

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра лазерной физики и спектроскопии

КРИВОМАЗОВ

Марк Александрович

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ШИРОКОАПЕРТУРНОГО ВЫСОКОМОЩНОГО
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТОНКИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПЛАСТИНЫ**

Реферат дипломной работы

Научный руководитель:
доктор физ.-мат. наук,
профессор Е.С. Воропай

Научный консультант:
вед. инженер-исследователь
УП НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО
кандидат физ.-мат. наук,
Г.А. Татур

Минск, 2025

РЕФЕРАТ

Общий объём работы составляет 65 страниц, 24 рисунка, 7 таблиц, 25 источников.

ВЫСОКОМОЩНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЗАДАЧА СТЕФАНА, ДИАМЕТР ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА, ИСПАРЕНИЕ, МЕТАЛЛЫ, ШИРОКОАПЕРТУРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ.

Объект исследования — тонкие металлические пластины из алюминия.

Целью данной работы является изучение воздействия широкоапертурного лазерного излучения высокой мощности на тонкие металлические пластины, построение численной модели, описывающей воздействие, а также её экспериментальное подтверждение.

Методы исследования: численное моделирование, измерение диаметра лазерного пучка с помощью моментов второго порядка распределения Вигнера.

Размер испарённой в ходе лазерного воздействия на пластину области зависит от характеристик металла, из которого изготовлена пластина, её толщины, а также параметров лазерного пучка: его размера, интенсивности, длительности воздействия. Для исследования влияния данных параметров был разработан и реализован численный метод моделирования воздействия широкоапертурного высокомоощного лазерного излучения на тонкие металлические пластины. Численная модель, основанная на двумерной задаче Стефана в аксиально-симметричной постановке с использованием схемы конечных разностей и метода прогонки, позволяет определить распределение температуры в пластине, а также местоположение границы испарённой области относительно центра лазерного пучка.

Численная модель была подтверждена экспериментально для алюминиевых пластин толщиной 0,05 мм и 0,1 мм, показала высокую точность предсказания для тонких образцов, что показывает практическую применимость и верность модели.

РЭФЕРАТ

Агульны аб'ём работы складае 65 старонак, 24 малюнка, 7 табліц, 25 крыніц.
ВЫСОКАМАГУТНАЕ ЛАЗЕРНАЕ ВЫПРАМЕНЬВАННЕ, КОЛЬКАСНАЕ МАДЭЛЯВАННЕ, ЗАДАЧА СТЭФАНА, ДЫЯМЕТР ЛАЗЕРНАГА ПУЧКА, ВЫПАРЭННЕ, МЕТАЛЫ, ШИРОКААПЕРТУРНАЕ ВЫПРАМЕНЬВАННЕ.

Аб'ект даследавання — тонкія металічныя пласціны з алюмінія.

Мэтай дадзенай работы з'яўляецца вывучэнне ўздзеяння шырокаапертурнага лазернага выпраменьвання высокай магутнасці на тонкія металічныя пласціны, пабудова колькаснай мадэлі, якая апісвае ўздзеянне, а таксама яе эксперыментальнае пацверджанне.

Метады даследавання: колькаснае мадэляванне, вымярэнне дыяметра лазернага пучка з дапамогай момантаў другога парадку размеркавання Вігнера.

Памер выпарэння ў ходзе лазернага ўздзеяння на пласціну вобласці залежыць ад характарыстык металу, з якога выраблена пласціна, яе таўшчыні, а таксама параметраў лазернага пучка: яго дыяметра, інтэнсіўнасці, працягласці ўздзеяння. Для даследавання ўплыву дадзеных параметраў быў распрацаваны і рэалізаваны колькасны метада мадэлявання ўздзеяння шырокаапертурнага высокамоцнага лазернага выпраменьвання на тонкія металічныя пласціны. Колькасная мадэль, заснаваная на двухмернай задачы Стэфана ў аксіяльна-сіметрычнай пастаноўцы з выкарыстаннем схемы канчатковых рознасцяў і метаду прагонкі, дазваляе вызначыць размеркаванне тэмпературы ў пласціне, а таксама месцазнаходжанне мяжы выпарэння вобласці адносна цэнтра лазернага пучка.

Колькасная мадэль была пацверджана эксперыментальна для алюмініевых пласцін таўшчынёй 0,05 мм і 0,1 мм, паказала высокую дакладнасць прадказання для тонкіх узораў, што паказвае практычную дастасавальнасць і вернасць мадэлі.

ABSTRACT

The total volume of the work is 65 pages, 24 figures, 7 tables, 25 sources.

HIGH-POWER LASER RADIATION, NUMERICAL MODELING, STEFAN PROBLEM, LASER BEAM DIAMETER, EVAPORATION, METALS, WIDE-APERTURE RADIATION.

The object of study is thin metal plates made of aluminum.

The purpose of this work is to study the effect of high-power wide-aperture laser radiation on thin metal plates, to build a numerical model describing the process of exposure, as well as its experimental confirmation.

Research methods: numerical modeling, measurement of the laser beam diameter by means of the second-order moments of the Wigner distribution.

The size of the vaporized area during the laser impact on the plate depends on the characteristics of the metal from which the plate is made, its thickness, as well as the parameters of the laser beam: its size, intensity, duration of exposure. To investigate the influence of these parameters, a numerical method of modeling the impact of wide-aperture high-power laser radiation on thin metal plates was developed and implemented. The numerical model, based on the two-dimensional Stefan problem in axially symmetric formulation using the finite difference scheme and the run method, allows to determine the temperature distribution in the plate, as well as the location of the boundary of the vaporized region relative to the center of the laser beam.

The numerical model was validated experimentally for 0.05 mm and 0.1 mm thick aluminum plates, showed high prediction accuracy for thin specimens, which shows the practical applicability and fidelity of the model.