

Резюмета

на научните публикации

За участие в конкурс за заемане на академичната длъжност **професор** по професионално направление 4.1.Физически науки, научна специалност „Физика на вълновите процеси“

доц. д-р Димана Илиева Назърова

Scopus Researcher Author ID: 8244489500

Web of Science: L-8227-2017

Orcid: 0000-0003-2040-6043

Април 2020, София

1. Structure-property relationship and photoinduced birefringence of the azo and azo-azomethine dyes thin films in PMMA matrix.

Stoilova A, Georgiev A, Nedelchev L, **Nazarova D**, Dimov D.

Optical Materials, 87, Elsevier, 2019, DOI:10.1016/j.optmat.2018.07.010, 16-23.

Abstract: Here, we present previously synthesized azo and azo-azomethine dyes as thin films in PMMA matrix in order to investigate their spectral and optical properties. The spectral properties of the vapour deposited 100 nm nanosized films of the dyes have been characterized by UV-VIS and Fluorescence spectroscopy to determine the excitation and emission energies of the electron transitions. Photoinduced birefringence was induced in the films by pump lasers with wavelengths 355 nm and 491 nm in the region of the absorbance band of the chromophores used. The kinetics of recording, relaxation and erasure of birefringence were presented. The photochromic behaviour of the chromophore groups in azo dyes ($-N=N-$) and azo-azomethine dyes ($-N=N-$ and $eCH=N-$) were evaluated as potential light driven reversible optical storage devices. The presence of two photoactive groups in azo-azomethines makes them appropriate candidates for optical photoswitches.

Резюме: Тук представяме синтезирани азо и азо-азометинови багрила, отложени под формата на тънки филми в PMMA матрица, с цел да се изследват техните спектрални и оптични свойства. Спектралните свойства на вакуумно отложените 100 nm наноразмерни слоеве на багрилата са характеризирани с UV-VIS и флуоресцентна спектроскопия за определяне енергиите на възбуждане и излъчване на електронните преходи. Фотоиндуцирано двулъчепречупване бе индуцирано в слоевете, чрез напompващи лазери с дължина на вълната 355 nm и 491 nm в областта на абсорбция на използваните хромофори. Бяха представени кинетиките на запис, релаксация и изтриване на двулъчепречупването. Фотохромното поведение на хромофорните групи в азо багрилата ($-N=N-$) и азо-азометиновите багрила ($-N=N-$ и $eCH=N-$) бе оценено като подходящо за приложение в направата на обратими устройства за оптичен запис. Наличието на две фотоактивни групи в азо-азометините ги прави подходящи кандидати за оптични фотопревключватели.

2. Vapour deposited nanocomposite films of perylene bis azo-imides with improved photoresponsiveness by visible light.

Georgiev A, Dimov D, Stoilova A, Markova F, **Nazarova D**.

Optical Materials, 89, Elsevier, 2019, DOI:<https://doi.org/10.1016/j.optmat.2018.12.050>, 5-13.

Abstract: The paper presents preparation of nanocomposite thin films of three newly synthesized perylene bis azo-imides in polyimide matrix by vapour deposition, results of DFT quantum chemical calculations on the optimized molecular geometry of trans (E) and cis (Z) isomers of the studied dyes as well as photoinduced birefringence measurements to explore potential optical application of these novel materials. Vapour deposited single films of the dyes were studied by reflectance UV-VIS and fluorescence spectroscopy in order to investigate the nature of electron transitions and donor-acceptor interactions between phenylazo fragments and perylene core. The nanocomposite films were prepared through vapour deposition of ODA (4,4'-oxydianiline) and PMDA (pyromellitic dianhydride) as the host polymer matrix and of

corresponding perylene bis azo-imide dyes as "guest" at two various concentrations 5 % and 10 % w/w. It was found that nanocomposite films have improved photoresponsiveness by applying visible light at $\lambda=532$ nm compared to the single deposited films of dyes. This study shows the applicability of the synthesized dyes embedded in the polyimide matrix as visible-light activated molecular switches.

Резюме: Статията представя получаването на нанокомпозитни тънки слоеве от три новосинтезирани перилени бис азо-имида в полиимидна матрица чрез вакуумно отлагане, резултати от квантово-химичните изчисления на DFT върху оптимизираната молекулна геометрия на транс (E) и цис (Z) изомери на изследваните багрила, както и измервания на фотоиндуцираното двулъчепречупване за изследване на потенциалното оптично приложение на тези нови материали. Вакуумно изпарените тънки слоеве на багрилата се изследват чрез отражателна UV-VIS и флуоресцентна спектроскопия, за да се изследва естеството на електронните преходи и взаимодействието между донор и акцептор между фенилазо фрагменти и периленово ядро. Нанокомпозитните слоеве са получени чрез вакуумно изпарение на ODA (4,4'-оксидианилин) и PMDA (пиромелитичен дианхидрид) като гостоприемна полимерна матрица и на съответните перлинен бис азо-имидни багрила като "гост" при две различни концентрации 5% и 10 % w / w. Чрез прилагане на видима светлина при $\lambda = 532$ nm е установено че нанокомпозитните слоеве са подобрили фотоотклика в сравнение със слоевете от багрила. Това проучване показва приложимостта на синтезираните багрила, вградени в полиимидната матрица като молекулни превключватели, активирани с видима светлина.

3. Photoinduced birefringence in azopolymer doped with Au nanoparticles.

Nazarova D, Nedelchev L, Stoykova E, Blagoeva B, Mateev G, Karashanova D, Georgieva B, Kostadinova D.

Journal of Physics: Conference Series, 1310, IOP Publishing, ISSN: 1742-6596 DOI:10.1088/1742-6596/1310/1/012018, 012018-1-012018-6.

