Моделирование взаимодействия ультракоротких лазерных импульсов с наклонным фронтом с прозрачными средами

АВТОРЫ: д.ф.-м.н. Жуков В.П., д.ф.-м.н. Булгакова Н.М., Актурк С.

Лазерные импульсы с наклонным фронтом (импульсы, ИНФ) возникают в результате использования призм и дифракционных решеток. Наклон фронта часто встречается в технологиях и экспериментах и обычно является нежелательным эффектом. Однако последнее время рассматривается возможность использования ИНФ для диагностики высокого разрешения по времени, повышение точности обработки материалов благодаря одновременной фокусировке в пространстве и времени и т.п. При этом физика ИНФ изучена слабо.

Одним из интересных эффектов, который связывают с ИНФ, является т.н. несимметричная запись. Он заключается в том, что при многоимпульсном облучении движущейся мишени модификация мишени зависит от направления ее движения. Однако полной уверенности в том, что ИНФ отвечает за этот эффект не было. В работах [1-4] изучается взаимодействие ИНФ со стеклами при помощи математического моделирования в приближении нелинейных уравнений Максвелла, дополненных уравнениями гидродинамического типа для плазмы свободных электронов. В этих работах получены следующие результаты.

1. Создана модель и выполнены расчеты в многоимпульсном режиме (число импульсов в расчетах превышало 200) при параметрах близких к реальным экспериментам, Модель учитывала память материала о предыдущих импульсах посредством учета электронов, захваченных дефектами, и изменения показателя преломления в результате прохождения каждого импульса.

2. Показано, что ИНФ действительно приводит к асимметрии во взаимодействии лазерного импульса с веществом.

3. Показано, что изменения показателя преломления, несмотря на его небольшую величину, является ключевым в многоимпульсном режиме. Без учета этого изменения результаты моделирования противоречат экспериментальным данным.

4. Подробно изучено влияния различных типов и параметров ИНФ, на вызываемую ими модификацию стекол.

Результаты работы полезны для понимания процессов, происходящих при микро-обработке материалов и использовании лазеров в медицине.

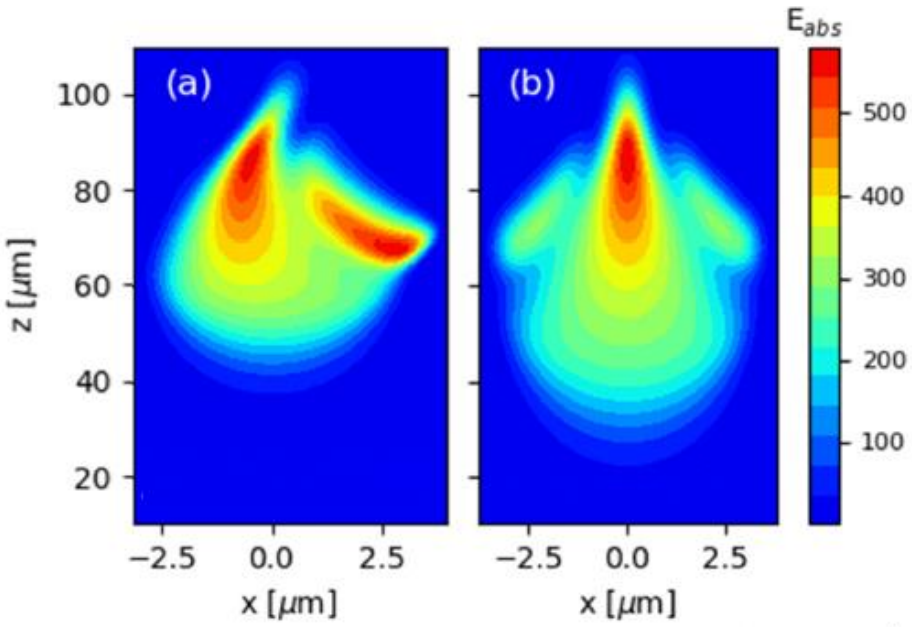

Рисунок. Типичное распределение плотности поглощенной энергии в случае импульса с наклонным фронтом (a) и без него (b). Импульс распространяется снизу-вверх.

ПУБЛИКАЦИИ:

1. V. P. Zhukov, S. Akturk, N.M. Bulgakova Asymmetric interactions induced by spatio-temporal couplings of femtosecond laser pulses in transparent media // JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA B-OPTICAL PHYSICS, Volume: 36, Issue: 6, Pages: 1556-1564, Published: JUN 1 2019.
2. N.M. Bulgakova, V.P. Zhukov, S. Aktürk How spatiotemporal coupling in ultrashort laser beams can induce 3D writing anisotropy: insight from inside // International symposium Fundamentals of Laser Assisted Micro- & Nanatechnologies (FLAMN-19), June 30 - July 4, 2019, St. Petersburg, ITMO University, Russia, Symposium Abstract Book, p. 91.
3. N.M. Bulgakova, V.P. Zhukov, I. Mirza, J. Sladek, T.J-Y Derrien, S. Akturk Critical assessment of ultrafast laser-induced processes in transparent dielectrics: New results and challenges // International Conference on Ultrafast Optical Science (UltrafastLight-2019), Sep. 30 – Oct. 4, 2019, Lebedev Physical Institute, Moscow Book of abstract, p. 74.
4. В.П. Жуков, Н.М. Булгакова, S. Akturk Моделирование взаимодействия последовательности фемтосекундных лазерных импульсов с наклонным фронтом со стеклом. Несимметричная фемтозапись.// XXVI Всероссийская конференция с международным участием "Высокоэнергетические процессы в механике сплошной среды» посвященная 150-летию со дня рождения С.А. Чаплыгина, 3-5 апреля 2019 г.