LV EN RU DE FR
Studiju kursa kods **Fizi5119** Kredītpunkti **4**

Mikroskopijas un spektroskopijas pētījumu metodes

Zinātnes nozare	#Fizika
Zinātnes apakšnozare	#Materiālu fizika
Kopējais kontaktstundu skaits	**64**
Lekciju stundu skaits	40
Semināru un praktisko darbu stundu skaits	0
Laboratorijas darbu stundu skaits	24
Studenta patstāvīgā darba stundu skaits	**96**
Kursa apstiprinājuma datums	17.01.2019
Atbildīgā struktūrvienība	Fizikas nodaļa
Nozares atbildīgais mācībspēks	Sandris Lācis

Kursa izstrādātājs

vad.pētn. Aleksejs Kuzmins
Dr.phys.

Studiju kursa anotācija

Kurss sniedz teorētiskos un eksperimentālos pamatus mikroskopijas un spektroskopijas metožu apguvē un to pielietojumam materiālzinātnes jomā.

Studiju kursa kalendārais plāns

1. Skenējošā un transmisijas elektronu mikroskopija (L8, Ld8)
2. Skenējošā zonžu mikroskopija (L4, Ld4)
3. Skenējošā tuneļstrāvas mikroskopija (L4)
4. Rentgenabsorbcijas spektroskopija (L4, Ld4)
5. Rentgenstaru un neitronu difrakcija (L4, Ld4)
6. Masspektrometrija un rentgena fluorescences spektrometrija (L4, Ld4)
7. Rentgenstaru un ultravioletā starojuma fotoelektronu spektroskopija (L4)

8. Ievads modernajās un aktuālajās materiālu izpētes tehnoloģijās (L8)

Studiju rezultāti

Kursa ietvaros studenti apgūs fundamentālas zināšanas par modernām eksperimentālajām metodēm, kuras pielieto materiālu elektroniskās un atomārās struktūras pētīšanai.
Pēc kursa apguves:
1) studenti zinās un izpratīs pamatprincipus un iespējamos pielietojumus elektronu un skenēšanas mikroskopijām, rentgenstaru absorbcijas un fluorescences spektroskopijām, rentgenstaru un ultravioletā starojuma fotoelektronu spektroskopijām, masspektrometrijai, rentgenstaru, elektronu un neitronu difrakcijām, kā arī citām modernajām un aktuālajām materiālu izpētes tehnoloģijām.

2) studentiem būs praktiskas prasmes un kompetences elektronu un skenēšanas mikroskopijā, rentgenstaru difraktometrijā, rentgena fluorescences spektrometrijā un massspektrometrijā, kā arī rentgenabsorbcijas spektru datu analīzē.

Prasības kredītpunktu iegūšanai

Laboratorijas darbi – 50%, rakstiskais eksāmens – 50%.

Kursa saturs

1. Skenējošā un transmisijas elektronu mikroskopija.
Ievads mikroskopijā un izšķirtspējas ierobežojošajos faktoros. Elektronu mijiedarbība ar cietvielām. Elektronu mikroskopijas pamati. Mūsdienīgu skenējošo elektronu mikroskopu (SEM) un transmisijas elektronu mikroskopu (TEM) uzbūve. Elektronu veidoto attēlu reģistrēšanas sistēmas (SE, BSE, CL, BF DF, HAADF, u.c.) Papildus eksperimentālo metožu (EDX, EELS, SADP, CBED, CL) pielietojums. Fokusēta jonu kūļa (FIB) mikroskopija un paraugu sagatavošana.
Laboratorijas darbi: paraugu sagatavošana SEM un TEM izmeklējumiem, SEM attēlu iegūšana, EDX pielietošana SEM, TEM

un augstas izšķirtspējas TEM izmeklējumi.

