

### S.O.033 OPTOELECTRONICA

#### 1. Date despre disciplină/modul

<b>Facultatea</b>	Electronică și Telecomunicații				
<b>Departamentul</b>	Telecomunicații și Sisteme Electronice				
<b>Ciclul de studii</b>	Studii superioare de licență, ciclul -I				
<b>Programele de studiu</b>	<b>0710.1 Inginerie și management în comunicații electronice</b> <b>0714.1 Tehnologii și software în rețele de comunicații;</b> <b>0714.6 Securitatea comunicații electronice.</b>				
<b>Anul de studiu</b>	<b>Semestrul</b>	<b>Tip de evaluare</b>	<b>Categoria formativă</b>	<b>Categoria de opționalitate</b>	<b>Credite ECTS</b>
II (învățământ cu frecvență);	4	E	F – unitate de curs fundamentală	O - unitate de curs obligatorie	5

#### 2. Timpul total estimat

Total ore în planul de învățământ	Din care				
	Ore auditoriale		Activități individuale		
	Curs	Laborator/L. Practice	Proiect de an	Studiul materialului teoretic	Pregătire aplicații
150	30	30/15	PA	30	45

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

Conform planului de învățământ	Studiul dispozitivelor active, Bazele elaborării dispozitivelor semiconducătoare
Conform competențelor	Studiul elaborării dispozitivelor active pe bază de semiconductori

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

Curs	Pentru prezentarea materialului teoretic în sala de curs este nevoie de proiector și calculator. Nu vor fi tolerate întârzierile studenților, precum și convorbirile telefonice în timpul cursului.
Laborator/seminar	Studenții vor perfecta rapoarte conform condițiilor impuse de indicațiile metodice. Termenul de predare a lucrării de laborator – o săptămână după finalizarea acesteia. Pentru predarea cu întârziere a lucrării aceasta se depunează cu 1pct./săptămână de întârziere.

#### 5. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale	<p>Disciplina „Optoelectronica” prevede formarea următoarelor rezultatelor învățării pentru programul de studii TSRC:</p> <p><b>CG1. Utilizarea în activitatea profesională a conceptelor, teoriilor și metodelor științelor fundamentale.</b></p> <p>1. Utiliza concepte fundamentale din matematică, fizică, grafica inginerescă, programare, semnale și circuite pentru a rezolva probleme tehnice specifice domeniului electronică și automatizări.</p> <p>2. Interpreta datele experimentale și teoretice pentru a lua decizii în proiectarea și optimizarea sistemelor și proceselor ingineresti.</p> <p><b>CG2. Operarea cu concepte fundamentale din știința calculatoarelor, tehnologia informației și comunicațiilor.</b></p> <p>3. Descrie concepte, tehnologii și protocoale aplicate la elaborarea modelelor informatice și exploatarea rețelelor de comunicații.</p> <p>4. Utiliza module ale sistemului automatizat de proiectare a rețelelor de comunicații în scopul extinderii funcționalității acestora.</p> <p><b>CG3. Aplicarea normelor/cerințelor din legislație, management, marketing, afaceri și asigurarea calității.</b></p> <p>5. Aplica legislația relevantă în activitățile profesionale.</p> <p><b>Disciplina „Optoelectronica” prevede formarea următoarelor rezultatelor învățării pentru programul de studii IMCE:</b></p> <p><b>CG1. Inițierea și dezvoltarea afacerii în domeniul de activitate.</b></p>
-------------------------	---

	<p>1. Identifica oportunități de generare și dezvoltare a ideilor de afaceri în domeniul de activitate, adoptând decizii corecte în situații complexe/dificile.</p> <p>2. Elabora business-planul afacerii în vederea identificării oportunităților de dezvoltare și surselor de finanțare.</p> <p><b>CG2. Gestionarea proceselor și resurselor.</b></p> <p>3. Analiza piața produselor/serviciilor din domeniul de activitate în vederea selectării resurselor necesare conform proiectului.</p> <p>4. Asigura interconexiunea proceselor de proiectare în vederea utilizării eficiente a resurselor prin noi abordări, inițiative, metode și tehnologii.</p> <p><b>CG3. Elaborarea conceptelor de dezvoltare ale noilor produse/servicii.</b></p> <p>5. Elabora conceptul de produs/serviciu nou pentru îmbunătățirea calității produselor/serviciilor.</p> <p>Disciplina „Optoelectronica” prevede formarea următoarelor rezultatelor învățării pentru programul de studii SCE:</p> <p><b>CG 1. Utilizarea în activitatea profesională a conceptelor, teoriilor și metodelor științelor fundamentale.</b></p> <p>1. Identifica metodele de analiză și modelare matematică, legăturile fizice pentru formularea, explicarea și argumentarea problemelor și soluțiilor uzuale din domeniul electronică și automatizări.</p> <p>2. Stabili parametrii sistemelor electronice și de telecomunicații pentru a asigura securitatea acestora în funcție de destinație și condițiile de exploatare.</p> <p><b>CG2. Operarea cu concepte fundamentale din știința calculatoarelor, tehnologia informației și comunicațiilor.</b></p> <p>3. Explica principiile, tehnologiile și procedurile de dezvoltare a modelelor informatice și de structură ale comunicațiilor electronice.</p> <p>4. Utiliza module disponibile ale mijloacelor automatizate de proiectare a sistemelor și rețelelor de comunicații electronice, propunând extinderea funcționalității acestora.</p> <p><b>CG3. Aplicarea normelor/cerințelor din legislație, management, marketing, afaceri și asigurarea calității.</b></p> <p>5. Elabora proceduri eficiente cu privire la sistemele, rețelele și serviciile de comunicații electronice, respectând cerințele de calitate și management stabilite de legislație.</p>
--	--

