

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра лазерной физики и спектроскопии**

ПОМАХО
Владислав Юрьевич

**ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ND:YAG ЛАЗЕР С УЛУЧШЕННЫМИ
ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ**

Реферат дипломной работы

Научный руководитель:
Зам. заведующего центром
«Лазерная техника и технологии»
Института физики им. Б.И. Степанова
НАН Беларуси,
канд. физ-мат. наук, доцент
Григорьев А.В.

Минск, 2025

РЕФЕРАТ

Общий объём работы 63 страниц, 29 рисунков, 8 таблиц, 32 источника.

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР, ND:YAG, ТЕПЛОВАЯ ЛИНЗА, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ШИРОКИЙ ДИАПАЗОН ЧАСТОТ, ПАССИВНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ДОБРОТНОСТИ, ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС (ПАК), ФОТОСТАБИЛЬНОСТЬ РЕЗОНАТОРА.

Объект исследования – твердотельный Nd:YAG лазер с пассивной модуляцией добротности и поперечной диодной накачкой.

Целью работы является разработка и экспериментальное тестирование системы управления тепловым режимом на основе программно-аппаратного комплекса для обеспечения стабильных пространственных и энергетических характеристик выходного излучения Nd:YAG лазера в широком диапазоне частот следования импульсов.

Методы исследований: теоретический анализ тепловых эффектов в твердотельных лазерах, разработка алгоритмов управления тепловым режимом резонатора, проектирование и изготовление ПАК, экспериментальное исследование характеристик лазерного излучения (энергия, длительность импульса, поперечное распределение интенсивности) с использованием спектрометров, профилометров и осциллографов.

Установлено, что основной причиной деградации характеристик лазера при понижении частоты следования импульсов является нестабильность тепловой линзы в активном элементе. Разработан метод компенсации тепловых эффектов путем регулировки длительности импульсов накачки и подачи дополнительных "прогревочных" импульсов. Созданный ПАК реализует данный алгоритм управления.

Показано, что применение разработанного ПАК позволяет сохранять стабильность выходной энергии (отклонение $\leq 2.5\%$) и пространственного профиля пучка при работе лазера в диапазоне частот от 1 Гц до 22 Гц (номинальная частота). Длительность импульса увеличивается незначительно (с 8.6 нс до 11.3 нс).

РЭФЕРАТ

Агульны аб'ём работы 63 старонкі, 29 малюнкаў, 8 табліц, 32 крыніцы.

ЦВЁРДАЦЕЛЬНЫ ЛАЗЕР, Nd:YAG, ЦЯПЛАВАЯ ЛІНЗА, ПРАСТОРАВЫЯ ХАРАКТАРЫСТЫКІ, ЭНЕРГЕТЫЧНЫЯ ХАРАКТАРЫСТЫКІ, ШЫРОКІ ДЫЯПАЗОН ЧАСТОТ, ПАСІЎНАЯ МАДУЛЯЦЫЯ ДАБРОТНАСЦІ, ПРАГРАМНА-АПАРАТНЫ КАМПЛЕКС (ПАК), СТАБІЛЬНАСЦЬ РЭЗАНАТАРА.

Аб'ект даследавання – цвёрдацельны Nd:YAG лазер з пасіўнай мадуляцыяй дабраотнасці і папярочнай дыёднай накачкай.

Мэтай работы з'яўляецца распрацоўка і эксперыментальная праверка сістэмы кіравання цеплавога рэжыму на аснове праграмна-апаратнага комплексу для забеспячэння стабільных прасторавых і энергетычных характарыстык выхаднога выпраменьвання Nd:YAG лазера ў шырокім дыяпазоне частат паслядоўнасці імпульсаў.

Метады даследаванняў: тэарэтычны аналіз цеплавых эфектаў у цвёрдацельных лазерах; распрацоўка алгарытмаў кіравання цеплавога рэжыму рэзанатара; праектаванне і выраб ПАК; эксперыментальнае даследаванне характарыстык лазернага выпромінювання (энергія, працягласць імпульсу, папярочнае размеркаванне інтэнсіўнасці) з выкарыстаннем спектраметраў, профіламетраў і асцылографаў.

Устаноўлена, што асноўнай прычынай пагаршэння характарыстык лазера пры паніжэнні частаты паслядоўнасці імпульсаў з'яўляецца нестабільнасць цеплавой лінзы ў актыўным элеменце. Распрацаваны метады кампенсцыі цеплавых эфектаў шляхам рэгуліроўкі працягласці імпульсаў напамкі і падачы дадатковых "прагравальных" імпульсаў. Створаны ПАК рэалізуе дадзены алгарытм кіравання.

Паказана, што прымяненне распрацаванага ПАК дазваляе захоўваць стабільнасць выхадной энергіі (адхіленне $\leq 2.5\%$) і прасторавага профілю пучка пры рабоце лазера ў дыяпазоне частонакат ад 1 Гц да 22 Гц (намінальная частата). Працягласць імпульсу павялічваецца нязначна (з 8.6 нс да 11.3 нс).

ABSTRACT

Total volume: 63 pages, 29 figures, 8 tables, 32 sources.

SOLID-STATE LASER, ND:YAG, THERMAL LENSING, SPATIAL CHARACTERISTICS, ENERGY CHARACTERISTICS, WIDE FREQUENCY RANGE, PASSIVE Q-SWITCHING, HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX (HSC), RESONATOR STABILITY.

Object of study: A passively Q-switched Nd:YAG laser with transverse diode pumping.

The aim of the work is the development and experimental validation of a thermal regime control system based on a hardware-software complex to ensure stable spatial and energy characteristics of the output radiation of an Nd:YAG laser over a wide range of pulse repetition frequencies.

Research methods: Theoretical analysis of thermal effects in solid-state lasers; development of resonator thermal management algorithms; design and implementation of an HSC; experimental investigation of laser output characteristics (energy, pulse duration, transverse intensity distribution) using spectrometers, beam profilers, and oscilloscopes.

It was established that the primary cause of laser performance degradation at lower repetition rates is the instability of the thermal lens in the active element. A compensation method for thermal effects was developed, involving adjustment of pump pulse duration and injection of additional "pre-heating" pulses. The implemented HSC executes this control algorithm.

It was demonstrated that the application of the developed HSC maintains stability of the output energy (deviation $\leq 2.5\%$) and spatial beam profile while operating the laser across a frequency range from 1 Hz to 22 Hz (nominal frequency). Pulse duration increases marginally (from 8.6 ns to 11.3 ns).