



STUDIJŲ DALYKO (MODULIO) APRAŠAS

Dalyko (modulio) pavadinimas	Kodas
Medžiagotyra	

Dėstytojas / a (-ai)	Padalinys (-iai)
Koordinuojantis (-i): doc. Tomas Čeponis Kitas / a (-i): asist. V. Rumbauskas, asist. J. Pavlov, asist. L. Deveikis	VU Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9/III, Vilnius

Studijų pakopa	Dalyko (modulio) tipas
Pirmoji	Pasirenkamasis

Igyvendinimo forma	Vykdymo laikotarpis	Vykdymo kalba (-os)
Auditorinė	7 semestras	Lietuvių

Reikalavimai studijuojančiajam	
Išankstiniai reikalavimai: Studentas turi būti išstudijavęs kursus: Bendroji fizika, Kvantinė mechanika, Įvadas į kieto kūno fiziką	Gretutiniai reikalavimai (jei yra):

Dalyko (modulio) apimtis kreditais	Visas studento darbo krūvis	Kontaktinio darbo valandos	Savarankiško darbo valandos
5	124	64	60

Dalyko (modulio) tikslas		
Tikslas- įgyti žinių ir gebėjimų, reikalingų pasirenkant modernių medžiagų tyrimams tinkamus metodus, kombinuojant medžiagotyros metodus, projektuojant technologijas ir technologinių procesų kontrolę, įgyvendinant elektronikos prietaisų funkcinių charakteristikų tyrimus bei matematinio modeliavimo priemones.		
Dalyko (modulio) studijų rezultatai	Studijų metodai	Vertinimo metodai
Įgyti teorinių žinių apie nano- medžiagas ir jų formavimo technologijas bei taikymus.	Paskaitos, seminarai, uždavinių sprendimas, laboratoriniai darbai, vizitai į modernių technologijų įmones technologinės įrangos ir technologinių maršrutų peržvalgai, konsultacijos, savarankiškas darbas	Seminarų pranešimų vertinimas. Laboratorinių darbų rezultatų analizės vertinimas- apklausa žodžiu. Dalyko pabaigoje – egzaminas raštu: atsakymai į klausimus raštu juos komentuojant žodžiu.
Įgyti teorinių žinių apie šiuolaikinių medžiagotyros metodų principus ir praktinių gebėjimų pasirenkant modernių medžiagų tyrimams tinkamus metodus.		
Suprasti specifinių medžiagotyros metodų principus ir gebėti įvertinti įvairių metodų taikymų ribas bei ypatumus.		
Žinoti pagrindinius tyrimo metodus ir galimą įrangą makroskopiniams, mikroskopiniams ir nanoskopiniams parametrų įvertinti bei optinių, elektrinių ir struktūrinių charakteristikų tyrimui.		
Gebėti projektuoti technologijas, įterpiančias medžiagotyros metodus medžiagų ir technologinių procesų kontrolei.		

Temos	Kontaktinio darbo valandos							Savarankiškų studijų laikas ir užduotys	
	Paskaitos	Konsultacijos	Seminarai	Pratybos	Laboratoriniai darbai	Praktika	Visas kontaktinis darbas	Savarankiškas darbas	Savarankiškai atliekamos užduotys
1. Medžiagų mokslas ir inžinerija. Medžiagų klasifikacija ir esminės jų charakteristikos. Kristaliniai dariniai, jų struktūrinės charakteristikos ir elektroninis spektras. Amorfinės ir netvarkios medžiagos bei jų bazinės charakteristikos. Organinės medžiagos. Kristalų tūris ir paviršius. Paviršiaus relaksacija ir rekonstrukcija. Anglies, Si, GaAs ir GMR nanodariniai: gamybos technologijos ir jų charakterizavimo metodai. Fizikiniai ir cheminiai medžiagos tyrimo metodai (bendra apžvalga)- šiuolaikinių metodų nomenklatūra. Medžiagos elektrinių ir magnetinių savybių įvertinimo metodai. Medžiagos optinių charakteristikų įvertinimo būdai. Medžiagų ir paviršių mechaninių savybių charakterizavimas. Organinių darinių cheminės analizės metodai. Medžiagotyros metodų klasifikacija. Medžiagotyros technologijų taikymų pavyzdžiai: sintetinis deimantas, GaN.	4							2	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos tema.
2. Mikroskopija ir makroskopija Objekto vaizdo sudarymo principai. Makroskopija, tomografijos ir introskopijos principai. Optiniai mikroskopai. Rentgeninis mikroskopas. Akustinė mikroskopija. Elektroninė mikroskopija. Emisiniai mikroskopai: elektroninis, joninis. Optinės ir elektroninės mikroskopijos metodai. Mikroskopų pagrindiniai parametrai. Mikroskopijos režimai ir skiriamoji geba. Mikroskopijos vaizdų interpretavimas. Tunelinė ir atominės jėgos mikroskopija. Rentgeno, elektronų bei jonų spinduliuotės spektroskopijos ir difraktometriniai metodai.	4		2					2 3	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos tema. Pranešimo paruošimas seminarui užduota 1-a tema.
3. Bandinio geometrinių parametrų ir nevienalytiškumo tyrimų metodai. Optiniai, optiniai interferenciniai ir elektriniai metodai. Šviesos sklaidos metodai. Kristalinės sandaros nustatymo metodai. Bangų difrakcijos metodai: Mechaninių ir šiluminių savybių tyrimo metodai.	3							1	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos tema.
4. Elektrinių savybių tyrimo metodai. Elektrinio laidumo ir jį nusakančių parametrų matavimas. Defektų charakterizavimo metodai. Darinių ir struktūrų defektai. Defektų	3							1	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos.

