

T. 6

**Резюмета на рецензираните публикации на български и на английски език,
с които се кандидатства в настоящата процедура за доцент
от гл. ас. д-р Величка Йорданова Стрижкова-Кендерова**

6.1 Резюмета на рецензираните публикации, еквивалентни на хабилитационен труд

1. Morphometry and Stiffness of Red Blood Cells—Signatures of Neurodegenerative Diseases and Aging

Velichka Strijkova-Kenderova, Svetla Todinova, Tonya Andreeva, Desislava Bogdanova, Ariana Langari, Avgustina Danailova, Sashka Krumova, Elena Zlatareva, Nikolay Kalaydzhiev, Ivan Milanov and Stefka G. Taneva

Abstract: Human red blood cells (RBCs) are unique cells with the remarkable ability to deform, which is crucial for their oxygen transport function, and which can be significantly altered under pathophysiological conditions. Here we performed ultrastructural analysis of RBCs as a peripheral cell model, looking for specific signatures of the neurodegenerative pathologies (NDDs)—Parkinson’s disease (PD), amyotrophic lateral sclerosis (ALS) and Alzheimer’s disease (AD), utilizing atomic force (AFM) and conventional optical (OM) microscopy. We found significant differences in the morphology and stiffness of RBCs isolated from patients with the selected NDDs and those from healthy individuals. Neurodegenerative pathologies’ RBCs are characterized by a reduced abundance of biconcave discoid shape, lower surface roughness and a higher Young’s modulus, compared to healthy cells. Although reduced, the biconcave is still the predominant shape in ALS and AD cells, while the morphology of PD is dominated by crenate cells. The features of RBCs underwent a marked aging-induced transformation, which followed different aging pathways for NDDs and normal healthy states. It was found that the diameter, height and volume of the different cell shape types have different values for NDDs and healthy cells. Common and specific morphological signatures of the NDDs were identified.

Морфометрични и еластични свойства на червените кръвни клетки като маркер за невродегенеративни заболявания и стареене

Величка Стрижкова-Кендерова, Светла Тодинова, Тоня Андреева, Десислава Богданова, Ариана Лангари, Августина Данаилова, Сашка Крумова, Елена Златарева, Николай Калайджиев, Иван Миланов и Стефка Г. Танева

Резюме : Човешките червени кръвни клетки (RBC) са уникални клетки със забележителната способност да се деформират, което е от решаващо значение за тяхната кислородна транспортна функция и които могат да бъдат значително променени при патологични условия. Тук направихме ултраструктурен анализ на червените кръвни

клетки като периферен клетъчен модел, търсейки специфични признаци на невродегенеративните патологии (NDD) - болест на Паркинсон (PD), амиотрофична латерална склероза (ALS) и болест на Алцхаймер (AD), използвайки атомно-силова микроскопия (AFM) и конвенционална оптична (OM) микроскопия. Открихме значителни разлики в морфологията и твърдостта на червените кръвни клетки, изолирани от пациенти с избрани NDD и тези от здрави индивиди. Червените кръвни клетки при невродегенеративни патологии се характеризират с намалено изобилие от двойно вдлъбната форма, по-ниска грапавост на повърхността и по-висок модул на Юнг в сравнение със здравите клетки. Въпреки че е намален, двойно вдлъбнатата все още е преобладаващата форма в ALS и AD клетките, докато морфологията на PD е доминирана от кренатни (назъбени – имат форма с неправилен диск) клетки. Характеристиките на червените кръвни клетки претърпяват значителна трансформация, предизвикана от стареенето, която следва различни пътища на стареене за NDD и нормални здрави състояния. Установено е, че диаметърът, височината и обемът на различните типове форма на клетките имат различни стойности за NDD и здрави клетки. Бяха идентифицирани общи и специфични морфологични сигнатури на NDD.

2. Morphometric and Nanomechanical Features of Erythrocytes Characteristic of Early Pregnancy Loss

Ariana Langari, **Velichka Strijkova**, Regina Komsa-Penkova, Avgustina Danailova, Sashka Krumova, Stefka G. Taneva, Ina Giosheva, Emil Gartchev, Kamelia Kercheva, Alexey Savov and Svetla Todinova

Abstract: Early pregnancy loss (EPL) is estimated to be between 15 and 20% of all adverse pregnancies. Approximately, half of EPL cases have no identifiable cause. Herein, we apply atomic force microscopy to evaluate the alteration of morphology and nanomechanics of erythrocytes from women with EPL with unknown etiology, as compared to healthy pregnant (PC) and nonpregnant women (NPC). Freshly isolated erythrocytes from women with EPL differ in both the roughness value (4.6 ± 0.3 nm, $p < 0.05$), and Young's modulus (2.54 ± 0.6 MPa, $p < 0.01$) compared to the values for NPC (3.8 ± 0.4 nm and 0.94 ± 0.2 MPa, respectively) and PC (3.3 ± 0.2 nm and 1.12 ± 0.3 MPa, respectively). Moreover, we find a time-dependent trend for the reduction of the cells' morphometric parameters (cells size and surface roughness) and the membrane elasticity—much faster for EPL than for the two control groups. The accelerated aging of EPL erythrocytes is expressed in faster morphological shape transformation and earlier occurrence of speculated and spherical-shaped cells, reduced membrane roughness and elasticity with aging evolution. Oxidative stress in vitro contributed to the morphological cells' changes observed for EPL senescent erythrocytes. The ultrastructural characteristics of cells derived from women with miscarriages show potential as a supplementary mark for a pathological state.

Морфометрични и нанометрични свойства на еритроцити характерни при ранна загуба на плода

Ариана Лангари, **Величка Стрижкова**, Регина Комса-Пенкова, Августина Данаилова, Сашка Крумова, Стефка Г. Танева, Ина Гьошева, Емил Гарчев, Камелия Керчева, Алексей Савов и Светла Тодинова

Резюме: Ранната загуба на бременност (EPL) се оценява между 15 и 20% от всички неблагоприятни бременности. Приблизително половината от случаите на EPL нямат идентифицирана причина. Тук прилагаме атомно силова микроскопия за оценка на промяната на морфологията и наномеханиката на еритроцитите от жени с EPL с неизвестна етиология, в сравнение със здрави бременни (PC) и жени без установена бременност (NPC). Прясно изолираните еритроцити от жени с EPL се различават както по стойността на грапавостта ($4,6 \pm 0,3$ nm, $p < 0,05$) и модула на Юнг ($2,54 \pm 0,6$ MPa, $p < 0,01$) в сравнение със стойностите за NPC ($3,8 \pm 0,4$ nm и $0,94 \pm 0,2$ MPa, съответно) и PC ($3,3 \pm 0,2$ nm и $1,12 \pm 0,3$ MPa, съответно). Освен това е установено, че зависимостта от времето на морфометрични параметри (размер на клетките и грапавост на повърхността) и еластичността на мембраната е намаляваща за всички клетки. Този процес е много по-бърз за EPL, отколкото за двете контролни групи. Ускореното стареене на EPL еритроцитите се изразява в по-бърза морфологична трансформация на клетъчната форма и по-ранна поява на спикулцити и сфероцити; намалена грапавост и еластичност на мембраната с еволюцията на стареенето. Приложения окислителен стрес *in vitro* допринесе за морфологичните промени в клетките, подобни на тези наблюдавани за стареещи EPL еритроцити. Ултраструктурните характеристики на клетките, получени от жени със спонтанен аборт показват потенциал като допълнителен белег за патологично състояние.

