

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect

Cifra proiectului **23.70105.5007.14T**

Denumirea Proiectului **Celule solare pe bază de kesterite ca alternativă pentru sisteme agrovoltaice**

RO

Pe durata implementării proiectului s-a realizat investigarea complexă a compușilor cuaternari din seria $\text{Cu}_2\text{Zn}(\text{Sn,Ge})(\text{S,Se})_4$ în vederea evaluării potențialului acestora pentru aplicații fotovoltaice și agrovoltaice, prin combinarea studiilor fundamentale cu activități de modelare și aplicative. Etapa inițială (2024) a fost dedicată optimizării proceselor tehnologice de obținere a probelor de tip kesterit și acumulării datelor experimentale de bază, necesare caracterizării acestor compuși, precum și stabilirii contextului științific actual privind utilizarea lor în sisteme agrovoltaice. În rezultat au fost obținute seturi de probe sub formă de monocristale, pulberi, policristale și straturi subțiri, iar caracterizarea morfologică, structurală și compozițională a permis ajustarea parametrilor tehnologici pentru îmbunătățirea stoichiometriei și a calității cristaline. Măsurătorile spectrelor de absorbție și ale dependenței rezistivității de temperatură au confirmat influența semnificativă a tratamentului termic, ne-stoichiometriei și a compoziției eşantioanelor asupra comportamentului electronic. La etapa a II-a (2025), activitatea s-a extins asupra studiului detaliat al proprietăților vibraționale, compoziționale, structurale și de transport ale probelor obținute anterior. Analiza transportului electronic a confirmat, pentru majoritatea probelor, prezența mecanismelor de conductivitate prin salt NNH și VRH Mott, iar integrarea datelor experimentale într-un model analitic complex a permis determinarea concentrațiilor defectelor de delocațiune Cu_{Zn} , a vacanțelor de Cu și a gradului de dezordine structurală. Aceste rezultate au elucidat modul în care compoziția, raporturile cationice și tratamentele termice influențează performanțele fotovoltaice ale compușilor de tip kesterit. Tot în cadrul etapei a fost realizată obținerea și caracterizarea joncțiunilor kesterit/CdS, iar măsurarea caracteristicii de sarcină a demonstrat funcționarea fotovoltaică a straturilor obținute.

În paralel, s-a realizat dezvoltarea tehnică a platformei web <http://pvhub.md>, care permite simularea puterii instalate, suprafețelor necesare și costurilor asociate diferitelor tipuri de instalații fotovoltaice comerciale și include o secțiune dedicată pentru diseminarea informațiilor tehnice și educaționale din domeniul fotovoltaic. O parte importantă a activității a vizat un studiu de simulare pentru integrarea unui sistem fotovoltaic într-o livadă de prun în condițiile climatice ale Republicii Moldova. Modelarea a demonstrat fezabilitatea tehnică a unui sistem agrovoltaic de tip portic, cu estimarea producției energetice, a gradului de umbră și a costurilor asociate, precum și evaluarea comparativă a performanței potențiale a modulelor fotovoltaice pe bază de straturi subțiri de kesterit față de tehnologiile comerciale pe bază de siliciu. În ansamblu, proiectul a combinat activități de cercetare fundamentală cu aplicații practice, contribuind la înțelegerea proprietăților materialelor de tip kesterit și la evaluarea potențialului acestora în soluții energetice moderne. Rezultatele au fost diseminate prin 3 articole științifice publicate și prezentări la conferințe internaționale, iar colaborările cu grupurile de cercetare de la IREC (Spania), UM5 (Maroc) și Universitatea Lappeenranta–Lahti (Finlanda) au sprijinit validarea rezultatelor. Proiectul a atins integral obiectivele propuse, oferind o bază solidă pentru continuarea cercetărilor în direcția materialelor fotovoltaice emergente și a aplicațiilor agrovoltaice.

EN

Throughout the implementation of the project, an extensive investigation of quaternary compounds from the $\text{Cu}_2\text{Zn}(\text{Sn,Ge})(\text{S,Se})_4$ series was carried out in order to evaluate their potential for photovoltaic and agrivoltaic applications, combining fundamental studies with modeling and application-oriented activities. The initial stage (2024) focused on optimizing the technological processes for obtaining kesterite-type samples and on collecting the fundamental experimental data required for their characterization, as well as establishing the current scientific context regarding their possible integration into agrivoltaic systems. As a result, sets of samples in the form of single crystals, powders, polycrystals and thin films were obtained, and their morphological, structural and compositional characterization enabled the adjustment of synthesis parameters to improve stoichiometry and crystalline quality. Measurements of optical absorption and temperature-dependent resistivity confirmed the significant influence of thermal treatment, non-stoichiometry and sample composition on the electronic behaviour.

In the second stage (2025), the activity expanded toward a detailed study of the vibrational, compositional, structural and transport properties of the previously obtained samples. The analysis of electronic transport confirmed, for most samples, the presence of NNH and Mott VRH hopping conduction mechanisms, while the integration of experimental data into a complex analytical model enabled the determination of Cu_{Zn} antisite defect concentrations, Cu vacancies and the degree of structural disorder. These results clarified how composition, cationic ratios and thermal treatments influence the photovoltaic performance of kesterite-type compounds. During the same stage, kesterite/CdS junctions were obtained and characterized, and the measured current–voltage characteristics demonstrated the photovoltaic functionality of the synthesized layers.

In parallel, the technical development of the web platform <http://pvhub.md> was completed. The platform enables the simulation of installed power, required surface area and associated costs for various commercial photovoltaic system configurations and includes a dedicated section for disseminating technical and educational information in the field of photovoltaics. An important component of the applied work involved a simulation study on integrating a photovoltaic system into a plum orchard under the climatic conditions of the Republic of Moldova. The modeling demonstrated the technical feasibility of a portico-type agrivoltaic system, including estimates of energy production, shading levels and associated costs, as well as a comparative assessment of the potential performance of thin-film kesterite photovoltaic modules relative to commercial silicon-based technologies.

Overall, the project successfully combined fundamental research with practical applications, contributing to a deeper understanding of the properties of kesterite-type materials and to evaluating their potential in modern energy solutions. The results were disseminated through three scientific publications and presentations at international conferences, while collaborations with research groups from IREC (Spain), UM5 (Morocco) and Lappeenranta–Lahti University of Technology (Finland) supported the validation of findings. The project fully achieved its objectives and provides a solid foundation for continuing research on emerging photovoltaic materials and agrivoltaic applications.

Conducătorul de proiect  / **Elena HAMDEU-CHICAROS, dr.**

Data: 20.01.2026

LȘ

