

15. Резюмета на български и английски език

B1. E Iordanova, G Yankov, S Karatodorov, L Kovachev, "Exceeding the boundaries of the paraxial spatio-temporal nonlinear optics and filamentation for ultrashort laser pulses", ACS Omega, (2022) IF = 4.132, Q1

Abstract: An impressive phenomenon of observed plasma instability and conical emission under the propagation of ultrashort laser pulses in the air is reported. The discussed novel findings demonstrating nonlinear effects are incapable to be explained in the standard spatio-temporal paraxial optics. Three main mechanisms are investigated. The first one is related to the nonlinear nonparaxial mechanisms for waveguiding of femtosecond pulses, the second one considers the mechanism of a single filament formation at weak ionization. The third mechanism demonstrates a new physical effect leading to collision ionization with intensities in the range of $10^{10} - 10^{11} \text{ W/cm}^2$. Furthermore, a new ionization regime of instability is suggested at intensities below the critical thresholds for multi-photon and tunnel ionization. The experimental results and findings are supported by performed theoretical analyses and numerical simulations.

Резюме: В настоящата работа се докладва за впечатляващ феномен на наблюдавана плазмена нестабилност и конична емисия при разпространението на свръх къси лазерни импулси във въздух. Представените и обсъждани нови открития, демонстриращи нелинейни ефекти, не могат да бъдат обяснени със стандартната пространствено-времева параксиална оптика. Изследвани се три основни механизма. Първият е свързан с нелинейните непараксиални механизми за вълноводене на фемтосекундни импулси, вторият разглежда механизма на формиране на единичен филамент при слаба йонизация. Третият механизъм демонстрира нов физичен ефект, водещ до ударна йонизация с интензитети в диапазон $10^{10} - 10^{11} \text{ W/cm}^2$. Освен това се предлага нов йонизационен режим на нестабилност при интензитети под критичните прагове за многофотонна и тунелна йонизация. Експерименталните резултати са подкрепени от извършени теоретични анализи и числени симулации.

B2. Iordanova, G.Yankov, S.Karatodorov, L.Kovachev, „Diffraction-free femtosecond optics“, Elsevier, Optik, 267 (2022) IF = 2.443, Q2

Abstract: In the present experiment, a diffraction-free propagation regime of 35 fs pulse with powers significantly lower than the critical self-focusing is observed. This regime is characterized by preserving the initial Gaussian profile of the pulse at several diffraction lengths and without Fresnel diffraction. The theoretical investigation shows that such an effect can be obtained in the frame of nonparaxial evolution equation only and pulses with a light disk form. The numerical solving of the non paraxial equation confirms the theoretical and experimental results under investigation.

Резюме: В настоящия експеримент е наблюдаван режим на разпространение без дифракция на 35 fs лазерен импулс с мощности, значително по-ниски от тази за критичното само фокусиране. Този режим се характеризира със запазване на първоначалния гауссов профил на импулса при няколко дифракционни дължини и без

Френелова дифракция. Теоретичното изследване показва, че такъв ефект може да се получи само в рамките на непараксиално еволюционно уравнение и импулси с форма на светлинен диск. Численото решаване на непараксиалното уравнение потвърждава получени теоретични и експериментални резултати.

B3. G Yankov, E Iordanova, L Kovachev, „Radiation forces and compression of neutral particles by an optical lens”, Elsevier, Optik, S0030-4026(22)01710-7 (2022) IF = 2.443, Q2

Abstract: The ultra-short optical pulses can be used for the confinement of neutral particles by an additional optical longitudinal force, connected with the Poynting vector and the influence of the magnetic field on their polarizability. The Poynting vector is connected also to the intensity of the electromagnetic field. On other hand, the intensity of a laser pulse can be manipulated by an optical lens, and thus, indirectly, the optical force can be increased or decreased or its direction to be changed. This in turn enables a unique possibility for the compression of neutral atoms, molecules, and particles into the focus of the lens. Here, we reported on an experimental study of neutral particle confinement in the focus of femtosecond laser pulses and further confirmed by a theoretical investigation. The findings demonstrate an innovative approach to the compression and confinement of neutral particles within the focal plane of a lens and their further manipulation. Feasible applications could be in the field of cold nuclear fusion and cooling of light-neutral atoms and molecules.

Резюме: Свръх късите оптични импулси могат да се използват за захващане на неутрални частици чрез допълнителна оптична надлъжна сила, свързана с вектора на Пойнтинг и влиянието на магнитното поле върху тяхната поляризируемост. Векторът на Пойнтинг също така е свързан и с интензитета на електромагнитното поле. От друга страна, интензитетът на лазерен импулс може да се манипулира от оптична леща и по този начин косвено оптичната сила може да бъде увеличена или намалена, или нейната посока да бъде променена. Това от своя страна предоставя възможност за уникална възможност за компресиране на неутрални атоми, молекули и частици във фокуса на лещата. Тук докладваме за експериментално изследване на захващане на неутрални частици във фокуса на фемтосекундни лазерни импулси и потвърдено от теоретично изследване. Получените резултати демонстрират иновативен подход към компресирането и захващането на неутрални частици във фокалната равнина на лещата и тяхната по-нататъшна манипулация. Възможни приложения могат да бъдат намерени в областта на студения ядрен синтез и охлаждането на неутрални атоми и молекули.

B4. N. Nedyalkov, N. E. Stankova, M. E. Koleva, R. Nikov, L. Alexandrov, R. Iordanova, E. Iordanova, G. Yankov, „Laser processing of noble metal doped glasses by femto- and nanosecond laser pulses, Applied Surface Science, 475 479-486,(2019) IF(2019) = 6.347, Q1

Abstract: This work represents results on the response of noble metal-doped borosilicate glass to laser radiation with femto- and nanosecond pulse duration. The material under study is obtained by conventional melt quenching method as samples with noble metal concentration varied up to 10 wt% are fabricated. Optical and morphology changes of the glass samples induced by application of laser pulses with a wide range of parameters are studied. Below the permanent modification threshold, defects associated with formation of color centers in the material are observed and their properties as a function of the processing conditions are

discussed. It is found that at certain conditions laser irradiation may induce direct formation of noble metal nanoparticles in the glass. When permanent morphology modifications are induced, different micro- and nanostructures are observed depending on the laser parameters. The morphology of the ablated area is studied as function of the laser fluence and number of the applied pulses. It is found that the presence of noble metal in the glass at concentrations up to 10 wt% (the maximal used) does not influence the ablation rate at both femto- and nanosecond ablation. The formation of defects and the composition of the material in the vicinity of the ablated zone are also discussed.