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

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

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.

Поляризационен холографски запис в тънки слоеве от чист азополимер и хибридни материали на основата на азополимер

Н. Берберова, Д. Даскалова, **В. Стрижкова**, Д. Костадинова, Д. Назарова, Л. Неделчев, Е. Стойкова, В. Маринова, Ч.Х. Чи, S.H. Лин

Резюме: Наскоро бе наблюдаван ефект на усилване на двойното лъчепречупване в азополимери, легирани с различни наночастици. Статията представя сравнение между параметрите на поляризационните холографски решетки записани в чист азополимер PAZO (Поли[1-[4-(3-карбокси-4-хидроксифенилазо)бензенсулфонамидо]- 1,2-етандиил, натриева сол]) и в хибриден органичен/неорганичен материал на базата на PAZO с вградени наночастици от ZnO с размер по-малък от 50 nm. За холографския запис се използва лазер с дължина на вълната при 491 nm. Наред с анизотропната решетка в обема на средата се образува и повърхностен релеф. Чрез промяна на ъгъла на запис са получени решетки с различни пространствени честоти. Изследвана е зависимостта на дифракционната ефективност от времето при 635 nm и е определена височината на релефните решетки с помощта на атомно силов микроскоп-AFM. Нашите резултати показват, че както дифракционната ефективност, така и височината на повърхностния релеф за хибридните образци са подобрени по отношение на чистите азополимерни слоеве.

4. Influence of the size of Au nanoparticles on the photoinduced birefringence and diffraction efficiency of polarization holographic gratings in thin films of azopolymer nanocomposites

Nataliya Berberova-Buhova , Lian Nedelchev *, Georgi Mateev , Elena Stoykova , **Velichka Strijkova** , Dimana Nazarova

Abstract: This study is aimed to determine the influence of the size of gold (Au) nanoparticles (NP) doped in azopolymer PAZO (poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]-1,2-ethanediyl, sodium salt]) on the photoinduced birefringence of the nanocomposite thin films as well as on the diffraction efficiency of polarization holographic gratings recorded in them. For this reason, we used spherical Au NP with five different dimensions – 10, 20, 30, 40 and 50 nm. Concentrations of the NP in the nanocomposites varied from 0 a.u. (non-doped samples) to 16 a.u. where 1 a.u. corresponds to 0.015 wt %. Birefringence was induced with He–Cd laser ($\lambda = 442$ nm) and measured at 635 nm using DPSS laser. We observe an enhancement of photoinduced birefringence, which is most pronounced for the Au NP with size 20 nm. The polarization holographic gratings were inscribed with two orthogonal circular polarizations (left- and right-handed). AFM measurements were performed to determine the properties of the resulting surface relief gratings. Our results indicate that both the diffraction efficiencies and surface relief modulation of the gratings inscribed in the nanocomposite thin films are higher compared to those in the non-doped samples.

Влияние на размера на Au наночастиците върху фотоиндуцираното двойно пречупване и дифракционната ефективност на поляризационни холографски решетки в тънки филми от азополимерни нанокомпозити

Наталия Берберова-Бухова, Лиян Неделчев, Георги Матеев, Елена Стойкова, **Величка Стрижкова**, Димана Назарова

Резюме: Това изследване има за цел да определи влиянието на размера на златните (Au) наночастици (NP), дотирани в азополимер PAZO (поли[1-[4-(3-карбокси-4-хидроксифенилазо)бензенсулфонамидо]-1,2-етандиил, натриева сол]) върху фотоиндуцирано двойно лъчепречупване в нанокомпозитните тънки слоеве, както и върху дифракционната ефективност при поляризационния холографски запис на решетки в тях. Поради тази причина използвахме сферичен Au NP с пет различни измерения – 10, 20, 30, 40 и 50 nm. Концентрациите на NP в нанокомпозитите варират от 0 а.у. (нелегирани проби) до 16 а.у., където 1 а.у. съответства на 0,015 тегл. %. Двойното пречупване се предизвиква с He-Cd лазер ($\lambda = 442$ nm) и измерена с помощта на DPSS лазер при 635 nm. Наблюдаваме засилване на фотоиндуцираното двойно пречупване, което е най-силно изразено за Au NP с размер 20 nm. Поляризационните холографски решетки бяха записани с две ортогонални кръгови поляризации (лява и дясна). С помощта на AFM са направени измервания за определяне на свойствата на получените повърхностни релефни решетки. Нашите резултати показват, че и дифракционната ефективност и модулацията на повърхностния релеф на решетките, записани в нанокомпозитните тънки слоеве, са по-високи в сравнение с тези в нелегираните проби.

5. Polarization holographic gratings with high diffraction efficiency recorded in azopolymer PAZO

L. Nedelchev, D. Ivanov, N. Berberova, **V. Strijkova**, D. Nazarova

Abstract Azopolymers are one of the most efficient materials able to record the polarization state of light. They have numerous applications, such as data storage and diffractive optical elements with unique polarization properties. An essential parameter for each diffractive element is its diffraction efficiency η . In order to optimize the recording conditions and obtain high-efficient polarization holographic gratings, in the present work we study the dependence of the diffraction efficiency on the recording angle and thickness of a series of azopolymer layers. Three recording angles are used – 10°, 20° and 30° and three series of thin films with thicknesses 470, 850 and 2400 nm from the water-soluble azopolymer PAZO. The gratings are inscribed by two plain waves with left and right circular polarization from a He-Cd gas laser (442 nm). The diffraction efficiency of the gratings is probed with a right hand circularly polarized beam from a probe laser with wavelength 635 nm. The kinetics of diffraction efficiency $\eta(t)$ in the + 1 diffraction order are presented and compared. Our experimental results indicate that highest diffraction efficiency (more than 40%) is obtained for the sample with thickness 2400 nm and for recording angle 10°. As the holographic recording in azopolymers is usually

accompanied by formation of surface relief gratings, the surface topography of the recorded samples is also investigated by atomic force microscopy.

