

DOKTORANTŪROS STUDIJŲ DALYKO SANDAS

Dalyko pavadinimas	Mokslo kryptis (šaka) kodas	Fakultetas	Katedra
Modernioji optika ir spektroskopija	P002 Fizika P200 Optika	Fizikos	Kvantinės elektronikos katedra
Studijų būdas	Kreditų skaičius (ECTS)	Studijų būdas	Kreditų skaičius (ECTS)
paskaitos	3	konsultacijos	3
individualus	6	Seminarai	

Dalyko anotacija

Kietojo kūno lazeriai

Kietojo kūno lazerių medžiagų sandara ir ypatybės. Retųjų žemių metalų jonų optinės savybės kietojo kūno lazerinėse medžiagose. Pereinamųjų metalų jonų optinės savybės kietojo kūno lazerinėse medžiagose. Nespinduliniai šuoliai lazerinėse medžiagose. Diskiniai bei šviesolaidiniai lazeriai. Kietojo kūno lazerių kaupinimas diodiniais lazeriais. Kero lęšio modų sinchronizacija.

Parametriniai šviesos stiprintuvai

Trumpas įvadas į netiesines trijų bangų sąveikas dvejojo lūžio kristaluose. Pagrindiniai netiesiniai kristalai. Parametrinė fluorescencija ir superfluorescencija. Parametrinio šviesos stiprinimo principai. Stiprinimo koeficientas. Fazinis sinchronizmas ir dažnių derinimo diapazonas. Trumpų šviesos impulsų parametrinis stiprinimas. Grupinių greičių nederinimas. Stiprinimo juostos plotis. Praktinės parametrinių šviesos stiprintuvų schemos. Superkontinuumas kaip užkrato signalas. Šviesos saviveikos reiškiniai. Superkontinuumo generacija: netiesinės medžiagos ir praktinės schemos. Laikinis superkontinuumo generacijos paveikslas. Nekolinarus parametrinio šviesos stiprinimo principai. Ultratrumpųjų šviesos impulsų parametriniai stiprintuvai. Čirpuotų impulsų parametrinis stiprinimas: pasiekimų apžvalga.

Impulsinių pluoštų sklidimas

Bangų amplitudės ir fazės laikinė bei erdvinė moduliacija. Šviesos impulsų modeliai. Ribotojo spektro ir moduluotos fazės impulsai. Šviesos impulso sklidimo dispersinėje terpėje lygtis, įvairūs dispersijos teorijos artiniai. Normali ir anomali grupinių greičių dispersija. Šviesos impulsų dispersinis plitimas ir spūda. Šviesos pluoštų modeliai. Erdvinis šviesos signalo spektras. Parabolinė difrakcijos lygtis. Beselio pluoštai. Impulsinių pluoštų difrakcija. Kampinė optinio signalo dispersija. Pakrypusio amplitudinio fronto impulsai Nedifraguojantys impulsiniai pluoštai (X bangos) tiesinėje dispersinėje terpėje. Tribangė parametrinė sąveika, lygtys. Parametrinis stiprinimas monochromatinio kaupinimo lauke. Parametrinio stiprinimo dažnių juosta. Netiesinė dispersija. Fazinės moduliacijos apgraža. Signalų siaurėjimas grupinio derinimo sąlygomis. Soties režimas. Modinio stiprinimo režimas. Netiesinio sąveikos režimo ypatumai. Gigantiško subharmonikos impulso generacija. Netiesinė suminio dažnio impulsų spūda. Solitonai. Netiesiniai X impulsai.

