

**THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS
B.I. STEPANOV INSTITUTE OF PHYSICS**

**PROCEEDINGS OF THE XI BELARUSIAN-SERBIAN SYMPOSIUM
"PHYSICS AND DIAGNOSTICS OF LABORATORY AND
ASTROPHYSICAL PLASMAS" (PDP-11)**

December 15–19, 2016, Minsk, Belarus

Edited by A.N. Chumakov, M.M. Kuraica and M.S. Usachonak

**MINSK
«Kovcheg»
2016**

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ИМЕНИ Б.И.СТЕПАНОВА**

**ТРУДЫ XI БЕЛОРУССКО-СЕРБСКОГО СИМПОЗИУМА
"ФИЗИКА И ДИАГНОСТИКА ЛАБОРАТОРНОЙ И
АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ" (ФДП-11)**

15–19 декабря 2016 г., Минск, Беларусь

Под редакцией А.Н. Чумакова, М.М. Кураицы и М.С. Усачёнка

**МИНСК
«Ковчег»
2016**

УДК 533.9 (043.2)
ББК 22.3
Т78

Под редакцией
А.Н. Чумакова, М.М. Кураицы и М.С. Усачёнка

**ТРУДЫ XI БЕЛОРУССКО-СЕРБСКОГО СИМПОЗИУМА
"ФИЗИКА И ДИАГНОСТИКА ЛАБОРАТОРНОЙ И
АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ" (ФДП-11):**

Минск, 15–19 декабря 2016 г. / Под ред. А.Н. Чумакова,
М.М. Кураицы и М.С. Усачёнка – Минск : Ковчег, 2016 г. – 160 с.

ISBN 978-985-7162-59-8

Сборник трудов составлен по материалам докладов, представленных на XI Белорусско-Сербском симпозиуме "Физика и диагностика лабораторной и астрофизической плазмы" (ФДП-11), 15–19 декабря 2016 года, г. Минск. Тематика включенных в сборник статей охватывает широкий круг вопросов, касающихся способов получения плазмы, методов ее диагностики и их применения для решения актуальных практических задач.

The Proceedings have been compiled from materials of reports presented at The XI Belarusian-Serbian Symposium "Physics and Diagnostics of Laboratory and Astrophysical Plasmas" (PDP-11), December 15–19, 2016, Minsk. The scope of papers covers a wide range of topics concerning techniques of plasma generation, methods of plasma diagnostics, and their application in solving real-world challenges of the present day.

УДК 533.9 (043.2)
ББК 22.3

ISBN 978-985-7162-59-8

© В.І. Stepanov Institute of Physics,
The National Academy of Sciences of Belarus
© Оформление ООО "Ковчег", 2016

SYMPOSIUM ORGANIZERS

The National Academy of Sciences of Belarus
State Committee on Science and Technology of Belarus
Ministry of Education of the Republic of Belarus
Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research
B.I. Stepanov Institute of Physics of NAS of Belarus
Institute of Heat and Mass Transfer of NAS of Belarus
Belarusian State University
A.N. Sevchenko Scientific-Research Institute
of Applied Physical Problems

The papers in these Proceedings are presented by the individual authors. The views expressed are their own and do not necessarily represent the views of the Publishers or Sponsors. Whilst every effort has been made to ensure the accuracy of the information contained in this book, the Publisher or Sponsors cannot be held liable for any errors or omissions however caused.

PROCEEDINGS OF THE XI BELARUSIAN-SERBIAN SYMPOSIUM
"PHYSICS AND DIAGNOSTICS OF LABORATORY AND
ASTROPHYSICAL PLASMAS" (PDP-11): December 15–19, 2016, Minsk,
Belarus / Edited by A.N. Chumakov, M.M. Kuraica, M.S. Usachonak

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the copyright owner.