vaizdinimas. Defektų spektroskopija FTIR, FJS, DLTS metodais.			2					3	Pranešimo paruošimas seminarui užduota 2-a tema.
5. Magnetinių savybių tyrimo metodai. Magnetinės skvarbos matavimas. Magnetinių rezonansų metodai (BMR, EPR, feromagnetinis rezonansas).	4							2	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos tema.
6. Dielektrinių savybių matavimas. Dielektrinės skvarbos spektroskopija. Impedanso ir talpinė harmoninio testinio signalo bei impulsinė spektroskopija.	2							1	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos tema.
7. Fizikiniai medžiagos elementinės ir cheminės analizės metodai: <i>Masių spektroskopija.</i> Terminis, elektroninis, antrinių jonų, lazerinis metodai. <i>Chromatografija.</i> <i>Elektronų emisijos metodai.</i> Elektronų spektroskopija. Paviršinio potencialo tyrimo metodai. <i>Jonų sąveikos su medžiaga taikymai.</i> Atgalinės jonų sklaidos spektroskopija. <i>Branduolinių reakcijų (virusų) metodai.</i> <i>Elektromagnetinės spinduliuotės sąveikos su medžiaga taikymai.</i> Šviesos sugerties ir atspindžio spektroskopijos metodai. <i>Elipsometrija.</i> <i>Netiesinė spektroskopija.</i> Gama ir Rentgeno spinduliuočių sugerties ir emisijos metodai (XPS, AES).	6		2					3 3	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos tema. Pranešimo paruošimas užduota 3-ia tema
8. Kristalinės sandaros ir energetinio spektro tyrimo metodai. Optinės ir elektronų spektroskopijos metodai. Lokalių būsenų, fononų spektro tyrimas.	2							1	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos tema.
9. Nesąlytiniai metodai. <i>Mikrobangų-IR zondų metodai.</i>	2							1	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos tema.
10. Naujų medžiagotyros metodų vystymo tendencijos.	2	1						1	Atsirinkti ir studijuoti literatūrą paskaitos tema.
Kurso studijose atliekami pasirinkti (iš žemiau išvardintų) 4 laboratoriniai darbai: 1. Krūvininkų gyvavimo trukmės ir paviršinės rekombinacijos spartos tyrimas Si dariniuose mikrobangomis zonduojamo fotolaidumo (MW-PC) metodu. 2. Defektų spektro tyrimas Si sandūriniuose dariniuose giliųjų lygmenų nenuostoviosios spektroskopijos (DLTS) metodu HERA – DLTS System FT 1030 spektrometru. 3. Technologinių defektų pasiskirstymo GaN bei HPHT deimanto dariniuose žvalga kombinuojant MW-PC ir TR-PL skenavimą. 4. Defektų GaN ir sintetinio HPHT deimanto dariniuose spektroskopija EPR spektrometru BRUKER ELEXSYS E-580. 5. Radiacinių poveikių dozimetrija BRUKER ESCAN dozimetru pasitelkiant alanino jutiklius. 6. Didelių įtėkių Si pažaidų ir radiacinių defektų iškaitinimų technologinių parametrų spektroskopija MW-PC ir TDTL metodais. 7. Krūvininkų pernašos ir barjerų parametrų įvertinimas Si detektoriuose kombinuojant TCT, MW-PC ir BELIV kinetikų metodus.					16			32	Atsirinkti ir studijuoti teorijos literatūrą bei laboratorinio darbo metodikos aprašą. Pagal pateiktus reikalavimus parengti darbo aprašą.
Vizitai į aukštųjų technologijų institucijas (pagal galimybes ir							9	4	Paruošti trumpą ataskaitą apie kiekviename vizite