Erdvėje ir laike koncentruotos šviesos sąveikos su medžiaga

Lokaluota erdvėje šviesos-medžiagos sąveika. Šviesos lokalizacija erdvėlaikyje. Tiesinė ir netiesinė sąveika, stochastiniai ir deterministiniai reiškiniai, griūtinė jonizacija ir daugiafotonė sugertis. Optinė galia, dozė ir intensyvumas, šviesos poliarizacija. Impulso trukmė, jų pasikartojimo dažnis ir skaičius. Negrįžtama fotomodifikacija: polimerizacija, tinklinimas, redukcija, savi-organizacija, pagava. Fotoiniciacija ir cheminis gesinimas, plazmos formavimas esant aštriam pluošto fokusavimui. Lazerinė rastrinė mikroskopija ir to taikymai nanoskopijoje "STED" inspiruotomis technikomis. Tiesioginio lazerinio rašymo 3D

litografija. Ekstremali UV ir daugiaspalvė litografija. Optinė projekcija paremtas spausdinimas. Lazero indukuotas tiesioginis pernešimas. Lazerinis įrašymas skaidriose kietakūnėse medžiagose. Šviesa paremtas 4D spausdinimas ir 5D atmintis. Optinis mikromanipuliavimas. Integruotos “lab-on-chip” mikrosistemos.

Virpesinė spektroskopija

Infraraudonoji sugertis ir Ramano sklaida. Simetrija virpesinėje spektroskopijoje. Virpesinių spektrinių juostų dažnių ir intensyvumų skaičiavimo metodai. Ramano sklaidos stiprinimas-Rezonansinė Ramano sklaida ir SERS. ATR-FTIR spektroskopija. Netiesinė virpesinė spektroskopija - *SFG* ir *CARS*. Ultrasparčioji virpesinė spektroskopija Virpesiniai spektrai ir cheminis vaizdinimas. Statistiniai analizės metodai spektrinėje mikroskopijoje. Šiuolaikiniai Ramano ir IR sugerties spektroskopijos taikymai.

Branduolių ir elektronų magnetiniai rezonansai

Elektronų ir branduolių sukinių ir magnetiniai momentai. Sukinių dinamika magnetiniame Makroskopinė magnetizmo ir magnetinių rezonansų (BMR ir EPR) teorija. Magnetinės relaksacijos mechanizmai. Kvantinė magnetinio rezonanso teorija. Sukinių hamiltonianas. Cheminio poslinkio tenzorius ir sukinių sąveikų įvairovė. BMR ir EPR signalų registravimas, signalų kaupimas ir vidurkinimas. Furjė vaizdavimas, vieno- ir daugelio impulsų eksperimentai. Dviejų- ir trijų dimensijų spektroskopija. Magnetinių rezonansų taikymai šiuolaikinėje cheminėje fizikoje, medžiagotyroje ir medicinoje. BMR vaizdinimas.

