

DOKTORANTŪROS STUDIJŲ DALYKO SANDAS

Dalyko pavadinimas	Mokslo kryptis (kodas)	Centras	Skyrius
Kvantiniai puslaidininkiniai dariniai (8 ECTS kreditai)	Fizika N 002	Fizinių ir technologijos mokslų centras	Optoelektronikos skyrius
Studijų būdas	Valandų skaičius	Studijų būdas	Valandų skaičius
Paskaitos	30	Konsultacijos	
Individualus	160	Seminarai	10

Dalyko anotacija

Kurso tikslas – supažindinti su šiuolaikinės nano- ir opto-elektronikos aktyviųjų elementų veikimo fizikiniais pagrindais, pateikti dvimačių ir vienmačių elektronų bei kvantinių taškų fizikos pagrindinių pasiekimų apžvalgą.

Detalus elektronų spektro ypatumų dimensinio kvantavimo struktūrose nagrinėjimas ir praktinis atitinkamų uždavinių sprendimas suteikia kvantinių struktūrų teorinės analizės įgūdžius. Dvimačių ir vienmačių elektronų kinetinių, optinių, elektrinių ir magnetinių reiškinių studijos paruošia studentus savarankiškam moksliniam darbui šiuolaikinėse kietųjų kūrų fizikos, medžiagotyros ir kondensuotų aplinkų fizikos laboratorijose.

Kursas nagrinėja dvimačių bei vienmačių elektronų bei sintetinių atomų (kvantinių taškų) fizikines savybes. Apžvelgiami 2D, 1D, 0D darinių fizikos, technologijos ir inžinerijos pasiekimai. Nagrinėjami kvantiniai puslaidininkiniai bei metaliniai nanodariniai – kvantinės duobės, heterosandūros, supergirdelės, kvantinės gijos, kvantiniai taškai, nanogranulės, kvantiniai kontaktai. Pagrindinės kurso temos: kvantinės duobės, rezonansinis tuneliavimas, inversiniai sluoksniai ir heterosandūros, kvantinis Hall'o efektas, Wigner'io kristalizacija, supergirdelės, Bloch'o osciliacijos, kvantinės vielos, balistinio laidumo kvantavimas, kvantiniai taškai, kuloninė blokada, dvimačių elektronų kinetika.

Kursą sudaro paskaitos ir seminarai (ir uždavinių sprendimas). Paskaitos:

1. Įvadas – dimensinis kvantavimas. Be galo gili potencinė duobė. Dimensinio kvantavimo efektų apžvalgą. Baigtinė kvantinė duobė.
2. Kvantinės duobės. Juostų trūkiai. Efektinės masės trūkiai. Išilginė efektinė masė. Gaubiamosios funkcijos metodas. Kane'o modelis. Luttinger'io hamiltonianas. 2D skylės.
3. Ultrasiauros kvantinės duobės. Elektronų būsenos virš kvantinės duobės, virtualūs lygmenys. Juostinės struktūros inžinerija.
4. Dvimačiai elektronai. Būsenų tankis. 2DE dujos. Boltzmann'o ir Fermi 2DE dujos. Ekranavimas. Dielektrinė funkcija. Wigner'io kristalizacija.
5. Kuloninės priemaišos. Eksitonai. Bieksitonai ir trionai.
6. Optiniai 2D elektronų šuoliai. Perėjimų tikimybė. Sugerties koeficientas. Tarpjuostiniai optiniai šuoliai. Eksitoninė sugertis. Tarpjuostiniai šuoliai. Kvantinis kaskadinis lazeris.
7. Heterosandūros. MOS dariniai. Žemų 2DE koncentracijų riba. Trikampė duobė. Inversinis sluoksnis. Fang'o – Howard'o banginė funkcija.
8. Heterosandūros. Atvaizdo potencialas. 2D elektronai greta skystojo He paviršiaus. GaAs-AlGaAs heterosandūros. Selektyvus legiravimas. Potencialo balansas. □-legiravimas. Pjūklinė supergirdelė.
9. 2D elektronai elektriniame ir magnetiniame laukuose. Stark'o efektas. Šaltoji jonizacija. Landau lygmenys. Hall'o efektas. Kvantinis Hall'o efektas. Sukryžiuoti E ir B laukai. Hall'o plato problema. Trupmeninis Hall'o efektas.