2. Skenējošo zonžu mikroskopija.
Atomspēku mikroskopijas darbības pamatprincipi. Dažādie darba režīmi: kontakta, bezkontakta, pastarpinātā kontakta. Atvasinātās metodes: skenējošā tuvā lauka optiskā mikroskopija, magnētisko spēku mikroskopija, spēka modulācijas mikroskopija. Atomspēku mikroskopijai piemēroti paraugi, eksperimentālie iestatījumi un priekšnosacījumi. Attēlu artefakti un to cēloņi. Skenējošai zonžu mikroskopijai pietuvinātās metodes kvantitatīvai materiālu mehānisko īpašību raksturošanai.
Laboratorijas darbi: virsmas morfoloģijas raksturošana izmantojot atomspēku mikroskopu.

3. Skenējošā tuneļstrāvas mikroskopija.
Ievads skenējošajā tuneļstrāvas mikroskopijā (STM). Viendimensionāla elektronu tunelēšana. STM uzbūve un pielietošana. Topogrāfijas attēlu iegūšana ar STM: konstantas strāvas un konstanta augstuma režīmi. STM attēlu interpretācija un artefakti. Tuneļstrāvas spektroskopija: no sprieguma atkarīga STM attēlu iegūšana, skenējošā tuneļstrāvas spektroskopija konstantas strāvas režīmā, lokāli strāvas-sprieguma mērījumi pie nemainīga paraugs-zonde attāluma. Pielietojumi: pusvadītāju, metālu un slāņainu materiālu vizualizācijai; organiskajiem materiāliem: Lengmīra-Blodžeta kārtiņām un DNS molekulu vizualizācijai.

4. Rentgenabsorbcijas spektroskopija.
Radiācijas mijiedarbība ar vielu: neelastīgā izkliede. Lokālā atomārā struktūra. Pāru (radiala) un n-atomu sadalījuma funkcijas. Sinhrotronā starojums. Rentgenstaru optika. Rentgenabsorbcijas spektroskopija: teorija, eksperimenti un pielietojumi.
Laboratorijas darbi: rentgenabsorbcijas spektru analīze un strukturālās informācijas iegūšana.

5. Rentgenstaru un neitronu difrakcija.
Radiācijas mijiedarbība ar vielu: elastīgā izkliede. Ievads kristalogrāfijā. Kristāliskā struktūra: kristālu simetrija, elementārā šūna, Bravē režģis, Millera indeksi, kristalogrāfiskās plaknes un virzieni. Polimorfisms. Brega difrakcija. Laues, rotējošā kristāla un Debaja-Šērera (pulvera) difrakcijas metodes. Rietvelda metode. Rentgenstaru un neitronu pilna izkliede. Paru sadalījuma funkcijas analīze.
Laboratorijas darbi: strukturālās informācijas iegūšana ar rentgenstaru difrakciju.

6. Masspektrometrija un rentgenfluorescences spektrometrija.
Masspektrometrijas pamatprincipi. Jonu avotu un masas analizatoru tehniskā realizācija. Kvadrupola, lidojuma-laika-izšķirtie, jonu lamatu, Furjē transformācijas ciklotronu rezonanses un elektromagnētiski atdalošie masas analizatori. Organisko un neorganisko vielu massspektrometrija. Tandema masspektrometri, kombinācijas ar hromatogrāfiju. Spektru analīze. Rentgenstaru fluorescences fizikālie principi. Rentgenstaru absorbcija un emisija. Enerģiju-dispersā un viļņa-garumu dispersā rentgenstaru spektrometrija. Telpiskā izšķiršana. rentgenstaru mikrofokusēšana. Ķīmisko elementu analīze elektronu mikroskopijā. Kvantitatīvā analīze ar fundamentālo parametru metodi un ar standarta references paraugu metodi. Plānu kārtiņu analīze.
Laboratorijas darbi: Ķīmisko elementu sastāva noteikšana, lietojot rentgenstaru fluorescences analīzi.