Abstract: A study of the photo induced birefringence in nanocomposite thin films of the azopolymer PAZO - (poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo)benzenesulfonamido]-1,2-ethanediyl, sodium salt]) doped with gold (Au) nanoparticles (NPs) is presented. The NPs are with a spherical shape and mean size 10 nm. Transmission electron microscopy (TEM) and Dynamic Light Scattering (DLS) analyses of the particles have also been made. Samples were prepared with five different concentrations of the NPs in the azopolymer films varying from 0 (non-doped azopolymer film) to 4 a.u. (1 a.u. = 0.015 wt %). Birefringence was induced by a He-Cd laser with a wavelength 442 nm and measured with probe Diode Pumped Solid State (DPSS) laser at 635 nm. An increase of the photo induced birefringence in doped azopolymer nanocomposite films compared to samples of undoped azopolymers was observed. The maximal enhancement was achieved for films with 2 a.u. of Au NPs.

Резюме: Представено е изследване на фотоиндуцираното двулъчепречупване в нанокомпозитни тънки слоеве на азополимера PAZO (поли [1- [4- (3-карбокси-4-хидроксифенилазо) бензенсулфонамидо] -1,2-етандиил, натриева сол]) дотирани със златни наночастици (НЧ). НЧ са със сферична форма и среден размер 10 nm. Направени са и трансмисионна електронна микроскопия (TEM) и динамично разсейване на светлината (DLS) на частиците. Пробите са приготвени за пет различни концентрации на НЧ в азополимерните слоеве, вариращи от 0 (недотирани азополимерен филм) до 4 а.у. (1 а.у =

0,015 тегл.%). Двулъчепречупването се индуцира от He-Cd лазер с дължина на вълната 442 nm и се измерва с помощта на DPSS лазер при 635 nm. Наблюдава се увеличение на фотоиндуцираното двулъчепречупване в дотираните азополимерни нанокомпозитни слоеве в сравнение с тези от недотираните азополимери. Максималното подобрене беше постигнато за слоевете с 2 а.у. на Au наночастици.

4. Evaluation of activity from binary patterns in dynamic speckle analysis.

Stoykova E, Hoonjong K, Youngmin K, **Nazarova D**, Nedelchev L, Ivanov B, Berberova N, Mateev G.

Optics and Lasers in Engineering, 111, Elsevier, 2018, 50-57, ISSN 0143-8166,
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2018.07.020>

Abstract: Pointwise intensity-based statistical processing of dynamic laser speckle patterns formed on the surface of a diffusely reflecting object is perspective for monitoring of ingoing processes of physical or biological activity within the object. The output of the measurement is a two-dimensional map, which shows qualitatively regions of higher or lower activity on the object surface. In the paper, we have proposed transforming the captured 8-bit encoded speckle patterns into binary patterns by applying a pointwise threshold. Motivation behind this study is the need for an algorithm, which is robust to non-uniform illumination and offers lowered computational complexity as time and memory consumption. We showed by simulation and experiment that quality of the map obtained by processing of correlated binary patterns approached that achieved with 8-bit encoded patterns. We analyzed statistical behavior of the estimates built from binary patterns and proved applicability of a non- stochastic threshold as e.g. a constant intensity level at uniform illumination. The proposed algorithm was applied for processing polymer drop drying experimental data.

Резюме: Поточковата интензитетно базирана статистическа обработка на динамични лазерни спекъл структури, формирани върху повърхността на дифузно отразяващ обект, е перспектива за наблюдение на входящите процеси на физическа или биологична активност в обекта. Резултатът от измерването е двуизмерна карта, която показва качествено региони с по-висока или по-ниска активност върху повърхността на обекта. В статията сме предложили да трансформираме заснетите 8-битови кодирани спекъл картини в двоични картини, чрез прилагане на поточков праг. Мотивацията, която стои зад това проучване, е необходимостта от алгоритъм, който е устойчив към нееднакво осветление и предлага понижена изчислителна сложност като разход на време и памет. Ние показахме чрез симулация и експеримент, че качеството на картата, получена чрез обработка на корелирани двоични картини, се доближава до постигнатото с 8-битови кодирани картини. Анализирахме статистическо поведение на оценките, изградени от двоични картини и доказахме приложимостта на нестохастичен праг, например постоянно ниво на интензитет при равномерно осветяване. Предложеният алгоритъм беше приложен за обработка на експериментални данни от сушене на полимерни капки.

5. Synthesis, Spectroscopic and TD-DFT Quantum Mechanical Study of Azo- Azomethine Dyes. A Laser Induced Trans-Cis-Trans Photoisomerization Cycle.

Georgiev A, Kostadinov A, Ivanov D, Dimov D, Stoyanov S, Nedelchev L, **Nazarova D**, Yancheva D.

Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 192, Elsevier, 2018,

Abstract: This paper describes the synthesis, spectroscopic characterization and quantummechanical calculations of three azo-azomethine dyes. The dyes were synthesized via condensation reaction between 4-(dimethylamino)benzaldehyde and three different 4-aminobenzene azo dyes. Quantum chemical calculations on the optimized molecular geometry and electron densities of the trans (E) and cis (Z) isomers and their vibrational frequencies have been computed by using DFT/B3LYP density-functional theory with 6-311++G(d,p) basis set in vacuo. The thermodynamic parameters such as total electronic energy E (RB3LYP), enthalpy H298 (sum of electronic and thermal enthalpies), free Gibbs energy G298 (sum of electronic and thermal free Gibbs energies) and dipole moment μ were computed for trans (E) and cis (Z) isomers in order to estimate the $\Delta E_{trans \rightarrow cis}$, $\Delta \mu_{trans \rightarrow cis}$, $\Delta H_{trans \rightarrow cis}$, $\Delta G_{trans \rightarrow cis}$ and $\Delta S_{trans \rightarrow cis}$ values. After molecular geometry optimization the electronic spectra have been obtained by TD-DFT calculations at same basis set and correlated with the spectra of vapour deposited nanosized films of the dyes. The NBO analysis was performed in order to understand the intramolecular charge transfer and energy of resonance stabilization. Solvatochromism was investigated by UV-VIS spectroscopy in five different organic solvents with increasing polarity. The dynamic photoisomerization experiments have been performed in DMF by pump lasers $\lambda=355$ nm (mostly E $\rightarrow$ Z) and $\lambda=491$ nm (mostly Z $\rightarrow$ E) in spectral region 300 nm – 800 nm at equal concentrations and times of illumination in order to investigate the photodynamical trans-cis-trans properties of the $\text{CH}_2=\text{N}-\text{N}=\text{CH}_2$ chromophore groups of the dyes.

Резюме: Тази статия описва синтеза, спектроскопското характеризиране и квантовомеханичните изчисления на три азо-азометинови багрила. Багрилата бяха синтезирани чрез реакция на кондензация между 4- (диметиламино) бензалдехид и три различни 4-аминобензен азо багрила. Квантово химичните изчисления на оптимизираната молекулярна геометрия и електронните плътности на транс (E) и цис (Z) изомерите и техните вибрационни честоти са изчислени чрез използване на DFT / B3LYP плътностно-функционална теория с 6-311 ++ G (d, p) базис, поставена под вакуум. Термодинамичните параметри като обща електронна енергия E (RB3LYP), енталпия H298 (сумоф електронни и термични енталпии), безплатна Gibbs енергия G298 (сумоф електронни и топлинни енергии на Gibbs) и диполен момент μ се изчисляват за транс (E) и цис (Z) изомери, за да се изчислят стойностите на $\Delta E_{trans \rightarrow cis}$, $\Delta \mu_{trans \rightarrow cis}$, $\Delta H_{trans \rightarrow cis}$, $\Delta G_{trans \rightarrow cis}$ и $\Delta S_{trans \rightarrow cis}$. След оптимизиране на молекулярната геометрия електронните спектри са получени чрез изчисления на TD-DFT при същия базис и са съпоставени със спектрите на вакуумно изпарените наноразмерни слоеве на багрилата. NBO анализ беше направен с цел да се разбере вътремолекулния пренос на заряд и енергията на резонансната стабилизация. Разтворимостта е изследвана чрез UV-VIS спектроскопия за пет различни органични разтворители с увеличаваща се полярност. Динамичните експерименти на фотоизомеризация са проведени в DMF, посредством лазери с $\lambda = 355$ nm (най-вече E $\rightarrow$ Z) и $\lambda = 491$ nm (предимно Z $\rightarrow$ E) в спектрална област 300 nm - 800 nm при равни експозиции на облъчване, за да се изследват фотодинамичните транс-цис-транс свойства на хромофорните групи $\text{CH}_2=\text{N}-\text{N}=\text{CH}_2$ на багрилата.

6. Diffraction efficiency calculations of polarization diffraction gratings with surface relief.

Nazarova D, Sharlandjiev P, Berberova N, Blagoeva B, Stoykova E, Nedelchev L.

Journal of Physics: Conference Series, 992, IOP Publishing, 2018, ISSN:1742-6596, DOI:10.1088/1742-6596/992/1/012018, 012018-1-012018-5.

Abstract: In this paper, we evaluate the optical response of a stack of two diffraction gratings of equal one-dimensional periodicity. The first one is a surface-relief grating structure; the second, a volume polarization grating. This model is based on our experimental results from polarization holographic recordings in azopolymer films. We used films of commercially available azopolymer (poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]-1,2-ethanediyl, sodium salt]), shortly denoted as PAZO. During the recording process, a polarization grating in the volume of the material and a relief grating on the film surface are formed simultaneously. In order to evaluate numerically the optical response of this “hybrid” diffraction structure, we used the rigorous coupled-wave approach (RCWA). It yields stable numerical solutions of Maxwell’s vector equations using the algebraic eigenvalue method.

Резюме: В тази статия ние оценяваме оптичния отклик на стек от две дифракционни решетки с еднаква едномерна периодичност. Първата е релефна структура на повърхността; втората - обемна поляризационна решетка. Този модел се основава на нашите експериментални резултати от поляризационни холографски записи в азополимерни слоеве. Използвахме слоеве от закупен азополимер (поли [1- [4- (3-карбоксо-4-хидроксифенилазо) бензенсулфонамидо] -1,2-етандиил, натриева сол]), обозначен накратко като PAZO. По време на процеса на запис, поляризационна решетка в обема на материала и релефна решетка върху повърхността на слоя се образуват едновременно. За да се оцени числено оптичният отклик на този „хибрид“-дифракционна структура, ние използвахме строгия подход на куплиране на вълните (RCWA). Този метод дава стабилни числени решения на векторните уравнения на Максвел по метода на алгебраичното собствено значение.

7. Polarization holographic recording in thin films of pure azopolymer and azopolymer based hybrid materials.

Berberova N, Daskalova D, Strijkova V, Kostadinova D, **Nazarova D**, Nedelchev L, Stoykova E, Marinova V, Chi C H, Lin S H.

Optical Materials, 64, Elsevier, 2017, ISSN:0925-3467, 212-216.