Резюме: Тази работа представя резултати от реакцията на легирано с благороден метал боросиликатно стъкло при взаимодействие с лазерно лъчение с фемто- и наносекундна продължителност на импулса. Изследваният материал е получен чрез конвенционален метод за охлаждане в стопилка, като са получени проби с концентрации на благороден метал, вариращи до 10 wt%. Изследвани са оптичните и морфологичните промени на образците, вследствие на облъчване с лазерни импулси в широк диапазон от работни параметри. Наблюдавани са дефекти, под постоянния праг на модификация, свързани с образуването на цветни центрове в материала и са дискутирани техните свойства като функция от условията на лазерната модификация. Установено е, че при определени условия лазерното облъчване може да предизвика директно образуване на наночастици от благороден метал в стъклото. Когато се индуцират постоянни морфологични модификации, се наблюдават различни микро- и нано- структури в зависимост от приложените лазерни параметри. Морфологията на аблираната зона е изследвана, като функция на плътността на лазерния лъч и броя на приложените импулси. Установено е, че наличието на благороден метал в стъклото в концентрации до 10 wt.% (максимално използваните) не оказва влияние върху скоростта на аблация както при фемто-, така и при нано- секундна аблация. Обсъдени се също така образуването на дефекти и състава на изследвания материал в близост до зоната на аблация.

B5. E. Iordanova, G. Yankov, N. Stankova, N. Nedyalkov, "Modification and activation of the surface of medical-grade PDMS after irradiation by ultrashort laser pulses", Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 2240(1) 012051 (2022) IF(2022) = 0.547, Q4

Abstract: The present research aims to investigate the modification and activation effects on medical-grade polydimethylsiloxane (PDMS) polymer irradiated by ultrashort laser pulses. The motivation of the current study is based on the wide use of the PDMS material in medicine and, more specifically, in implantable neural interface applications. Systematic measurements are carried out to characterize the effect of the laser beam parameters on the optical absorption and the surface morphology with respect to the laser-treated zones. The PDMS polymer is modified by surface tracks after the femtosecond laser processing. The optical properties of the PDMS are investigated to prove the effective laser activation of the surface, which ensures further successful metallization of the modified tracks. It is seen that defective transformations occur in the entire laser-treated area when the number of pulses is increased. The preliminary observation indicates promising results regarding the implementation of such a laser-based method for micro- or nano-processing of optically transparent biopolymers for interface devices in bioengineering technologies, such as neural implants and interface applications.

Резюме: Настоящата научноизследователска работа има за цел да изследва ефектите на модификация и активиране върху медицински полимер на полидиметилсилоксан (PDMS), облъчен със свръхкъси лазерни импулси. Мотивацията на настоящото изследване се основава на широкото използване на PDMS материала в медицината и по-специално в приложенията за имплантируеми невронни интерфейси. Проведени са систематични измервания, за да се характеризира ефектът от параметрите на лазерния лъч върху оптичната абсорбция и морфологията на повърхността по отношение на третирания с лазер зони. PDMS полимерът се модифицира чрез получаване на повърхностни канали, вследствие на фемтосекундната лазерна обработка. Оптичните свойства на PDMS са изследвани с цел доказване на ефективното лазерно активиране на повърхността, което осигурява по-нататъшно успешно метализиране на модифицираните следи. Определено е, че при увеличаване на броя на импулсите се получават трансформации в цялата третирана с лазер зона. Предварителното наблюдение показва обещаващи резултати по отношение на прилагането на такъв лазерно базиран метод за микро- или нано- обработка на оптично прозрачни биополимери за интерфейсни устройства в биоинженерните технологии, като невронни импланти и интерфейсни приложения.

B6. Georgi Yankov, Nadya Stankova, Ekaterina Iordanova, "The effect of femtosecond laser pulse irradiation on the properties of advanced medical grade PDMS polymer", *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, Приета за печат с регистрационен номер № 321/2022 г. IF(2021-2022) = 0.378, Q3

Abstract: The study investigates the effect of the femtosecond laser pulse irradiation on the modification and activation effects of medical-grade polydimethylsiloxane (PDMS) polymer. The motivation of the research is based on the continuous interest and variety of applications of the PDMS material in medicine and implantable neural interface devices. The PDMS is the preferred material due to its exceptional properties such as high biocompatibility and biostability, mechanical flexibility and stability, optical transparency from UV to near IR spectral region, and cost-effectiveness. The experimental investigation is performed by a femtosecond laser system with a pulse duration of 35 fs operating at a repetition rate of 1 kHz. Consistent sets of measurements are performed to analyze and characterize the effect of the laser beam parameters on the optical absorption, and surface morphology concerning the laser-treated zones. The morphology and the optical properties of the PDMS are investigated to activate its surface for successful metallization of the modified tracks. The reported findings and observations specify favorable results of the implementation of the ultrafast laser-based method for micro- or nano-processing of optically transparent biopolymers for interface devices in bioengineering technologies such as neural implants and interface applications.