Поляризационни холографски решетки с висока дифракционна ефективност, записани в азополимер PAZO

Л. Неделчев, Д. Иванов, Н. Берберова, В. Стрижкова, Д. Назарова

Резюме: Азополимерите са едни от най-ефективните материали, които могат да записват поляризационното състояние на светлината. Те имат множество приложения, като устройства за съхранение на данни и дифракционни оптични елементи с уникални поляризационни свойства. Съществен параметър за всеки дифракционен елемент е неговата дифракционна ефективност η . За да се оптимизират условията на запис и получаване на високоефективни поляризационни холографски решетки, в настоящата работа ние изследвахме зависимостта на дифракционната ефективност от ъгъла на запис и дебелината на серия азополимерни слоеве. Използват се три ъгъла на запис – 10° , 20° и 30° и три серии от тънки слоеве с дебелини 470, 850 и 2400 nm от водоразтворимия азополимер PAZO. Решетките са записани от две вълни с лява и дясна кръгла поляризация от He-Cd газов лазер (442 nm). Дифракционната ефективност на решетките се изследва с дясно кръгово поляризиран лъч от лазер с дължина на вълната 635 nm. Представена е кинетиката на дифракционната ефективност $\eta(t)$ на ± 1 дифракционен порядък. Нашите експериментални резултати показват, че най-висока дифракционна ефективност (повече от 40%) се получава за пробата с дебелина 2400 nm и за ъгъл на запис 10° . Тъй като холографският запис в азополимерите обикновено е придружен от образуване на повърхностна релефна решетка, с помощта на атомен силов микроскоп са изследвани и топографията на повърхността на записаните образци.

6. Tunable Polarization and Surface Relief Holographic Gratings in Azopolymer Nanocomposites with Incorporated Goethite (α -FeOOH) Nanorods

Lian Nedelchev,, Georgi Mateev, **Velichka Strijkova**, Verónica Salgueiriño, David S. Schmool, Nataliya Berberova-Buhova, Elena Stoykova and Dimana Nazarova

Abstract: We employ two approaches to tune the properties of concurrently inscribed volume polarization and surface relief gratings in nanocomposite thin films containing the azopolymer PAZO (poly[1-4-(3-carboxy-4-hydrophenylazo)benzensulfonamido]-1,2-ethanediyl, sodium salt]) and goethite (α -FeOOH) nanorods. The first one is applied on the stage of sample preparation by varying the concentration of the goethite nanorods from 0% to 15%. Then, different angles between the recording beams are set in the holographic scheme, which allow us to obtain gratings with spatial periods in the range from 0.86 to 2.51 μm . Surface relief modulation close to 300 nm is achieved as well as total diffraction efficiency in the ± 1 diffracted orders of more than 50%. The influence of the incorporated goethite nanorods on the properties of both volume birefringence and the surface relief grating are discussed.

Холографски решетки с регулируема поляризация и релеф на повърхността в азополимерни нанокомпозити с вградени гъотитни (α -FeOОН) нанопръчки

Лиан Неделчев, Георги Матеев, **Величка Стрижкова**, Вероника Салгейриньо, Дейвид С. Шмул, Наталия Берберова-Бухова, Елена Стойкова и Димана Назарова

Резюме: Използваме два подхода за управление на свойствата на едновременно записани обемни поляризационни и повърхностни релефни решетки в нанокомпозитни тънки слоеве, съдържащи азополимера PAZO (поли[1-4-(3-карбокси-4-хидрофенилазо)бензенсулфонамидо]-1,2-етандиил, натриева сол]) и нанопръчки от гъотит (α -FeOОН). Първият се прилага на етапа на подготовка на образците чрез вариране на концентрацията на гъотитовите нанопръчки от 0% до 15%. След това, се задават различни ъгли между записващите лъчи в холографската схема, което ни позволява да получим решетки с пространствени периоди в диапазона от 0,86 до 2,51 μm . Постигната е модулация на повърхностния релеф до 300 nm както и обща дифракционна ефективност в ± 1 дифракционен порядък над 50%. Разгледано е влиянието на включените гъотитни нанопръчки върху свойствата както на обемното двулъчепречупване, така и на релефа на повърхностната решетката.

6.2 Резюмета на рецензираните публикации извън хабилитационния труд, с които се кандидадства в настоящата процедура за доцент

7. Atomic Layer-Deposited Al-Doped ZnO Thin Films for Display Applications

Dimitre Dimitrov, Che-Liang Tsai, Stefan Petrov, Vera Marinova, Dimitrina Petrova, Blagovest Napoleonov, Blagoy Blagoev, **Velichka Strijkova**, Ken Yuh Hsu and Shiuan Huei Lin

Abstract: The integration of high uniformity, conformal and compact transparent conductive layers into next generation indium tin oxide (ITO)-free optoelectronics, including wearable and bendable structures, is a huge challenge. In this study, we demonstrate the transparent and conductive functionality of aluminum-doped zinc oxide (AZO) thin films deposited on glass as well as on polyethylene terephthalate (PET) flexible substrates by using an atomic layer deposition (ALD) technique. AZO thin films possess high optical transmittance at visible and near-infrared spectral range and electrical properties competitive to commercial ITO layers. AZO layers deposited on flexible PET substrates demonstrate stable sheet resistance over 1000 bending cycles. Based on the performed optical and electrical characterizations, several applications of ALD AZO as transparent conductive layers are shown—AZO/glass-supported liquid crystal (LC) display and AZO/PET-based flexible polymer-dispersed liquid crystal (PDLC) devices.

Атомно послойно получаване на тънки слоеве от ZnO, дотирани с Al, за приложение в дисплей технологиите

Димитър Димитров, Че-Лян Цай, Стефан Петров, Вера Маринова, Димитрина Петрова, Благовест Наполеонов, Благой Благоев, **Величка Стрижкова**, Кен Ю Хсу и Шиуан Хуей Лин

Резюме: Интегрирането на еднородни, конформални и компактни прозрачни проводими слоеве в оптоелектрониката, включително върху разтегливи и огъващи се носители (подложки), без да се използва индиево калаен оксид (ITO), е огромно предизвикателство. В това проучване е демонстрирана функционалността, като прозрачност и проводимост на тънки слоеве от легиран с алуминий цинков оксид (AZO), отложени върху стъкло, както и върху гъвкави подложки от полиетилен терефталат (PET) чрез техниката на последователно отлагане на атомни слоеве (ALD). Тънките слоеве от AZO притежават висока оптична пропускливост във видимия и близък инфрачервен спектрален обхват и електрически свойства, конкурентни на търговските ITO слоеве. AZO слоевете, отложени върху гъвкавите PET подложки демонстрират стабилно листово съпротивление при над 1000 цикъла на огъване. Въз основа на определените оптични и електрически характеристики са показани две приложения на ALD AZO като прозрачни проводими слоеве – дисплей с течни кристали с прозрачни електроди AZO\стъкло и гъвкави устройства на база полимерно –диспергиран течен кристал(PDLC) AZO\PET прозрачна и проводяща гъвкава структура