7. Rentgenstaru un ultravioletā starojuma fotoelektronu spektroskopija.
Rentgenstaru fotoelektronu spektroskopijas (RFS) un ultravioletā starojuma fotoelektronu spektroskopijas (UFS) fizikālie aspekti – atoma ierosme un serdes elektronu izstarošana. RFS un UFS spektru analīze (atomārais sastāvs un valences stāvoklis). Valences zonas analīze, izmantojot RFS un UFS. Metožu tehniskā realizācija.

8. Ievads modernajās un aktuālajās materiālu izpētes tehnoloģijās.
Rentgenstaru mikroskopija. Fotoelektronu emisijas mikroskopija (PEEM). Rentgenogrāfija un neitronogrāfija. Tomogrāfija. Rentgenstaru un neitronu neelastīgā izkliede. Rentgenstaru rezonanses neelastīgā izkliede (RIXS).

Rentgenstaru un neitronu mazo leņķu izkliede. Brīvo elektronu lāzeri.

Obligāti izmantojamie informācijas avoti

1. A.Kuzmins, Materiāli kursam „Mikroskopijas un spektroskopijas pētījumu metodes”, Moodle vidē.
2. R. F. Egerton, Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM (Springer, 2005).
3. D. Sarid, Scanning Force Microscopy (Oxford University Press, 1994).
4. S. Mobilio, F. Boscherini, C. Meneghini, Synchrotron Radiation: Basics, Methods and Applications (Springer-Verlag, 2015).

Papildus informācijas avoti

1.sadaļa
1. D. B. Williams, C. B. Carter, Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science (Springer, 2009).
2. P.J. Goodhew, J. Humphreys, R. Beanland, Electron Microscopy and Analysis, Third Edition 3rd Edition (Taylor & Francis, 2001).
3. L. Reimer, H. Kohl, Transmission Electron Microscopy: Physics of Image Formation (Springer, 2008).

2.sadaļa
1. E. Meyer, H. J. Hug, R. Bennewitz, Scanning Probe Microscopy: The Lab on a Tip (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004).
2. S. V. Kalinin, A. Gruverman, Scanning Probe Microscopy of Functional Materials: Nanoscale Imaging and Spectroscopy (Springer, 2010).

3.sadaļa
1. R. Wiesendanger, Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy: Methods and Applications (Cambridge University Press, 1998).
2. B. Bhushan, H. Fuchs, S. Hosaka (Eds.), Applied Scanning Probe Methods (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004).

4.sadaļa
1. P. Willmott, An Introduction to Synchrotron Radiation (John Wiley and Sons, 2011)
2. G. Bunker, Introduction to XAFS (Cambridge University Press, 2010)
3. S. Calvin, XAFS for everyone (CRC Press, 2013)
4. J.A. Van Bokhoven, C. Lamberti, X-Ray Absorption and X-Ray Emission Spectroscopy: Theory and Applications (Wiley, 2016).

5.sadaļa
1. C. Suryanarayana, M. Grant Norton, X-Ray Diffraction: A Practical Approach (Springer, 1998).
2. E. H. Kisi, Ch. J. Howard, Applications of Neutron Powder Diffraction (Oxford University Press, 2008).
3. R. E. Dinnebier, S. J. L. Billinge, Powder Diffraction: Theory and Practice (RSC Publishing, 2008).
4. V. K. Pecharsky, P. Y. Zavalij, Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials (Springer, 2009).

6.sadaļa
1. B. Beckoff, B. Kanngiesser, N. Langhoff, R.Vedell, H.Wolff (eds.) Handbook of practical X-ray Fluorescence analysis (Springer, Berlin Heidelberg New York 2006, 863 pages).
2. R.Tertian, F.Claisse Principles of quantitative X-ray fluorescence analysis (Heyden London, Philadelphia, Rheine, 1982, 385 pages).
3. E. de Hoffmann, V. Stroobant, Mass Spectrometry: Principles and Applications (3rd Edition,Wiley 2007, 489 pages).

