

DOKTORANTŪROS STUDIJŲ DALYKO SANDAS

Dalyko pavadinimas	Mokslo kryptis (kodas)	Fakultetas / centras	Institutas / skyrius
<b>Monokristalinių, keraminių ir kompozitinių medžiagų fizika ir technologijos</b> (7,5 ECTS kredito)	Medžiagų inžinerija T 008	Fizikos fakultetas	Taikomosios elektrodinamikos ir telekomunikacijų institutas
Studijų būdas	Kreditų skaičius	Studijų būdas	Kreditų skaičius
Paskaitos		Konsultacijos	Iki 1 ECTS kredito
Individualus	7,5 ECTS be konsultacijų, iki 6,5 ECTS su konsultacijomis	Seminarai	

Dalyko anotacija

**Monokristalų auginimas.** Čochralskio, Bridžmeno-Stokbargerio, Verneilio, Kiropuloso, zoninio lydymo metodai.

**Keramikų gamybos technologijos.** Keramikų mikrostruktūra. Kietųjų fazių reakcijos metodas keraminiams milteliams gauti. Keramikų formavimas: vienašis spaudimas, izostatinis spaudimas, sluoksnio liejimas. Keramikų kepinimo metu vykstantys procesai. Karštas spaudimas. Plazminio išlydžio keramikų kepinimo metodas. Stiklo keramikos.

**Plonųjų sluoksnių gamybos technologijos.** Garinimas, garinimas elektroniniu spinduliu, impulsinis lazerinis nusodinimas, magnetroninis medžiagos dulkinimas, cheminis garų nusodinimas, metaloorganinis cheminis garų nusodinimas. Epitaksinis sluoksnių augimas, sluoksnio ir padėklo kristalinių gardelių parametrų nesutapimai. Molekulinių pluoštelių epitaksija.

**Kietųjų medžiagų struktūra.** Taškiniai, linijiniai ir plokštumų defektai kristaluose. Defektų formavimosi termodinamika. Termiškai aktyvuoti procesai, difuzija.

**Keraminių medžiagų taikymai.** Ominiai rezistoriai. Aukštatemperatūriai kaitinimo elementai. Varistoriai, memristoriai. Kuro gardelės ir baterijos. Keraminiai cheminiai jutikliai. Aukštatemperatūriai superlaidininkai. Keraminiai kondensatoriai. Pjezokeramikos. Feroelektrinė atmintis.

**Metalas-izoliatorius kompozitai.** Elektrinė perkoliacija. Jos modeliai. Kompozitų dielektrinių savybių modeliai. Maksvelo-Garneto modelis. Maksvelo-Vagnerio relaksacija. Ekvivalentinių grandinių metodai. Elektrinis laidumas kompozituose: tuneliavimas, šuoliavimas.

**Polimeriniai kompozitai.** Dielektrinė relaksacija polimeriniuose kompozituose. Faziniai virsmai polimeriniuose kompozituose. Teigiamas ir neigiamas varžos efektai.

**Polimerinių kompozitų gaminimo metodai.** Lydinio maišymas. Polimerizacija. Liejimas. Tirpalo sumaišymas. Šaltas bei karštas presavimai. Kompozitų gaminimo metodų įtaka jų savybėms.

**Polimerinės matricos ir jų savybės.** Epoksidinė derva, polidimetilsiloksanai, organinis stiklas, polivinilidenfluoridas. Polimerinių matricių klampumas, stiklėjimas ir kompozitų savybės. Cheminis suderinamumas. Skirtingų matricių kompozitai.

**Hibridiniai kompozitai.** Elektrinė perkoliacija hibridiniuose kompozituose. Hibridinių kompozitų elektromagnetinės, mechaninės, šiluminės savybės. Sinergijos efektai hibridiniuose kompozituose. Elektrinis transportas hibridiniuose kompozituose.

**Kompozitų užpildai.** Anglies nanovamzdeliai, fulerenai, grafenas, anglies suodžiai. Metalinės nanodalelės. Neorganinės nanodalelės. Feroelektrinės ir feromagnetinės nanodalelės. Nanodalelių dydžio ir formos efektai kompozitų savybėse. Adhezija. Nanodalelių ir kompozitų savybių sąryšiai.

**Nanodalelių funkcionalizacija.** Defektų funkcionalizacija. Kovalentinė ir nekovalentinė funkcionalizacija. Klik funkcionalizacija.

**Keramikiniai kompozitai.** Keramikinių kompozitų gaminimas: šaltas bei karštas presavimas, cheminiai metodai, infiltracija. Granulių dydžio efektai.

**Anglies matricos kompozitai.** Anglies putos, anglies geliai, anglis-anglies skaidulos kompozitai, grafenas-anglies nanovamzdeliai kompozitai. Hibridiniai geliai ir sinergija. Gaminimo metodai ir fizikinės savybės.

