

Corelații cuantice fononi-fononi la neglijarea aproximației undei rotative

Cârlig Sergiu

Institutul de Fizică Aplicată al AȘM, Laboratorul Fonică Cuantică, carligsergiu@gmail.com

Sistemele optomecanice joacă un rol important în studiul fenomenelor cuantice noi, sau sunt parte componentă importantă a unor dispozitive care permit măsurări ultrasensibile. Sistemele optomecanice reprezintă ansambluri din subsisteme optice și mecanice care interacționează între ele. Convențional acestea constau dintr-o cavitate optică, la care una sau ambele oglinzi oscilează, modificând frecvența proprie a cavității și realizând astfel cuplajul optomecanic [1].

În această lucrare analizăm un sistem optomecanic fără cavitate optică, dar care conține mai multe puncte cuantice pompate. Sistemul de puncte cuantice identice poate fi cercetat de rând cu alte modele optomecanice, deoarece oferă posibilități de amplificare a unor efecte, dar și apariția efectelor noi. În particular, numărul mai mare de qubiți, nu permite neglijarea unor termeni în aproximația seculară, aproximație uzuală pentru cazul unui singur qubit.

Vom analiza un sistem din N puncte cuantice identice, cu două niveluri, plasate pe o bară nanomecanică. Punctele cuantice nu interacționează între ele, iar frecvența de tranziție este ω_0 . Bara nanomecanică este uni mod cu frecvența de vibrație ω . Din exterior sistemul este acționat de radiație coerentă intensă cu frecvența ω_L . Sistemul analizat este deschis, pierderile vor fi luate în calcul prin defazarea și emisia spontană a qubitului, dar și prin pierderi fononice.

Ecuția master care descrie modelul analizat în aproximația Born-Markov poate fi reprezentată astfel:

$$\dot{\rho} + \frac{i}{\hbar}[H, \rho] = -\gamma \sum_{j=1}^N \{ [S_+^{(j)}, S_-^{(j)} \rho] + [\rho S_+^{(j)}, S_-^{(j)}] \} - \gamma_c \sum_{j=1}^N \{ [S_z^{(j)}, S_z^{(j)} \rho] + [\rho S_z^{(j)}, S_z^{(j)}] \} - \kappa(1 + \bar{n}) \{ [b^\dagger, b \rho] + [\rho b^\dagger, b] \} - \kappa \bar{n} \{ [b, b^\dagger \rho] + [\rho b, b^\dagger] \}.$$

unde γ , γ_c și κ sunt respectiv ratele de tranziție spontană, de defazare și amortizare a fononilor. \bar{n} este numărul mediu de fononi determinat de temperatura rezervorului, iar operatorii $S_z^{(j)}$, $S_+^{(j)}$ și $S_-^{(j)}$ sunt operatori uzuali care descriu qubitul j și care satisfac relațiile de comutare corespunzătoare algebrei SU(2). Respectiv, operatorii b^\dagger și b sunt operatori de generare și anihilare a modurilor de vibrație. Hamiltonianul sistemului este dat în [2].

Numărul mediu de fononi ai barei pentru două cazuri este reprezentat în figura 2. Maximul atestat pentru $\langle b^\dagger b \rangle$ în cazul neglijării justificate a aproximației undei rotative (linia continuă) lipsește în cazul când termenii $\square [b, b \rho]$ și $\square [b^\dagger, b^\dagger \rho]$ sunt neglijați în ecuația master scrisă în reprezentarea Heisenberg [2] (linia întreruptă). Prezența mai multor puncte cuantice pe rezonatorul mecanic modifică dinamica acestuia, efectul nelimitându-se la o sumare / amplificare colectivă, iar procesele de absorbție / emisie neliniară sunt responsabile de apariția maximelor la neglijarea aproximației undei rotative.

Bibliografie

- [1] Greenberg Y., Pashkin Y. and E. Il'ichev, Nanomechanical resonators. In: Phys. Usp. 55, 382 (2012).
[2] Carlig S., Macovei M., JETP Letters 105(8) 526-530 (2017).

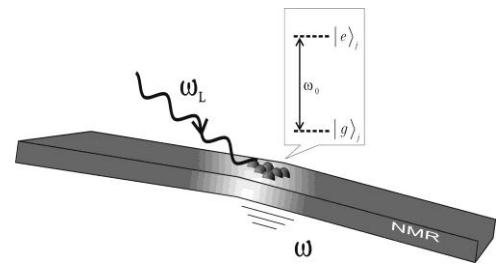


Figura 1.

Un sistem de N puncte cuantice identice pompate de radiație coerentă este fixat pe un rezonator nanomecanic care oscilează. Punctele cuantice nu interacționează între ele, iar vibrațiile barei sunt uni mod.

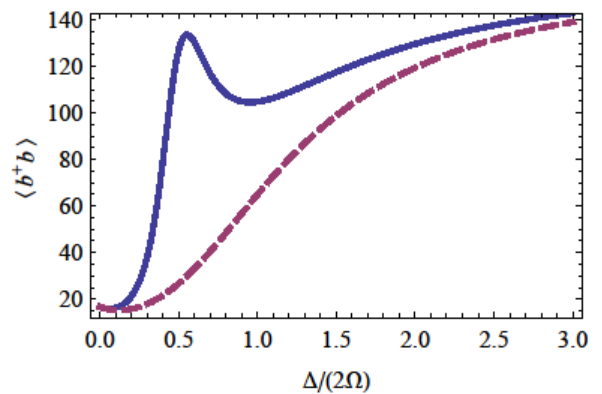


Figura 2. Numărul mediu de fononi ai barei $\langle b^\dagger b \rangle$ în funcție de dezacordul laser qubit, normat la dublul frecvenței Rabi. Linia continuă este pentru cazul neglijării aproximației undei rotative, iar linia întreruptă în cazul când această aproximare poate fi operată.

Parametrii pentru grafice sunt raportați la rata tranziției spontane a punctului cuantic, respectiv. Rata defazării qubitului: $\gamma_c / \gamma = 0.1$, constanta de interacțiune fonon qubit $g / \gamma = 5$, frecvența Rabi $\Omega / \gamma = 42$, frecvența modului vibronic $\omega / \gamma = 10$, rata pierderilor fononice $\kappa / \gamma = 0.05$, numărul punctelor cuantice $N = 60$, numărul mediu de fononi $\bar{n} = 15$