Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

FIŞA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituţia de învăţământ superior	**Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti**
1.2 Facultatea	**Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologia Informaţiei**
1.3 Departamentul	**Dispozitive, Circuite şi Arhitecturi Electronice**
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologii Informaţionale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Micro şi Nanoelectronică

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)				Procese nanotehnologice avansate			
2.2 Titularul activităţilor de curs				Colaborator Dr. Adrian Dinescu			
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator				Colaborator Dr. Adrian Dinescu			
2.4 Anul de studiu	2	2.5 Semestrul	1	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei		DA	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M3.O.05-31		2.10 Tipul de notare	Nota

3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităţilor didactice)

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	Din care: 3.2 curs	1	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învăţământ	42	Din care: 3.5 curs	14	3.6 seminar/laborator	28
Distribuţia fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie şi notiţe Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii şi eseuri					20
Tutorat					0
Examinări					24
Alte activităţi (dacă există):					0

3.7 Total ore studiu individual	58.00
3.8 Total ore pe semestru	100
3.9 Numărul de credite	4

4. Precondiţii (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Cursuri fundamentale de Dispozitive Electronice, Modelarea Componentelor Microelectronice Active
4.2 de rezultate ale învăţării	Cunoştinţe generale de fizică, dispozitive electronice şi simulare software a circuitelor electronice

5. Condiţii necesare pentru desfăşurarea optimă a activităţilor didactice (acolo unde este cazul)

5.1 Curs	Cursul se va desfăşura într-o sală dotată cu videoproiector sau pe platforma MSTeams

5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Proiectul se va desfăşura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: calculatoare, legatură la INTERNET, simulator de circuite electronice de tip SPICE sau pe platforma MSTeams, studentii avand calculatoare cu un simulator de tip SPICE instalat.

6. Obiectiv general *(Se referă la intenţiile profesorilor pentru studenţi, la ceea ce studenţii vor fi învăţaţi în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului ştiinţific abordat, precum şi la rolul pe care acesta îl are în cadrul specializării studiate. Vor fi descrise de o manieră generală tematicile abordate, justificarea includerii cursului în planul de învăţământ al specializării studiate etc.)*

Această disciplină se studiază în cadrul domeniului Inginerie Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologii informaţionale, specializarea Microelectronică şi nanoelectronică şi îşi propune să familiarizeze studenţii cu principalele abordări, metode şi tehnologii utilizate în domeniul nanofabricaţiei dispozitivelor nanoelectronice.
Cursul prezintă tehnologiile principale din domeniul nanofabricaţiei precum şi câteva dispozitive nanoelectronice, care se pot realiza cu ajutorul acestora. Capitole mari abordate:
Introducere în micro-nanofabricaţie
Metode de procesare aditivă: CVD (depuneri chimice din fază de vapori)
PVD (depuneri prin evaporare: termică şi cu fascicul de electroni)
MBE (epitaxie din fascicul molecular)
Metode litografice : litografie optică, litografie cu fascicul de electroni
Metode de procesare substractivă: corodare în plasmă (RIE, DRIE)
Metode de dopare: difuzie şi implantare ionică
Metode de caracterizare a nanostructurilor: microscopie optică, microscopie electronică de baleiaj, microscopie electronică de transmisie, EDX, difracţie de raze X, spectroscopie Raman, microscopie de forţă atomică
Tehnologie de fabricaţie a nanotranzistoarelor pe bază de materiale 2D şi de nanofire de siliciu

7. Competenţe *(Capacitatea dovedită de a utiliza cunoştinţe, aptitudini şi abilităţi personale, sociale şi/sau metodologice în situaţii de muncă sau de studiu şi pentru dezvoltarea profesională şi personală. Reflectă cerinţele angajatorilor.)*

