

12. Резюмета на рецензираните публикации на български и английски език, с които се участва в конкурса.

B4.1. E Jordanova, **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} W/cm². 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} W/cm². 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.

B4.2. 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 = 2.840, 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: Сврџх кѳсите оптични импулси могат да се използват за захващане на неутрални частици чрез допълнителна оптична надлѳжна сила, свързана с вектора на Пойнтинг и влиянието на магнитното поле върху тяхната поляризируемост. Векторът на Пойнтинг сѳшо 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 бѳде увеличена или намалена, или нейната посока да бѳде 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 бѳдат намерени в областта на студения ядрен синтез и охлаждането на неутрални атоми и молекули.

B4.3. Iordanova, G.Yankov, S.Karatodorov, L.Kovachev, „Diffraction-free femtosecond optics”, Elsevier, Optik, 267 (2022) IF = 2.840, 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 no 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.

B4.4. 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) = **6.182, 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.

B4.5. 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 Comptes Rendus de l'Académie Bulgare des Sciences, vol. 76, No. 3, pp. 343–351, 2023, IF = 0.326 за 2021 г., Q3 в Scopus

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.

B4.6. 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 μJ . 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.

G7.1. 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, vol. 76, No. 2, pp. 175–183, 2023. IF = 0.326 за 2021 г., Q3 в Scopus

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.

Г7.2. 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 третираните 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.

Г7.3. Stankova, N.; Nikolov, A.; Iordanova, E.; **Yankov, G.**; Nedyalkov, N.; Atanasov, P.; Tatchev, D.; Valova, E.; Kolev, K.; Armyanov, S.; et al. "New 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) еластомери, 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 еластомери са много гъвкави с нисък модул на Young's $< 1 \text{ MPa}$, 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 ns-лазерна аблация във вода. Предложен е нов подход на обработка за (i) активиране на повърхността и за получаване на следи/канални 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 .

Г7.4. 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) Q4

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.

Г7.5. 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, Q3**

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.

Г7.6. 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) =2.687, 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.

G7.7. 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 red 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.

Г7.8. 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 nano- particle 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.

Г7.9. 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 тетрахлоороаурат (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.

Г7.10 L. Dimowa, I. Piroeva, S. Atanasova-Vladimirova, N. Petrova, V. Ganev, R. Titorenkova, **G. Yankov**, T. Petrov, B. Shivachev, "Synthesis, structural, thermal and optical properties of TeO₂-Bi₂O₃-GeO₂-Li₂O glasses", *Optical Materials*, vol. 60, pp. 577-583, 2016, **IF = 2.238 (2.183)**, **Q1 в Scopus**

Abstract

High-beam-quality laser oscillation is obtained at two Sr⁺ and several Sr atom lines in the middle infrared spectral region with average output power of about 1 W in a sealed-off laser tube. Using the same laser tube construction and enhancing the active volume in bore and length, average output power of about 3 W is also achieved in a sealed-off regime. Based on these laser tubes, master oscillator–power amplifier laser system is also developed and investigated. © 2020, Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature.

Резюме

Лазерен осцилатор с високо качество на лъча се получава при две Sr⁺ и няколко Sr атомни линии в средната инфрачервена спектрална област със средна изходна мощност от около 1 W в запечатана лазерна тръба. Използвайки същата конструкция на лазерната тръба и увеличавайки активния обем в отвора и дължината, средна изходна мощност от около 3 W също се постига в запечатан режим. Въз основа на тези лазерни тръби също е разработена и изследвана лазерна система главен осцилатор – усилвател на мощност. © 2020, Springer Science+Business Media, LLC, част от Springer Nature.

Г7.11. I. K. Kostadinov, K. A. Temelkov, L. T. Popova, S. I. Slaveeva, **G. P. Yankov**, “Diffraction-limited high-power master oscillator – power amplifier system oscillating in visible spectral range on copper atomic transitions for precise material micromachining”, *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2487, No. 1, 012008, 2023. **Q4**

Abstract: A new considerably improved master oscillator-power amplifier copper bromide vapor system delivering diffraction-limited high-power laser radiation at the atomic copper 510.6- and 578.2-nm lines is developed and investigated. The highest beam quality achieved so far with laser systems oscillating on the metal self-terminating transitions is confirmed by two independent methods. Precise micromachining is realized on silica, ceramics, silicon, and stainless steel. Though the aspect ratio of the crater drilled in optical grade fused quartz through the waveguide-assisted method is higher than the one obtained so to date, a new method is also developed to make the aspect ratio almost limitless. © Published under licence by IOP Publishing Ltd.

Резюме: Разработена е и изследвана нова значително подобрена система от пари на меден бромид, усилвател на главния осцилатор и усилвател на мощността, доставяща високомощно лазерно лъчение с ограничено дифракция при атомните медни 510,6- и 578,2-нм линии. Най-високото качество на лъча, постигнато досега с лазерни системи, осцилиращи върху металните самозавършващи се преходи, се потвърждава от два независими метода. Прецизната микрообработка се реализира върху силициев диоксид, керамика, силиций и неръждаема стомана. Въпреки че аспектното съотношение на кратера, пробит в оптичен стопен кварц чрез метода с помощта на вълновод, е по-високо от това, получено до момента, нов метод също е разработен, за да направи аспектното съотношение почти неограничено. © Публикувано под лиценз от IOP Publishing Ltd.