DOI:<https://doi.org/10.1016/j.optmat.2016.12.002>

Abstract: Recently, a birefringence enhancement effect was observed in azopolymers doped with various nanoparticles. The paper presents comparison between the parameters of polarization holographic gratings recorded in a pure azopolymer PAZO (Poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]- 1,2-ethanediyl, sodium salt]) and in a hybrid PAZO-based organic/inorganic material with incorporated ZnO nanoparticles of size less than 50 nm. Laser emitting at 491 nm is used for the holographic recording. Along with the anisotropic grating in the volume of the media, surface relief is also formed. Gratings with different spatial frequencies are obtained by varying the recording angle. The time dependence of the diffraction efficiency is probed at 635 nm and the height of the relief gratings is determined by AFM. Our results indicate that both the diffraction efficiency and the height of the surface relief for the hybrid samples are enhanced with respect to the pure azopolymer films.

Резюме: Наскоро бе наблюдаван ефект на усилване на двулъчепречупването при азополимери, дотирани с различни наночастици. Статията представя сравнение между параметрите на поляризационните холографски решетки, записани в чист азополимер PAZO (Поли [1- [4- (3-карбоксо-4-хидроксифенилазо) бензенсулфонамидо] - 1,2-етандиил,

натриева сол]) и в хибриден PAZO-базиран органичен / неорганичен материал с вградени ZnO наночастици с размер по-малък от 50 nm. За холографския запис се използва лазерно излъчване при 491 nm. Наред с анизотропната решетка в обема на средата се формира и повърхностен релеф. Решетки с различни пространствени честоти са получени, чрез промяна на ъгъла на запис. Времева зависимост на дифракционната ефективност се изследва при 635 nm, а височината на релефните решетки се определя от AFM. Нашите резултати показват, че както дифракционната ефективност, така и височината на повърхностния релеф за хибридните слоеве са повишени по отношение тези записани на чистите азополимерни слоеве.

8. Dynamic speckle analysis with smoothed intensity-based activity maps.

Stoykova E, Berberova N, Kim Y, **Nazarova D**, Ivanov B, Gotchev A, Hong J, Kang H.
Optics and Lasers in Engineering, 93, 93, 2017, DOI:10.1016/j.optlaseng.2017.01.012, 55-65,
ISSN 0143-8166

Abstract: Pointwise intensity-based algorithms are the most popular algorithms in dynamic laser speckle measurement of physical or biological activity. The output of this measurement is a two-dimensional map which qualitatively separates regions of higher or lower activity. In the paper, we have proposed filtering of activity maps to enhance visualization and to enable quantitative determination of activity time scales. As a first step, we have proved that the severe spatial fluctuations within the map resemble a signal-dependent noise. As a second step, we have illustrated implementation of the proposed idea by applying filters to non-normalized and normalized activity estimates derived from synthetic and experimental data. Statistical behavior of the estimates has been analyzed to choose the filter parameters, and substantial narrowing of the probability density functions of the estimates has been achieved after the filtering. The filtered maps exhibit an improved contrast and allowed for quantitative description of activity.

Резюме: По точковите алгоритмите на базата на интензивността най-популярните алгоритми в динамичните лазерни спекъл измервания на физическа или биологична активност. Резултатът от това измерване е двуизмерна карта, която качествено разделя области с по-висока от тези с по-ниска активност. В статията сме предложили филтриране на картите по интензитет с цел подобряване визуализацията и да се даде възможност за количествено определяне на времевите скали на активност. Като първа стъпка доказахме, че силните пространствени колебания в картата приличат на шум, зависим от сигнала. Като втора стъпка илюстрирахме прилагането на предложената идея, като приложихме филтри към ненормирани и нормирани оценки на активността, получени от синтетични и експериментални данни. Статистическото поведение на оценките е анализирано за избор на параметрите на филтъра и е постигнато значително стесняване на функциите на плътност на вероятностите им след филтрирането. Филтрираните карти показват подобрен контраст и позволяват количествено описание на активността.

9. Laser induced optically and thermally reversible birefringence in azopolymers.

Nazarova D, Nedelchev L, Ivanov D, Blagoeva B, Berberova N, Stoykova E, Mateev G, Kostadinova D.
Proceedings of SPIE, 10226, SPIE, 2017, ISSN:0277-786X, DOI:10.1117/12.2262357, 1022608-1-1022608-7.

Abstract: Azopolymers are well known organic materials for polarization holographic recording due to the induced anisotropy under illumination with polarized light. They possess all the desirable characteristics of the known polarization-sensitive materials, as high sensitivity and reversibility, but excel them substantially in the magnitude of the photoinduced birefringence. This makes possible to record reversible polarization gratings with high diffraction efficiency. In this paper results of experimental investigations on the reversibility properties of birefringence photoinduced in azopolymers are reported, depending on the conditions of subsequent optical and thermal treatment. Thin films of different polymers were prepared in order to examine the kinetics of multiple recording and erasure of birefringence in different types of azopolymers. The reversibility of the polarization recording has been studied using two different method of erasure – by increased temperature and on illumination with circularly polarized light.

Резюме: Азополимерите са добре известни органични материали за поляризационен холографски запис поради индуцираната анизотропия при осветяване с поляризирана светлина. Те притежават всички желани характеристики на известните материали, чувствителни към поляризация, като висока чувствителност и обратимост, но съществено ги превъзхождат по стойността на фотоиндуцираното двулъчепречупване. Това дава възможност за обратимо записване на поляризационни решетки с висока дифракционна ефективност. В тази статия са докладвани резултати от експериментални проучвания за обратимостта на двулъчепречупването, фотоиндуцирано в азополимери в зависимост от условията на последваща оптична и термична обработка. Изготвени са тънки слоеве от различни полимери, за да се изследва кинетиката на многократното записване и изтриване на двулъчепречупването в различни видове азополимери. Обратимостта на записа на поляризацията е проучено по два различни метода на изтриване - чрез повишена температура и при осветяване с кръгово поляризирана светлина.