Pagrindinė literatūra

- W. Koechner, *Solid State Laser Engineering* 5th edition, Springer-Verlag, New York, 2005, 411 p.
- E. Gaižauskas, V. Sirutkaitis, *Kietojo kūno lazeriai*, VU leidykla, Vilnius, 2008, 290 p.
- G. Cerullo, S. De Silvestri, *Ultrafast optical parametric amplifiers*, *Review of Scientific Instruments* **74**, 1-18 (2003).
- D. Brida et al., *Few-optical-cycle pulses tunable from the visible to the mid-infrared by optical parametric amplifiers*, *Journal of Optics* **12**, 013001 (2010).
- A. Dubietis, R. Butkus, A. Piskarskas, *Trends in chirped pulse optical parametric amplification*, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* **12**, 163-172 (2006).
- A. Dubietis, *Netiesinė optika*, Vilniaus universiteto leidykla, 2011, 178 p.
- A. P. Stabinis, G. Valiulis, *Ultrapumpų impulsų netiesinė optika*, Leidykla TEV, 2008, 242 p.
- S.A. Akhmanov, V.A. Vysloukh, A.S. Chirkin, “*Optics of Femtosecond Laser Pulses*”, American Institute of Physics, New York, 1992, 366 p.
- J. Fischer and M. Wegener, *Three-dimensional optical laser lithography beyond the diffraction limit*, *Laser Photon. Rev.* **7**(1), 22–44 (2013).
- K. Sugioka and Y. Cheng, *Ultrafast lasers—reliable tools for advanced materials processing*, *Light: Sci. Appl.* **3**, e149 (2014).
- D. Tan, K.N. Sharafudeen, Y. Yue, J. Qiu, *Femtosecond laser induced phenomena in transparent solid materials: Fundamentals and applications*, *Prog. Mater. Sci.* **76**, 154–228 (2016).
- M. Malinauskas, A. Žukauskas, S. Hasegawa, Y. Hayasaki, V. Mizeikis, R. uividas, and S. Juodkasis, *Ultrafast laser processing of materials: from science to industry*, *Light: Sci. Appl.* **5**, e16133, (2016).
- Max Diem, *Modern Vibrational Spectroscopy and Micro-Spectroscopy*, New York: John Wiley and Sons, 2015, 411 p.
- Gianangelo Bracco, Bodil Holst, *Surface Science Techniques*, Springer B-H, 2015, 663 p.
- Canet D. *Nuclear Magnetic Resonance. Concepts and Methods*, New York, John Wiley & Sons, 1995, 260 p.
- M. H. Levitt, *Spin Dynamics. Basics of Nuclear Magnetic Resonance*, New York, John Wiley & Sons, 2008, 691 p.
- V. Balevičius, L. Kimtys, G. A. Misiūnas, *Magnetinio rezonanso spektrometrija*, Vilniaus universiteto leidykla, Vilnius, 2000, 171 p.

Konsultuojančiųjų dėstytojų vardas, pavardė	mokslo laipsnis	pedag. vardas	Svarbiausieji darbai mokslo kryptyje (šakoje) paskelbti per pastaruosius 5 metus
V. Sirutkaitis	(HP)	Prof.	<p>B. Mangote, L. Gallais, M. Commandré, M. Mende, L. Jensen, H. Ehlers, M. Jupé, D. Ristau, A. Melninkaitis, J. Mirauskas, V. Sirutkaitis, S. Kicas, T. Tolenis, R. Drazdys, Femtosecond laser damage resistance of oxide and mixture oxide optical coatings, Optics Letters 37(9) 1478-1480 (2012).</p> <p>X. Fu, A. Melnikaitis, L. Gallais, S. Kiáčas, R. Drazdys, V. Sirutkaitis, and M. Commandré, Investigation of the distribution of laser damage precursors at 1064 nm, 12 ns on Niobia-Silica and Zirconia-Silica mixtures, <i>Optics Express</i>, 20, 26089-26098, 2012.</p> <p>V. Voiciuk, K. Redeckas, N. A. Derevyanko, A. V. Kulinich, M. Barkauskas, M. Vengris, V. Sirutkaitis, A. A. Ishchenko, Study of photophysical properties of a series of polymethine dyes by femtosecond laser photolysis, Dyes and Pigments 109, 120-126 (2014)</p> <p>S. Butkus, E. Gaizauskas, D. Paipulas, Z. Viburyš, D. Kaskelyte, M. Barkauskas, A. Alesnikov, V. Sirutkaitis, Rapid microfabrication of transparent materials using filamented femtosecond laser pulses, Applied Physics A, 114, 81-90, (2014)</p> <p>L. Gallais, D.-B. Douti, M. Commandré, G. Batavičiūtė, E. Pupka, M. Ščiuka, L. Smalakys, V. Sirutkaitis, and A.Melninkaitis, Wavelength dependence of femtosecond laser-induced damage threshold of optical materials, Journal of Applied Physics 117, 223103 (2015); doi: 10.1063/1.4922353</p>
A.Dubietis	(HP)	Prof.	<p>J. Darginavičius, N. Garejev, A. Dubietis, Generation of carrier-envelope phase-stable two optical-cycle pulses at 2 μm from a noncollinear beta-barium borate optical parametric amplifier, <i>Optics Letters</i> 37, 4805-4807 (2012).</p> <p>J. Darginavičius, D. Majus, V. Jukna, N. Garejev, G. Valiulis, A. Couairon, A. Dubietis, Ultrabroadband supercontinuum and third-harmonic generation in bulk solids with two optical-cycle carrier-envelope phase-stable pulses at 2 μm, <i>Optics Express</i> 21, 25210-25220 (2013).</p> <p>A. Jarnac, G. Tamošauskas, D. Majus, A. Houard, A. Mysyrowicz, A. Couairon, A. Dubietis, Whole life cycle of femtosecond ultraviolet filaments in water, <i>Physical Review A</i> 89, 033809 (2014).</p>

