

Rezumat

Proiectului de cercetare fundamental (instituțional) 15.817.02.09F „Coerențe cuantice și nano-fotonică”, condus de dr. hab. Mihai Macovei, a fost îndeplinit în perioada 2015-2018 de Laboratorul Fotonica Cuantică al Institutului de Fizică Aplicată. Proiectul a avut ca scop elaborarea teoriilor, descrierea și prezicerea efectelor noi în diverse nano- și micro-sisteme ce interacționează intens cu surse coerente de lumină și care pot sta la baza diverselor aplicații pentru tehnologiile cuantice: lasere, inclusiv compacte, cu lungimi de undă mai mici decât cele ale domeniului vizibil, amplificatoare de semnale ultra-slabe, surse fononice coerente sau cu proprietăți cuantice, dispozitive de răcire cuantică a solidelor, întrerupătoare optice etc.

În scopul realizării obiectivelor proiectului executorii au elaborat și studiat un șir de modele de sisteme nano-opto-mecanice conținând unul sau mai multe puncte cuantice. Variind configurația sistemelor studiate, parametrii acestora, cum ar fi gradele de cuplare a subsansamblurilor, variind numărul de nivele energetice în punctele cuantice considerate (două sau trei), modificând tipul de acțiune externe asupra sistemelor date (combinații de radiații coerente electromagnetice din domeniul optic, cuplare cu baia termică externă, temperatura sistemului etc.) s-au găsit configurațiile și condițiile de realizare a diferite fenomene fizice de perspectivă pentru sisteme mai complexe sau aplicații practice. Printre astfel de fenomene descrise se numără:

1. răcirea cuantică a subsistemelor fononice ce interacționează cu emițători cuantici pompați cu lumină coerentă de tip laser; laser fononic sau surse de fononi cu proprietăți cuantice,
2. corelația cuantelor electromagnetice sau fononice, manipularea lor; amplificarea semnalelor optice prin manipularea gradelor de libertate a sistemului nanomecanic vibrant,
3. amplificarea vibrațiilor rezonatoarelor nanomecanice utilizând efectele colective între emițătorii cuantici plasați pe ele,
4. Manipularea completă sau parțială a fluxului de fotoni la ieșirea lor dintr-un rezonator optic ce conține un qubit cu două sau trei niveluri energetice pompat cu surse coerente de lumină;
5. amplificarea tranzițiilor cuantice ultra-slabe utilizând efectele de interferență cuantice în sistemele colective de atomi cu trei niveluri energetice în configurație de tip Lambda,
6. entanglarea substanțială a qubiților ce posedă două niveluri energetice, pompați coerent cu o sursă laser de fotoni, prin intermediul termostatului fononic înconjurător,

etc.

Metodele de lucru folosite de executori la realizarea proiectului au fost studiul teoretic (construcția modelelor și soluționarea analitică a sistemelor de ecuații ce le descriu), precum și modelarea numerică a sistemelor analizate.

Rezultatele obținute sunt foarte interesante, putând avea și aplicații practice pentru tehnologii cuantice. Sistemele analizate în proiect au fost alese anume în așa fel încât sunt realizabile și experimental, fiind compuse din elemente deja utilizate pe larg de experimenterii. Astfel, aceste rezultate pot fi considerate și drept model preliminar al viitoarelor posibile experimente: prin alegerea parametrilor doriți pot fi descrise, preliminar, o largă gamă de sisteme reale micro- și nano-opto-mecanice, fiind posibilă dezvoltarea unei inginerii a sistemelor nanoscopice.

O parte din materialul acumulat la realizarea proiectului au stat la baza mai multor publicații cu caracter științific în perioada raportată: 2 lucrări didactice, 1 capitol în culegere de publicații de specialitate, 9 articole în reviste cu factor de impact ISI între 1 și 2,9, 1 articol în reviste cu factor de impact între 0,1 și 0,9, 1 articol în reviste naționale cat. A, 2 articole în reviste naționale cat. B, 2 articole în alte reviste naționale, 36 rapoarte la conferințe științifice internaționale, 9 publicații electronice și 1 brevet de invenție. Grație realizării proiectului a fost posibilă elaborarea unei teze de doctor (susținută cu succes în 2018), precum și a fost posibil de a oferi condiții de realizare a studiilor doctorale pentru încă trei doctoranzi.

Rezultatele obținute de executori la realizarea proiectului corespund obiectivelor inițiale ale proiectului și tuturor rezultatelor preconizate, ceea ce indică realizarea integrală și cu succes a acestuia.