10. Photoinduced variation of the Stokes parameters of light passing through thin films of azopolymer based hybrid organic/inorganic materials.

Berberova N, Nazarova D, Nedelchev L, Blagoeva B, Kostadinova D, Marinova V, Stoykova E.

Journal of Physics: Conference Series (JPCS), 700, 1, IOP Publishing, 2016, ISSN:1742-6596, DOI:doi:10.1088/1742-6596/700/1/012032, 012032-1-012032-5. S

Abstract: Hybrid materials synthesized by combining polymers and inorganic nanoparticles (NPs) have received considerable attention recently due to their advantageous electrical, optical, or mechanical properties. Here we present a polarimetric study of thin films prepared from photoanisotropic hybrid materials: azopolymer (poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]-1,2-ethanediyl, sodium salt]) doped with different concentrations of ZnO NPs with sizes below 50 nm. To obtain full information about the polarization response of these thin films, we determined the kinetics of the Stokes parameters of light passing through the films on illumination by linearly polarized light within the absorption band of the material, namely 473 nm. Using the Stokes parameters, the birefringence values were calculated as a function of time and compared for the films with different NP concentrations.

Резюме: Хибридни материали, синтезирани чрез комбиниране на полимери и неорганични наночастици (НЧ), получиха значително внимание напоследък поради своите изгодни електрически, оптични или механични свойства. Тук представяме поляриметрично изследване на слоеве, приготвени от хибридни материали: азополимер (поли[1-[4-(3-карбокси-4-хидроксифенилазо)бензенсулфонамидо]-1,2 етандиил, натриева

сол]) дотиран с различни концентрации на ZnO наночастици с размери под 50 nm. За да получим пълна информация за реакцията на поляризация на тези тънки слоеве, ние определихме кинетиката на параметрите на Стокс на светлината, преминаваща през слоевете при осветяване чрез линейна поляризирана светлина в зоната на поглъщане на материала, а именно 473 nm. Използвайки параметрите на Стокс, се изчисляват стойностите на двулъчепречупването като функция на времето и се сравняват със слоевете с различни концентрации на наночастиците.

11. Photoinduced birefringence in thin azopolymer films recorded at different temperatures.

Nazarova D, Mateev G, Ivanov D, Blagoeva B, Kostadinova D, Stoykova E, Nedelchev L.
Bulgarian Chemical Communications, 48, Special Issue G, 2016, ISSN:0324-1130, 75-78.

Abstract: In this work we investigate the dependence of characteristics of polarization recording and erasure in thin azopolymer films on the starting temperatures of the sample. Polarized light from DPSS laser with wavelength 444 nm is used for recording of photoinduced birefringence. For erasing the records, thermal method is applied. Birefringence is successfully recorded at different starting temperatures from 25 to 100°C. 3D graphics for visualization of the experimental data are presented. Photoinduced birefringence is calculated from real time monitored Stocks parameters during the entire experiment. This investigation allows us to determine the optimal conditions of recording at elevated temperatures in order to achieve shortest response time or maximal birefringence.

Резюме: В тази работа са изследвани характеристиките на поляризационен запис и изтриване в тънък азополимерен слой в зависимост от различните стартови температури на образеца. За записа на фотоиндуцираното двулъчепречупване е използван лазер с дължина на вълната 444 nm. Изтриването на записите става чрез загряване на образеца. Успешно е реализиран запис на двулъчепречупване при различни температури от 25 до 100°C. Представена е тримерна (3D) графика за визуализация на експерименталните данни. Фотоиндуцираното двулъчепречупване е изчислено на базата на параметрите на Стокс, регистрирани в реално време през целия експеримент. Това изследване ни позволява да определим оптималните условия за запис при по-високи температури с цел да постигнем най-кратко време на отклик или максимално двулъчепречупване.

12. Monitoring of a drying process in azopolymer water solutions by dynamic speckle detection.

Nazarova D, Stoykova E, Nedelchev L, Ivanov B, Berberova N, Malinowski N.
Bulgarian Chemical Communications, 48, Special Issue G, 2016, ISSN:0324-1130, 49-52.

Abstract: Observation of speed of processes by dynamic speckle analysis has been applied to different samples of industrial or biological nature. The method allows for indicating regions of lower or higher activity on the sample surface through statistical processing of the speckle patterns formed on this surface under laser illumination. The aim of the paper is to check applicability of dynamic speckle technique for detection of the drying process in polymer water solutions. For the purpose, we recorded several sets of 256 correlated in time speckle patterns of a transparent drop of PAZO water solution on a glass plate illuminated by a He-Ne laser. The sets were separated by intervals of 5 minutes, and the last set was recorded 75 minutes after the start of the experiment. For statistical description of activity on the observed sample we chose evaluation of a temporal structure function. The obtained two-dimensional maps of the

structure function at different time lags demonstrated efficiency of dynamic speckle analysis for monitoring of drying processes in polymer water solutions.