Резюме: Проучването изследва ефекта на фемтосекундно импулсно лазерно облъчване върху ефектите на модификация и активиране на полимер полидиметилсилоксан (PDMS). Мотивацията на изследването се основава на непрекъснатия интерес и разнообразието от приложения на PDMS материала в медицината и имплантируемите невронни интерфейсни устройства. PDMS е предпочитаният материал поради изключителните си свойства като висока биосъвместимост и биостабилност, механична гъвкавост и стабилност, оптична прозрачност от ултравиолетовата до близката инфрачервена

спектрална област, и своята рентабилност. Експерименталното изследване е осъществено с помощта на фемтосекундна лазерна система с продължителност на импулса 35 fs, работеща при честота на повторение 1 kHz. Извършени се последователни измервания, за да се анализира и характеризира ефектът от параметрите на лазерния лъч върху оптичната абсорбция и морфологията на повърхността по отношение на третираните с лазер зони. Морфологията и оптичните свойства на PDMS са изследвани, за да се осигури активиране на повърхността му за успешна метализация на модифицираните зони. Докладваните констатации и наблюдения показват благоприятни условия при прилагането на лазерен метод със свръхкъси импулси за микро- или нано-обработка на оптично прозрачни биополимери за интерфейсни устройства, като невронни импланти и разнообразни интерфейсни приложения.

B7. Stankova, N.; Nikolov, A.; Iordanova, E.; Yankov, G.; Nedyalkov, N.; Atanasov, P.; Tatchev, D.; Valova, E.; Kolev, K.; Aramyanov, S.; et al. "New Approach toward Laser-Assisted Approach toward Laser-Assisted Modification of Biocompatible Polymers Relevant to Neural Interfacing Technologies" *Polymers*, 13 3004 (2021) IF(2021) = 4.967, Q1

Abstract: We report on a new approach toward a laser-assisted modification of biocompatible polydimethylsiloxane (PDMS) elastomers relevant to the fabrication of stretchable multielectrode arrays (MEAs) devices for neural interfacing technologies. These applications require high-density electrode packaging to provide a high-resolution integrating system for neural stimulation and/or recording. Medical grade PDMS elastomers are highly flexible with low Young's modulus < 1 MPa, which are similar to soft tissue (nerve, brain, muscles) among the other known biopolymers, and can easily adjust to the soft tissue curvatures. This property ensures tight contact between the electrodes and tissue and promotes intensive development of PDMS-based MEAs interfacing devices in the basic neuroscience, neural prosthetics, and hybrid bionic systems, connecting the human nervous system with electronic or robotic prostheses for restoring and treating neurological diseases. By using the UV harmonics 266 and 355 nm of Nd:YAG laser medical grade PDMS elastomer is modified by ns-laser ablation in water. A new approach of processing is proposed to (i) activate the surface and to obtain tracks with (ii) symmetric U-shaped profiles and (iii) homogeneous microstructure. This technology provides miniaturization of the device and successful functionalization by electroless metallization of the tracks with platinum (Pt) without preliminary sensitization by tin (Sn) and chemical activation by palladium (Pd). As a result, platinum black layers with a cauliflower-like structure with low values of sheet resistance between 1 and 8 Ω/sq are obtained.

Резюме: Докладваме за нов подход към лазерно-подпомогната модификация на биосъвместими полидиметилсилоксанови (PDMS) еластomers, свързани с производството на устройства (MEA) при технологии за невронно взаимодействие. Тези приложения изискват електроди с висока плътност и подходяща обвивка, за да се осигури интегрираща система с висока разделителна способност за невронна стимулация и/или запис. Медицинският клас PDMS еластomers са много гъвкави с нисък модул на Young's < 1 MPa, които са подобни на меките тъкани (нерви, мозък, мускули) сред другите известни биополимери и могат лесно да се приспособят към гъвкавостта на меките тъкани. Това свойство осигурява плътен контакт между електродите и тъканта и насърчава интензивното развитие на базирани на PDMS MEA устройства за взаимодействие в основните неврологични науки, невронни протези и хибридни

бионични системи, свързващи човешката нервна система с електронни или роботизирани протези за възстановяване и лечение на неврологични заболявания. Чрез използването на UV хармонични 266 и 355 nm на Nd:YAG лазер, PDMS еластомери са модифицирани чрез ps-лазерна аблация във вода. Предложен е нов подход на обработка за (i) активиране на повърхността и за получаване на следи/канали с (ii) симетрични U-образни профили и (iii) хомогенна микроструктура. Тази технология осигурява миниатюризация на устройството и успешна функционализация чрез без електрична метализация на следите с платина (Pt) без предварителна сенсibiliзация с калай (Sn) и химическо активиране с паладий (Pd). В резултат на това са получени платинено черни слоеве със структура, подобна на карфиол, с ниски стойности на съпротивление между 1 и 8 Ω/sq .

Г1. E Iordanova, G Yankov, A Daskalova, A Dikovska, L Angelova, D Aceti, E Filipov, G Stanev, B Calin, M Zamfirescu, "Ultra-short laser modification of chitosan/silver nanoparticles (AgNPs) thin films for potential antimicrobial applications", Journal of Physics: Conference Series Materials Science and Engineering 1056 012002 (2021) SJR (2019): 0.198

Abstract: The last several years witnessed increasingly rapid advances in applying biopolymers in tissue engineering for the purposes of regenerative medicine. The growing demand for preparing materials with desired physical, biological and mechanical properties requires active investigations in the field of tissue engineering. Among the wide variety of biopolymers, chitosan proved to be an outstanding material due to its properties, such as biocompatibility, biodegradability and a wide range of available fabrication technologies. The present work is a case study of an extensive research on the functionalization of thin biopolymer films via laser patterning. The aim of the current study is to investigate the optical properties of biopolymer films on the example of chitosan and chitosan with silver nanoparticles additives. As laser sources are used a nano- and a femto-second laser system emitting the wavelengths of 355 nm and 800 nm, respectively. The compositions produced are investigated by spectral analyses using spectrometers and an optical microscope. Furthermore, the morphology of the samples is monitored by SEM analyses. The results obtained demonstrate the potential of the method employed for obtaining diverse porous modifications depending on the laser parameters. Adding silver nanoparticles will drastically increase the thin chitosan films' antimicrobial properties, thus enhancing the biocompatibility properties of the 2D matrices created.

