


|  |                                   |                      |          |
|--|-----------------------------------|----------------------|----------|
| <br>UNIVERSITATEA TEHNICĂ<br>A MOLDOVEI | <b>FIȘA DISCIPLINEI/MODULULUI</b> | <b>Cod: FD/M 8.1</b> |          |
|  |                                   | <b>Ediția</b>        | <b>1</b> |
|  |                                   | <b>Revizia</b>       | <b>0</b> |
|  |                                   | <b>Pagina</b>        |          |

ANEXA 3



FIȘA DISCIPLINEI/MODULULUI

MD-2045, CHIȘINĂU, STR. SERGIU RĂDĂUȚANU, 4, TEL: 022 32-39-73 | FAX: 022 32-39-71, [www.utm.md](http://www.utm.md)

## DISPOZITIVE NANO ELECTRONICE (S.02.A.011)

### 1. Date despre disciplină/modul

|                                 |   |                        |                                     |                                   |                     |
|---------------------------------|---|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| <b>Facultatea</b>               | Calculatoare, Informatică și Microelectronică |                        |                                     |                                   |                     |
| <b>Departamentul</b>            | Microelectronica și Ingineria Biomedicală     |                        |                                     |                                   |                     |
| <b>Ciclul de studii</b>         | Studii superioare de master, ciclul II        |                        |                                     |                                   |                     |
| <b>Programul de studii</b>      | Microelectronica și Nanotehnologii            |                        |                                     |                                   |                     |
| <b>Anul de studii</b>           | <b>Semestrul</b>                              | <b>Tip de evaluare</b> | <b>Categoria formativă</b>          | <b>Categoria de opționalitate</b> | <b>Credite ECTS</b> |
| I<br>(învățământ cu frecvență); | 2   | E                      | S – unitate de curs de specialitate | O - unitate de curs obligatorie   | 4                   |

### 2. Timpul total estimat

|                                   |                 |                   |                   |                               |                     |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|
| Total ore în planul de învățământ | Din care        |                   |                   |                               |                     |
|                                   | Ore auditoriale |                   | Lucrul individual |                               |                     |
|                                   | Curs            | Laborator/seminar | Proiect de an     | Studiul materialului teoretic | Pregătire aplicații |
| 120                               | 20              | 10                | 10                | 80                            | +                   |

### 3. Precondiții de acces la disciplină/modul

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Conform planului de învățământ | Fizica dispozitivelor, tehnologii, nanodispozitive electronice, senzori |
| Conform competențelor          | Tehnologia și fizica funcționării dispozitivelor nanoelectronice        |

### 4. Condiții de desfășurare a procesului educațional pentru

|                   |   |
|-------------------|---|
| Curs              | <p>Auditoriu echipat cu: calculator, proiector, tabla interactivă. Acces Internet.</p> <p>Curs compendiu în formă electronică.</p> <p>Manuale, cărți în domeniu ce pot fi accesate în biblioteci și Internet. Reviste științifice de profil.</p> <p>Materialele cursului sunt plasate pe platforma ELSE<br/> <a href="https://else.fcim.utm.md/enrol/index.php?id=76">https://else.fcim.utm.md/enrol/index.php?id=76</a></p> <p>În caz de situații excepționale, în baza ordinului administrației UTM, cursurile se petrec în format online pe platforma MS TEAMS. Studenții sunt înrolați pe platformele online în baza emailului corporativ al UTM.</p> |
| Laborator/seminar | <p>Dotare cu: calculator, proiector, laborator științific echipat cu instalații performante în domeniul nanotehnologiilor.</p> <p>Vor pregăti o lucrare individuală de cercetare pe subiecte din domeniu propuse de cadrul didactic.</p>  |

|   |                                   |                      |          |
|---|-----------------------------------|----------------------|----------|
| <br>UNIVERSITATEA TEHNICĂ<br>A MOLDOVEI | <b>FIȘA DISCIPLINEI/MODULULUI</b> | <b>Cod: FD/M 8.1</b> |          |
|   |                                   | <b>Ediția</b>        | <b>1</b> |
|   |                                   | <b>Revizia</b>       | <b>0</b> |
|   |                                   | <b>Pagina</b>        |          |