<p>10. Rezonansinis tuneliavimas. Pernašos matricos metodas. Dvigubas barjeras. Fotonais stimuliuotas tuneliavimas.</p> <p>11. Supergardelės. Energijos spektras: pernašos matricos ir stipraus ryšio metodai. Dviguba kvantinė duobė.</p> <p>12. Supergardelės. Bloch'o osciliacijos. Stark'o kopėtėlės. Eksperimentiniai Bloch'o osciliacijų stebėjimai. <i>n-i-p-i</i> kristalai. Fotoefektas. Potencinio profilio ekranavimas.</p> <p>13. Kinetika. 2D elektronų sklaida jonizuotomis priemaišomis. 2DE-fononinė sąveika. Sklaida akustiniais fononais ir jos ribojamas 2DE judrumas. PO sklaida.</p> <p>14. Kvantinės vielos. Formavimas tiesioginiu ėsdinimu. In situ auginimas. 1D elektronai. Būsenų tankis. Parabolinės ir cilindrinės kvantinės vielos. Balistinio laidumo kvantavimas. Balistinė varža. Kvantiniai taškiniai kontaktai. Anglies nanovamzdeliai.</p> <p>15. Kvantiniai taškai. Formavimo metodai. Stranski–Krašťanow'o taškai. Paraboliniai kvantiniai taškai. FIR spektroskopija. Kuloninė blokada. Viennelektronis tranzistorius.</p>			
Pagrindinė literatūra			
<p>1. C. Weisbuch and B. Vinter, <i>Quantum Semiconductor Structures</i> (Academic Press, 1991)</p> <p>2. G. Bastard, <i>Wave Mechanics Applied to Semiconductor Heterostructures</i> (Les Ulis, 1988)</p> <p>3. J. H. Davies, <i>The Physics of Low-Dimensional Semiconductors</i> (Cambridge University Press, 1998)</p> <p>4. M. J. Kelly, <i>Low-Dimensional Semiconductors</i> (Oxford University Press, 1995)</p> <p>5. P. Harrison, <i>Quantum Wells, Wires and Dots</i> (Wiley, 2005)</p> <p>6. V. Karpus, <i>Dvimačiai elektronai</i> (Ciklonas, 2004).</p>			
Konsultuojantys dėstytojai	Mokslo laipsnis	Pedag. vardas	Svarbiausieji darbai mokslo kryptyje (šakoje) paskelbti per pastaruosius 5 metus
Vytautas Karpus	dr.		<p>1. V. Karpus, S. Tumėnas, A. Eikevičius, H. Arwin, Interband optical transitions of Zn, <i>Phys. Status Solidi B</i> 253(3), 419–428 (2016).</p> <p>2. R. Butkutė, G. Niaura, E. Pozingytė, B. Čechavičius, A. Selskis, M. Skapas, V. Karpus, A. Krotkus, Bismuth quantum dots in annealed GaAsBi/AlAs quantum wells, <i>Nanoscale Res. Lett.</i> 12, 436 (2017).</p> <p>3. V. Karpus, R. Norkus, R. Butkutė, S. Stanionytė, B. Čechavičius, A. Krotkus, THz-excitation spectroscopy technique for band-offset determination, <i>Optics Express</i> 26, 33807–33817 (2018).</p> <p>4. V. Pačebutas, R. Norkus, V. Karpus, A. Geižutis, V. Strazdienė, S. Stanionytė, A. Krotkus, Band-offsets of GaInAsBi-InP heterojunctions, <i>Infrared Physics and Technology</i> 109, 103400 (2020).</p> <p>5. T. Paulauskas, B. Čechavičius, V. Karpus, L. Jočionis, S. Tumėnas, J. Devenson, V. Pačebutas, S. Stanionytė, V. Strazdienė, A. Geižutis, M. Čaplovičová, V. Vretenár, M. Walls, A. Krotkus, Polarization dependent photoluminescence and optical anisotropy in CuPtB-ordered dilute GaAs_{1-x}Bi_x alloys, <i>J. Appl. Phys.</i> 128, 195106 (2020).</p>
Patvirtinta Fizikos mokslų krypties doktorantūros komitete 2022 m. vasario 02 d., protokolo Nr. (7.17 E) 15600-KT-32			
Komiteto pirmininkas S. A. Juršėnas			