8. ALD Deposited ZnO:Al Films on Mica for Flexible PDLC Devices

Dimitre Z. Dimitrov, Zih Fan Chen, Vera Marinova, Dimitrina Petrova, Chih Yao Ho, Blagovest Napoleonov, Blagoy Blagoev, **Velichka Strijkova**, Ken Yuh Hsu, Shiuan Huei Lin and Jenh-Yih Juang

Abstract: In this work, highly conductive Al-doped ZnO (AZO) films are deposited on transparent and flexible muscovite mica substrates by using the atomic layer deposition (ALD) technique. AZO-mica structures possess high optical transmittance at visible and near-infrared spectral range and retain low electric resistivity, even after continuous bending of up to 800 cycles. Structure performances after bending tests have been supported by atomic force microscopy (AFM) analysis. Based on performed optical and electrical characterizations AZO films on mica are implemented as transparent conductive electrodes in flexible polymer dispersed liquid crystal (PDLC) devices. The measured electro-optical characteristics and response time of the proposed devices reveal the higher potential of AZO-mica for future ITO-free flexible optoelectronic applications.

ALD отложени ZnO:Al слоеве върху слюда за гъвкави PDLC устройства

Димитре З. Димитров, Зих Фен Чен, Вера Маринова, Димитрина Петрова, Чих Яо Хо, Благовест Наполеонов, Благой Благоев, **Величка Стрижкова**, Кен Юх Хсу, Шиуан Хуей Лин и Джен-Йи Джуанг

Резюме: В тази работа са получени силнопроводими слоеве от ZnO, легирани с Al (AZO), върху прозрачни и гъвкави подложки от мусковитова слюда чрез използване на техниката за последователно отлагане на атомни слоеве (ALD). Структурите на AZO-слюда притежават висока оптична пропускливост във видимия и близкия инфрачервен спектрален диапазон и запазват ниско електрическо съпротивление, дори след непрекъснато огъване до 800 цикъла. Чрез анализ с атомно-силова микроскопия (AFM) са определени структурните характеристики на слоевете след тестове за огъване. На базата на измерените оптични и електрически характеристики, AZO слоевете върху слюда са адаптирани като прозрачни проводими електроди в устройства с гъвкави полимерно диспергирани течни кристали (PDLC). Измерените електрооптични характеристики и времето за реакция на предложените устройства разкриват високия потенциал на AZO-слюда за бъдещи гъвкави оптоелектронни приложения без ITO.

9. Ga-Doped ZnO Coating—A Suitable Tool for Tuning the Electrode Properties in the Solar Cells with CdS/ZnS Core-Shell Quantum Dots

Mariya Aleksandrova, Tatyana Ivanova, **Velichka Strijkova**, Tsvetozar Tsanev, Ajaya Kumar Singh, Jai Singh and Kostadinka Gesheva

Abstract: Two layer system from sputtered indium tin oxide (ITO) and gallium doped zinc oxide (Ga:ZnO, GZO) were studied for transparency in the visible electromagnetic range, reflectivity in the near infrared range, conductivity and valent band for a solar cells with quantum dots. The bi-layer coatings produced at optimized oxygen partial pressure, films thickness and surface roughness exhibit improved optical properties without worsening the electrical parameters, even if additional oxygen introduction during the reactive sputtering of the GZO. With an average optical transmittance of 91.3% in the visible range, average reflection and resistivity lower than $0.4 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$, these coatings are suitable for top electrode in the solar cells. The obtained results reveal that multilayered stacks of transparent ITO/Ga-doped ZnO coatings possess relatively low surface roughness (7–9 nm) and appropriate refractive index. The additional oxidation of GZO films induces modification of the film thickness and respectively of their optical performances.

ZnO покритие легирано с Ga— подходящ метод за настройка на свойствата на електрода в слънчевите клетки с квантови точки CdS/ZnS от типа ядро-обвивка

Мария Александрова, Татяна Иванова, **Величка Стрижкова**, Цветозар Цанев, Аджая Кумар Сингх, Джай Сингх и Костадинка Гешева

Резюме: Двуслойна система от разпрашен индиево калаен оксид (ITO) и цинков оксид, легиран с галий (Ga:ZnO, GZO) бяха изследвани за пропускливост във видимия електромагнитен обхват, отражателна способност в близкия инфрачервен обхват, проводимост и валентна зона за слънчеви клетки с квантови точки. Двуслойните покрития, получени при оптимизирано парциално налягане на кислорода, дебелина на

слоя и грапавост на повърхността показват подобрени оптични свойства, без да влошават електрическите параметри, дори при допълнително въвеждане на кислород по време на разпрашване на GZO. Получените резултати - средна оптична пропускливост от 91,3% във видимия диапазон, средно отражение и съпротивление по-ниски от $0,4 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$, показват че тези покритията са подходящи за приложение като горен електрод в слънчевите клетки. Многослойната структура от прозрачни ITO/Ga-легирани ZnO покрития притежават относително ниска грапавост на повърхността (7–9 nm) и подходящ показател на пречупване. Допълнителното окисление на GZO слоевете водят до промяна на дебелина им и съответно на техните оптични характеристики.

10. Study of Sputtered ZnO:Ga₂O₃ Films for Energy Harvesting Applications

Mariya Aleksandrova, Tatyana Ivanova, Frank Hamelmann, **Velichka Strijkova** and Kostadinka Gesheva

Abstract: Thin films of ZnO:Ga₂O₃ (ZGO) were deposited by radio frequency (RF) sputtering at voltages of 0.5, 0.9 and 1.1 kV. The films were studied with respect to their suitability in flexible piezoelectric nanogenerators. The analysis of the spectroscopic and microscopic results showed that piezoelectric features were revealed for the films grown at all sputtering voltages, but the most favorable morphology in terms of low roughness was achieved at 1.1 kV. The effect of the sputtering voltage on the films crystallinity and lattice strain was studied. It was found that the increasing sputtering voltage promoted the films crystallization. Additionally, the presence of oxygen vacancies in the piezoelectric films was negligible as it is not a major factor affecting their performance. The electrical measurements of the Ag/ZnO:Ga₂O₃/Ag harvester on a flexible substrate in the low-frequency range showed a piezoelectric voltage of 414 mV, a current of 10.4 μA and an electric power output of 1.4 μW at a mass load of 100 g. These results were achieved by a simple architecture of a single piezoelectric layer with a relatively small size of 3 cm² and small piezoelectric film thickness (600 nm) containing lead-free material. It was proven that the sputtered ZGO films are suitable for energy harvesting elements and their performance could be tuned by the sputtering voltage. Another possible application of the proposed device, excluding low-frequency vibrational harvesting, could be a pressure sensor or strain gauge, due to the good linearity of the electrical parameter dependences on the strain.