**Nanostruktūrų ir kompozitų tyrimo metodai.** Elektroninė mikroskopija. Optinė mikroskopija. Skenuojantis tunelinis mikroskopas. Atominių jėgų mikroskopas. Plonųjų sluoksnių storio ir tekstūrų matavimas. Dielektrinė, impedanso, Ramano, Furjė infraraudonoji, elektronų paramagnetinė bei branduolio magnetinio rezonanso spektroskopijos, diferencinė skenuojanti kalorimetrija, termogravimetrinė analizė.

#### Pagrindinė literatūra

1. Joel I. Gersten, Frederick W. Smith, The Physics and Chemistry of Materials, 2001, John Wiley & Sons
2. Milton Ohring, Materials Science of Thin Films Deposition and Structure, Second Edition, 2002, Academic Press
3. A. J. Moulson, J. M. Herbert, Electroceramics, Second Edition, 2003, John Wiley & Sons
4. Charles Kittel, Introduction to Solid State Physics, Eight Edition, 2005, John Wiley & Sons
5. Vytautas Grivickas, Antanas Feliksas Orliukas, Aloyzas Žindulis, Sigitas Tamliavičius, Medžiagų mokslas, 2008, Progetus
6. R. Z. Taherian, A. Kausar, Electrical conductivity in polymer-based composites, Elsevier 2018.
7. X. Huang, Ch. Zhi, Polymer nanocomposites, Springer, 2016.
8. K. K. Chavla, Composite Materials. Science and engineering, Springer, 2019 (ketvirtas leidimas).
9. B. Reddy, Advances in diverse industrial applications of nanocomposites, IntechOpen, 2011.
10. J. P. Davim, C. A. Chartridis, Nanocomposites. Materials, manufacturing and engineering, Walter de Gruyter, 2013.
11. A. Y. C. Nee, Handbook of manufacturing engineering and technology, Springer, 2015.
12. L. Hollaway, Handbook of polymer composites for engineers, Woodhead Publishing Limited, 1994.
13. M. Hosokawa, M. Naito, Nanoparticle technology handbook, Elsevier, 2008.
14. L. Bowman, Carbon nanotubes handbook, NY research press, (2015).
15. R. Vaitaj, Springer handbook of nanomaterials, Springer, 2013.

#### Dalyko atsiskaitymo būdas

Doktorantas dar turi paruošti ~ 20 min. trukmės prezentaciją disertacijai aktualia tema. Už dalyko studijas atsiskaitoma egzamino metu. Egzaminas vykdomas atsakant į klausimus raštu. Konsultacijos vyksta esant doktorantų pageidavimui. Įvertinimą sudaro 25 % iš prezentacijos ir 75 % egzamino pažymys.

Konsultuojantys dėstytojai	Mokslo laipsnis	Pedag. vardas	Pagrindinės mokslinės publikacijos per pastaruosius 5 metus
----------------------------	-----------------	---------------	---