			<p>D. Majus, G. Tamošauskas, I. Gražulevičiūtė, N. Garejev, A. Lotti, A. Couairon, D. Faccio, A. Dubietis, Nature of spatiotemporal light bullets in bulk Kerr media, <i>Physical Review Letters</i> 112, 193901 (2014).</p> <p>I. Gražulevičiūtė, R. Šuminas, G. Tamošauskas, A. Couairon, A. Dubietis, Carrier-envelope phase-stable spatiotemporal light bullets, <i>Optics Letters</i> 40, 3719-3722 (2015).</p>
V. Šablinskas	Dr.	Prof.	<p>Steiner G., Bartels T., Stelling A., Krautwald-Junghanns M.E., Fuhrmann H., Sablinskas V., Koch E., Gender determination of fertilized unincubated chicken eggs by infrared spectroscopic imaging. <i>Analytical and Bioanalytical Chemistry</i>, 2011, v.400, 2775-2782.2.</p> <p>Steiner G., Mackenroth L., Geiger K.D., Stelling A., Pinzer T., Uckermann O., Sablinskas V., Schackert G., Koch E., Kirsch M., Label-free differentiation of human pituitary adenomas by FT-IR spectroscopic imaging. <i>Analytical and Bioanalytical Chemistry</i>, 2012, v.403, 727-735.</p> <p>S. Tamošaitytė, V. Hendrixon, A. Želvys, R. Tyla, Z. A. Kučinskienė, F. Jankevičius, M. Pučetaitė, V. Jablonskienė, V. Šablinskas, Combined studies of chemical composition of urine sediments and kidney stones by means of infrared microspectroscopy, <i>J. Biomed. Opt.</i> 18(2), 027011 (2013).</p> <p>M. Pucetaite, M. Velicka, J. Pilipavicius, A. Beganskiene, J. Ceponkus, V. Sablinskas, Uric acid detection by means of SERS spectroscopy on dried Ag colloidal drops, <i>J. Raman Spectrosc.</i> 47(6), 681-686 (2016).</p> <p>M. Pucetaite, S. Tamosaityte, R. Galli, V. Sablinskas, G. Steiner, Microstructure of urinary stones as studied by means of multimodal nonlinear optical imaging, <i>J. Raman Spectrosc.</i> n/a-n/a (2016) (online Early View, DOI: 10.1002/jrs.4985).</p>
G. Valiulis	(HP)	Prof.	<p>Zaukevičius, G.Valiulis, <i>Gaussian wave-packet reshaping into conical via parametric amplification of the far field</i>, <i>Optics Communications</i> 288 101–106 (2013).</p> <p>O. Jedrkiewicz, Y.-D. Wang, G. Valiulis and P. Di Trapani, <i>One dimensional spatial localization of polychromatic stationary wave-packets in normally dispersive media</i>, <i>Optics Express</i> 21, 25000- 25009 (2013).</p>