7.sadaļa
1. Paul van der Heide, X-ray Photoelectron Spectroscopy: An introduction to Principles and Practices (Wiley, 2012).
2. J. M. Wagner, X-ray photoelectron spectroscopy (Nova Science Publishers, 2011).
3. S. Hofmann, Auger- and X-Ray Photoelectron Spectroscopy in Materials Science (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013).

8.sadaļa
1. P. Willmott, An Introduction to Synchrotron Radiation (John Wiley and Sons, 2011)
2. J. Guo, X-Rays in Nanoscience Spectroscopy, Spectromicroscopy, and Scattering Techniques (WILEY-VCH, 2010).
3. L. A. Feigin, D. I. Svergun, Structure Analysis by Small-Angle X-Ray and Neutron Scattering (Springer, 1987).
4. W. Reimers, A. R. Pyzalla, A. Schreyer, H. Clemens, Neutrons and Synchrotron Radiation in Engineering Materials Science (WILEY-VCH, 2008).

5. C.S.S.R. Kumar, X-ray and Neutron Techniques for Nanomaterials Characterization (Springer-Verlag, 2016).

Periodika un citi informācijas avoti

1.sadaļa
1. A.Blelocha, A.Lupini, Imaging at the picoscale, Materials Today 7 (2004) 42-48. DOI: 10.1016/S1369-7021(04)00570-X.
2. G.M. Vanacore, A.W.P. Fitzpatrick, A.H. Zewail, Four-dimensional electron microscopy: Ultrafast imaging, diffraction and spectroscopy in materials science and biology, Nano Today 11 (2016) 228-249. DOI: 10.1016/j.nantod.2016.04.009.

2.sadaļa
1. Journal of Microscopy, http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1365-2818
2. Microscopy and Analysis, http://www.microscopy-analysis.com/
3. AFM bibliography (On request), http://nano.em.keysight.com/index.php/afm-bibliography
4. Free SPM image processing software, http://gwyddion.net/
5. http://www.ntmdt-si.com/spm-principles/view/atomic-force-microscopy

3.sadaļa
1. https://www.youtube.com/watch?v=BcgG3Cp8QQY
2. http://www.eng.utah.edu/~lzang/images/Lecture_6_STM.pdf
3. http://www.ntmdt-si.com/spm-principles/view/constant-current-mode

4. un 5.sadaļas
1. Synchrotron Radiation News, A Taylor & Francis Journal. http://www.tandfonline.com/
2. Neutron News, A Taylor & Francis Journal, http://www.tandfonline.com/
3. European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), http://www.esrf.eu/
4. European XFEL facility, http://www.xfel.eu/

6.sadaļa
1. M. West, A.T. Ellis, P. Kregsamer, P.J.Potts, Ch. Streli, Ch. Vanhoof, P. Wobrauschek, Atomic spectrometry update. X-ray fluorescence spectrometry, J. Analytical. Atomic Spectrometry 22 (2007) 1304-1332, DOI: 10.1039/b712079f.
2. E. J. Finehout, K H. Lee, An Introduction to Mass Spectrometry Applications in Biological Research, Biochem. Mol. Biol. Edu. 32, 93-100 (2004). DOI: 10.1002/bmb.2004.494032020331.
3. http://www.spectroscopyonline.com/x-ray-spectroscopy
4. http://www.spectroscopyonline.com/mass-spectrometry-13
5. https://www.nist.gov/pml/x-ray-form-factor-attenuation-and-scattering-tables

7.sadaļa
1. https://srdata.nist.gov/xps/Default.aspx (NIST X-ray Photoelectron Spectroscopy Database)
2. https://www.journals.elsevier.com/journal-of-electron-spectroscopy-and-related-phenomena (Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena)
3. http://avs.scitation.org/journal/sss (Surface Science Spectra)

8.sadaļa
1. European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), http://www.esrf.eu/

2. European XFEL facility, http://www.xfel.eu/