## 6. Obiectivele disciplinei/modulului

<b>Obiectivul general</b>	Însușirea metodelor de elaborare și funcționare a dispozitivelor active pe bază de semiconductori.
<b>Obiectivele specifice</b>	<p>Să înțeleagă și să descrie principiul de funcționare al dispozitivelor active utilizate în sistemele de comunicații optice.</p> <p>Să înțeleagă principiile tehnologiei planare de fabricare dispozitivelor.</p> <p>Să determine corect gabaritele dispozitivelor conform parametrilor.</p>

## 7. Conținutul disciplinei/modulului

Tematica prelegerilor	Numărul de ore
Tema 1. Introducere. Evoluția sistemelor optoelectronice. Dezvoltarea dispozitivelor micro-optoelectronice pe bază de semiconductor.	1
Tema2. Structura cristalină și forțele de legătură în cristale. Tipuri de imperfecțiuni structurale. Propagarea undelor elastice în cristale.	1
Tema3. Benzi energetice. Mișcarea electronilor într-o structură cristalină.	1
Tema 4. Fotorezistori. Purtători de sarcină majoritari și minoritari în semiconductori. Timpul de viață. Viteza de generare a purtătorilor de sarcină. Tranziții electronice.	1
Tema5. Construcția fotorezistorilor. Principiul de funcționare. Conductibilitatea, pragul roșu, eficiența fotorezistorilor. Viteza de generare a purtătorilor de sarcină în fotorezistori. Caracteristicile fotorezistorilor. Dependența sensibilității de frecvența semnalului.	1
Tema6. Joncțiunea p-n. Formarea joncțiunii p-n. Stratul de sarcină spațială. Diagrama energetică la echilibru și polarizare a joncțiunii p-n. Caracteristicile volt-amper și watt-amper a joncțiunii p-n.	1

Tema7. Homo- și heterojoncțiuni. Noțiuni generale. Parametrii de bază. Construcția diagramelor energetice a homo- și heterojoncțiunilor. Particularități.	1
Tema8. Fotodiada p-i-n. Construcția. Diagrama energetică. Formarea curentului. Principiul de funcționare. Eficiența cuantică. Rapiditatea fotodiodei p-i-n.	1
Tema9. Fotodiada Schottky. Construcția. Diagrama energetică. Formarea curentului. Principiul de funcționare. Eficiența cuantică externă. Regimurile de funcționare. Distribuția spectrală.	1
Tema10. Senzor de radiație UV. Construcția. Formarea curentului. Principiul de funcționare. Distribuția sensibilității spectrale. Senzori de UV.	1
Tema11. Senzor de radiație UV diferențiali. Construcția. Formarea curentului. Principiul de funcționare. Distribuția sensibilității spectrale.	1
Tema12. Baterii solare celule solare. Construcția. Formarea curentului. Principiul de funcționare. Diagrama energetică. Sensibilitatea spectrală. Noțiune de FillFactor.	1
Tema13. Surse de lumină. Categoriile surselor de radiație. Caracteristicile de bază. Surse de lumină coerente și necoerente.	1
Tema14. Diode luminescente pe baza joncțiunii p-n. Construcția. Diagrama energetică. Generarea radiației spontane. Principiul de funcționare. Eficiența cuantică externă. Parametrii de bază. Construcții îmbunătățite.	1
Tema15. Surse de lumină coerentă. Generarea radiației coerente. Diagrama energetică. Condițiile de generare a radiației coerente.	1
Tema16. Generatoare cuantice – LASER. Timpul de viața al purtătorilor de sarcină. Clasificarea surselor de radiație coerentă.	1
Tema17. Rezonatorul Fabry-Perot. Generarea modelelor în rezonator. Polarizarea luminii. Moduri de polarizare a luminii coerente.	1
Tema18. Laseri pe bază de corp solid. Structura. Caracteristicile de bază. Regimurile de funcționare a laserilor pe corp solid.	2
Tema19. Comutatoare de calitate. Tipuri de comutatoare de calitate. Principiul de funcționare. Modularea semnalului luminos.	2
Tema20. Laseri pe bază de gaze. Construcția. Caracteristicile de bază. Parametrii de bază a laserilor pe bază de gaze. Diagrama energetică.	2
Tema21. Laseri pe semiconductori. Construcția. Spectrul de emisie. Caracteristicile și parametrii de bază.	2
Tema22. Laseri pe semiconductori. Reglarea cu numărul de mode longitudinale și transversale. Caracteristicile radiației emise de către dioda laser.	2
Tema23. Tehnologii de fabricare a dispozitivelor micro-optoelectronice. Epitaxia. Oxidarea. Difuzia.	2
<b>Total prelegeri:</b>	<b>30</b>

