

**ФОРМИРОВАНИЕ КРАТЕРА И ОТКОЛЬНОЙ ОБОЛОЧКИ  
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КОРОТКОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА  
С ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МИШЕНЬЮ**

С.И. Анисимов<sup>1</sup>, В.В. Жаховский<sup>2,3</sup>, Н.А. Иногамов<sup>1</sup>, К. Нишихара<sup>3</sup>, Ю.В. Петров<sup>1</sup>, В.А.Хохлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, Москва; <sup>2</sup>ИТЭС ОИВТ РАН, Москва; <sup>3</sup>Institute of Laser  
Engineering, Osaka University, Osaka, Japan

Исследуется задача о воздействии ультракоротких лазерных импульсов на поглощающие лазерное излучение плоские твердотельные мишени. Гидродинамическому движению, вызванному лазерным облучением, предшествует стадия, на которой формируется нагретый слой толщиной  $d_T$  возле границы мишени. Для взаимодействия лазерного излучения с металлом проведен анализ распространения электронной тепловой волны из скин-слоя металла на этой стадии. Распространение тепловой волны сопровождается передачей тепловой энергии электронной подсистемы в ионную подсистему из-за электрон-ионной температурной релаксации. Анализ тепловой волны и релаксации энергии между электронами и ионами металла позволяет оценить зависимость толщины нагретого слоя  $d_T(F_{abs})$  от поверхностной плотности поглощенной лазерной энергии  $F_{abs}$  (Дж/см<sup>2</sup>). Для описания движения на гидродинамической стадии привлечены, во-первых, газодинамический код и, во-вторых, многопроцессорный (до 10<sup>3</sup> процессоров) молекулярно-динамический код. При этом учитывается неоднородность начального для гидродинамической стадии прогрева вещества мишени. Массивное распараллеливание вычислительного процесса позволило довести количество атомов в молекулярно-динамических расчетах до очень больших значений, соответствующих условиям экспериментов (~35·10<sup>6</sup>). Обычно в молекулярно-динамических расчетах используется намного меньшее число частиц ~10<sup>4</sup> - 10<sup>5</sup> (то есть на три порядка меньше), однопроцессорные алгоритмы. Практически совпадающее с наблюдающимся в реальном эксперименте количество частиц позволяет исследовать динамику абляции из глубоких областей металла в течение длительного промежутка времени, а также рассматривать кинетику образующихся при этом метастабильных состояний многофазного вещества мишени. На гидродинамической стадии рассматривается интерференционная картина, возникающая при взаимодействии многофазного потока вещества с диагностическим лазерным лучом, исследуется зависимость контрастности и формы образующихся интерференционных колец от толщины жидкой откольной оболочки.

# CRATER AND SPALLATION SHELL FORMATION UNDER THE INTERACTION OF SHORT LASER PULSE WITH SOLID TARGET

*S.I. Anisimov<sup>1</sup>, V.V.Zhakhovskii<sup>2,3</sup>, N.A. Inogamov<sup>1</sup>, K. Nishihara<sup>3</sup>, Yu.V. Petrov<sup>1</sup>, V.A. Khokhlov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Landau Institute for Theoretical Physics RAS; <sup>2</sup>Institute for High Temperatures RAS; <sup>3</sup>Institute of Laser Engineering, Osaka University, Osaka, Japan

Action of ultrashort laser pulses on absorbing solid plane targets is considered. The stage with supersonic electron heat conduction wave precedes the hydrodynamical stage. At this stage a heated layer with thickness  $d_T$  is formed near the boundary. For the case of interaction of laser radiation with a metal an expansion of electron heat wave from a skin layer is studied. The expansion is accompanied by a gradual cooling of hot electrons due to the electron-ion thermal relaxation. The analysis of a heat wave and energy relaxation between electrons and ions in a metal allows to estimate the dependence  $d_T(F_{abs})$  of thickness of a heated layer on absorbed laser fluence  $F_{abs}$  [J/cm<sup>2</sup>]. For the description of the hydrodynamical stage we use, first, the gasdynamical code and, second, the multiprocessor (up to 10<sup>3</sup> processors) molecular dynamics code. Non-uniform heating of a target at the first onset of the hydrodynamical stage is taken into account. Massively parallel computations have allowed us to operate with very large number of atoms in molecular dynamics simulations ( $\sim 35 \cdot 10^6$ ). This corresponds to experimental conditions. In molecular dynamics calculations of other research groups three order of magnitude smaller number of atoms are used (one processor approach). The number of particles which is practically corresponds to that one in the real experiments allows us to investigate laser ablation processes within a deep metal domain during long time interval and to consider the kinetics of metastable phases of target material. At the hydrodynamical stage the interference pattern, obtained under the probe laser irradiation, is considered. The dependence of intensity contrast and a form of the interference rings on the thickness of liquid spallation shell is investigated.