Резюме: През последните няколко години станахме свидетели на все по-бърз напредък в развитието и използването на биополимери в тъканното инженерство за целите на регенеративната медицина. Нарастващото търсене за получаване на материали с желани физични, биологични и механични свойства изисква активни изследвания в областта на тъканното инженерство. Сред голямото разнообразие от биополимери, хитозанът се оказва изключителен материал поради своите свойства, като биосъвместимост, биоразградимост и широка гама от налични технологии за производство. Настоящата работа е казус на обширно изследване върху функционализирането на тънки биополимерни филми чрез лазерно моделиране. Целта на настоящото изследване е да се изследват оптичните свойства на биополимерни филми на хитозан и хитозан с добавки от сребърни наночастици. Като лазерни източници са използвани нано- и фемто-секундна лазерни системи, излъчващи дължини на вълните съответно 355 nm и 800 nm. Използваните образци са изследвани чрез спектрални анализи с помощта на

спектрометър и оптичен микроскоп. Освен това морфологията на моделираните образците е наблюдавана чрез анализи на база сканиращ електронен микроскоп. Получените резултати демонстрират потенциала на използвания метод за получаване на различни порести модификации в зависимост от лазерните параметри. Добавянето на сребърни наночастици значително ще повиши антимикробните свойства на тънките хитозанови филми, като по този начин ще бъде подобрена биосъвместимостта на създадените 2D матрици.

Г2. Albena Daskalova, Liliya Angelova, Radostin Stefanov, Dragomir Tatchev, Georgi Avdeev, Lamborghini Sotelo, Silke Christiansen, Gerd Leuchs, Ekaterina Iordanova, Ivan Buchvarov „Ultra-short Laser Surface Properties Optimization of Biocompatibility Characteristics of 3D PCL and Hydroxyapatite Composite Scaffolds“ Materials, 14 7513 (2021) IF(2021) = 2.79, Q2

Abstract: The use of laser processing for the creation of diverse morphological patterns onto the surface of polymer scaffolds represents a method for overcoming bacterial biofilm formation and inducing enhanced cellular dynamics. We have investigated the influence of ultra-short laser parameters on 3D-printed poly- ϵ -caprolactone (PCL) and poly- ϵ -caprolactone/hydroxyapatite (PCL/HA) scaffolds with the aim of creating submicron geometrical features to improve the matrix biocompatibility properties. Specifically, the present research was focused on monitoring the effect of the laser fluence (F) and the number of applied pulses (N) on the morphological, chemical and mechanical properties of the scaffolds. SEM analysis revealed that the femtosecond laser treatment of the scaffolds led to the formation of two distinct surface geometrical patterns, microchannels and single microprotrusions, without triggering collateral damage to the surrounding zones. We found that the microchannel structures favor the hydrophilicity properties. As demonstrated by the computer tomography results, surface roughness of the modified zones increases compared to the non-modified surface, without influencing the mechanical stability of the 3D matrices. The X-ray diffraction analysis confirmed that the laser structuring of the matrices did not lead to a change in the semi-crystalline phase of the PCL. The combinations of two types of geometrical designs—wood pile and snowflake—with laser-induced morphologies in the form of channels and columns are considered for optimizing the conditions for establishing an ideal scaffold, namely, precise dimensional form, mechanical stability, improved cytocompatibility and antibacterial behavior.

Резюме: Използването на лазерна обработка за създаване на различни морфологични модели върху повърхността на полимерни скелета представлява метод за преодоляване на образуването на бактериален биофилм и създаване на подобрена клетъчна динамика. Изследвано е влиянието на ултра-къси лазерни параметри върху 3D-отпечатани поли- ϵ -капролактон (PCL) и поли- ϵ -капролактон/хидроксипатит (PCL/HA) скелета с цел създаване на субмикронни геометрични характеристики за подобряване на биосъвместимостта на матрицата. По-конкретно, настоящото изследване бе фокусирано върху наблюдението на ефекта от лазерната плътност (F) и броя на приложените импулси (N) върху морфологичните, химичните и механичните свойства на скелетата. SEM анализът разкрива, че фемтосекундното лазерно третиране на скелетата води до образуването на два вида повърхностни геометрични шарки, микроканални и единични микроиздатини, без да предизвиква съпътстващо увреждане на околните зони. Ние открихме, че микроканалните структури благоприятстват свойствата на хидрофилност.

Както се вижда от резултатите от компютърната томография, грапавостта на повърхността на модифицираните зони се увеличава в сравнение с немодифицираната повърхност, без да се влияе върху механичната стабилност на 3D матриците. Рентгеновият дифракционен анализ потвърждава, че лазерното структуриране на матриците не води до промяна в полукристалната фаза на PCL. Разгледани са комбинациите от два вида геометрия - дървена купчина и снежинка - с лазерно индуцирани морфологии под формата на канали и колони за оптимизиране на условията за създаване на идеално скеле, а именно прецизна размерна форма, механична стабилност, подобрена цитосъвместимост и антибактериално поведение.

Г3. A Daskalova, I Bliznakova, E Iordanova, G Yankov, M Grozeva and B Ostrowska, Preliminary study of surface modification of 3D Poly (ϵ - caprolactone) scaffolds by ultrashort laser irradiation Journal of Physics: Conference series 682 (2016) IF(2016) = 0.5, Q4

Abstract: Three – dimensional poly (ϵ - caprolactone) (PCL) scaffolds as suitable biocompatible material for manufacturing tissue replacements are utilized for tissue engineering purposes. The porous structures are fabricated by rapid prototyping method (Bioscaffolder) based on hypodermic dispensing process. The consecution of experiments demonstrated the possibility on creation of surface micro formations, applying different laser fluences, at 1 kHz repetition rate for fixed time of exposure 1 sec at 800 nm central wavelength. The combination of both methods offers possibilities for successful production of 3D matrices with modified surfaces. The obtained results of laser – induced surface modifications of PCL demonstrate the potential of the method to microprocess this kind of material for possible applications in regenerative medicine.