Specifice	**Demonstrează** că deţine cunoştinţe avansate ale elementelor fundamentale referitoare la dispozitive, circuite, sisteme, instrumentaţie şi tehnologie electronică. **Corelează** cunoştinţele referitoare la proiectarea, simularea şi testarea de dispozitive, circuite integrate, sisteme micro şi nanoelectronice cu instrumente software moderne. **Aplică** în practică cunoştinţele referitoare la modelarea şi procesarea dispozitivelor şi circuitelor integrate utilizând tehnologii avansate. **Argumentează şi analizează** coerent şi corect contextul de aplicare a cunoştinţelor de bază privind proiectarea, simularea şi testarea de dispozitive, circuite şi sisteme optoelectronice cu instrumente software şi tehnologii moderne micro- şi nanoelectronice. **Comunicare orală şi în scris în limba română**: utilizează vocabularul ştiinţific specific domeniului. **Comunicare orală şi în scris într-o limbă străină** (engleză): domonstrează înţelegerea vocabularului aferent domeniului.

Transversale (generale)	**Capacitate de analiză şi sinteză**: prezintă în mod sintetic cunoştinţele dobândite privind noile tehnologii ca urmare a unui proces de analiză sistematică. **Autonomie şi gândire critică**: abilitatea de a gândi în termeni ştiinţifici, de a căuta şi analiza date în mod independent, precum şi de a prezenta/identifica soluţii în context nou. **Lucrează în echipă şi comunică eficient** coordonându-şi eforturile cu ceilalţi pentru rezolvarea unor situaţii problemă cu complexitate medie.

8. Rezultatele învăţării *(Sunt enunţuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învăţării reflectă realizările studentului şi mai puţin intenţiile profesorului. Rezultatele învăţării informează studenţii despre ceea ce se aşteaptă de la ei din punct de vedere al performanţei, pentru a obţine notele şi creditele dorite. Sunt definite în termeni concreţi, folosind verbe similare exemplelor de mai jos şi indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învăţării vor fi astfel redactate încât să fie evidenţiată clar relaţia faţă de competenţele definite la punctul 7.)*

Cunoştinţe	*Rezultatul asimilării de informaţii prin învăţare. Cunoştinţele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii şi practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice şi/sau faptice.* **Enumeră** tipuri de nanotehnologii **Defineşte** caracteristicile nanostructurilor **Descrie/clasifică** tehnici litografice **Evidenţiază** particularităţile soluţiilor constructive speciale
Aptitudini	*Capacitatea de a aplica cunoştinţe şi de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini şi a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive şi creative) sau practice (implicând dexteritate manuală şi utilizarea de metode, materiale, unelte şi instrumente).* **Selectează** şi grupează informaţii relevante despre nanostructuri **Utilizează** argumentat principii specifice . **Lucrează** productiv în echipă pentru efectuarea proiectului. **Elaborează un text ştiinţific** în redactarea proiectului **Verifică experimental soluţii**le extragerii tensiunii de prag prin mai multe metode. **Rezolvă** aplicaţii practice în cadrul proiectului. **Interpretează** adecvat relaţii de cauzalitate dintre valorile extrase. **Analizează şi compară** valoarea tensiunii de prag. **Identifică soluţii** şi elaborează proiectul disciplinei. **Formulează** concluzii la experimentele realizate. **Argumentează** soluţiile identificate în cadrul proiectului .

Responsabilitate și autonomie	*Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.* **Selectează** surse bibliografice potrivite şi le analizează. **Respectă principiile de etică academică,** citând corect sursele bibliografice utilizate. **Demonstrează receptivitate** pentru contexte noi de învățare. **Manifestă colaborare** cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice **Demonstrează autonomie** în organizarea procesului/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat **Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate**. **Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei** la identificarea de soluții viabile/sustenabile **Aplică principii de etică**

9. Metode de predare *(Se vor avea în vedere metode care să asigure predarea centrată pe student. Se va descrie modul în care se asigură participarea studenților la stabilirea propriului parcurs de învățare, cum se identifică eventualele rămâneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)*