Изследване на слоеве от ZnO:Ga₂O₃ с приложение за „улавяне“ на моментна енергия

Мария Александрова, Татяна Иванова, Франк Хамелман, **Величка Стрижкова** и Костадинка Гешева

Резюме: Тънки слоеве от ZnO:Ga₂O₃ (ZGO) бяха отложени чрез високочестотно (RF) разпрашване при напрежения от 0,5, 0,9 и 1,1 kV. Слоевете бяха изследвани по отношение на тяхното приложение в гъвкави пиезоелектрични наногенератори. Анализът на спектроскопските и микроскопските резултати показва, че всички слоеве, получени при различните напрежения на разпрашване, притежават пиезоелектрични характеристики,

но най-благоприятна морфология по отношение на ниската грапавост е постигната при напрежение 1,1 kV. Изследван е ефектът на разпрашващото напрежение при получаването върху кристалността на слоевете и деформацията на решетката. Установено е, че нарастващото напрежение при разпрашването води до засилена кристализация на слоевете. Освен това, наличието на кислородните вакантни места е незначително в пиезоелектричните слоеве, тъй като не са основен фактор за тяхното действие. Електрическите измервания на структурата Ag/ZnO:Ga₂O₃/Ag върху гъвкава подложка в нискочестотния диапазон показва пиезоелектрическо напрежение от 414 mV, ток от 10,4 μ A и изходна електрическа мощност от 1,4 μ W при масово натоварване от 100 g. Тези резултати са постигнати чрез структура от единичен пиезоелектричен слой с относително малък размер от 3 cm² и с малъка дебелина на слоя (600 nm), не съдържащ олово. Доказано е, че слоевете от ZGO получени чрез разпрашване са подходящи за енергопреобразувателните елементи и тяхната производителност може да бъде управлявана чрез напрежението на разпрашване. Друго възможно приложение на предложеното устройство, може да бъде сензор за налягане или тензометър, поради добрата линейност на електрическите характеристики в зависимост от деформацията.

11.Evolution of WSe₂ Flakes Synthesized by Thermally Assisted Conversion

Method

Vera Marinova, , Krastyo Buchkov, Vladimira Videva, Irnik Dionisiev, Nikolay Minev, **Velichka Strijkova** , Deyan Dimov, Hristosko Dikov, Ivalina Avramova, Peter Rafailov and Dimitre Dimitrov

Abstract: We report the synthesis of tungsten diselenide (WSe₂) flakes and continuous layers using an atmospheric pressure thermally assisted conversion (TAC) method, where the tungsten (W) layers were pre-deposited by a magnetron sputtering system onto fused silica substrates. Optical microscopy (OM) and atomic force microscopy (AFM) mapping predominantly revealed the formation of isolated flakes with different shapes, mainly concentrated near the substrate's edges, which tended to form clusters and to further overlap to continuous layers, moving to the central part of the fused silica substrates. Raman spectroscopy and photoluminescence measurements confirmed the existence of atomically thin flakes and 2H-WSe₂ continuous layers. The measured current–voltage characteristics indicated Ohmic behavior under dark conditions and photo illumination. Finally, the demonstrated resistor-like behavior suggested unlimited prospects for WSe₂ integration into a variety of heterostructures.

Еволюция на WSe₂ люспи, синтезирани чрез термично асистиран метод (ТАС) за преобразуване

Вера Маринова, Кръстьо Бучков, Владимир Видева, Ирник Дионисиев, Николай Минев, **Величка Стрижкова**, Деян Димов, Христоско Диков, Ивалина Аврамова, Петър Рафаилов и Димитър Димитров

Резюме: Разработен е метод за синтез на люспи (флейки) от волфрамов диселенид (WSe_2) и непрекъснати слоеве, с използване метода термично асистирано преобразуване (ТАС) при атмосферно налягане, при който слоевете от волфрам (W) са предварително отложени чрез магнетронно разпръскване върху подложки от стопен кварц. Проведеният анализ с Оптичен микроскоп (ОМ) и изследването с атомно силова микроскопия (AFM) разкриват образуването на изолирани люспи с различни форми, концентрирани главно в близост до краищата на подложката. Преминавайки към централната част на подложката от стопен кварц, люспите са склонни да образуват клъстери и допълнително да се припокриват и преминават в непрекъснат слой. Рамановата спектроскопия и измерванията на фотолуминесценция потвърдиха наличие на атомно тънки люспи и непрекъснати слоеве от 2H-WSe_2 . Изследването на волт-амперните характеристики показва омично поведение на тъмно и при фото осветяване. Демонстрираното поведение, подобно на резистор, предполага неограничени перспективи за интегрирането на WSe_2 в разнообразие от хетероструктури.

12. Anisotropic Optical Response of WTe_2 Single Crystals Studied by Ellipsometric Analysis

Krastyo Buchkov, Rosen Todorov, Penka Terziyska, Marin Gospodinov, **Velichka Strijkova**, Dimitre Dimitrov, and Vera Marinova,

Abstract: In this paper we report the crystal growth conditions and optical anisotropy properties of Tungsten ditelluride (WTe_2) single crystals. The chemical vapor transport (CVT) method was used for the synthesis of large WTe_2 crystals with high crystallinity and surface quality. These were structurally and morphologically characterized by means of X-ray diffraction, optical profilometry and Raman spectroscopy. Through spectroscopic ellipsometry analysis, based on the Tauc-Lorentz model, we identified a high refractive index value (~ 4) and distinct tri-axial anisotropic behavior of the optical constants, which opens prospects for surface plasmon activity, revealed by the dielectric function. The anisotropic physical nature of WTe_2 shows practical potential for low-loss light modulation at the 2D nanoscale level.

Анизотропен оптичен отклик на монокристали от WTe_2 , изследван чрез елипсометричен анализ

Кръстьо Бучков, Росен Тодоров, Пенка Терзийска, Марин Господинов, **Величка Стрижкова**, Димитър Димитров и Вера Маринова,

Резюме: В тази статия съобщаваме за условията на получаване на монокристали от волфрамов дителурид (WTe_2) и изследване на тяхната оптична анизотропия. За синтеза на кристали от WTe_2 с висока кристалност и качество на повърхността е използван т.нар метод на химическо отлагане от газова фаза (CVT). Получените образци бяха структурно и морфологично охарактеризирани с помощта на рентгенова дифракция, оптична профилометрия и Раман спектроскопия. Чрез спектроскопичен елипсометричен анализ, базиран на модела Тauc-Lorentz, ние получихме висока стойност на показателя на

пречупване ($n \approx 4$) и отчетливо триаксиално анизотропно поведение на оптичните константи, което отваря перспективи за разпространение на повърхностен плазмонен резонанс. Анизотропната природа на кристалите от WTe_2 открива практически потенциал за модулация на светлината, с много ниски, загуби на нанониво.