HONOUR COMMITTEE

Chairman: S.Ya. Kilin (Deputy Chairman of Presidium of the NAS of Belarus)

P.I. Baltrukovitch (Vice-Chairman of the State Committee on Science and Technology of Belarus)

N.S. Kazak (Alternate director of The B.I. Stepanov Institute of Physics of NAS of Belarus)

V. Kovačević (The Ambassador of Serbia in the Republic of Belarus)

S.V. Gaponenko (Chairman of the Scientific Council of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research)

S.V. Ablameyko (Rector of the Belarusian State University)

P.V. Kuchinsky (Director of the A. N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of Belarusian State University)

O.G. Penyazkov (General Director of the A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of NAS of Belarus)

A.P. Voitovich, A.F. Chernyavskii, V.S. Burakov (Belarus)

M.S. Dimitrijević, J. Purić, N. Konjević (Serbia)

PROGRAMME SCIENTIFIC COMMITTEE

Co-chairmen: A.N. Chumakov (Belarus)

M.M. Kuraica (Serbia)

Vice-Chairmen: N.V. Tarasenko (Belarus), B. Obradović (Serbia)

Scientific Secretary: M.S. Usachonak (Belarus)

V.I. Arkhipenko (Belarus), V.M. Astashynski (Belarus), S.I. Ananin (Belarus), M.V. Belkov (Belarus), I.I. Filatova (Belarus), B. Gakovic (Serbia), V.K. Goncharov (Belarus), K. Kozadaev (Belarus), V.V. Mashko (Belarus), L. Popovic (Serbia), L.V. Simonchik (Belarus), A.S. Smetannikov (Belarus), I.P. Smyaglikov (Belarus), M. Trtica (Serbia)

LOCAL COMMITTEE

Chairman: L.V. Simonchik

Vice-Chairman: M.V. Puzyrov

Secretary: A.V. Kazak

V.S. Babitski, N.A. Bosak, A.V. Butsen, P.V. Chekan, E.A. Ershov-Pavlov, A.A. Kirillov, V.V. Kiris, E.A. Kostukevich, M.I. Nedelko, A.A. Nevar, I.S. Nikanchuk, N.N. Tarasenko

CONTENTS

Development of laser assisted methods for synthesis and assembling of nanoparticles into surface structures	1
<i>N.V. Tarasenko, A.V. Butsen, N.N. Tarasenko, M.I. Nedelko, D.V. Zhigulin, V.A. Pilipenko</i>	
Зондовые исследования эрозионного плазменного факела углерода в вакууме	4
<i>В.К. Гончаров, Г.А. Гусаков, М.В. Пузырев, В.Ю. Ступакевич</i>	
Пространственно-временные исследования эрозионного плазменного факела углерода в вакууме	7
<i>В.К. Гончаров, М.В. Пузырев, В.Ю. Ступакевич</i>	
Application of plasma and high frequency electromagnetic field for pre-sowing seeds treatment	10
<i>I. Filatova, V. Lyushkevich, V. Azharonok, S.V. Goncharik, A. Zhukovsky</i>	
Исследование процессов формирования никель-углеродных наноструктур в плазме электрических разрядов в жидкости	14
<i>В.С. Бураков, В.В. Кирич, Е.А. Невар, Г.Н. Чурилов, Н.В. Тарасенко</i>	
Влияние продольного магнитного поля на формирование импульсной лазерной плазмы	18
<i>P.V. Chekan, A.N. Chumakov</i>	
Комбинированная магнетронно-лазерная плазма в процессах осаждения пленочных покрытий	22
<i>А.П. Бурмаков, В.Н. Кулешов, П.Д. Кабуш</i>	
Modeling and numerical calculation of the dynamics of high-energy plasma flows in a plasma-energy accelerating system	26
<i>V.V. Astashynski</i>	
Особенности лазерного воздействия на титан в воздухе на двух длинах волн	30
<i>А.Н. Чумаков, Н.А. Босак, А.А. Иванов, Д.В. Кожневский</i>	
Структурные изменения в медных сплавах под воздействием холодной плазмы воздуха	34
<i>А.Г. Анисович, В.В. Ажаронок, А.В. Басалай, С.В. Гончарик, И.И. Филатова, Н.И. Чубрик</i>	