Резюме: Наблюдаването на скоростта на протичане на процеси с помощта на динамичен спекъл анализ е прилагано към различни образци от индустриално или биологично естество. Методът позволява да се посочат областите с по-ниска и по-висока активност върху повърхността на образца чрез статистическа обработка на спекъл картините, формирани върху тази повърхност при осветяване с лазер. Целта на настоящата работа е да се провери приложимостта на техниката на динамичния спекъл за детектиране на процеса на съхнене на водни разтвори на полимери. За осъществяване на проверката са записани няколко серии от 256 корелирани във времето спекъл картини на прозрачна капка на воден разтвор на PAZO полимер върху стъклена подложка, осветена с He-Ne лазер. Сериите бяха разделени с пет минутни интервали, като последната серия е записана 75 минути след капването на капката. Статистическото описание на активността в наблюдавания образец е проведено чрез пресмятане на времева структурна функция. Получените двумерни разпределения на тази функция за различни времеви лагове потвърдиха ефективността на динамичния спекъл анализ за наблюдаване на процеси във водни разтвори на полимери.

13. Performance of intensity-based non-normalized pointwise algorithms in dynamic speckle analysis.

Stoykova E, **Nazarova D**, Berberova N, Gotchev A.

Optics Express, 23, 19, OSA publishing, 2015, ISSN:1094-4087, DOI:doi: 10.1364/OE.23.025128, 25128-25142.

Abstract: Intensity-based pointwise non-normalized algorithms for 2D evaluation of activity in optical metrology with dynamic speckle analysis are studied and compared. They are applied to a temporal sequence of correlated speckle patterns formed at laser illumination of the object surface. Performance of each algorithm is assessed through the histogram of estimates it produces. A new algorithm is proposed that provides the same quality of the 2D activity map for less computational effort. The algorithms are applied both to synthetic and experimental data.

Резюме: Изследват се и се сравняват базираните на интензитета поточкови ненормирани алгоритми за 2D оценка на активността в оптичната метрология с динамичен спеклен анализ. Те се прилагат във времева последователност от корелирани спекъл картини, образувани при лазерно осветяване на повърхността на обекта. Производителността на всеки алгоритъм се оценява чрез хистограмата на оценките, които той произвежда. Предложен е нов алгоритъм, който осигурява същото качество на двумерната карта на дейностите с по-малко изчислителни усилия. Алгоритмите се прилагат както към синтетични, така и за експериментални данни.

14. Birefringence induced in azopolymer (PAZO) films with different thickness.

Nedelchev L, **Nazarova D**, Mateev G, Berberova N.

Proc. of SPIE, 9447, Bellingham, Wash, 2015, DOI:10.1117/12.2176158, 94471I-1-94471I-7.

Abstract: In this article we present a study of the photoinduced birefringence (Δn) in films of a water soluble azopolymer: poly [1-[4-(3-carboxy-4 hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]-1,

2-ethanediyl, sodium salt] (PAZO). Varying the concentration of the azopolymer in the solution, films with wide range of thicknesses are obtained – from 50 to 2500 nm. The film thickness is determined with a Talystep precision profilometer. Birefringence is measured using a polarimetric setup with a recording laser at 473 nm and probe He-Ne laser at 633 nm. As shown experimentally, the maximal photoinduced birefringence ($\Delta n_{\max}$) does not depend on the thickness and is of the order of 0.07 for all of the investigated samples. The recording time however considerably increases for films thicker than 500 nm.

Резюме: В тази статия представяме изследване на фотоиндуцираното двулучепречупване (Δn) в слоеве от водоразтворим азополимер: поли [1- [4- (3-карбокси-4 хидроксифенилазо) бензенсулфонамидо] -1,2-етандиил, натриева сол] (Pazo). Варирайки различните концентрация на азополимера в разтвора се получават слоеве с широк диапазон на дебелина - от 50 до 2500 nm. Дебелината на слоя се определя с прецизен профилометър Talystep. Двулъчепречупването се измерва с помощта на поляриметрична оптична схема със записващ лазер при 473 nm и пробен He-Ne лазер при 633 nm. Както е показано експериментално, максималното фотоиндуцирано двулучепречупване ($\Delta n_{\max}$) не зависи от дебелината и е от порядъка на 0,07 за всички изследвани образци. Времето за запис обаче значително се увеличава за слоеве с дебелина над 500 nm.

15. A genetic algorithm approach for evaluation of optical functions of very thin tantalum pentoxide films on Si substrate.

Sharlandjiev P S, **Nazarova D I.**

Physica Scripta, 2013, T157, IOP Publishing, 2013, ISSN:1402-4896, DOI:10.1088/0031-8949/2013/T157/014048, 014048.

Abstract: The optical characteristics of tantalum pentoxide films, deposited on Si(100) substrate by reactive sputtering, are studied. These films are investigated as high-kappa materials for the needs of nano-electronics, i.e. design of dynamic random access memories, etc. One problem in their implementation is that metal oxides are thermodynamically unstable with Si and an interfacial layer is formed between the oxide film and the silicon substrate during the deposition process. Herein, the center of attention is on the optical properties of that interfacial layer, which is studied by spectral photometric measurements. The evaluation of the optical parameters of the structure is fulfilled with the genetic algorithm approach. The spectral range of evaluation covers deep UV to NIR. The equivalent physical thickness (2.5 nm) and the equivalent refractive index of the interfacial layer are estimated from 236 to 750 nm as well as the thickness of the tantalum pentoxide film (9.5 nm).

Резюме: Изследват се оптичните характеристики на танталов пентаксидни слоеве, отложени върху Si (100) подложка чрез реактивно разпръскване. Тези филми са изследвани като материали с висока капа за нуждите на наноелектрониката, т.е. проектиране на динамични памет с произволен достъп и пр. Един от проблемите при тяхното приложение е, че металните оксиди са термодинамично нестабилни със Si и между оксида и силициевата основа по време на процеса на отлагане се образува междофазен слой. Тук центърът на вниманието е върху оптичните свойства на този междофазен слой, който се изследва чрез спектрални фотометрични измервания. Оценката на оптичните параметри на структурата се изпълнява с подхода на генетичния алгоритъм. Спектралният обхват на оценката обхваща от дълбокия UV до NIR. Еквивалентната физическа дебелина (2,5 nm) и

еквивалентният показател на пречупване на междофазния слой се изчисляват от 236 до 750 nm, както и дебелината на танталовия пентаксиден слой (9,5 nm).