13. Initial conditions for preparation of thin AlN films by atomic layer deposition

M. Beshkova, B. S. Blagoev, V. Mehandzhiev, R. Yakimova, B. Georgieva, I. Avramova, P. Terziyska, D. Kovacheva and **V. Strijkova**

Abstract. Thin AlN films were grown on Si substrates in a BeneqTFS-200 ALD reactor. The atomic layer deposition (ALD) process consisted of two half cycles –aluminum adsorption and nitridization separated by a purging step. TMA (trimethylaluminum) and NH_3 were used as precursors, and nitrogen (N_2), as a carrier gas. The pulse duration, purging time, deposition temperature and other deposition conditions were varied to obtain AlN films with desired properties. The X-ray diffraction (XRD) data showed that the AlN films had an amorphous character. The films' chemical composition and bonding states were investigated by X-ray photoelectron spectroscopy. The high resolution Al 2p and N 1s spectra confirmed the presence of AlN with peaks located at 74.1 eV and 397.7 eV, respectively, for all layers.

Исходни условия за получаване на тънки AlN слоеве чрез атомно послойно отлагане

М. Бешкова, Б. С. Благоев, В. Механджиев, Р. Якимова, Б. Георгиева, И. Аврамова, П. Терзийска, Д. Ковачева и **В. Стрижкова**

Резюме: Тънки слоеве от AlN са отложени върху Si подложки в реактор Beneq TFS-200 ALD. Процесът на отлагане на атомни слоеве (ALD) се състои от два полуцикла – адсорбция на алуминий и нитридизация, разделена от етап на продухване. Като прекурсори бяха използвани TMA (триметилалуминий) и NH_3 , а като газ-носител - азот (N_2). За да се получат AlN слоеве с оптимални свойства се променят продължителността на импулса, времето за продухване на камерата, температурата на отлагане и други условия на получаване. Данните от рентгеновата дифракция (XRD) показват, че слоевете от AlN имат аморфен характер. Химичният състав и окислителното състояние на слоевете бяха изследвани с рентгенова фотоелектронна спектроскопия. Спектрите с висока разделителна способност Al 2p и N 1s потвърждават присъствието на AlN с пикове, разположени съответно при 74,1 eV и 397,7 eV за всички слоеве.

14. Morphological evolution of thin AlN films grown by atomic layer deposition

M. Beshkova, B. S. Blagoev, V. Mehandzhiev, R. Yakimova, B. Georgieva, I. Avramova, P. Terziyska and **V. Strijkova**

Abstract. Thin AlN films were grown using a Beneq TFS-200 ALD reactor. TMA (trimethylaluminium) and NH₃ were used as precursors. The substrate temperature was 330 °C, the ALD cycles, 550. The TMA and NH₃ doses (pulses) lasted 180 ms and 90 ms, followed by 2-s and 9-s nitrogen gas purge, respectively. In order to study the morphological evolution of the thin AlN films, substrates providing different surface kinetics were used: Si-face and C-face of 4°-off axis and on-axis 4H-SiC, and graphene grown on 4H-SiC by sublimation. As revealed by atomic force microscopy (AFM), the lowest RMS surface roughness of about 0.8 nm was exhibited by the AlN film deposited on Si-face on-axis 4H-SiC due to its higher surface energy which provides for better film nucleation. The chemical composition and bonding states were investigated by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The existence of AlN is justified by the presence of the XPS peaks of Al 2p and N 1s at about 73.3 eV and 396.6 eV, respectively. These results are promising in view of further studies of thin AlN films properties for application in surface acoustic wave devices (SAW).

Изучаване на морфологията на тънки AlN слоеве, получени чрез отлагане на атомени слоеве

М. Бешкова, Б. С. Благоев, В. Механджиев, Р. Якимова, Б. Георгиева, И. Аврамова, П. Терзийска и **В. Стрижкова**

Резюме: Тънки AlN слоеве се получават с помощта на реактор Beneq TFS-200 ALD. Като прекурсори бяха използвани TMA (триметилалуминий) и NH₃. Температурата на подложката е 330 °C, 550 цикъла на ALD. Дозите на TMA и NH₃ (импулси) са с продължителност 180 ms и 90 ms, последвани от 2-s и 9-s продухване с азотен газ. За да се изследва морфологията на получените тънките слоеве от AlN, бяха използвани подложки, осигуряващи различна повърхностна кинетика: кристал от SiC срязан по различен начин, осигурявайки Si-страна и C-страна с отклонение 4° от ос 4H-SiC, и графен, получен върху 4H-SiC чрез сублимация. Посредством атомно-силова микроскопия (AFM) получихме, че най-ниска повърхностна грапавост RMS от около 0,8 nm имат слоеве AlN, получени върху Si-face по оста 4H-SiC поради по-високата му повърхностна енергия, която осигурява по-добро зародишообразуване на слоя. Химичният състав и възможните химични връзки на повърхността бяха изследвани чрез рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS). Съществуването на AlN е доказано от наличието на XPS пиковите Al 2p и N 1s със свързваща енергия около 73,3 eV и 396,6 eV, съответно. Тези резултати са обещаващи с оглед на по-нататъшни изследвания на свойствата на тънки AlN слоеве за приложение в устройства за повърхностни акустични вълни (SAW).

15.Optimization of AlN films grown by atomic layer deposition

М. Beshkova, B. S. Blagoev, V. Mehandzhiev, R. Yakimova, B. Georgieva, I. Avramova, P. Terziyska, D. Kovacheva and **V. Strijkova**

Abstract. AlN thin films (~25 nm) have been grown with a Beneq TFS-200 ALD reactor on Si (111) substrates. TMA (trimethylaluminum) and NH₃ were used as precursors. The substrate

temperatures were 330°C, ALD cycles 550. In order to study the stoichiometry of AlN film the TMA and NH₃ doses (pulses) were varied from 60 to 180 ms and from 60 to 90 ms, respectively. X-ray diffraction (XRD) data showed that the AlN films have amorphous structure. Chemical composition and bonding states were investigated by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). High resolution Al 2p and N 1s spectra confirmed the presence of AlN with peaks located at 73.6 and 396.8eV, respectively for all layers. Furthermore, the atomic concentration of constituent elements has been calculated from the high-resolution XPS scan. The results revealed the Al/N ratio is close to the stoichiometric value (1:1) only for AlN film grown at TMA and NH₃ doses/pulses of 180 and 90 ms, respectively. AFM analysis showed that RMS roughness value for AlN films grown at TMA: NH₃ pulse ratio 2:1 is about 1 nm. The results are promising in view of further studies of AlN films for SAW device application