Резюме: Триизмерни поли (ϵ -капролактон) (PCL) скелета са подходящ биосъвместим материал за създаване на тъканни заместители, които се използват за целите на тъканното инженерство. Порестите структури са получени чрез метода за бързо прототипиране (Bioscaffolder), базиран на процеса на хиподермално дозиране. Последователността от експерименти демонстрира възможността за създаване на повърхностни микроформации, прилагайки различни лазерни плътности, при честота на повторение 1 kHz за фиксирано време на експозиция от 1 секунда при 800 nm дължина на вълната. Комбинацията от двата метода дава възможност за успешно производство на 3D матрици с модифицирани повърхности. Получените резултати от лазерно индуцирани повърхностни модификации на PCL демонстрират потенциала на метода за микрообработка на този вид материал и неговите възможни приложения в регенеративната медицина.

Г4. G. Yankov, S. Karatodorov, V. Mihailov, V. Tankova, N. Nedyalkov, E. Iordanova, „Damage threshold in ablation regime induced by femtosecond laser irradiation on transparent media“, Comptes Rendus de l' Academie Bulgare des Sciences (2022)

Приета за печат с регистрационен номер № 321/2022 г. IF(2022) = 0.378, Q3

Abstract: The current work is a case study of ongoing in-depth extensive fundamental research on the plasma formation and relaxation dynamics in transparent media induced by mid- and short-wavelength infrared laser pulses. The experimental investigation is performed on a 35 fs-laser system setup. The working parameters such as laser energy and the number of pulses

are varied. The experimental measurements are applied on borosilicate glass samples doped with gold nanoparticles. The effects of the applied laser pulses and their consequence on laser-induced ablation damage thresholds are investigated and discussed. The results from this case study provide valuable information and a deeper understanding of the research on plasma formation and dynamics induced by femtosecond infrared laser pulses in solid transparent glass media.

Резюме: Настоящата работа е част от текущо задълбочено и обширно фундаментално изследване на формирането на плазма и динамиката на релаксация в прозрачни среди, предизвикани от инфрачервени лазерни импулси със средна и къса дължина на вълната. Експерименталното изследване е извършено чрез 35 фемтосекундна лазерна система. Работните параметри, като лазерна енергия и брой импулси са променени. Експерименталните измервания са приложени върху образци от боросиликатно стъкло, легирани със златни наночастици. Ефектите от приложените лазерни импулси и тяхното влияние върху праговете на разрушение от лазерно индуцирана аблация са изследвани и обсъдени. Резултатите от това експериментално проучване предоставят ценна информация и по-задълбочено разбиране на изследванията върху формирането на плазма и динамиката, предизвикана от фемтосекундни инфрачервени лазерни импулси в твърди прозрачни стъклени среди.

G. Yankov, E. Iordanova, N. Nedyalkov, M. Zamfirescu, "Preliminary results on non-linear effects in Au-ion-doped glass materials irradiated by femtosecond laser pulses" Journal of Physics: Conference Series, 1492(1) 012060 (2020) IF(2020) = 0.55, Q4

Abstract: Our research was motivated by the specific properties of noble-metal nanoparticles and their wide applications. The resonance frequency for noble-metal nanostructures is in the near-UV and visible spectral ranges, where most of the commercially-available lasers oscillate. This makes these materials attractive candidates for studying their properties in view of efficient applications. We investigated filaments formation in Au-ion-doped glass materials, transparent in the visible range, during irradiation by femtosecond laser pulses. Second harmonic generation in the media was observed as well. This proved the formation of polycrystalline structures inside the media after femtosecond laser radiation. Further, self-phase modulation and continuum were observed. Thus, the nonlinearity of the media is higher than that of glass not doped with noble-metal particles. The nonlinear effects in the samples were investigated in terms of the laser beam parameters. The laser energy applied was between 10 – 40 μ J. The wavelengths used were in the range 240 – 2600 nm, as generated by an optical parametric amplifier system (TOPAS). The regenerative Ti:Sapphire amplified laser system emits at a central wavelength of 800 nm with a pulse duration of 35 fs and 1-kHz repetition rate.

Резюме: Изследването е мотивирано от специфичните свойства на наночастиците от благородни метали и тяхното широко приложение. Резонансната честота за наноструктури от благородни метали е в близкия UV и видимия спектрален диапазон, където повечето от наличните в търговската мрежа лазери излъчват. Това прави тези материали привлекателен избор за изследване на свойствата им с оглед на ефективни приложения. Изследвано е формирането на филаменти в легирани с Au-йони материали, прозрачни във видимия диапазон, по време на облъчване с фемтосекундни лазерни

импулси. Наблюдавано е и генериране на втора хармонична в средата. Това потвърждава образуването на поликристални структури вътре в средата след фемтосекундно лазерно облъчване. Освен това се наблюдава и самофазова модулация и континуум. Потвърдено е, че нелинейността на средата е по-висока от тази на изследваните стъкла, които не са легирани с частици на благороден метал. Нелинейните ефекти в пробите са изследвани по отношение на параметрите на лазерния лъч. Приложената лазерна енергия е променяна в диапазона от 10 – 40 μJ . Използваните дължини на вълните са в диапазона 240 – 2600 nm, генерирани от система с оптичен параметричен усилвател (TOPAS). Регенеративната Ti:Sapphire усилена лазерна система излъчва при централна дължина на вълната от 800 nm с продължителност на импулса от 35 fs и 1-kHz честота на повторение.

Г6. N. Nedyalkov, M. E. Koleva, R. Nikov, N. E. Stankova, E. Iordanova, G. Yankov, L. Alexandrov, R. Iordanova, "Tuning optical properties of noble metal nanoparticle-composed glasses by laser radiation", Applied Surface Science, 463 968-975 (2019) IF(2019) = 6.347, Q1

Abstract: Noble metal nanoparticle composed glasses attract significant attention due to the unique optical properties that they express in the near UV and visible spectral range. These are related to the high values of the extinction cross section and nonlinear optical characteristics. In this work we study the ability of laser irradiation to induce modification of the optical properties of borosilicate glasses that contain gold nanoparticles. The process is investigated by application of laser pulses of nanosecond Nd:YAG system on glasses that consist of nanoparticles with different size and shape. The results show that at certain conditions the glass optical properties can be modified as a change of the nanoparticles plasmon resonance wavelength is observed. The influence of the laser fluence and pulse number on this effect is studied. Two fluence regimes are defined: (i) at low fluences, close to the optical properties modification threshold the increase of the laser fluence results in a blue shift of the resonance wavelength; (ii) further increase of the laser fluences induces a red shift. Similar behavior is observed by changing the number of the applied pulses. Here after application of several thousand laser pulses additional, third regime of blue shift is realized. Theoretical models based on multiparticle Mie scattering theory and heat conduction equation are applied to explain the observed modifications. On their basis and performed analyses can be concluded that the induced optical properties variations are related to modification of the nanoparticles size and shape by melting, and fragmentation. The obtained results indicate an ability of nanoparticle size and shape modifications with a high spatial resolution in 3D and can be used for fabrication of integrated optical systems.