<b>Tematica seminarelor</b>	Numărul de ore
LP1. Structura cristalină. Indicii Miller.	1
LP2. Fotorezistori. Construcții moderne. Aplicații ale fotorezistorilor în dispozitive modernizate. Inovații.	2
LP3. Aplicații ale fotoreceptorilor în dispozitive modernizate. Inovații.	2
LP4. Noțiune de nivelul Fermi. Determinarea concentrației purtătorilor cu ajutorul de nivelul Fermi.	2
LP5. Construirea digramelor energetice ale joncțiunilor p-n.	2
LP6. Construcții modernizate ale senzorilor de UV.	2
LP7. Aplicații ale celulelor solare în dispozitive modernizate.	2
LP8. Aplicații ale laserilor în dispozitive modernizate.	2
<b>Total seminare:</b>	<b>15</b>

<b>Tematica lucrărilor de laborator</b>	Numărul de ore
LL1. Inițiere în laboratoare. Protecția muncii la efectuarea lucrărilor.	2

LL2. Aprecierea experimentală a lărgimii benzii energetice interzise.	4
LL3. Studiul limitei de absorbție în semiconductori.	4
LL4. Determinarea caracteristicilor FD în diferite regimuri de funcționare.	4
LL5. Măsurarea caracteristicilor electrice ale DEL și LASER.	4
LL6. Măsurarea caracteristicilor optice ale DEL și LASER	4
LL7. Determinarea parametrilor FD după dependența capacității în funcție de tensiune de polarizare.	4
LL8. Studiul caracteristicilor volt-ampere și watt-ampere ale diodei luminescente și diodei laser.	4
<b>Total lucrări de laborator:</b>	<b>30</b>