Оптимизиране на AlN слоеве, получени чрез отлагане на атомни слоеве

М. Бешкова, Б. С. Благоев, В. Механджиев, Р. Якимова, Б. Георгиева, И. Аврамова, П. Терзийска, Д. Ковачева и **В. Стрижкова**

Резюме: AlN тънки слоеве (≈ 25 nm) са получени с Veeco TFS-200 ALD реактор върху Si (111) подложки. Като прекурсори бяха използвани TMA (триметилалуминий) и NH₃. Температурата на подложката е 330°C и 550 цикъла на отложени атомни слоеве (ALD). За да се изследва стехиометрията на AlN филма, променяхме продължителността на периодите на TMA и NH₃ от 60 до 180 ms и от 60 до 90 ms съответно. Данните от рентгенова дифракция (XRD) показват, че AlN филмите имат аморфна структура. Химичният състав и окислителните състояния на свързване на слоевете бяха изследвани чрез рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS). Фотоелектронните спектри Al 2p и N 1s спектрите с висока разделителна способност потвърждават наличието на AlN с пикове, разположени съответно при 73,6 и 396,8eV за всички слоеве. Освен това, концентрацията в атомни проценти на пимичните елементи на повърхността е изчислена въз основа на оластите регистрирани с високо разделяне. Резултатите разкриват, че съотношението Al/N е близко до стехиометричната стойност (1:1) само за AlN слоеве получени при TMA и NH₃ съответно от 180 и 90 ms. AFM анализът показва, че RMS стойността на грапавостта за AlN филми, получени при TMA: NH₃ импулсно съотношение 2:1, е около 1 nm. Резултатите са обещаващи с оглед на по-нататъшни изследвания на AlN филми за приложение на SAW устройства

16.Organic random laser generation by stimulated cascaded four-wave mixing

Hristo Kisov, Kiril Blagoev, Vani Tankova, Biliiana Georgieva, Velichka Strijkova, Petia Petrova, Georgi Dyankov

Abstract: Our study investigated the nonlinear lasing properties of a solid-state dye laser. Laser emission was provided by light amplification in static disordered nanostructures with the gain

based on a xanthene dye-functionalized epoxy resin polymer. The emission spectrum was found to be reproducible at each near-threshold excitation pulse. We consider that this spectrum results from a non-degenerate cascaded four-wave mixing in the investigated gain medium. The pump beams were generated simultaneously in the bulk isotropic active medium by single-shot excitation on the nanosecond time scale. The downshift and upshift modes were generated via their coherent pump beams. To our knowledge, this type of stimulated highly nondegenerate cascaded four-wave mixing in the visible spectral range (486 nm – 680 nm) has not been experimentally demonstrated before in a random gain medium.

Органичен стохастичен (случаен) лазер генериращ лъчение в следствие на стимулирано каскадно четиривъълново смесване

Христо Кисов, Кирил Благоев, Вани Танкова, Биляна Георгиева, **Величка Стрижкова**, Петя Петрова, Георги Дянков

Резюме: Нашето проучване е свързано с изследване на нелинейните оптични свойства на твърдотелен багрилен лазер. Лазерното излъчване беше получено чрез усилване на светлината в неподредени, непроменящи се наноструктури на базата на епоксидна смола с ксантенови багрила. Установено е, че спектъра на излъчване е възпроизводим при всеки импулс на възбуждане около (над) праговата енергия. Считаме, че този спектър е резултат от неизродено каскадно четиривъълново смесване в изследваната усилваща среда. Двойките лъчи (пораждащи четиривъълновото смесване) се генерират вътре в обемната изотропна активна среда едновременно при всеки възбуждащ импулс в наносекундната времева област. Всички честоти в по-нискочестотната и по-високочестотната област бяха генерирани чрез пораждащите ги двойки кохерентни лъчи на възбуждане. За първи път, доколкото ни е известно, в такава среда е експериментално демонстрирано от нас този тип стимулирано неизродено каскадно четиривъълново смесване във видимия спектрален диапазон (486 nm – 680 nm)

17. Development of a composite polymer-dye medium for tunable laser emission

Hristo Kisov, Petia Petrova, Valery Serbezovb, Biliانا Georgieva, **Velichka Strijkova**, Georgi Dyankov

Abstract: We demonstrate optically pumped laser medium with emission in the visible spectral range from binary solutions of Rhodamine 6G and Rhodamine B in epoxy resin as matrix without appending additional scattering centers. A frequency doubled Q-switched Nd: YAG laser was used for pumping. The generation's behavior is similar to random laser (RL) with no external optical resonator. The influence of the nanostructured morphology of the medium on the laser properties was investigated by means of SEM, AFM, TEM, SAED, Spectrofluorimetry and Spectrometry. The laser emission is characterized by high intensity – energy per pulse – 300 μ J, threshold pump energy 1.7 mJ, relatively low beam divergence of 70 mrad (for RL) and spectrally narrowed major peak at 597 nm. The new gain medium was also investigated in a conventional tunable resonator. Generation with continuous tuning in the spectral range 590–

610 nm was obtained. This new effective nanostructured medium, which shows with high optical and energy parameters, can be used in speckle-free laser imaging, time-resolved microscopy, high speed optical converters and others photonics applications.

Разработване на композитна среда полимер-багрило за регулируемо лазерно излъчване

Христо Кисов, Петя Петрова, Валери Сербезов, Биляна Георгиева, **Величка Стрижкова**, Георги Дянков

Резюме: Демонстрира се оптично лазерна среда с излъчване във видимия спектрален диапазон от бинарни разтвори на Rhodamine 6G и Rhodamine B в епоксидна смола като матрица без добавяне на допълнителни разсейващи центрове. За въздвигане е използван Nd:YAG лазер с удвоена честота и работещ в режим на Q-модулация. Генерираното лъчение има поведение, което е подобно на лъчението на стохастичен (случаен) лазер (RL) без външен оптичен резонатор. Изследвано е влиянието на наноструктурираната морфология на средата върху свойствата на лазерното лъчение с помощта на SEM, AFM, TEM, SAED, спектрофлуориметрия и спектрометрия. Лазерното излъчване се характеризира с висок интензитет – енергия на импулс – 300 μ J, прагова енергия на напompване 1,7 mJ, относително ниска разходимост на лъча от 70 mrad (за RL) и спектрално стеснен основен пик при 597 nm. Новата среда за усилване беше изследвана в конвенционален пренастройваем резонатор. Получихме генерация, която е плавно пренастройваема в спектралния диапазон 590–610 nm. Тази нова наноструктурирана, ефективна среда показва високи оптични и енергийни параметри и може да се използва в лазерната фотография, при която се избягва ефекта на спекъл изображението, микроскопия основана на разделителна способност по време, бързи оптични преобразуватели и други приложения във фотониката.