Резюме: Стъклата, получени с добавки от наночастици от благороден метал, привличат значително внимание поради уникалните оптични свойства, които проявяват в близкия UV и видим спектрален диапазон. В тази работа е изследвана възможността на лазерното облъчване да индуцира модификация на оптичните свойства на боросиликатни стъкла, които съдържат златни наночастици. Процесът е изследван чрез прилагане на лазерни импулси на наносекундна система Nd:YAG върху стъкла, които се състоят от наночастици с различен размер и форма. Резултатите показват, че при определени условия оптичните свойства на стъклото могат да бъдат модифицирани, тъй като се наблюдава промяна в дължината на вълната на плазмонния резонанс на наночастиците. Изследвано е влиянието на плътността на лазерното лъчение и броя на импулсите върху този ефект.

Дефинирани са два режима на плътност: (i) при ниски плътности, близо до прага на модификация на оптичните свойства, увеличаването на плътността на лазерното лъчение води до синьо изместване на резонансната дължина на вълната; (ii) по-нататъшното увеличаване на плътността предизвиква червено изместване. Подобно поведение се наблюдава при промяна на броя на приложените импулси. Тук след прилагане на няколко хиляди лазерни импулса се реализира допълнителен, трети режим на синьо изместване. За обяснение на наблюдаваните модификации са приложени теоретични модели, базирани на многочастичната теория на разсейването на Mie и уравнението за топлопроводимост. На тяхна база и направени анализи може да се заключи, че индуцираните вариации на оптичните свойства са свързани с модификация на размера и формата на наночастиците чрез топене и фрагментация. Получените резултати показват възможността за модификации на размера и формата на наночастиците с висока пространствена разделителна способност в 3D и могат да се използват за производство на интегрирани оптични системи.

Г7. N. Nedyalkov, N. E. Stankova, M. E. Koleva, R. Nikov, M. Grozeva, E. Iordanova, G. Yankov, L. Aleksandrov, R. Iordanova, D. Karashanova, "Optical properties modification of gold doped glass induced by nanosecond laser radiation and annealing", Optical Materials, 75 646-653 (2018) IF(2018) = 2.779, Q1

Abstract: In this work the effects of laser radiation and annealing process on the change of the optical properties of gold doped borosilicate glass are presented. The glass is fabricated by conventional melt quenching method as samples with three different concentrations of gold are produced. The laser irradiation is performed by a Nd:YAG system that generates nanosecond pulses at wavelengths of 1064, 532, 355, and 266 nm. The optical properties of the glass samples are studied on the basis of their transmission spectra in the UV- near IR spectral range. The results indicate that irradiation at wavelength of 266 nm induces color changes assigned to formation of defects (color centers). Annealing of the samples results in formation of red colored zones which positions correspond to the irradiated ones. The optical properties and TEM observation indicate that this effect is related to formation of gold nanoparticles. The optical spectra of the areas irradiated by laser pulses and annealed are studied for different processing parameters e pulse number, laser fluence, annealing temperature, annealing time, and the gold concentration in the glass. Processing parameters that ensure efficient tuning of the optical spectra are defined. The presented study can be a basis for a method for surface modification of glass samples that can lead to formation of nanoparticle composed layer with tunable optical properties for applications as novel optical elements.

Резюме: В тази работа са представени ефектите от лазерното лъчение и процеса на отгряване върху промяната на оптичните свойства на боросиликатно стъкло, легирано със злато. Стъклата са получени чрез конвенционален метод за охлаждане на стопилката, като се изработени образци с три различни концентрации на злато. Лазерното облъчване е извършено чрез помощта на Nd:YAG лазерна система, която генерира наносекундни импулси при дължини на вълните 1064, 532, 355 и 266 nm. Оптичните свойства на стъклените образци са изследвани въз основа на спектрите им на пропускане в UV-близкия IR спектрален диапазон. Резултатите показват, че облъчването при дължина на вълната 266 nm предизвиква промени в цвета, свързани с образуването на дефекти

(цветни центрове). Отгряването на пробите води до образуване на червено оцветени зони, чиито позиции съответстват на облъчените. Оптичните свойства и ТЕМ наблюдението показват, че този ефект е свързан с образуването на златни наночастици. Оптичните спектри на зоните, облъчени с лазерни импулси и отгreti, са изследвани за различни параметри на обработка, например брой импулси, плътност на лазерния лъч, температура на отгряване, време на отгряване и концентрация на злато в стъклото. Дефинирани са параметрите за обработка, които осигуряват ефективна настройка на оптичните спектри. Представеното изследване може да бъде основа за метод за повърхностна модификация на стъклени проби, който може да доведе до образуване на слой, съставен от наночастици, с регулируеми оптични свойства за приложения като нови оптични елементи.