<p>Tomas Šalkus (tomas.salkus@ff.vu.lt)</p>	<p>dr.</p>	<p>doc.</p>	<p>1. M. Mosialek, A. Mechna, M. Dziubaniuk, E. Bielanska, A. Kežionis, T. Šalkus, E. Kazakevičius, B. Bozek, A. Krawczyk, J. Wyrwa, A.F. Orliukas, Composite cathode material LSCF-Ag for solid oxide fuel cells obtained in one step sintering procedure, <i>Electrochimica Acta</i> 282, 427 (2018).</p> <p>2. I.P. Studenyak, A.I. Pogodin, O.P. Kokhan, V. Kavaliukė, T. Šalkus, A. Kežionis, A.F. Orliukas, Crystal growth, structural and electrical properties of <math>(\text{Cu}_{1-x}\text{Ag}_x)_7\text{GeS}_5\text{I}</math> superionic solid solutions, <i>Solid State Ionics</i> 329, 119 (2019).</p> <p>3. M. Dudek, B. Lis, R. Lach, S. Daugėla, T. Šalkus, A. Kežionis, M. Mosialek, R.P. Socha, J. Morgiel, M. Gajek, M. Sitarz, M. Ziabka, <math>\text{Ba}_{0.95}\text{Ca}_{0.05}\text{Ce}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_3</math> as an electrolyte for proton-conducting ceramic fuel cells, <i>Electrochimica Acta</i> 304 (2019) 70-79.</p> <p>4. M. Mosialek, R.P. Socha, B. Bozek, D. Wilgocka-Slezak, E. Bielanska, A. Kežionis, T. Šalkus, E. Kazakevičius, A.F. Orliukas, M. Dziubaniuk, J. Wyrwa, J. Wojewoda-Budka, M. Faryna, B. Lis, M. Dudek, R. Lach, Changes in properties of scandia-stabilised ceria-doped zirconia ceramics caused by silver migration in the electric field, <i>Electrochimica Acta</i> 338 (2020) 135866.</p> <p>5. M. Dudek, B. Lis, R. Lach, S. Daugėla, T. Salkus, A. Kežionis, M. Mosialek, M. Sitarz, A. Rapacz-Kmita, Samples of <math>\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Ce}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_3</math>, <math>0 &lt; x &lt; 0.1</math>, with Improved Chemical Stability in <math>\text{CO}_2\text{-H}_2</math> Gas-Involving Atmospheres as Potential Electrolytes for a Proton Ceramic Fuel Cell, <i>Materials</i> 13 (2020) 1874.</p>
<p>Jan Macutkevič</p>	<p>dr.</p>		<p>1. D. Meisak, J. Macutkevic, A. Plyushch, P. Kuzhir, A. Selskis, J. Banys, Dielectric relaxation in hybrid Epoxy/MWCNT/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> composites, <i>Polymers</i> 12, 697 (2020).</p> <p>2. P. Bertasius, D. Meisak, J. Macutkevic, P. Kuzhir, A. Selskis, E. Volnyanko, K. Banys, Fine tuning of electrical transport and dielectric properties of epoxy/carbon nanotubes composites via magnesium oxide additives, <i>Polymers</i> 11, 2044 (1-14) (2019).</p> <p>3. E. Palaimiene, J. Macutkevic, J. Banys, A. Winiarski, I. Gruszka, J. Kopierski, A. Molak, Crossover from ferroelectric to relaxor behavior in <math>\text{Ba}_{1-x}\text{Ca}_x\text{TiO}_3</math> (<math>x=0.17</math>) system, <i>Materials</i> 13, 2854 (2020).</p> <p>4. A. Plyushch, J. Macutkevic, S. Svirskas, J. Banys, V. Plausinaitiene, D. Bychanok, S. A. Maksimenko, A. Selskis, A. Sokal, K. N. Lapko, P. P. Kuzhir, Si-</p>

			llicon carbide/phosphate ceramics composite for electromagnetic shielding applications whiskers vs particles, Applied Physics Letters 114, 183105 (2019). 5. J. Castro-Gutierrez, E. Palaimiene, J. Macutkevicius, J. Banys, P. Kuzhir, S. Schaefer, V. Fierro, A. Celzard, Electromagnetic properties of carbon gels, Materials 12, 4143 (2019).
Renata Butkutė	dr.	doc.	1. T. Paulauskas, V. Pačebutas, R. Butkutė, B. Čechavičius, A. Naujokaitis, M. Kamarauskas, M. Skapas, J. Devenson, M. Čaplovičová, V. Vretenár, X. Li, M. Kociak and A. Krotkus, Atomic-Resolution EDX, HAADF, and EELS Study of GaAs <sub>1-x</sub> Bi <sub>x</sub> Alloys, Nanoscale Research Letters, 15:121 (2020), <a href="https://doi.org/10.1186/s11671-020-03349-2">https://doi.org/10.1186/s11671-020-03349-2</a> 2. S. Pūkienė, M. Karaliūnas, A. Jasinskas, E. Dudutienė, B. Čechavičius, J. Devenson, R. Butkutė, A. Udal and G. Valušis, Enhancement of photoluminescence of GaAsBi quantum wells by parabolic design of Al-GaAs barriers, Nanotechnology, Vol. 30, 455001 (11pp) (2019); <a href="https://doi.org/10.1088/1361-6528/ab36f3">https://doi.org/10.1088/1361-6528/ab36f3</a> 3. I. Nevinskas, F. Kadlec, C. Kadlec, R. Butkutė and A. Krotkus, Terahertz pulse emission from epitaxial n-InAs in a magnetic field, J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 52, 365301 (2019); <a href="https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab28e7">https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab28e7</a> 4. Justinas Glemža, Vilius Palenskis, Andrejus Geižutis, Bronislovas Čechavičius, Renata Butkutė, Sandra Pralgauskaitė and Jonas Matukas, Low-Frequency Noise Investigation of 1.09 μm GaAsBi Laser Diodes, Materials, 12, 673 (2019); doi:10.3390/ma12040673. 5. Martynas Skapas, Sandra Stanionytė, Tadas Paulauskas, and Renata Butkutė, HRTEM Study of Size-Controlled Bi Quantum Dots in Annealed GaAsBi/AlAs Multiple Quantum Well Structure, Phys. Stat. Sol. b, 1800365 (1-6) (2019), DOI: 10.1002/pssb.20180036.
Patvirtinta Medžiagų inžinerijos mokslų krypties doktorantūros komiteto posėdyje 2023 m. vasario 09 d., protokolo Nr. (7.17 E) 15600-KT-39			
Komiteto pirmininkas prof. habil. dr. Valdas Sirutkaitis			