16. Influence of the size of nanoparticles doped in series of azopolymers of the photoinduced birefringence.

Nazarova D, Nedelchev L, Dragostinova V, Berberova N.

Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 8770, 877009, SPIE, 2013
<https://doi.org/10.1117/12.2013646>

Abstract: In this paper we present a study of the photoinduced anisotropy in novel nanocomposite films of azopolymers doped with ZnO nanoparticles with different sizes – 50 and 100 nm. The photoresponse was evaluated by classical polarimetric setup with two crossed polarizers, recording laser with wavelength 473 nm and probe He-Ne laser. Our experimental results indicate that doping with both 50 and 100 nm sized particles improves the response time, however the smaller size nanoparticles provide increase of $\Delta n_{\max}$ with up to 40%, as the 100 nm particles reduce the saturated value of the birefringence, due to the higher scattering.

Резюме: В тази статия представяме изследване на фотоиндуцираната анизотропия в нови нанокompозитни слоеве от азополимери, дотирани с наночастици ZnO с различни размери - 50 и 100 nm. Фотоотговорът се оценява чрез класическа поляриметрична оптична схема с два кръстосани поляризатора, записващ лазер с дължина на вълната 473 nm и пробен He-Ne лазер. Нашите експериментални резултати показват, че дотирането с частици и с двата размера 50 и 100 nm подобрява времето за реакция, но наночастиците с по-малък размер осигуряват увеличение на $\Delta n_{\max}$ с до 40%, а тези от 100 nm намаляват наситената стойност на двулучепречупването, поради по-голямо разсейване.

17. Photosensitive organic/inorganic azopolymer based nanocomposite materials with enhanced photoinduced birefringence.

Nedelchev L, **Nazarova D**, Dragostinova V.

Journal of photochemistry and photobiology A: Chemistry (JPPA), 261, Elsevier, 2013, ISSN:1010-6030, DOI:[doi:10.1016/j.jphotochem.2013.04.006](https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2013.04.006), 26-30.

Abstract: Different methods have been employed in order to increase the value of the photoinduced anisotropy in azopolymers and to ensure more effective polarization recording. As recently established, doping photopolymers with nanoparticles allows to achieve near 100% net diffraction efficiency in case of conventional holographic recording. For this reason, we have synthesized novel organic/inorganic composite materials by incorporating 50 nm sized ZnO nanoparticles in series of side-chain azopolymers. We obtained a considerable improvement of the photoresponse in these composite materials compared to the non-doped samples – more than 40% increase of the saturated value of the birefringence (up to $n = 0.08$) and also reduction of the recording time with about 30%. We also observed an increase of the photoinduced anisotropy after the exposure has been stopped for one of the investigated polymers. The stability of the photoinduced birefringence in all samples suggests applications of these materials as media for polarization holographic data storage and recording of diffractive optical elements with high efficiency and unique polarization properties.

Резюме: Използвани са различни методи, за да се увеличи стойността на фотоиндуцираната анизотропия в азополимерите и да се осигури по-ефективен поляризационен запис. Както бе установено наскоро, дотирането на фотополимерите с наночастици позволява да се постигне почти 100% нетна дифракционна ефективност в случай на конвенционален холографски запис. Поради тази причина ние синтезирахме нови органични / неорганични композитни материали чрез включване на ZnO наночастици с размер 50 nm в серия от азополимери със странична верига. Постигнахме значително подобрене на фотоотклика в тези композитни материали в сравнение с недотираните слоеве - повече от 40% увеличение на наситената стойност на двулъчепречупването (до $n = 0,08$), а също и намаляване на времето за запис с около 30%. Наблюдавахме и увеличение на фотоиндуцираната анизотропия след спиране на експозицията за един от изследваните полимери. Стабилността на фотоиндуцираното двулъчепречупване във всички образци предполага прилагането на тези материали като среда за поляризационно холографско съхранение на данни и запис на дифракционни оптични елементи с висока ефективност и уникални поляризационни свойства.

18. Time stability of photoinduced birefringence in amorphous and liquid-crystalline azopolymers.

Nedelchev L L, Nazarova D I.

Bulgarian Chemical Communications, 45, B, Bulgarian Academy of Sciences, Union of Chemists in Bulgaria, 2013, ISSN:0324-1130, 141-144.

Abstract: One of the most important parameters for every optical data storage media is the stability of the recorded information in time. When polarization holography is used for data recording, the information is encoded via the photoinduced anisotropy (most often birefringence) in the media. In this article we present a study on the stability of the photoinduced birefringence (Δn) in amorphous (P_1) and liquid-crystalline (LC) azobenzene polymer (P_2) with similar structures of the backbone and the chromophore unit, but different spacers between them. As our experiments indicate, 72 % of the photoinduced birefringence is retained in the polymer P_1 , and 104 % in the polymer P_2 one hour after the end of the recording process i.e. the stability of the birefringence in the LC polymer is considerably higher than in the amorphous.