prieinamumą aplankomos 3-4 iš žemiau pateiktų institucijų): 1. Didelės galios Si darinių gamybos ir medžiagotyros aktualūs aspektai,- pramoninės VVP įmonės technologijos maršrutai. 2. Si fotoelektros prietaisų gamybos ir technologinės kontrolės (cheminės ir funkcinės analizės metodais) maršrutai – SOLITEK įmonėje. 3. GaN MOCVD ir kt. medžiagų nano-elektronikos prietaisų gamybos ir medžiagotyros aspektai-Brothers Semiconductors įmonėje ir FNI. 4. Radiacinių technologijų ir medžiagotyros metodai taikant greitintuvus bei implantatorius (puslaidininkinių ir organinių scintiliatorių in situ liuminescencijos spektroskopija, atbulinės Rezerfordo sklaidos spektrometrija) – FTMC protonų TANDEM greitintuvas. 5.Elementinės sudėties ir struktūros analizės metodai (AES, XPS, XRD, TEM) – FTMC Struktūrinės analizės laboratorija. 6. Modernių elektronikos prietaisų/gaminių technologija (elektronikos gaminių ir prietaisų gamybos technologija, kokybės kontrolės metodai) – UAB „Teltonika“									stebėtą technologiją ir įrangą.
Iš viso	32	1	6		16	9	64	60	

Vertinimo strategija	Svoris proc.	Atsiskaitymo laikas	Vertinimo kriterijai
Laboratoriniai darbai (L) ir vizitų į aukštųjų technologijų institucijas ataskaitos (V)	20	2-16 semestro savaitės	Atliktas laboratorinis darbas, sutvarkytas aprašas- 5 (silpnai). Atliktas laboratorinis darbas, sutvarkytas aprašas ir atsakyta 1 klausimas - 6 (patenkinamai). Atliktas laboratorinis darbas, sutvarkytas aprašas ir atsakyti 2 klausimai - 7 (vidutiniškai). Atliktas laboratorinis darbas, sutvarkytas aprašas ir atsakyti 3 klausimai - 8 (gerai). Atliktas laboratorinis darbas, sutvarkytas aprašas ir atsakyti 4 klausimai - 9 (labai gerai). Atliktas laboratorinis darbas, sutvarkytas aprašas ir atsakyti 5 klausimai - 10 (puikiai).
Pranešimas medžiagotyros seminare 1-a užduota tema (P1)	10	3 semestro savaitė	Pateiktas pranešimas medžiagotyros seminare: pranešimo ruošinys (išsamus - 2 balai, atmetinis - 0 balų), turinio suvokimas (gilus - 2 balai, paviršutinis - 0 balų), pateikimas (trumpas bet aiškus - 2 balai, išstestas ir neaiškus - 0 balų), atsakymai į auditorijos klausimus (išsamūs atsakymai - 4 balai, nesuprasti klausimai be atsakymų - 0 balų). Visų įverčių suma.
Pranešimas medžiagotyros seminare 2-a užduota tema (P2)	10	6 semestro savaitė	Pateiktas pranešimas medžiagotyros seminare: pranešimo ruošinys (išsamus - 2 balai, atmetinis - 0 balų), turinio suvokimas (gilus - 2 balai, paviršutinis - 0 balų), pateikimas (trumpas bet aiškus - 2 balai, išstestas ir neaiškus - 0 balų), atsakymai į auditorijos klausimus (išsamūs atsakymai - 4 balai, nesuprasti klausimai be atsakymų - 0 balų). Visų įverčių suma.
Pranešimas medžiagotyros seminare 3-a užduota tema (P3)	10	10 semestro savaitė	Pateiktas pranešimas medžiagotyros seminare: pranešimo ruošinys (išsamus - 2 balai, atmetinis - 0 balų), turinio suvokimas (gilus - 2 balai, paviršutinis - 0 balų), pateikimas (trumpas bet aiškus - 2 balai, išstestas ir neaiškus - 0 balų), atsakymai į auditorijos klausimus

