

## Rezumatul pentru anii 2015-2018

### privind proiectul Condensarea Bose-Einstein a excitonilor și atomilor în nano și microstructuri sub influența câmpurilor electromagnetice, 15.817.02.05F.

2015

1. Folosind metoda lui Winkler a fost evidențiată originea  $g$ -factorilor și a maselor efective ale electronilor și golurilor bidimensionali în semiconductori și a fost explicat faptul de ce cuantificarea Landau (CL) și frecvențele ciclotronice depind de masele efective  $m_e$  și  $m_h$  pe când desplicarea Zeeman și magnetonul lui Bohr depind de masa electronului liber  $m_0$ . A fost demonstrat că interacțiunea Coulombiană totală dintre electron și gol, care se găsesc în stări de CL în formă de spinor cu două componente ale spinului efectiv, este egală cu suma a patru interacțiuni Coulombiene parțiale dintre încărcăturile electrice parțiale, care revin fiecărei componente ale spinorului și au numărul de cuantificare propriu.

2. Evoluția nestaționară în timp a undei de fotoni teraherztieni generați în cazul tranzițiilor cuantice între nivelele excitonice  $2p$  și  $1s$ , atunci când excitonii în starea  $1s$  inițial se găsesc în faza de condensare Bose-Einstein (CBE), iar excitonii în starea  $2p$  sunt creați suplimentar de către impulsuri ultra-scurte de lumină laser datorită tranzițiilor bifotonice din starea de bază a cristalului, se caracterizează prin oscilații neliniare, perioada cărora este invers proporțională cu amplituda inițială a condensatului dacă ea este mult mai mare decât amplituda inițială a undei teraherziene sau perioada este infinit de mare dacă amplitudele inițiale sunt egale.

3. Înregistrarea fotoluminescenței (FL) punctelor cuantice (PC) de tip  $CdSe/CdS/CdZnS$  pe ecranul streak-camerei "Agat" cu desfășurare în două dimensiuni, cea spectrală și în timp până la  $4000 \text{ ps}$  după excitație, a demonstrat că emisia biexcitonilor are loc într-o perioadă de timp de  $1 \text{ ns}$  după care domină emisia excitonilor creați după conversia biexcitonilor sau apăruți inițial. Emisia excitonilor se caracterizează cu lungimea de undă  $628.3 \text{ nm}$  și durează aproximativ  $4 \text{ ns}$ . De aici rezultă că energia de legătură a biexcitonului în aceste PC este de  $23 \text{ meV}$ .

2016

1. Au fost obținute cinci ramuri de dispersie ale polaritonilor magnetoexcitonici bidimensionali create datorită superpoziției fotonilor din macrocavitate cu patru ramuri magnetoexcitonice, dintre care două sunt dipol-active și două cuadrupol-active.

2. Au fost determinate condițiile în care emiterea undelor teraherziene datorită tranzițiilor excitonice intraseriale  $2p-1s$  are loc în formă de impulsuri gigantice de tip laser sau în formă de autopulsări.

3. Au fost studiate experimental evoluția în timp de picosecunde a luminescenței excitonilor și biexcitonilor creați în punctele cuantice de  $CdSe / CdS / CdZnS$ .

2017

1. A fost demonstrat că interacțiunea a doi excitoni magnetici bidimensionali (2D) fără spini cu vectorii de undă egali cu zero apare sub influența nivelelor excitate Landau în aproximația Fock și are un caracter de respingere. Coeficientul de interacțiune  $g$  se micșorează invers proporțional cu intensitatea câmpului magnetic  $B$  ( $g \sim \frac{1}{B}$ ). Sub influența câmpului electric perpendicular la suprafața stratului în prezența

stărilor cuantice de tip Landau-Rashba apar excitoni magnetici 2D cu diferite afinități la interacțiune. Doi excitoni magnetici cu afinități de același semn se atrag, iar cu semne diferite se resping. Coeficientul lor de interacțiune în acest caz are o dependență  $g \sim \frac{1}{\sqrt{B}}$ .

2. S-a dovedit că în modelul oscilatorului parametric optic (OPO) generalizat cu trei ramuri energetice dipolaritonice, în deosebire de modelul OPO cu o singură ramură polaritonică, au loc tranziții cuantice cu crearea a două perechi de mode excitate, în fiecare pereche fiind o modă de signal și una auxiliară. O pereche de mode excitate se creează pe ramura dipolaritonică medie, iar altă pereche se repartizează cu unda de signal pe ramura dipolaritonică de jos și cu moda auxiliară pe ramura de sus. Atunci când pomparea inițială are loc într-un punct al ramurii medii, oscilațiile în procesul de nutație și de evoluție în timp sunt preponderent aperiodice. Atunci când sunt excitate inițial două mode din cele patru, oscilațiile în procesul de nutație au un caracter preponderent periodic. Perioadele oscilațiilor depind de amplitudinile și fazele modelor implicate în proces. Este precisă ființarea stării de repaus în sistem în cazul unor parametri inițiali anumiți.

3. Măsurătorile luminescenței desfășurate în timp de picosecunde împreună cu analiza teoretică a rezultatelor obținute au permis să se determine proprietățile spectrale și ale evoluției în timp ale emisiei biexcitonilor și excitonilor într-un ansamblu de puncte cuantice de tip *CdSe/CdS/CdZnS* atunci când excitarea perechilor electron-gol are loc în tranziția  $1P_{3/2} - 1P_e$  și în diferite puncte cuantice se formează cu diferite probabilități câte un exciton și un biexciton pe nivelele cele mai de jos. Ecuațiile cinetice deduse care descriu evoluția în timp a excitonilor și biexcitonilor au surse separate de excitare și au permis determinarea momentului când intensitatea luminescenței biexcitonilor este maximală. Studiind conturul spectral comun al luminescenței în acest moment, a fost extras conturul spectral al biexcitonului, care dispare mai repede ca excitonul. Conturul spectral de luminescență a excitonului poate fi măsurat mai târziu după dispariția biexcitonului.

2018

1. A fost evidențiată o stare nouă metastabilă a moleculei de excitoni magnetici bidimensionali cu o longevitate de câteva picosecunde. Conversia radiativă a acestei stări metastabile în para-exciton magnetic cu emiterea unui foton dă naștere la o nouă bandă de luminescență cu frecvențele luminii mai mari decât ale liniei de luminescență a para-excitonului.

2. A fost demonstrat că sunt trei ramuri polaritonice de dispersie în regiunea excitonică a spectrului, care se datorează efectului optic Stark și apar atunci când semiconductorul este iluminat de două fascicule de lumină laser cu frecvențe diferite capabile să excite excitoni și biexcitoni datorită tranzițiilor cuantice uni- și bi-fotonice.

3. A fost obținută armonica a treia a laserului  $YAlO_3$  (aluminat de itriu) cu ajutorul căreia în punctele cuantice de tip *CdSe / CdS / CdZnS* au fost excitate trei perechi electron-gol și observat un spectru bogat de fotoluminescență care conține o bandă legată cu conversia triexcitonului în biexciton.

Conducătorul proiectului, acad. S.Moscalenco.