Переработка углеродсодержащих отходов в плазменной камерной печи	39
<i>В.Е. Мессерле, <u>А.Л. Моссэ</u>, А.Н. Никончук, В.В. Савчин, А.Б. Устименко</i>	
Расчет пространственного распределения характеристик электромагнитного поля в монослое металлических наночастиц	43
<i>В.К. Гончаров, <u>К.В. Козадаев</u>, Е.П. Микитчук</i>	
Effect of air-plasma surface treatment to the enhancement of ZnO photocatalytic activity under ultraviolet light irradiation	46
<i>N.A. Savastenko, I.I. Filatova, M.T. Gabdullin, V.A. Lyushkevich, N.I. Chubrik, T.C. Ramasanov, X.A. Abdullin, V.A. Kalkosova</i>	
Безэталонный лазерный атомно-эмиссионный спектральный анализ композитных наночастиц	50
<i>В.С. Бураков, В.В. Кириц, М.И. Неделько, <u>Е.А. Ершов-Павлов</u>, Н.В. Тарасенко</i>	
Диагностика изменения формы и размеров кратера в ходе лазерно-плазменной обработки материалов	54
<i>С.В. Васильев, А.Ю. Иванов, А.В. Копыцкий, В.И. Недолугов</i>	
Механизмы разрушения прозрачных диэлектриков при лазерной обработке	58
<i>С.В. Васильев, А.Ю. Иванов</i>	
Особенности импульсного лазерного разрушения монокристаллов фторида лития и хлорида натрия	62
<i><u>А.М. Петренко</u>, А.Н. Чумаков</i>	
Оптико-спектроскопические исследования абляции кремния при двухлучевом лазерном воздействии на длинах волн 532 и 1064 нм	66
<i>А.Н. Чумаков, Н.А. Босак, <u>П.И. Веренич</u></i>	
Diagnostics of dielectric barrier discharge in contact with water by IR absorption spectroscopy	70
<i>V.I. Arkhipenko, A.A. Kirillov, A.V. Kazak, L.V. Simonchik, M.M. Kuraica, B.M. Obradović, V.V. Kovačević, G.B. Sretenović</i>	
Computer modeling of XeCl-excilamps of glow discharge in mono-pulse regime of work	74
<i>S.S. Anufrik, <u>A.P. Volodenkov</u>, K.F. Znosko</i>	

Ablation treatment of dental tissue by radiation of different wavelength <i>S.S. Anufrik, A.P. Volodenkov, K.F. Znosko</i>	83
Formation of microstructures and oxides on steel surface by laser irradiation in air and liquids <i>A.N. Chumakov, I.S. Nikonchuk, B. Gaković, S. Petrović, M Trtica</i>	87
Functionalization of viscose fibers using atmospheric pressure DBD <i>M. Kostic, A. Kramar, B.M. Obradovic, M. Kuraica, B. Dojčinović</i>	91
Spectroscopic diagnostics of compression erosion plasma flow generated by a miniature end-face accelerator <i>V.M. Astashynski, N.B. Bazylev, E.A. Kostyukevich, A.M. Kuzmitsky, T.T. Fedechkina, P.N. Shoronov</i>	95
Modification of carbon steel structure and phase composition by compression plasma flows impact <i>N. Cherenda, A. Malashevich, V. Uglov, V.M. Astashynski, A.M. Kuzmitski</i>	99
Material surface modifications by short (ns) and ultra-short (ps, fs) lasers – New Trends at VINCA Institute <i>M.S. Trtica, J. Ciganovic, J. Stasic, J. Savovic</i>	103
Stark broadening parameters of S II multiplets <i>N. Milovanović, M.S. Dimitrijević</i>	104
Экспериментальное моделирование неустойчивости распада необыкновенной волны на два верхне-гибридных плазмона <i>В.И. Архипенко, Л.В. Симончик, М.С. Усачёнок, Е.З. Гусаков, А.Ю. Попов</i>	108
Preparation and investigation of the zinc oxide films doped with holmium fluoride <i>A.N. Chumakov, A.V. Gulay, A.A. Shevchenok, L.V. Baran, T.F. Raichyonok, A.G. Karoza, A.S. Matsukovich, N.A. Bosak</i>	112
Measurement of hydroxyl radical generated in water falling film dielectric barrier discharge <i>B.M. Obradović, V.V. Kovačević, B.P. Dojčinović, M. Jović, G.M. Roglić, M.M. Kuraica</i>	116
Stark broadening of spectral lines within Li isoelectronic sequence <i>I.P. Dojčinović, I. Tapalaga and J. Purić</i>	120