			(išsamūs atsakymai - 4 balai, nesuprasti klausimai be atsakymų - 0 balų). Visų įverčių suma.
Egzaminas (E)	50	Egzaminų sesija	Egzaminas raštu: atsakymai į klausimus raštu juos komentuojant žodžiu. Egzamino ruošinys (pateikti svarbiausi, esminiai dalykai - 3 balai, pateikti neesminiai, nesvarbūs dalykai - 0 balų), turinio suvokimas (gilus - 3 balai, paviršutinis - 0 balų), atsakymai į dėstytojo klausimus (išsamūs atsakymai - 4 balai, nesuprasti klausimai be atsakymų - 0 balų).
Galutinis vertinimas (GV)	100	Egzaminų sesija	Dešimtbalė kaupiamoji vertinimo schema. Bendras dalyko įsisavinimo vertinimas susideda iš laboratorinių darbų (L ir V), pateiktų pranešimų medžiagotyro seminaruose (P1, P2, P3) ir egzamino (E) vertinimų. Dalyko galutinis vertinimas: $GV = 0.2 L + 0.1 P1 + 0.1 P2 + 0.1 P3 + 0.5 E$

Literatūros nuorodų sąrašas				
Autorius (-iai)	Leidimo metai	Pavadinimas	Periodinio leidinio Nr. ar leidinio tomas	Leidykla ar internetinė nuoroda
Privaloma literatūra				
V.Grivickas, A.F.Orliukas, A.Žindulis, S.Tamulevičius.	2008	Medžiagų mokslas		Progrety, Vilnius
V. Vaičiškauskas ir kt.	2008	Paviršiaus optinė spektroskopija		TEV, Vilnius
V.Balevičius, L.Kimtys, G.Misiūnas		Magnetinio rezonanso spektrometrija		Vilnius, VUL
T. Čeponis	2022-	Paskaitų konspektas	Kasmet atnaujinamas	Padalijamas ppt formatu
D.K.Schroder.	1990 ir vėlesn. pak. leid.	Semiconductor material and device characterization		J.Wiley&Sons, N.Y.
P.Blood and J.W.Orton	1992 ir vėlesn. pak. leid.	The electrical characterization of semiconductors: majority carriers and electron states.		Academic press.
W.D.Callister		Materials science and engineering : an introduction		Wiley, N.Y
Papildoma literatūra				
1. <i>Modern condensed matter Physics. Akademprint, M., 2001.</i> 2. E.V.Monakhov, G.Alfieri, B.S.Avset, A.Hallen, and B.G.Svensson. <i>Laplace transform transient spectroscopy study of a divacancy-related double acceptor centre in Si. J. Phys.: Condens. Matter 15 (2003) S2771–S2777.</i> 3. S.M.Sze. <i>Physics of semiconductor devices. John Wiley and Sons, inc. 2007.</i> 4. B. J. Baliga, <i>Power semiconductor devices. PWS Publishing Company, Boston, 1991 ir vėlesni leidimai</i> 5. Stavola. <i>Identification of defects in semiconductors. Academic press. 1999.</i> 6. W.Massa. <i>Crystal structure determination. 4th Ed., 2004, Hardcover. Springer.</i> 7. <i>Solid Surfaces, Interfaces and thin films. Series: Graduate texts in physics. Lüth, Hans. 2010.</i> 8. D.J.O'Connor, B.A. Sexton, R.St.Smart (edt's). <i>Surface analysis methods in materials science. 2nd Edition, Springer, Berlin, 2003.</i> 9. D.N. Sathyanarayana. <i>Introduction to magnetic resonance spectroscopy ESR,NMR, NQR. Intern Publish. House, New Delhi. 2009.</i> 10. <i>Springer handbook of materials measurement methods / Horst Czichos, Tetsuya Saito, Leslie Smith (Eds.). Berlin : Springer, 2006. XXV.</i> 11. <i>Scanning probe microscopy in nanoscience and nanotechnology, B.Bharat (Ed.) 2011.</i> 12. V.Šablinskas, J. Čeponkus. <i>Modernioji molekulių virpesinė spektrometrija. Vilnius, VUL, 2014. (in Lithuanian), http://www.bfsk.ff.vu.lt/links.php</i> 13. A.Dargis, A.Acus. <i>Dviejų ir trijų lygmenų atomai ir sistemos kvantinėje mechanikoje, 2011,Vilniaus universiteto leidykla, 2011. (in Lithuanian).</i> 14. E.Gaubas. <i>Relaksacinių procesų įvairiuose dariniuose mikrobangė spektroskopija , 2008, OPTOSTUD.</i>				