



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**NANOSTRUCTURAREA, DOPAREA ȘI  
FUNȚIONALIZAREA OXIDULUI DE ZINC  
PENTRU DISPOZITIVE SENZORICE**

**Student:**

**Postica Vasile**

**Conducător:**

**prof. univ. int. dr. hab. Lupan Oleg**

**Chișinău - 2016**



## REZUMAT

la teza de master cu tema “Nanostructurarea, Doparea și Funcționalizarea Oxidului de Zinc pentru Dispozitive Senzorie”,

Teza cuprinde introducerea, trei capitole, concluzii, bibliografia din 103 titluri, 70 pagini text de bază, inclusiv 47 figuri și 4 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 3 lucrări științifice.

**Cuvinte cheie:** oxid de zinc, dispozitive multifuncționale, nanostructuri, senzori de gaze, fotodetectori, UV, nanostructurare, dopare, pelicule subțiri, tetrapozi.

**Domeniul de cercetare** îl constituie aspectele teoretice și practice ale sintezei nanostructurilor de oxid de zinc pentru aplicații senzorie multifuncționale.

**Scopul lucrării** constă în nanostructurarea, doparea și funcționalizarea nanostructurilor de oxid de zinc pentru elaborarea structurilor de senzori eficienți pentru aplicații multifuncționale (detectarea gazelor nocive/explozibile și radiație UV). La fel și elaborarea instalației de testare a senzorilor de gaze și fotodetecotrilor de radiație.

**Metodologia cercetării științifice** se bazează pe sinteza și cercetarea proprietăților structurale, morfologice, vibraționale, chimice și senzoriale ale nanostructurilor de oxid de zinc nedopate și dopate.

**Noutatea și originalitatea** științifică a rezultatelor obținute constă în sinteza nanostructurilor de oxid de zinc prin metode relativ noi și cost efective , precum sinteza chimică din soluții (SCS) și hidrotermală. Peliculele au fost dopate cu impurități de staniu și fier cu diferite concentrații pentru a spori proprietățile senzoriale, precum sensibilitatea și selectivitatea la gaze. Nanostructurile sintetizate au fost integrate în structuri de senzori pentru aplicații multifuncționale, în formă de rețele de tetrapozi și rețele de nanocristalite. De asemenea au fost elaborate și mecanismele de sesizare pentru fiecare tip de structuri de senzori.

**Semnificația teoretică** a lucrării o constituie elaborarea mecanismelor de sesizare a gazelor și radiației ultraviolete ale structurilor de senzori pe bază de pelicule nanostructurate și rețele de tetrapozi de oxid de zinc.

**Valoarea aplicativă a lucrării** constă în elaborarea unor structuri de senzori multifuncționali pe bază de pelicule nanostructurate, dopate și/sau funcționalizate cu nanoparticule de metale nobile pentru detecția eficientă și rapidă a gazelor nocive/explozibile, precum și pentru detecția radiației UV. La fel și integrării rețelelor de tetrapozi de oxid de zinc în structuri de senzori și aplicarea lor pentru detecția rapidă și eficientă a gazului de hidrogen.

## SUMMARY

of Master Thesis “Nanostructuring, Doping and Functionalization of Zinc Oxide for Sensorial Devices”,

This thesis contains an introduction, three chapters, conclusions, a bibliography with 103 references, 68 basic pages, including 47 figures and 4 tables. Obtained results were published in 3 scientific papers.

**Key words:** zinc oxide, multifunctional device, nanostructures, gas sensors, photodetectors, UV, nanostructuring, doping, thin films, tetrapods.

**Research field** is represented by theoretical and practical aspects of zinc oxide synthesis for multifunctional sensorial applications.

**Goals of the work** are nanostructuring, doping and functionalization of zinc oxide for elaboration of efficient sensor structures for multifunctional applications (detection of flammable/toxic gases and UV light). Also, elaboration of UV and gas testing systems.

**Methodology of scientific researches** is based on synthesis and investigations of structural, morphological, vibrational and sensorial properties of undoped and doped zinc oxide.

Obtained scientific **novelty and originality** of the results consist of synthesis of zinc oxide nanostructures via new and cost-effective methods, such as chemical synthesis from solutions (SCS) and hydrothermal. Thin films were doped with impurities of stannum and iron with different concentrations for improvement of sensorial properties, such as sensibility and selectivity. Synthesized nanostructures were integrated in sensor structures for multifunctional applications, in structures of tetrapods networks and nanocrystallites networks. Also, the gas sensing mechanism for both types of sensor structures was elaborated.

**Theoretical significance** of the work consists of elaboration of the gas sensing mechanism and UV light detection of the sensor structures based on nanostructured films and zinc oxide tetrapods.

**The applicative significance of the work** consists in elaboration of multifunctional sensor structures based on nanostructured films, doped and/or functionalized with noble metal nanoparticles for fast and efficient detection of explosive/toxic gases and UV light. Also, the integration of zinc oxide tetrapods in sensor structures and application for rapid and efficient detection of hydrogen.

## CUPRINS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCERE</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>1. DISPOZITIVE MULTIFUNCȚIONALE PE BAZĂ DE ZnO</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>1.1. Analiza dispozitivelor multifuncționale elaborate pe bază de nanostructuri de ZnO</b> .....            | <b>4</b>  |
| <b>1.2. Modificarea proprietăților oxidului de zinc prin dopare</b> .....                                      | <b>9</b>  |
| <b>1.3. Integrarea nanostructurilor de oxizi semiconductori în dispozitive senzorice</b> .....                 | <b>14</b> |
| <b>1.4. Funcționalizarea suprafeței nanostructurilor de ZnO cu nanoparticule de metale nobile</b> .....        | <b>19</b> |
| <b>1.5. Analiza performanțelor dispozitivelor senzorice elaborate</b> .....                                    | <b>22</b> |
| <b>1.6. Scopul și obiectivele tezei</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>2. ELABORAREA INSTALAȚIEI DE TESTARE A DISPOZITIVELOR SENZORICE</b> .....                                   | <b>25</b> |
| <b>2.1. Elaborarea cerințelor tehnice pentru instalația de testare la gaze și radiație ultravioletă</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>2.2. Elaborarea sistemului hardware al instalației de testare a dispozitivelor senzorice</b> .....          | <b>26</b> |
| <b>2.3. Elaborarea sistemului software al instalației de testare a dispozitivelor senzorice</b> .....          | <b>35</b> |
| <b>3. OBTINEREA ȘI CERCETAREA NANOSTRUCTURILOR DE OXID DE ZINC</b> .....                                       | <b>40</b> |
| <b>3.1. Cercetarea proprietăților fizice ale peliculelor nanostructurate de ZnO:Fe și ZnO:Sn</b> .....         | <b>40</b> |
| <b>3.2. Cercetarea proprietăților senzorice ale dispozitivelor pe bază de ZnO:Fe și ZnO:Sn</b> .....           | <b>47</b> |
| <b>3.3. Cercetarea proprietăților fizice ale tetrapozilor de ZnO</b> .....                                     | <b>56</b> |
| <b>3.4. Cercetarea proprietăților senzorice ale dispozitivelor pe bază de rețele de tetrapozi de ZnO</b> ..... | <b>58</b> |

