границы со спиноподалью жидкости, т.е. в область нестабильных состояний жидкой фазы.

3. В параграфе 4.3 не указано, учитывалась ли то количество энергии, которое необходимо для плавления хлорида натрия, при расчете максимальной температуры этого вещества под действием фемтосекундного лазерного импульса, когда фазовая траектория нагрева пересекает границу перехода твердое тело – жидкость.

4. На странице 94 имеется опечатка «...возникающей за счет за счет высокого статического сжатия».

5. В пункте 189 списка литературы диссертант не указал себя соавтором.

Эти замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Следует отметить, что диссертационная работа Гавашели Ю.О. выполнена на хорошем экспериментальном и теоретическом уровне, является законченным научным исследованием. Объем и тщательность проделанной работы позволяют сделать вывод о достаточно высокой надежности полученных результатов. Выводы диссертационной работы сделаны квалифицированно и обоснованно. Основные положения диссертации являются в высокой степени достоверными.

Качество оформления диссертации, несмотря на замечания, высокое. Основные результаты диссертации в полной мере опубликованы в научных изданиях, в публикациях диссертанта. Автореферат диссертации правильно и полно отражает ее содержание, основные идеи и выводы.

В целом диссертационная работа Гавашели Ю.О. выполнена на высоком научном уровне и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 — теплофизика и теоретическая теплотехника. Автор, безусловно, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

Официальный оппонент,

заведующий лабораторией № 16 широкодиапазонных уравнений состояния

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН),

к. ф.-м. н., с. н. с.

Хищенко Константин Владимирович

«11» ноября 2019 г.

Подпись официального оппонента Хищенко К.В. заверяю.

Ученый секретарь ОИВТ РАН,

д. ф.-м. н., с. н. с.



Амиров Равиль Хабибулович

«11» ноября 2019 г.

Адрес: 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2.

Телефон: +7 495 4842483. E-mail: konst@ihed.ras.ru