

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра лазерной физики и спектроскопии**

**СУМАРЕНКО**

Алексей Михайлович

**ВОЗБУЖДЕНИЕ СПЕКТРОВ ПЛАЗМЫ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ОБЛУЧЕНИИ  
ОБРАЗЦОВ МЕДИ В ВОЗДУХЕ НА ДЛИНАХ ВОЛН 355 И 532 НМ**

Реферат дипломной работы

Научные руководители:  
доктор физ.-мат. наук,  
А.Н. Чумаков  
доктор физ.-мат. наук,  
профессор Е.С. Воропай

Минск, 2021

## РЕФЕРАТ

Дипломная работа состоит из введения, двух глав, 6 разделов, заключения, списка использованных источников. Общий объем работы составляет 34 страницы, включая 14 рисунков. Список использованных источников содержит 30 наименований, включая собственную публикацию автора.

**Цель работы:** выяснение закономерностей формирования оптических спектров плазмы, инициируемой воздействием на образцы меди в воздухе импульсов излучения второй и третьей гармоник (355 и 532 нм) Nd:YAG – лазера.

**Ключевые слова:** лазерная плазма, одиночные и сдвоенные лазерные импульсы, эмиссионная спектроскопия, температура плазмы.

**Объект исследования:** плазма, инициируемая лазерным воздействием на образцы меди в воздухе.

**Методы исследования:** регистрация и исследование спектров приповерхностной лазерной плазмы на медной мишени, качественный спектральный анализ, метод относительных интенсивностей, численный расчет и графическое представление исследуемых зависимостей при помощи компьютерных средств обработки информации Origin 2019 и MS Excel.

**Программа исследования** была направлена на выявление особенностей образования приповерхностной лазерной плазмы при облучении медной мишени в воздухе парными импульсами излучения Nd:YAG – лазера с длинами волн  $\lambda_1=355$  и  $\lambda_2=532$  нм с управляемым временным межимпульсным интервалом и порядком их следования.

**Показано, что** возбуждение атомных спектральных линий в приповерхностной лазерной плазме, инициируемой при воздействии сдвоенных бихроматических лазерных импульсов с длинами волн  $\lambda_1=355$  и  $\lambda_2=532$  нм, протекает во много раз эффективнее, чем при воздействии одиночных монохроматических лазерных импульсов с такими же длинами волн и одинаковой суммарной энергией.

**Выявлено, что** температура эрозионной плазмы меди зависит от плотности мощности лазерного излучения, временного интервала между бихроматическими лазерными импульсами и порядка их следования.

## РЭФЕРАТ

Дыпломная праца складаецца з уводзін, двух глаў, 6 раздзелаў, заключэння, спісу выкарыстаных крыніц. Агульны аб'ём працы складае 34 старонкі, у тым ліку 14 малюнкаў. Спіс выкарыстаных крыніц змяшчае 30 найменняў, уключаючы ўласную публікацыю аўтара.

**Мэта працы:** высвятленне заканамернасцяў фарміравання аптычных спектраў плазмы, якія ініцыююцца ўздзеяннем на ўзоры медзі ў паветры імпульсаў выпраменьвання другой і трэцяй гармонік (355 і 532 нм) Nd:YAG лазера.

**Ключавыя словы:** лазерная плазма, адзінкавыя і здвоеныя лазерныя імпульсы, эмісійная спектраскапія, тэмпература плазмы.

**Аб'ект даследавання:** плазма, ствараемая лазерным уздзеяннем на ўзоры медзі ў паветры.

**Метады даследавання:** спалучэнне і даследаванне спектраў прыпаверхнявай лазернай плазмы на медной мішэні, якасны спектральны аналіз, метады адносных інтэнсіўнасцей, колькасны разлік і графічнае прадстаўленне доследных залежнасцяў пры дапамозе кампутарных сродкаў апрацоўкі інфармацыі Origin 2019 і MS Excel.

**Праграма даследавання была** накіравана на выяўленне асаблівасцяў спалучэння прыпаверхневай лазернай плазмы пры апраменьванні меднай мішэні ў паветры парнымі імпульсамі выпраменьвання Nd:YAG - лазера з даўжынямі хваляў  $\lambda_1=355$  і  $\lambda_2=532$  нм з кіраваным часовым паміж імпульсавым інтэрвалам і парадкам іх накіравання.

**Паказана, што** ўзбуджэнне атамных спектральных ліній у прыпаверхневай лазернай плазме, якія ініцыююцца пры ўздзеянні здвоеных біхраматычных лазерных імпульсаў з даўжынямі хваляў  $\lambda_1=355$  і  $\lambda_2=532$  нм, працякае ў шмат разоў больш эфектыўна, чым пры ўздзеянні адзіночных манахраматычных лазерных імпульсаў з такімі ж даўжынямі хваль і аднолькавай сумарнай энергіяй.

**Выяўлена, што** тэмпература эразійнай плазмы медзі залежыць ад шчыльнасці магутнасці лазернага выпраменьвання, часовага інтэрвалу паміж біхраматычнымі лазернымі імпульсамі і парадку іх накіравання.

## ABSTRACT

This thesis consists of an introduction, two chapters, 6 sections, a conclusion, and a list of sources used. The total amount of work is 34 pages, including 14 figures. The list of sources used contains 30 titles, including the author's own publication.

**Purpose of the work:** to elucidate the regularities of the formation of optical spectra of plasma initiated by exposure of copper samples in air to radiation pulses of the second and third harmonics (355 and 532 nm) of a Nd:YAG laser.

**Keywords:** laser plasma, single and double laser pulses, emission spectroscopy, plasma temperature.

**Research object:** plasma initiated by laser exposure to copper samples in the air.

**Research methods:** registration and investigation of near-surface laser plasma spectra on a copper target, qualitative spectral analysis, the method of relative intensities, numerical calculation and graphical presentation of the investigated dependencies using computer information processing tools Origin 2019 and MS Excel.

**The research program** was aimed at identifying the features of the formation of a near-surface laser plasma when a copper target is irradiated in air with paired pulses of Nd:YAG laser radiation with wavelengths  $\lambda_1=355$  and  $\lambda_2=532$  nm with a controlled time interval between pulses and their order of repetition.

**It is shown that the excitation** of atomic spectral lines in a near-surface laser plasma initiated by the action of double bichromatic laser pulses with wavelengths  $\lambda_1=355$  and  $\lambda_2=532$  nm, proceeds many times more efficiently than when exposed to single monochromatic laser pulses with the same wavelengths and the same total energy.

**It is revealed** that the temperature of the erosional copper plasma depends on the power density of the laser radiation, the time interval between the bichromatic laser pulses and the order of their repetition.