V. Balevičius	(HP)	Prof.	<p>J. Darginavičius, D. Majus, V. Jukna, N. Garejev, G. Valiulis, A. Couairon, A. Dubietis, <i>Ultrabroadband supercontinuum and third-harmonic generation in bulk solids with two optical-cycle carrier-envelope phase-stable pulses at 2 μm</i>, <i>Optics Express</i> 21, 25210- 25220 (2013).</p> <p>G. Valiulis, K. Kalantojus, P. DiTrapani, Y.-D. Wang, O. Jedrkiewicz, <i>Simultaneous stationarity and localization of linear wave packets: The importance of dimensionality and broad spectral support</i>, <i>Physical Review A</i> 89, 053809 (2014).</p> <p>Balevicius V., Aidas K., Svoboda I., and Fues H., Hydrogen bonding in pyridine <i>N</i>-oxide/acid systems: proton transfer and fine details revealed by FTIR, NMR and X-ray diffraction. – <i>J. Phys. Chem. A</i>, 2012, v.116, p. 8753-8761.</p> <p>Klimavicius V., Gdaniec, Z., Kausteklis, J., Aleksa, V., Aidas, K., and Balevicius, V., NMR and Raman Spectroscopy Monitoring of Proton/Deuteron Exchange in Aqueous Solutions of Ionic Liquids Forming Hydrogen Bond: A Role Of Anions, Self-Aggregation, and Mesophase Formation. – <i>J. Phys. Chem.B</i>, 2013, v.117, p. 10211-10220.</p> <p>Klimavicius V., Kareiva A., and Balevicius V., Solid-State NMR Study of Hydroxyapatite Containing Amorphous Phosphate Phase and Nano-Structured Hydroxyapatite: Cut-Off Averaging of CP MAS Kinetics and Size Profiles of Spin Clusters. - <i>J. Phys. Chem. C</i>, 2014, v.118, p. 28914-28921.</p> <p>Klimavicius V., Dagys L., and Balevicius V., Subnanoscale Order and Spin Diffusion in Complex Solids through the Processing of Cross-Polarization Kinetics. - <i>J. Phys. Chem. C</i>, 2016, v.120, p. 3542-3549.</p> <p>Dagys L., Klimavicius V., and Balevicius V., Processing of CP MAS kinetics: Towards NMR crystallography for complex solids. - <i>J. Chem. Phys.</i> 2016, v.145, 114202 (9).</p>
M. Malinauskas	Dr.		<p>B. Sanchez-Padilla, A. Zukauskas, A. Aleksanyan, A. Balcytis, M. Malinauskas, S. Juodkazis, and E. Brasselet, Wrinkled axicons : shaping light from cusps, <i>Opt. Express</i>, 24(21), 24075-24082 (2016).</p>

			<p>E. Garskaite, L. Alinauskas, M. Drienovsky, J. Krajcovic, R. Cicka, M. Palcut, L. Jonusauskas, M. Malinauskas, Z. Stankeviciute, A. Kareiva, Polylactic acid-nanocrystalline carbonated hydroxyapatite (PLA-cHAP) composite: preparation and surface topographical structuring with direct laser writing (DLW), RSC Adv. 6, 72733-72743 (2016).</p> <p>A. Balcytis, D. Hakobyan, M. Gabalis, A. Zukauskas, D. Urbonas, M. Malinauskas, R. Petruskevicius, E. Brasselet, and S. Juodkasis, Hybrid curved nano-structured micro-optical elements, Opt. Express 24(15), 16988-16998 (2016).</p> <p>S. Rekstyte, T. Jonavicius, D. Gailevicius, M. Malinauskas, V. Mizeikis, E.G. Gamaly, and S. Juodkasis, Nanoscale Precision of 3D Polymerization via Polarization Control, Adv. Opt. Mater. 4(8), 1209-1214 (2016).</p> <p>M. Malinauskas, A. Zukauskas, S. Hasegawa, Y. Hayasaki, V. Mizeikis, R. Buividas, and S. Juodkasis, Ultrafast laser processing of materials: from science to industry, Light: Sci. Appl. 5, e16133 (2016).</p>
--	--	--	--

Patvirtinta Fizikos mokslų krypties doktorantūros komitete 2017 m. vasario mėn. 21 d.,
protokolo Nr. 108

Komiteto pirmininkas S. Juršėnas