18.A Surface Plasmon Resonance Biosensor Based on Directly Immobilized Hemoglobin and Myoglobin

Georgi Dyankov, Ekaterina Borisova, Evdokia Belina, Hristo Kisov, Ivan Angelov, Alexander Gisbrecht, **Velichka Strijkova** and Nikola Malinowski

Abstract: Immobilization of proteins on a surface plasmon resonance (SPR) transducer is a delicate procedure since loss of protein bioactivity can occur upon contact with the untreated metal surface. Solution to the problem is the use of an immobilization matrix having a complex structure. However, this is at the expense of biosensor selectivity and sensitivity. It has been shown that the matrix-assisted pulsed laser evaporation (MAPLE) method has been successfully applied for direct immobilization (without a built-in matrix) of proteins, preserving their bioactivity. So far, MAPLE deposition has not been performed on a gold surface as required for SPR biosensors. In this paper we study the impact of direct immobilization of heme proteins (hemoglobin (Hb) and myoglobin (Mb)) on their bioactivity. For the purpose, Hb and Mb were directly immobilized by MAPLE technique on a SPR transducer. The bioactivity of the ligands immobilized in the above-mentioned way was assessed by SPR registration of the molecular

reactions of various Hb/Mb functional groups. By SPR we studied the reaction between the beta chain of the Hb molecule and glucose, which shows the structural integrity of the immobilized Hb. A supplementary study of films deposited by FTIR and AFM was provided. The experimental facts showed that direct immobilization of an intact molecule was achieved.

Повърхностен плазмон резонансен биосензор, базиран на директно имобилизиран хемоглобин и миоглобин

Георги Дянков, Екатерина Борисова, Евдокия Белина, Христо Кисьов, Иван Ангелов, Александър Гисбрехт, **Величка Стрижкова** и Никола Малиновски

Резюме: Иmobилизирането на протеини върху преобразувател на повърхностен плазмон резонанс (SPR) е деликатна процедура, тъй като загубата на биоактивност на протеина може да настъпи при контакт с необработената метална повърхност. Решението на проблема е използването на имобилизационна матрица със сложна структура. Това обаче е за сметка на биосензорната селективност и чувствителност. Доказано е, че методът на импулсно лазерно изпаряване с помощта на матрица (MAPLE) се прилага успешно за директна имобилизация (без вграждаща матрица) на протеини, запазвайки тяхната биоактивност. Досега отлагането чрез MAPLE не е извършено върху златна повърхност, както се изисква за SPR биосензори. В тази статия изучаваме въздействието на директното имобилизиране на хемовите протеини (хемоглобин (Hb) и миоглобин (Mb)) върху тяхната биоактивност. За целта Hb и Mb бяха директно имобилизирани чрез техника MAPLE върху SPR преобразувател. Биоактивността на лигандите, имобилизирани по гореспоменатия начин, се оценява от SPR регистрация на молекулярните реакции на различни Hb/Mb функционални групи. Чрез SPR изследвахме реакцията между бета веригата на молекулата Hb и глюкозата, което съвместно с изследваните реакции на взаимодействие с CO и NO показва структурната цялостност на имобилизираната Hb молекула. Допълнително слоевете бяха охарактеризирани с помощта на FTIR и AFM. Експерименталните факти показват, че беше постигнато директно имобилизиране на неповътната молекула.

19.SPR-Based Kinetic Analysis of the Early Stages of Infection in Cells Infected with Human Coronavirus and Treated with Hydroxychloroquine

Petia Genova-Kalou, Georgi Dyankov, Radoslav Marinov, Vihar Mankov, Evdokiya Belina, Hristo Kisov, Velichka Strijkova-Kenderova and Todor Kantardjiev

Abstract: Cell-based assays are a valuable tool for examination of virus–host cell interactions and drug discovery processes, allowing for a more physiological setting compared to biochemical assays. Despite the fact that cell-based SPR assays are label-free and thus provide all the associated benefits, they have never been used to study viral growth kinetics and to predict drug antiviral response in cells. In this study, we prove the concept that the cell-based SPR assay can be applied in the kinetic analysis of the early stages of viral infection of cells and the antiviral drug activity in the infected cells. For this purpose, cells immobilized on the SPR

slides were infected with human coronavirus HCoV-229E and treated with hydroxychloroquine. The SPR response was measured at different time intervals within the early stages of infection. Methyl Thiazolyl Tetrazolium (MTT) assay was used to provide the reference data. We found that the results of the SPR and MTT assays were consistent, and SPR is a reliable tool in investigating virus–host cell interaction and the mechanism of action of viral inhibitors. SPR assay was more sensitive and accurate in the first hours of infection within the first replication cycle, whereas the MTT assay was not so effective. After the second replication cycle, noise was generated by the destruction of the cell layer and by the remnants of dead cells, and masks useful SPR signals.

Кинетичен анализ базиран на повърхностен плазмонен резонанс (SPR) на ранните етапи на инфекция в клетки, заразени с човешки коронавирус и лекувани с хидроксихлорохин

Петя Генова-Калу, Георги Дянков, Радослав Маринов, Вихър Мънков, Евдокия Белина, Христо Кисъов, Величка Стрижкова-Кендерова и Тодор Кантарджиев

Резюме: Клетъчно-базираните анализи са ценен инструмент за изследване на взаимодействията вирус-гостоприемник и процеси за откриване на лекарства, позволяващи по-физиологична настройка в сравнение с биохимичните анализи. Въпреки факта, че клетъчно базираните SPR анализи са без етикети и по този начин осигуряват всички свързани предимства, те никога не са били използвани за изследване на кинетиката на вирусния растеж и за прогнозиране на антивирусния отговор на лекарството в клетките. В това проучване ние доказваме концепцията, че клетъчно-базираният SPR анализ може да се приложи в кинетичните анализи на ранните етапи на вирусна инфекция на клетките и активността на антивирусното лекарство при заразените клетки. За тази цел клетките, имобилизирани върху стъклата на SPR, бяха заразени с човешки коронавирус HCoV-229E и третирани с хидроксихлорохин. Отговорът на SPR беше изследван в ранните етапи на инфекцията за няколко различни времена след третирането. Приетият за златен стандарт метод - метил тиазолил тетразолий (MTT) беше използван за сравнителен анализ. Установихме, че резултатите от SPR и MTT анализите са консистентни и SPR е надежден метод за изследване на взаимодействието вирус-гостоприемник както и механизма на действие на вирусни инхибитори. SPR анализът беше по-чувствителен и точен в първите часове на инфекцията в рамките на първи цикъл на репликация, докато MTT анализът не е толкова ефективен. След втория цикъл на репликация, шумът е генериран от разрушаването на клетъчния слой и от остатъците от мъртви клетки и маскира полезните SPR сигнали.