Г8. Ro Nikov, N Nedyalkov, M Koleva, N Stankova, E Iordanova, G Yankov, L Aleksandrov and R Iordanova, "Femtosecond laser modification of the optical properties of glass containing noble-metal nanoparticles", Journal of Physics: Conference Series, 1492(1) 012058 (2020) IF(2020) = 0.55, Q4

Abstract: The paper presents results on femtosecond laser irradiation-induced modification of the optical properties of a composite material – gold nanoparticles embedded into a borosilicate glass host. The process is initiated by laser pulses delivered by a Ti:sapphire laser system with pulse duration of 35 fs. The glass samples are prepared by melt quenching with gold added as hydrogen tetrachloroaurate (III) hydrate to the initial composition. Post-fabrication annealing leads to a homogeneous formation of nanoparticles in the glass; varying the annealing parameters results in producing nanoparticles with different sizes and shapes. The laser irradiation of the samples induces significant modification of the optical spectra of the glass through changes of the nanoparticles characteristics. The effects are studied of the laser fluence, laser wavelength and laser pulses number. The heat diffusion equation is applied to estimate the temperature evolution and explain the modifications observed. The results demonstrate this technique's efficiency in modifying the nanoparticles properties with a high 3D spatial resolution, which can be useful in fabrication of integrated optical systems.

Резюме: Статията представя резултати от модифициране на оптичните свойства на композитен материал, предизвикано от фемтосекундно лазерно облъчване. Композитният материал е боросиликатно стъкло дотирано с наночастици злато. Процесът се инициира от лазерни импулси, чрез Ti:sapphire лазерна система с продължителност на импулса 35 fs. Стъклените проби са получени чрез охлаждане на стопилката със злато, добавено като водороден тетрахлоаурат (III) хидрат към първоначалния състав. Отгряването, след производството води до хомогенно образуване на наночастици в стъклото; промяната на параметрите на отгряване води до получаване на наночастици с различни размери и форми. Лазерното облъчване на пробите предизвиква значителна модификация на оптичните спектри на стъклото чрез промени в характеристиките на наночастиците. Изследвани са ефектите на плътността на лазерния лъч, дължината на вълната и броя на лазерните импулси. Уравнението за дифузия на топлина е приложено за оценка на температурните промени и обяснение на наблюдаваните модификации. Резултатите демонстрират ефективността на тази техника при модифициране на свойствата на наночастиците с висока 3D пространствена

разделителна способност, която може да бъде използвана при производството на интегрирани оптични системи.

Г9. N Nedyalkov, N E Stankova, M E Koleva, R Nikov, P. Atanasov, M Grozeva, E Iordanova, G Yankov, L Aleksandrov, R Iordanova, D Karashanova, "Optical properties modification induced by laser radiation in noble metal doped glasses", Journal of Physics: Conference Series 992 012047 (2018) IF(2018) = 0.64, Q4

Abstract: We present results on laser-induced color changes in gold- and silver-doped glass. The doped borosilicate glass was prepared by conventional melt quenching. The study was focused on the change of the optical properties after irradiation of the glass by femtosecond laser pulses. Under certain conditions, the laser radiation induces defects associated with formation of color centers in the material. We studied this process in a broad range of laser radiation wavelengths – from UV to IR, and observed changes in the color of the irradiated areas after annealing of the processed glass samples, the color being red for the gold-doped glass and yellow for the silver-doped glass. The structural and morphological analyses performed indicated that this effect is related to formation of metal nanoparticles inside the material. The results obtained show that femtosecond laser processing of noble-metal-doped glasses can be used for fabrication of 3D-nanoparticles systems in transparent materials with application as novel optical components.

Резюме: Представени са резултати от лазерно индуцирани промени в цвета на легирано със злато и сребро стъкло. Легираното боросиликатно стъкло се получава чрез конвенционално охлаждане на стопилката. Изследването е фокусирано върху промяната на оптичните свойства след облъчване на стъклото с фемтосекундни лазерни импулси. При определени условия лазерното лъчение предизвиква дефекти, свързани с образуването на цветни центрове в материала. Този процес е изследван в широк диапазон от дължини на вълните на лазерното лъчение – от UV до IR и са наблюдавани промени в цвета на облъчените зони след отгряване на обработените стъклени проби, като цветът е червен за легираното със злато стъкло – червено и жълто за легирано със сребро стъкло. Извършените структурни и морфологични анализи показват, че този ефект е свързан с образуването на метални наночастици вътре в материала. Получените резултати показват, че фемтосекундната лазерна обработка на легирани с благороден метал стъкла може да се използва за производство на системи от 3D-наночастици в прозрачни материали с приложение като нови оптични компоненти.

Г10. E.A.D. Carbone,¹ J.M. Palomares, S. Hübner, E. Iordanova J.J.A.M. van der Mullen
Erratum: revision of the criterion for avoiding electron heating during Laser Aided Plasma Diagnostics (LAPD), Journal of Instrumentation, JINST 8 E05001 (2013) IF(2013) = 1.86, Q1

Г11. E Iordanova, S Hübner, E A D Carbone, J M Palomares and J J A M van der Mullen, "Central axial profiles of main gas density and temperature determined with Rayleigh scattering" Journal of Instrumentation, 7 C02032 (2012) IF(2013) = 1.86, Q2

Abstract: A method is presented to determine local values of the heavy particle density and temperature, n_a and T_a . The method, based on Rayleigh Scattering, is applied to a Surfatron induced plasma in argon operating at a fixed frequency of 2.45 GHz. Apart from the standard pressure of 20 mbar we also studied two lower pressures cases of 10 and 6 mbar. New plasma locations are studied by shifting the plasma setup such that the central axis remains coincident with the laser beam. The challenge of this technique lies in the treatment of false stray light, that is scattered light of the laser side-beams on the quartz surrounding the plasma. To handle this, we used a method based on image inspection that is possible due to the application of a 2D iCCD array as detector. The uncertainty in the determination of n_a for the 20 mbar case is brought down to 12%.

Резюме: Представен е метод за определяне на локални стойности на концентрацията и температурата на тежките частици, n_a и T_a . Методът, базиран на Релеево разсейване, е приложен към индуцирана сърфатрон плазма в аргон, работеща при фиксирана честота от 2,45 GHz. Освен стандартното налягане от 20 mbar, са изследвани и два случая при пониско налягане на 10 и 6 mbar. Всяко положение на плазмата е изследвано чрез изместване на плазмената тръба, така че централната ос да съвпада с лазерния лъч. Предизвикателството на тази техника се крие в обработването на светлина, разсеяна от лазерните странични лъчи върху кварцовата тръба, заобикаляща плазмата. За да се преодолее този проблем е използван метод, базиран на проверка на изображението, който е възможен благодарение на използването на 2D iCCD като детектор. Неточността при определянето на n_a за случай при 20 mbar е намалена до 12%.

