

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect perioada 2020-2023 (obligatoriu)

Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu

Cifrul proiectului 20.80009.7007.05

Cercetarea poluanților din atmosferă prin utilizarea dispozitivului nostru prototip [Brevet de invenție nr. 1706 din 31.07.2023] a fost urmată de studii detaliate pe baza efectuării măsurătorilor spectrale de fluorescență a trei probe colectate pe substraturi de cuarț și pe suprafața unei plachete de siliciu monocristalin (opac). Microparticulele de poluanți se pot distinge individual pe baza luminescenței lor. Rezultatele poluării aerului în cazul particulelor cu diametrul aerodinamic de 10 micrometri sau mai mic, inclusiv particule fine PM_{10} și $PM_{2.5}$, sunt prezentate pentru municipiul Chișinău. Sunt aplicate metodele microscopiei optice, microscopiei de forță atomică (AFM) și a microscopiei de fluorescență (FLIM). Rezultatele spectroscopiei TRFS indică faptul că particule individuale manifestă timpi de viață de fluorescență compozit. Metoda propusă cu utilizarea dispozitivului necomercial pentru colectarea particulelor solide de poluanți din aer, care a fost dezvoltată recent în laboratorul nostru de cercetare, combinată cu analiza poluanților în baza măsurătorilor spectrale de fluorescență este inovatoare. Valoarea acestei metodologii reprezintă posibilitatea de a studia direct microparticulele solide de poluanți colectate din atmosferă pe substraturi transparente sau opace. A fost dezvoltată o tehnică nouă de înregistrare a fluorescenței plantelor sub excitație laser de la distanță, folosind aparate de zbor fără pilot. Au fost utilizate surse de radiații laser cu lungimi de undă de 405 nm și 450 nm. Modificarea dependenței spectrale a fluorescenței face posibilă detectarea bolilor plantelor în stadii incipiente. Spectrele de fotoluminescență ale eșantioanelor de frunze de piersic, măr, prun și viță de vie au fost excitate cu radiația ultravioletă (UV) cu lungimea de undă 337,4 nm și radiația violetă cu lungimea de undă $\lambda=405$ nm. A fost publicat rezultatul fundamental obținut în baza dependenței curentului electric în circuit la umidități relative ale aerului din intervalul 42-92% de tensiunea aplicată la structura $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-GaS:Zn}$ la iluminare cu lumina de zi (albă) și cu radiație din banda de absorbție fundamentală a compusului nanostructurat de $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$, care demonstrează că acest compus poate fi utilizat în calitate de senzori de umiditate și ca receptori din regiunea UV. A fost demonstrat că, datorită proprietăților optice și fotosensibile, heterojuncțiunile flexibile $n(p)\text{-InSe/In}_2\text{O}_3$ sunt potrivite pentru aplicații optoelectronice. Au fost dezvoltate metodele multi-parametrice de modelare a tranzițiilor de fază în sistemele complexe și realizat studiul de stabilitate a stărilor de echilibru pentru sistemele dinamice, în particular cu aplicare la modelul Lotka-Volterra. A fost publicată rezolvarea riguroasă a problemei brahistocronei cu aplicarea calculului variațional și reprezentarea soluțiilor în forma parametrică. Problema lui Newton de a determina forma suprafeței unui corp de rotație pe baza condiției de rezistență minimă atunci când acesta se mișcă într-un mediu rarefiat este rezolvată. Au fost organizate 4 ediții ale Atelierului științifico-practic „Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu”, cu prezentarea dinamicii factorilor de mediu, a tehnologiilor inteligente de ultimă generație în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu, precum și în prognozarea hazardurilor naturale și antropogene periculoase. Este elaborat site-ul proiectului și sunt publicate online rezultatele cercetărilor și materialele de diseminare, <http://ephysimlab.usm.md/>.

The study of airborne pollutants by using our prototyped device [Patent no. 1706 on 2023.07.31] was followed by their detailed analyses based on the performed fluorescence spectral measurements for three samples collected on the quartz substrates and on the surface of a silicon monocrystalline (opaque) wafer. The pollutant microparticles can be individually distinguished based on their luminescence. Air pollution results for particulate matter with an aerodynamic diameter of 10 micrometers or less, including PM_{10} and $PM_{2.5}$ fine particles, are provided for Chisinau city. Optical

microscopy, Atomic Force Microscopy (AFM), and Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy (FLIM) are applied. Time-Resolved Fluorescence Spectroscopy (TRFS) results indicate that the individual particles exhibit composite fluorescence lifetimes. The proposed method of using the non-commercial device for collecting solid airborne pollutants, which has been recently developed in our research laboratory, combined with the pollutants analysis based on the fluorescence spectral measurements is innovative. The strength of this methodology represents the possibility to study directly the airborne solid microparticles collected on transparent or opaque substrates. A new technique has been developed to record the fluorescence of plants under remote laser excitation using unmanned aerial vehicles (UAV). Laser radiation sources with wavelengths of 405 nm and 450 nm were used. Changing the spectral dependence of fluorescence makes it possible to detect plant diseases in early stages. Photoluminescence spectra for the leaf samples of peach, apple, plum and grapevine were excited with ultraviolet (UV) radiation of wavelength 337.4 nm and violet radiation of wavelength $\lambda=405$ nm. A fundamental result was published, being obtained based on the dependence of the current intensity in the circuit at the relative air humidity range from 42 to 92% on the applied voltage to the β -Ga₂O₃-GaS:Zn structure upon daylight irradiation of the sample, and with radiation from the fundamental absorption band of the β -Ga₂O₃ nanostructured compound, which shows that this compound can be used as humidity sensors and as receptors in the UV region. It was proved that, due to their optical and photosensitive properties, the flexible heterojunctions n(p)-InSe/In₂O₃ are suitable for optoelectronic applications. Multi-parametric methods of modeling phase transitions in the complex systems have been developed and stability analysis of the equilibrium states is performed for the dynamical systems, in particular with application to the Lotka-Volterra model. The rigorous solution of the brachistochrone problem with application of the variational calculus and representation of the solutions in parametric form was published. Newton's problem of finding the surface shape of a rotation body based on the condition of minimal resistance of the body when it moves in a rarefied medium is solved. 4 editions of the Scientific-practical Workshop "Advanced Physical Technologies with the UVS application in Monitoring and Modeling of Environmental Factors" have been organized, with the presentation of the dynamics of environmental factors, the latest intelligent technologies in monitoring and modeling of environmental factors, as well as forecasting dangerous natural and anthropogenic hazards. The project site is developed, and the research results and dissemination materials are published online, <http://ephysimlab.usm.md/>.