Резюме: Един от най-важните параметри на всяка среда за оптичен запис на информация е стабилността на записаната информация във времето. Когато записа се извършва чрез поляризационна холография, информацията се кодира чрез фотоиндуцираната в средата анизотропия (най-често двулъчепречупване). В настоящата статия е представено изследване на фотоиндуцираното двулъчепречупване (Δn) в два азополимера – аморфен P_1 и течнокристален P_2 с еднакви структури на главната верига и хромофора, но различни дължини на страничните вериги. Както показват експерименталните данни, един час след прекратяването на записа в полимер P_1 се запазват 72 % от фотоиндуцираното двулъчепречупване, а в полимер P_2 – 104 % т.е. стабилността на двулъчепречупването в течнокристалния полимер е значително по-висока отколкото в аморфния.

19. Large photoinduced birefringence observed over a wide spectral range in an amorphous azopolymer.

Nedelchev L L, Nazarova D I, Petrova P K.

Bulgarian Chemical Communications, 45, B, Bulgarian Academy of Sciences, Union of Chemists in Bulgaria, 2013, ISSN:0324-1130, 133-136.

Abstract: The birefringence spectrum $\Delta n(\lambda)$ for an amorphous azopolymer synthesized in the Institute of Optical Materials and Technologies is measured in a wide wavelength region – from 390 to 700 nm. High values of Δn are established – from 0.02 at the longer wavelengths up to 0.05 close to 400 nm. Hence, the polymer could be used in applications such as polarization holographic gratings and diffractive optical elements with unique polarization properties usable in the entire visible range.

Резюме: В статията са представени експериментални данни за спектъра на двулъчепречупване $\Delta n(\lambda)$ за аморфен полимер, синтезиран в Института по Оптически Материали и Технологии към БАН. Измерването е в широк спектрален диапазон – от 390 до 700 nm. Установени са високи стойности на Δn : от 0,02 за дълговълновата част на спектъра, до 0,05 в близост до 400 nm. От това следва, че полимерът е подходящ за приложения от типа на поляризационни холографски решетки и дифракционни оптични елементи с работна област, обхващаща целия видим спектър.

20. UV and NIR optical functions of very thin ($< \lambda / 50$) Hf, Al or Ti doped tantalum pentoxide films, deposited on Si [100] substrate.

Sharlandjiev P S, Nazarova D I.

Bulgarian Chemical Communications, 45, B, Bulgarian Academy of Sciences, Union of Chemists in Bulgaria, 2013, ISSN:0324-1130, 51-54.

Abstract: We study the optical characteristics of tantalum pentoxide films, deposited on Si [100] substrate by reactive sputtering. These films are investigated as high-kappa materials for the needs of nano-electronics, i.e. design of DRAM. Metal oxides are thermodynamically unstable with Si and an interfacial layer is formed between the oxide film and the silicon substrate during the deposition process. The physical situation gets more complicated when the Ta₂O₅ layer is doped – the overall structure becomes non-homogeneous. Herein, we study the optical properties of Ta₂O₅ layer deposited on Si substrate and doped with Hf, Al or Ti. The evaluation of the optical parameters of the structure is fulfilled with the genetic algorithm approach from spectral photometric measurements. The overall physical thickness of the structure, assumed to be equivalent to 3 homogeneous layers and the equivalent refractive indices of each layer are estimated from 240 to 750 nm.

Резюме: Изследвали сме оптическите характеристики на слоеве от танталов пентооксид, отложени върху Si (100) подложки. Ta₂O₅ е представител на хай-капа (high-kappa) материалите, които са най-перспективни за развитието на нано-електрониката. Съществен проблем при дизайна и производството им е, че металните оксиди са термодинамично нестабилни към Si. Това води до получаване по време на техния синтез на нежелан слой 1 – 2 nm на границата между подложката и хай-капа филма. Ако Ta₂O₅ слоевете се дотират, структурата като цяло става нехомогенна, но електрическото ѝ поведение се подобрява. Тук разглеждаме оптическите свойства на Ta₂O₅ слоеве, отложени върху Si подложки и дотирани с Hf, Al и Ti. Слоевете са изследвани спектрофотометрично в областта 240 – 750 nm, а измерванията са интерпретирани чрез решаване на обратната оптическа задача с помощта на Генетичния Алгоритъм.

21. Photoinduced anisotropy in azodyes Alizarin Yellow R and Mordant Pure Yellow in a gelatin matrix.

Ilieva D P, Nedelchev L L, **Nazarova D I.**

Bulgarian Chemical Communications, 45, B, BAS, Union of Chemists in Bulgaria, 2013, ISSN:0324-1130, 137-140,

Abstract: We present a study of the photoinduced changes in the absorbance spectra $D(\lambda)$ on illumination with linearly polarized light for two azo dyes – Alizarin Yellow R (AYR) and Mordant Pure Yellow (MPY) in gelatine matrix. The spectra of the photoinduced dichroism ΔD are measured in the UV-visible range. We give an experimental evidence that the cis-form of the bis-azo dye Mordant Pure Yellow is anisotropic and reorients into direction perpendicular to the exciting light polarization. It is also shown that the photoinduced dichroism is stable for one month after the illumination.

Резюме: В настоящата работа са представени резултатите от изследване на фотоиндуцираните промени в спектрите на поглъщане $D(\lambda)$ при облъчване с линейно поляризирана светлина за две азобагрила – Ализарин Жълто Р (АЖР) и Протравно Чисто Жълто (ПЧЖ) в матрица от желатин. Спектрите на фотодихроизъм $\Delta D = D_{\text{ort}} - D_{\text{par}}$ са измерени в УВ и видимата област. Представено е експериментално доказателство, че цис изомерът на бисазобагрилото Протравно Чисто Жълто е анизотропен и се преориентира перпендикулярно на посоката на поляризация на въздействащата светлина. Показано е също, че фотоиндуцирания дихроизъм е стабилен един месец след облъчването.

София,
Април, 2020г.

Изготвил справката:



(доц. д-р Димана Назърова)