Параметры импульсного разряда в гелии при атмосферном давлении для применения в электромагнитных кристаллах <i>М.С. Усачёнок, Л.В. Симончик, И.Б. Крстич, М.М. Кураица, Б.М. Обрадович</i>	124
Creation of straw type ionizing radiation detectors using laser plasma technology <i>L.E. Batay, N.A. Bosak, A.N. Chumakov, N.A. Kuchinskiy, N.P. Kravchuk</i>	128
Laser assisted fabrication and modification of zinc oxide nanostructures <i>N.N. Tarasenko, A.V. Butsen, M.I. Nedelko, N.V. Tarasenko, R.K. Soni</i>	132
Plasma nonequilibrium assisted by atmospheric pressure glow discharges in inert and molecular gases <i>V.I. Arkhipenko, A.V. Kazak, A.A. Kirillov, L.V. Simonchik</i>	136
Абсолютная распадная параметрическая неустойчивость при частотной модуляции накачки <i>Ф.М. Трухачев, Е.З. Гусаков, Л.В. Симончик, А.В.Томов</i>	140
The republic of belarus national standard of luminous flux of continuous optical radiation <i>N.V. Bakovets, D.V. Scums, O.B. Tarasova, V.A. Dlugunovich, S.V. Nikanenka</i>	144
SOL instruments. Equipment for plasma diagnostics and characterization. <i>Andrei Babin, Sales Engineer</i>	148
Applicability of TEA CO ₂ laser-based LIBS for the analysis of geological samples in air at atmospheric pressure <i>J. Savovic, M. Kuzmanovic, M. Momcilovic, S. Zivkovic, M. Trtica</i>	149
AUTHOR INDEX	153

Material surface modifications by short (ns) and ultra-short (ps, fs) lasers – New Trends at VINCA Institute

M.S. Trtica, J. Ciganovic, J. Stasic, J. Savovic

VINCA Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, P.O. BOX 522,
11001 Belgrade, Serbia
etrtica@vinca.rs

Modification/processing of the material surfaces by laser radiation is modern and high precise method/technique. In the course of last decade the material modifications by short (nanosecond) and ultra-short (pico-, femto-second) lasers are especially of high interest [1-3]. Laser method, among other, is non-contact (free-contamination), thermal reduced, and highly precise technique and can be applied on metals, semiconductors, ceramics, etc. Due to more convenient nature of changes on material surface the modification/processing is of high interest in industry, aero-space engineering, nuclear complex, bio-medicine, etc., nowadays.

Examples of the usage of short (nanosecond) and ultra-short (pico-, femto-second) lasers, at the Institute VINCA, for irradiation of the targets such as, steels; Ti, (Ti6Al4V alloy); etc [4], as well as specific target in coating-substrate form, e.g. a-CN/TiAlN-ASP 30 steel, will be presented [5].

References:

- [1] D. Bauerle, *Laser Processing and Chemistry* (Springer Verlag, Berlin, 2003).
- [2] E.G. Gamaly, N.R. Madsen, M. Duering, A.V. Rode, V.Z. Kolev, B. Luther-Davies, *Phys. Rev. B* **71** (2005) 174405/1-12.
- [3] A. Di Bernardo, C. Courtous, B. Cros, G. Matthiewussent, D. Batani, T. Desai, F. Strati, G. Lucchini, *Laser Part. Beams* **21** (2003) 59-64.
- [4] M. Trtica, D. Batani, R. Readelli, J. Limpouch, V. Kmetik, J. Ciganovic, J. Stasic, B. Gakovic, M. Momcilovic, *Laser and Particle Beams*, **31** (2013) 29-36.
- [5] M. Trtica, J. Limpouch, P. Gavrilov, L. Gemini, P. Panjan, J. Stasic, D. Milovanovic, G. Brankovic, *Laser and Particle Beams*, **33** (2015) 551-559.

Научное издание

**ТРУДЫ XI БЕЛОРУССКО-СЕРБСКОГО СИМПОЗИУМА
"ФИЗИКА И ДИАГНОСТИКА ЛАБОРАТОРНОЙ И
АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ" (ФДП-11)**

Минск, 15–19 декабря 2016 г.

**Материалы опубликованы в виде,
представленном авторами - участниками Симпозиума**

Подписано в печать 09.12.2016 г. Формат 70x100 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman»

Печать цифровая. Усл. печ. л. 13,1. Уч.-изд. л. 12,6.

Тираж экз. Зак. .

ООО «Ковчег»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/381 от 1 июля 2014 г.

Пр. Независимости, 68-19, 220072, г. Минск

Тел./факс: (017) 284 04 33

kovcheg_info@tut.by