## 8. Referințe bibliografice

Principale	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Shadia Jamil Ikhmayies, Hatice Hilal Kurt. „<i>Advances in Optoelectronic Materials</i>”. ISBN 978-3-030-577736-0, (<a href="https://www.google.md/books/edition/Advances_in_Optoelectronic_Materials/U0AjEAAAQBAJ">https://www.google.md/books/edition/Advances_in_Optoelectronic_Materials/U0AjEAAAQBAJ</a>), 2021.</li> <li>2. Alexander A. Bortsov, Yuri V. Il'in, Sergey M. Smolskiy. „<i>Laser Optoelectronic Oscillators</i>”. ISBN 978-3-030-45699-3, (<a href="https://www.google.md/books/edition/Laser_Optoelectronic_Oscillators/y238DwAAQBAJ">https://www.google.md/books/edition/Laser_Optoelectronic_Oscillators/y238DwAAQBAJ</a>), 2020.</li> <li>3. Saumya Sengupta, Subhananda Chakrabarti. “<i>Optical and Spectral Characterization of Sub-monolayer QDIPs</i>”. ISBN 978-981-10-5701-4, (<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-5702-1_4">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-5702-1_4</a>), 2018.</li> <li>4. Xiaobing Luo, Qi Chen. “<i>Online Testing Method and System for LED Reliability and Their Applications</i>”. ISBN 978-3-319-58175-0, (<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-58175-0_13">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-58175-0_13</a>), 2018.</li> <li>5. Andreas Furchner, Dennis Aulich. “<i>Organic Materials for Optoelectronic Applications</i>”. ISBN 978-3-319-75894-7, (<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-75895-4_24">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-75895-4_24</a>), 2018.</li> <li>6. Joff Derluyn, Marianne Germain, Elke Meissner. “<i>Taking the Next Step in GaN: Bulk GaN Substrates and GaN-on-Si Epitaxy for Electronics</i>”. ISBN 978-3-319-77993-5, (<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-77994-2_1">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-77994-2_1</a>), 2018.</li> <li>7. Kasap, Safa, Capper, Peter “<i>Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials</i>”. ISBN 978-3-319-48933-9. (<a href="https://www.springer.com/gp/book/9783319489315">https://www.springer.com/gp/book/9783319489315</a>), 2017.</li> <li>8. Aaron H.-P. Ho, Donghyun Kim, Michael G. Somekh. “<i>Handbook of Photonics for Biomedical Engineering</i>”. ISBN 978-94-007-6174-2 (<a href="https://link.springer.com/referencework/10.1007%2F978-94-007-6174-2">https://link.springer.com/referencework/10.1007%2F978-94-007-6174-2</a>), 2016.</li> <li>9. Oleksiy Shulika, Igor Sukhoivanov. “<i>Contemporary Optoelectronics. Materials, Metamaterials and Device Applications</i>”. ISBN 978-94-017-7314-0 (<a href="https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-017-7315-7">https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-017-7315-7</a>), 2016.</li> <li>10. Markus Aspelmeyer, Tobias J. Kippenberg, Florian Marquardt. “<i>Cavity Optomechanics. Nano- and Micromechanical Resonators Interacting with Light</i>”. ISBN 978-3-642-55311-0, (<a href="https://www.google.md/books/edition/Cavity_Optomechanics/FG71AwAAQBAJ">https://www.google.md/books/edition/Cavity_Optomechanics/FG71AwAAQBAJ</a>), 2014.</li> <li>11. Yue Wang. “<i>Low Threshold Organic Semiconductor Lasers. Hybrid Optoelectronics and Applications as Explosive Sensors</i>”. ISBN 978-3-319-01266-7, (<a href="https://books.google.md/books?id=CUrABAAAQBAJ">https://books.google.md/books?id=CUrABAAAQBAJ</a>), 2014.</li> <li>12. Minoru Yamada. “<i>Theory of Semiconductor Lasers. From Basis of Quantum Electronics to Analyses of the Mode Competition Phenomena and Noise</i>”. ISBN 978-4-431-54888-1, (<a href="https://www.google.md/books/edition/Theory_of_Semiconductor_Lasers/85-5BQAAQBAJ">https://www.google.md/books/edition/Theory_of_Semiconductor_Lasers/85-5BQAAQBAJ</a>), 2014.</li> <li>13. Victor Lucian. <i>Energia solară: Ghid de captare și conversie a energiei solare pentru utilizare</i>. București: Editura universitară, 2014.</li> <li>14. Junji Ohtsubo. “<i>Semiconductor Lasers. Stability, Instability and Chaos</i>.” ISBN 978-3-642-30146-9, (<a href="https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-30147-6">https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-30147-6</a>), 2013. Traian Ivanovici. <i>Sisteme de achiziție utilizate în domeniul surselor fotovoltaice</i>. Targoviste: Bibliotheca, 2013.</li> <li>15. Mohamed Amjahdi, Jean Lemale. <i>Energia solara termica și fotovoltaică</i>. București : Matrix Rom, 2012.</li> <li>16. Paul Schiopu, Neculai Grosu. <i>Măsurători optoelectronice / îndrumar</i>. București: Matrix Rom, 2011.</li> <li>17. Dave Birtalan, William Nunley. “<i>Optoelectronics: Infrared-Visible-Ultraviolet Devices and Applications. Second edition</i>.” CRC Press, 9 apr. 2009, pp. 300.</li> <li>18. Paul Schiopu, Carmen Schiopu. <i>Dispozitive piezoelectrice</i>. Bucuresti: Matrix Rom, 2011.</li> </ol>
------------	---

Suplimentare	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dan Cojoc, Andrei Dragulinescu. <i>Optica tehnică</i>. București : Matrix Rom , 2009.</li> <li>2. А. М. Желтиков. <i>Микроструктурированные световоды в оптических технологиях</i>. Москва: Физматлит, 2009.</li> <li>3. Teodor Petrescu. <i>Fibre optice pentru telecomunicații</i>. București: Editura AGIR, 2006. Petrescu, Teodor. <i>Fibre optice pentru telecomunicații</i>. - București: Ed. AGIR, 2006. - 182 p.CZU 681.7 / P 57</li> </ol>
--------------	---

## 9. Evaluare

Forma de învățământ	Periodică		Curentă	Lucrul individual	Examen final
	Atestarea 1	Atestarea2			
Cu frecvență	15%	15%	15%	15%	40%
Standard minim de performanță					
Prezența și activitatea la prelegeri, seminare și lucrări de laborator; Obținerea notei trecătoare de „5” la fiecare evaluare curentă și lucrări de laborator; Demonstrarea în lucrarea de evaluare finală a cunoașterii materialului predat.					