

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2025

Cifra proiectului 25.80012.5007.35TC

Denumirea Proiectului "Efecte cuantice în dispozitive optomecanice cu puncte cuantice duble"

În anul 2025, a fost cercetat modelul unui dispozitiv optomecanic format dintr-un punct cuantic dublu amplasat într-o cavitate optică. Modelul analitic a dispozitivului este descris de un sistem cuantic deschis, care ține cont de interacțiunea punctului cuantic cu fononii substratului pe care este amplasat acesta. Această interacțiune joacă un rol important în dinamica cuantică a dispozitivului și nu poate fi ignorată atunci când este necesară o descriere completă și cât mai aproape de contextul experimental sau aplicațiile tehnologice în fotonică. În cadrul etapei 2025, a fost demonstrată și calculată influența fononilor asupra punctului cuantic dublu și asupra cavității optice.

Dinamica cuantică a dispozitivului, descrisă de ecuația master a matricei de densitate și de Hamiltonianul sistemului cuantic, nu poate fi calculată direct din cauza complexității modelului analitic. Simplificarea modelului analitic a fost posibilă prin aplicarea teoriei rezervorului asupra sistemului cuantic exprimat în baza "dressed-state" a punctului cuantic dublu. Astfel, operatorii fononici au fost eliminați din Hamiltonianul sistemului, iar contribuția rezervorului termal de fononi a fost exprimată sub forma unor termeni de pompă incoerentă introduși în ecuația master, caracteristic unui sistem cuantic de tip deschis. Ulterior, ecuația master a fost proiectată în baza stărilor cuantice a sistemului și a fost dedus un sistem de ecuații a mișcării pentru elementele matricei de densitate. Acest sistem de ecuații a fost rezolvat numeric, în regim staționar. În funcție de elementele matricei de densitate calculate, a fost exprimată statistica cuantică a modelului în regim staționar, și anume, populațiile punctului cuantic dublu, numărul mediu de fotoni în cavitatea optică și funcția de corelație foton-foton de gradul doi.

A fost demonstrat că populațiile punctului cuantic dublu sunt influențate atât de rata de pompă incoerentă, cât și de temperatura rezervorului de fononi. Schimbările introduse în populațiile punctului cuantic, influențează și felul în care acesta interacționează cu cavitatea. Astfel, pentru temperaturi suficient de joase, fononii creează o diferență de populație suficient de semnificativă pentru a amplifica numărul mediu de fotoni în cavitatea optică. Însă, în prezența fononilor, fononii generați nu mai sunt distribuiți coerent și distribuția lor tinde spre una termală pentru valori înalte ale temperaturii sau ale ratei de pompă. Acest fenomen joacă un rol important care nu poate fi neglijat și poate reprezenta atât un avantaj, cât și un dezavantaj, în contextul aplicațiilor tehnologice în domeniu fotonicii unde este nevoie de surse amplificate și coerente de lumină.



Conducătorul de proiect

dr. Victor CEBAN

/

Data:

02.12.2025

LȘ