Pornindu-se de analiza caracteristicilor de învăţare ale studenţilor şi de la nevoile lor specifice, procesul de predare va explora metode de predare atât expozitive (prelegerea, expunerea), cât şi conversativ-interactive, bazate pe modele de învăţare prin descoperire facilitate de explorarea directa şi indirectă a realităţii (experimentul, demonstraţia, modelarea), dar şi pe metode bazate pe acţiune, precum exerciţiul, activităţile practice şi rezolvarea de probleme.
În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri, în baza unor prezentări Power Point sau diferite pagini de Internet care vor fi puse la dispoziţia studenţilor. Fiecare curs va debuta cu recapitularea capitolelor deja parcurse, cu accent asupra noţiunilor parcurse la ultimul curs.
Prezentările utilizează imagini şi scheme, astfel încât informaţiile prezentate să fie uşor de înţeles şi asimilat.
Acestă disciplină acoperă informaţii şi activităţi practice menite să-i sprijine pe studenţi în eforturile de învăţare şi de dezvoltare a unor relaţii optime de colaborare şi comunicare într-un climat favorabil învăţării prin descoperire.
Se va avea în vedere exersarea abilităţilor de ascultare activă şi de comunicare asertivă, precum şi a mecanismelor de construcţie a feedback-ului, ca modalităţi de reglare comportamentală în situaţii diverse şi de adaptare a demersului pedagogic la nevoile de învăţare ale studenţilor.
Se va exersa abilitatea de lucru în echipă pentru rezolvarea diferitelor sarcini de învăţare.
Se va verifica atentia studentilor prin teste rapide (tip quizz) in timpul sau la finalul cursului la anumite cursuri.

10. Conţinuturi

CURS		
Capitolul	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	Capitolul 1. Introducere 1.1. Tematica cursului 1.2. Prezentare generală a obiectivelor specifice 1.3. Prezentarea generală a proiectului	1

2	Capitolul 2. Tehnologii de procesare aditiva/depunere de straturi subtiri cu grosimi nanometrice: 2.1. Elemente de tehnica vidului 2.2. CVD (depuneri chimice din faza de vapori) atat la presiune scazuta (LPCVD), cat si depuneri asistate de plasma (PECVD) sau de tip metal-organic (MOCVD), 2.3. PVD - depuneri fizice din stare de vapori (evaporare termica si evaporare cu fascicul de electroni) si pulverizare catodica (sputtering) 2.4. Depuneri epitaxiale din faza lichida si din fascicul molecular (MBE)	3
3	Capitolul 3. Tehnologii litografice de configurare la scara nanometrica: 3.1. Introducere in litografie si nanolitografie (incluzand metodele SPM si NIL) 3.2. Litografia optica , inclusiv DUV si EUV 3.3. Litografia cu fascicul de electroni	2
4	Capitolul 4. Tehnologii de procesare substractiva a nanostructurilor si dispozitivelor. 4.1. Corodare umeda 4.2. Corodare in plasma 4.3. RIE 4.4. DRIE 4.5. Corodare cu fascicul de ioni.	2
5	Capitolul 5. Metode de caracterizare la scara nanometrica: 5.1. Microscopia optica 5.2. SEM-microscopia electronica de baleiaj 5.3. TEM-microscopia electronica de transmisie 5.4. AFM- microscopia de forta atomica 5.5. EDX-spectroscopia de raze X in SEM 5.6. XRD- difractia de raze X 5.7. Spectroscopia Raman	2
6	Capitolul 6. Tehnologii de fabricatie a jonctiunilor semiconductoare (dopare): metoda difuziei si metoda implantarii ionice.	2
7	Capitolul 7. Fluxuri de fabricatie a unor nanotranzistoare cu efect de camp pe baza de materiale uni si bidimensionale (nanotuburi de carbon, grafena, MoS2, SnS) si be baza de nanofire de siliciu, pe substrat de tip SOI.	2
	Total:	14

Bibliografie:

1. M.A. Dinescu Procese Nanotehnologice Avansate https://curs.upb.ro/2023/enrol/index.php?id=9679
2. https://curs.upb.ro/2021/enrol/index.php?id=9507
3. Scanning Microscopy for Nanotechnology: Techniques and Applications,Weilie Zhou (Editor), Zhong Lin Wang (Editor),Hardcover (November 2006
4. M.Dragoman and D.Dragoman, 2D Nanoelectronics: Physics and devices of atomically thin materials, Springer, 2017
5. Semiconductor Micromachining : Fundamental Electrochemistry and Physics, H.- J. Lewerenz (Editor), S. A. Campbell (Editor),Paperback (April 1998),John Wiley & Sons; ISBN: 04719668
6. Thin Film Deposition : Principles and Practice,Donald L. Smith, Hardcover (May 1994)
7. Handbook of Microlithography, Micromachining, and Microfabrication : Micromachining and Microfabrication,P. Rai-Choudhury (Editor),Hardcover Vol 002 (September 1997)

Bibliografie:

1. M.A. Dinescu Procese Nanotehnologice Avansatehttps://curs.upb.ro/2023/enrol/index.php?id=9679
2. https://curs.upb.ro/2021/enrol/index.php?id=9507
3. Handbook of Microlithography, Micromachining, and Microfabrication : Microlithography,P. Rai-Choudhury (Editor),Hardcover Vol 001 (June 1997),SPIE Press; ISBN: 081942378
4. Semiconductor Micromachining : Techniques and Industrial Applications,H.- J. Lewerenz (Editor), S. A. Campbell (Editor),Paperback Vol 2 (April 1998),John Wiley & Sons; ISBN: 0471966827
5. The Science and Engineering of Microelectronic Fabrication,Stephen A. Campbell,Hardcover - 536 pages (March 1996),Oxford University Press; ISBN: 0195105087

11. Evaluare

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Cunoasterea teoretica a proceselor nanotehnologice avansate	verificare	60%
	Evaluarea cunoştinţelor prezentate pe baza argumentelor din cadrul diferitelor probleme	Verificare in ultimile 2 saptamani ale semestrului	20%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Evaluarea se face cumulativ la un termen intermediar de verificare a proiectului (midterm) şi la un termen final de verificare.	Verificare orala asupra solutiilor alese pentru realizarea proiectului	20%
11.6 Condiţii de promovare			
Capacitatea de a elabora un flux tehnologic elementar de fabricatie a unui FET pe materiale 2D. Obţinerea a 50% din punctajul total. Obţinerea a 50% din punctajul aferent activităţii pe parcursul semestrului.			

12. Coroborarea conţinutului disciplinei cu aşteptările reprezentanţilor angajatorilor şi asociaţiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum şi cu stadiul actual al cunoaşterii în domeniul ştiinţific abordat şi practicile în instituţii de învăţământ superior din Spaţiul European al Învăţământului Superior (SEÎS)

- Prin activitățile desfășurate, studenţii dezvoltă abilităţi de a oferi soluţii unor probleme şi de a propune idei de îmbunătăţire a situaţiei existenţei în domeniul nanofabricaţiei dispozitivelor nanoelectronice
– În dezvoltarea conţinutului disciplinei s-au avut în vedere cunoştinţe, fenomene descrise de literatura de specialitate şi propriile cercetări publicate .
- Prin activităţi legate de prezentarea tehnologiilor principale din domeniul nanofabricaţiei şi manufacturarea dispozitivelor nanoelectronice se are în vedere dezvoltarea abilităţilor absolventului de a gestiona situaţii practice cu care se poate confrunta în viaţa reală în scopul creşterii contribuţiei acestuia la îmbunătăţirea mediului socio-economic.

Data completării Titular de curs Titular(i) de aplicaţii

Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti
Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi
Tehnologia Informaţiei

21.09.2026	Colaborator Dr. Adrian Dinescu	Colaborator Dr. Adrian Dinescu

Data avizării în departament	Director de departament
22.09.2026	Prof. Dr. Claudius Dan



Data aprobării în Consiliul Facultăţii	Decan
22.09.2026	Prof. Dr. Mihnea Udrea