### 5. Competențe specifice acumulate

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Competențe profesionale | <p><b>C1. Utilizarea elementelor fundamentale referitoare la dispozitivele, circuitele, sistemele, instrumentația și tehnologia electronică;</b><br/>C1.1 Descrierea funcționării dispozitivelor nanoelectronice și a metodelor fundamentale de caracterizare.</p> <p><b>C5 Modelarea și procesarea dispozitivelor și circuitelor integrate utilizând tehnologii moderne micro și nanoelectronice.</b><br/>C5.1 Tehnologii de elaborare și procesare a nanomaterialelor.<br/>C5.3 Utilizarea unor modele de dispozitiv și proces tehnologic pentru aplicație ca senzor de gaze și radiație electromagnetică.</p> <p><b>C6 Proiectarea, simularea și testarea de dispozitive, circuite și sisteme optoelectronice cu instrumente software și tehnologii moderne</b><br/>C6.1 Elaborarea și proiectarea dispozitivelor în baza nanomaterialelor semiconductoare.<br/>C6.2 Explicarea construcției și funcționării dispozitivelor la scară nanometrică.<br/>C6.4 Metode de caracterizare a dispozitivelor nanoelectronice.</p> |
| Competențe transversale | <p>CT1. Aplicarea, în contextul respectării legislației, a drepturilor de proprietate intelectuală (inclusiv transfer tehnologic), a metodologiei de certificare a produselor, a principiilor, normelor și valorilor codului de etică profesională.</p> <p>CT2. Identificarea rolurilor și responsabilităților într-o echipă și aplicarea de tehnici de relaționare și muncă eficientă în cadrul echipei.</p> <p>CT3. Identificarea oportunităților de formare continuă proprie și valorificarea eficientă a resurselor și tehnicilor de învățare moderne, prin internet, pentru propria dezvoltare.</p>  |


### 6. Obiectivele disciplinei/modulului

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Obiectivul general    | <p>Oferirea unui set coerent de cursuri în concordanță cu starea actuală de dezvoltare a domeniului de nanoelectronică în vederea creșterii capacității de cercetare, inovare și transfer tehnologic. Programul de master oferă cunoștințele necesare privind (1) modul de funcționare a dispozitivelor micro și nanoelectronice; (2) procesele tehnologice avansate pentru dispozitive electronice la scară nanometrică; (3) proiectarea și testarea lor.</p> |
| Obiectivele specifice | <p>Acumularea cunoștințelor privind tehnologiile moderne de nanostructurare a materialelor precum și elaborarea lor.</p> <p>Dezvoltarea tehnologiilor și realizarea cercetării, măsurarea parametrilor și caracteristicilor dispozitivelor nanoelectronice, analiza rezultatelor.</p> <p>Studiile sunt strâns legate de cercetarea actuală din domeniul relevant.</p>  |

|   |                                   |                      |          |
|---|-----------------------------------|----------------------|----------|
| <br><small>UNIVERSITATEA TEHNICĂ<br/>A MOLDOVEI</small> | <b>FIȘA DISCIPLINEI/MODULULUI</b> | <b>Cod: FD/M 8.1</b> |          |
|   |                                   | <b>Ediția</b>        | <b>1</b> |
|   |                                   | <b>Revizia</b>       | <b>0</b> |
|   |                                   | <b>Pagina</b>        |          |

### 7. Conținutul disciplinei/modulului

| Tematica activităților didactice  | Numărul de ore                |   |
|---|-------------------------------|---|
|   | învățământ<br>cu<br>frecvență | învățământ<br>cu<br>frecvență<br>redușă |
| <b>Tematica cursurilor</b>  |                               |   |
| T1. Obiecte uni-dimensionale (nanofire, nanotuburi, nanotuburile de carbon) pentru nanoelectronică. Aplicații.  | 1                             |   |
| T2. Metode de sinteză a nanomaterialelor: depunerea electrochimică, depunerea chimică, chemical vapor deposition, atomic layer deposition, nanoimprint lithography, etc.  | 1                             |   |
| T3. Proprietățile optice ale nanomaterialelor. Aplicațiile nanostructurilor poroase.  | 1                             |   |
| T4. Nanotemplate cu rezistență înaltă și nanotemplate semiconductoare. Proprietăți. Avantaje, neajunsuri. Tehnologii electrochimice de nanostructurare a materialelor.  | 1                             |   |
| T5. Proprietăți electrice și fotoelectrice a nanomaterialelor (temperaturi scăzute). Efecte cuantice și Blocada Coulumb în nanodispozitive. Transportul sarcinilor în semiconductori, Poisson și ecuația de continuitate, drift / difuzie, curentul de tunel. | 2                             |   |
| T6. Dispozitiv cu capacitate variabilă (varactor) în baza nanostructurilor poroase. Principiul de construcție și funcționare. Avantaje, neajunsuri.   | 1                             |   |
| T7. Tranzistor cu un singur electron. Principiul de construcție și funcționare. Avantaje, neajunsuri.   | 2                             |   |
| T8. Tranzistoare Spintronice. Principiul de construcție și funcționare. Aplicații.  | 2                             |   |
| T9. Dote cuantice. Aplicații. Dispozitive de memorie cu nanodote. Avantaje.   | 1                             |   |
| T10. Nanodispozitive avansate. Metamateriale. Lentile integrate.  | 2                             |   |
| T11. Nanotuburi de TiO <sub>2</sub> ghidate de lumina UV. Aplicații în fonică și biomedicină.   | 2                             |   |
| T12. Ferro-Electric Field Effect Transistor (FeFET). Tranzistori moleculari. Senzori în baza unei molecule.   | 2                             |   |
| T13. Perspective de implementare a nanotehnologiilor și nanomaterialelor în Republica Moldova. Nanodispozitive electronice.   | 2                             |   |
| <b>Total curs:</b>  | <b>20</b>                     |   |