Г7.12. I. K. Kostadinov, K. A. Temelkov, D. N. Astadjov, S. I. Slaveeva, **G. P. Yankov**, N. V. Sabotinov, “High-power copper bromide vapor laser”, *Optics Communications*, vol. 501, art. No. 127363, 2021 IF = 2.335 **Q2** в **Scopus**

Abstract: A large-volume single-tube CuBr vapor laser, oscillating on the atomic copper self-terminating lines of $\lambda 510.6$ nm and $\lambda 578.2$ nm, is described. Characteristics of the nanosecond pulsed longitudinal discharge excitation for a maximum output power on these laser lines are found. A record-high average laser power of 140 W for atomic self-terminating CuBr vapor lasers is reported. © 2021 Elsevier B.V.

Резюме: Описан е голям обемен еднотръбен лазер на пара CuBr, който осцилира върху самопрекратяващите се линии на атомна мед от $\lambda 510,6$ nm и $\lambda 578,2$ nm. Намерени са характеристиките на наносекундното импулсно възбуждане на надлъжен разряд за максимална изходна мощност на тези лазерни линии. Съобщава се за рекордно висока средна лазерна мощност от 140 W за атомни самопрекратяващи се CuBr лазери на пара. © 2021 Elsevier B.V.

Г7.13. K. Kostadinov, **G. P. Yankov**, L. T. Popova, S. I. Slaveeva, Yu. I. Fedchenko, K. A. Temelkov, “High-power high-beam-quality sealed-off master oscillator – power amplifier system oscillating in the middle infrared spectral range on strontium atomic transitions”, Journal of Physics: Conference Series, vol. 1859, No. 1, art. No. 012054, 2021, **Q4**

Abstract

High-beam-quality sealed-off master oscillator-power amplifier system is developed and studied based on an atomic strontium vapor laser and delivering high-power laser radiation in the middle infrared spectral range. A diffraction self-filtering of the laser radiation is used to reduce the laser beam divergence to the ultimate diffraction limit. A new optical design is utilized for the master oscillator to visualize the optical path through the entire optical scheme. A large-bore sealed-off laser tube is developed and studied with a stable cavity and is applied as a power amplifier as well. Precise microprocessing of optical grade fused quartz is also performed. © 2021 Published under licence by IOP Publishing Ltd.

Резюме

Висококачествена запечатана система с главен осцилатор-усилвател на мощността е разработена и проучена на базата на атомен лазер с пари на стронций и доставя високомощно лазерно лъчение в средния инфрачервен спектрален диапазон. Дифракционното самофилтриране на лазерното лъчение се използва за намаляване на дивергенцията на лазерния лъч до крайната граница на дифракция. Нов оптичен дизайн се използва за главния осцилатор за визуализиране на оптичния път през цялата оптична схема. Разработена е и изследвана запечатана лазерна тръба с голям отвор със стабилна кухина и се прилага и като усилвател на мощност. Извършва се и прецизна микрообработка на стопен кварц от оптичен клас. © 2021 Публикувано под лиценз от IOP Publishing Ltd

Г7.14. K. Kostadinov, D. N. Astadjov, **G. P. Yankov**, L. T. Popova, S. I. Slaveeva, Yu. I. Fedchenko, K. A. Temelkov, “High-beam-quality sealed-off master oscillator–power amplifier system oscillating in visible spectral range on copper atomic transitions for micromachining in science and technology”, Journal of Physics: Conference Series, vol. 1859. No. 1, art. No. 012056, 2021, **Q4**

Abstract

High-beam-quality sealed-off master oscillator-power amplifier system is developed and studied based on a copper bromide vapor laser and oscillating on atomic copper self-terminating transitions. A detailed study on the laser beam divergence is carried out demonstrating the capability of CuBr vapor laser systems to emit diffraction-limited laser beams. Precise microprocessing of various materials, such as optical grade fused quartz, Si, stainless steel, is also implemented. © 2021 Published under licence by IOP Publishing Ltd.

Резюме

Запечатана система с главен осцилатор-усилвател на мощност с високо качество на лъча е разработена и изследвана на базата на лазер на пари на меден бромид и осцилиращ върху атомни медни самопрекратяващи се преходи. Проведено е подробно проучване на дивергенцията на лазерния лъч, демонстриращо способността на лазерните системи с пара CuBr да излъчват лазерни лъчи с ограничена дифракция. Приложена е и прецизна микрообработка на различни материали, като оптичен клас стопен кварц, Si, неръждаема стомана. © 2021 Публикувано под лиценз от IOP Publishing Ltd

Г715. I. K. Kostadinov, K. A. Temelkov, **G. P. Yankov**, B. L. Ivanov, “High-beam-quality sealed-off laser system oscillating in middle infrared spectral range on strontium atomic transitions”, *Optical and Quantum Electronics*, vol. 52, art. No. 94 (8pp), 2020, **IF = 1.842, Q2 в Scopus**

Abstract

High-beam-quality laser oscillation is obtained at two Sr⁺ and several Sr atom lines in the middle infrared spectral region with average output power of about 1 W in a sealed-off laser tube. Using the same laser tube construction and enhancing the active volume in bore and length, average output power of about 3 W is also achieved in a sealed-off regime. Based on these laser tubes, master oscillator–power amplifier laser system is also developed and investigated. © 2020, Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature.

Резюме

Лазерен осцилатор с високо качество на лъча се получава при две Sr⁺ и няколко Sr атомни линии в средната инфрачервена спектрална област със средна изходна мощност от около 1 W в запечатана лазерна тръба. Използвайки същата конструкция на лазерната тръба и увеличавайки активния обем в отвора и дължината, средна изходна мощност от около 3 W също се постига в запечатан режим. Въз основа на тези лазерни тръби също е разработена и изследвана лазерна система главен осцилатор – усилвател на мощност. © 2020, Springer Science+Business Media, LLC, част от Springer Nature.