Г12. J.M. Palomares, E. Iordanova, A. Gamero, A. Sola, J.J.A.M. van der Mullen, "Atmospheric microwave-induced plasmas in Ar/H₂ mixtures studied with a combination of passive and active spectroscopic methods", Journal of Physics D: Applied Physics, 43(10) 395202 (2010)
IF = 2.72, Q1

Abstract: Several active and passive diagnostic methods have been used to study atmospheric microwave-induced plasmas created by a surfatron operating at a frequency of 2.45 GHz and with power values between 57 and 88 W. By comparing the results with each other, insight is obtained into essential plasma quantities, their radial distributions and the reliability of the diagnostic methods. Two laser techniques have been used, namely Thomson scattering for the determination of the electron density, n_e , and temperature, T_e , and Rayleigh scattering for the determination of the heavy particle temperature, T_g . In combination, three passive spectroscopic techniques are applied, the line broadening of the H β line to determine n_e , and two methods of absolute intensity measurements to obtain n_e and T_e . The active techniques provide spatial resolution in small plasmas with sizes in the order of 0.5 mm. The results of n_e measured with three different methods show good agreement, independent of the plasma settings. The T_e values obtained with two techniques are in good agreement for the condition of a pure argon plasma, but they show deviations when H₂ is introduced. The introduction of a small amount (0.3%) of H₂ into an argon plasma induces contraction, reduces n_e , increases T_e , enhances the departure from equilibrium and leads to conditions that are close to those found in cool atmospheric plasmas.

Резюме: Няколко активни и пасивни диагностични метода са използвани за изследване на атмосферна микровълново индуцирана плазма, генерирана от сърфатрон, работещ на

честота от 2,45 GHz и със стойности на мощност между 57 и 88 W. Чрез сравняване на резултатите е получена представа за съществените плазмените характеристики, техните радиални разпределения и надеждността на диагностичните методи. Използвани са две лазерни техники, а именно разсейване на Томсън за определяне на електронната концентрация, n_e , и температура, T_e , и Релеево разсейване за определяне на температурата на тежките частици, T_g . В комбинация са приложени три пасивни спектроскопски техники, уширение на H β линията за определяне на n_e и два метода за измерване на абсолютния интензитет за определяне на n_e и T_e . Активните техники осигуряват пространствена разделителна способност в малки плазми с размери от порядъка на 0,5 mm. Резултатите за n_e , измерени с три различни метода, показват добро съответствие, независимо от настройките на плазмените параметри. Стойностите на T_e , получени с две техники, са в добро съответствие за случаите на чиста аргонова плазма, но показват отклонения, когато се добави H₂. Добавянето на малко количество (0,3%) H₂ в аргонова плазма предизвиква свиване, намаляване на n_e , увеличаване на T_e , засилва отклонението от равновесие и води до условия, които са близки до тези, открити в студена атмосферна плазма.

Г13. J.M. Palomares, E. Iordanova, E.M. van Veldhuizen, L. Baede, A. Gamero, A. Sola, J.J.A.M. van der Mullen, "Thomson scattering on argon surfatron plasmas at intermediate pressures: Axial profiles of the electron temperature and electron density" *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 65(3) 225-233 (2010) IF = 3.18, Q1

Abstract: The axial profiles of the electron density n_e and electron temperature T_e of argon surfatron plasmas in the pressure range of 6–20 mbar and microwave power between 32 and 82 W have been determined using Thomson Scattering of laser irradiation at 532 nm. For the electron density and temperature, we found values in the ranges $5 \times 10^{18} < n_e < 8 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ and $1.1 < T_e < 2.0 \text{ eV}$. Due to several improvements of the setup, we could reduce the errors of n_e and T_e down to 8% and 3%, respectively. It is found that n_e decreases in the direction of the wave propagation with a slope that is nearly constant. The slope depends on the pressure but not on the power. Just as predicted by theories we see that increasing the power leads to longer plasma columns. However, the plasmas are shorter than what is predicted by theories based on the assumption that for the plasma-wave interaction electron–atom collisions are of minor importance (the so-called collisionless regime). The plasma vanishes long before the critical value of the electron density is reached. In contrast to what is predicted by the positive column model it is found that T_e does not stay constant along the column, but monotonically increases with the distance from the microwave launcher. Increases of more than 50% over 30 cm were found.

Резюмета: Аксиалните профили на електронната концентрация n_e и електронната температура T_e на аргонова сърфатронна плазма в диапазона на налягане от 6–20 mbar и мощност между 32 и 82 W са определени с помощта на Томсъново разсейване на лазерно облъчване при 532 nm. За електронната концентрация и температура са определени стойности в диапазоните $5 \times 10^{18} < n_e < 8 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ и $1.1 < T_e < 2.0 \text{ eV}$. Вследствие на няколко подобрения на експерименталната установка, грешките за n_e и T_e могат да бъдат намалени до стойности, съответно от 8 % и 3 %. Установено е, че n_e намалява в посоката на разпространение на вълната с наклон, който е почти постоянен. Наклонът зависи от налягането, но не и от мощността. Точно както предвиждат теориите,

е наблюдавано, че увеличаването на мощността води до по-дълги плазмени стълбове. Въпреки това, наблюдаваните плазмени стълбове са по-къси от това, което се предвижда от теории, базирани на предположението, че за взаимодействието плазма-вълна, електрон-атом ударите са от второстепенно значение. Плазмата изчезва много преди достигането на критичната стойност на електронната концентрация. За разлика от предположеното от модела за положителния стълб, е установено, че T_e не остава постоянна по дължина на стълба, а монотонно се увеличава с разстоянието от микровълновия източник. Установени са увеличения с повече от 50 % над 30 см.