|  |                                   |                      |          |
|--|-----------------------------------|----------------------|----------|
| <br>UNIVERSITATEA TEHNICĂ<br>A MOLDOVEI | <b>FIȘA DISCIPLINEI/MODULULUI</b> | <b>Cod: FD/M 8.1</b> |          |
|  |                                   | <b>Ediția</b>        | <b>1</b> |
|  |                                   | <b>Revizia</b>       | <b>0</b> |
|  |                                   | <b>Pagina</b>        |          |

| <b>Tematica lucrărilor practice/seminarelor</b>  |           |  |
|--|-----------|--|
| T1. Nanostructurarea electrochimică a materialelor semiconductoare.  | 2         |  |
| T2. Tehnici și echipament de caracterizare a nanomaterialelor: microscopul electronic cu baleiaj SEM, studiul compoziției chimice EDX.   | 2         |  |
| T3. Tehnici și echipament de caracterizare a materialelor și dispozitivelor la scară nanometrică: microscopia de forță atomică (AFM), microscopia Raman și FTIR, fotoluminescența.   | 2         |  |
| T4. Litografia cu sarcină de suprafață. Nitrura de Galiu.  | 2         |  |
| T5. Transferul nanomaterialelor pe suport. Contactarea nanomaterialelor.   | 2         |  |
| <b>Total lucrări practice/seminare:</b>  | <b>10</b> |  |
| Lucrare individuală de cercetare (selectată din lista prezentată de cadrul didactic sau la propunerea masterandului)   | <b>10</b> |  |
| <i>Seminarele se petrec în laboratoarele Centrului Național de Studiu și Testare a Materialelor din cadrul UTM care sunt echipate cu echipament modern de nanostructurare, elaborare a nanodispozitivelor precum și caracterizarea lor.</i><br><a href="http://ncmst.utm.md/index.php/laboratories">http://ncmst.utm.md/index.php/laboratories</a> |           |  |

## 8. Referințe bibliografice

|            |   |
|------------|---|
| Principale | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nanoelectronic Devices. Byung-Gook Park, Sung Woo Hwang, Young June Park. CRC Press, 2012</li> <li>2. Nano-electronic devices: semiclassical and quantum transport modeling. Dragica Vasileska; Stephen M Goodnick, New York : Springer, 2011.</li> <li>3. Hussain M. Advanced Nanoelectronics: Post-Silicon Materials and Devices. Muhammad Mustafa Hussain (Ed.). Wiley-VCH Verlag GmbH , ISBN: 978-3-527-81185-4 , 2018</li> <li>4. Nanoelectronics Devices, Circuits and Systems. Brajesh Kumar Kaushik (Editor). Elsevier. ISBN: 9780128133545, 2018</li> <li>5. Nanolithography: The art of fabricating nanoelectronic and nanophotonic devices and systems. Martin Feldman. Woodhead Publishing, 2014</li> <li>6. Nanoelectronics and Photonics: From Atoms to Materials, Devices, and Architectures. Korin A., Rosei F. (Eds.). ISBN 978-0-387-76499-3, 2008</li> <li>7. Introduction to Nanoelectronics. Science, Nanotechnology, Engineering, and Applications. Motin V.V., Kochelap V.A., Stroschio M.A. ISBN-13: 978-0521881722, 2007</li> <li>8. Oxford Handbook of Nanoscience and Technology. Volume 2: Materials: Structures, Properties and Characterization Techniques. A.V. Narlikar and Y.Y. Fu. ISBN: 9780199533053, 2010</li> <li>9. Nanoelectronic Device Applications Handbook. James E. Morris, Krzysztof Iniewski. CRC Press. ISBN 9781138072596, 2017</li> </ol> |
|------------|---|



UNIVERSITATEA TEHNICĂ  
A MOLDOVEI

## FIȘA DISCIPLINEI/MODULULUI

**Cod: FD/M 8.1**

**Ediția** 1

**Revizia** 0

**Pagina**

Suplimentare

1. Publicații electronice recente în domeniul nanodispozitivelor  
[http://ncmst.utm.md/images/stories/Publications/publications\\_ncmst.pdf](http://ncmst.utm.md/images/stories/Publications/publications_ncmst.pdf)

### 9. Evaluare

| Periodică |      | Curentă | Studiu individual | Proiect/teză | Examen |
|-----------|------|---------|-------------------|--------------|--------|
| EP 1      | EP 2 |         |                   |              |        |
|           |      | 30      |                   | 30           | 40     |

Standard minim de performanță

Prezența și activitatea la prelegeri și seminare;

Obținerea notei minime de „5” la fiecare dintre evaluări și seminar;

Demonstrarea în lucrarea de examinare finală a cunoașterii materialului.