

共振器 QED 系における超蛍光-レーザークロスオーバーの理論

Theory of Superfluorescence-Laser Crossover in a Cavity QED System

○瀬崎 陸¹、石川 陽^{1*}、宮島 顕祐²、小林 潔^{1**}(1. 山梨大院工、2. 東理大院理)○Riku Sezaki¹, Akira Ishikawa^{1*}, Kensuke Miyajima², Kiyoshi Kobayashi^{1**}

(1. University of Yamanashi, 2. Tokyo University of Science.)

*E-mail: aishikawa@yamanashi.ac.jp **E-mail: kkoba@yamanashi.ac.jp

I 研究背景と研究目的 超蛍光とは、複数の2準位系が光を介してコヒーレントな相関を持つことで、集団的に自然放出をする現象である [1]。近年ではレーザーに代わる超短パルスコヒーレント光源への応用を念頭に固体における超蛍光の研究が盛んに行われている [2]。しかし、超蛍光とレーザーの包括的な理解は未だにされておらず、これは両者の起源である自然放出と誘導放出が競合する系の複雑さによるものである。本研究では、物質系と光の両方を量子化することで自然放出と誘導放出を明確に区別して扱える全量子論を用いて、超蛍光とレーザーを包括的に理解できる理論を構築し、超蛍光-レーザー間のクロスオーバーのメカニズムの解明を目指す。

II 理論 超蛍光とレーザーの起源を明確に区別して扱える全量子論を構築するために共振器 QED 系(図1)のモデルを用いる。このモデルは N 個の2準位系から構成される物質系が共振器内に存在し、物質系と共振器光子系の結合係数 g と共振器光子系と外部光子系の結合係数 κ の比をパラメータとして変えることができる。Luminescence 方程式の手法を適用し [3]、共振器 QED 系からの発光ダイナミクスを記述する時間発展方程式を導出した。

III 結果と考察 図2 (a)、(b) は2準位系の数が $N = 250, 500, 750, 1000$ 、結合係数の比が $g/\kappa > 1, g/\kappa < 1$ のそれぞれの場合における発光の時間波形を示したものである (τ は1つの2準位系の発光寿命)。 $g/\kappa > 1$ の場合では(図2 (a))、発光は急速に立ち上がった後に共振器内での誘導吸収により分極のコヒーレンスを保ちながら指数関数的な減衰をする。もし系に定常励起を加えたら、 $g/\kappa > 1$ という条件ではレーザー発振が生じると考えられる。また $g/\kappa < 1$ の場合では(図2 (b))、ピーク強度とパルス幅がそれぞれ N^2, N^{-1} に比例するような超蛍光特有のパルス状の発光を示し、これは主にコヒーレントに結合した複数の分極からの集団的な自然放出から由来するものである。以上のように、超蛍光とレーザーを同時に記述できる全量子論を構築した。本公演では、発光時間波形の違いから両者のクロスオーバーの存在を示すとともに、レーザーに代わる超蛍光を起源とするコヒーレント光発生メカニズムの可能性を議論する。

[1] R.H.Dicke, Phys. Rev. vol. 93, no. 1, 99 (1954).

[2] K Miyajima et al., J.Phys. Condens. Matter vol. 21, 195802 (2009).

[3] M.Kira et al., Prog. Quantum Electron. vol. 23, 189 (1999).

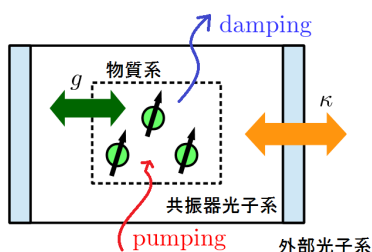
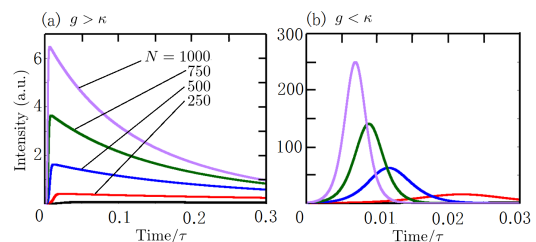


図1 共振器 QED 系の模式図

図2 2準位系の数 N 、結合係数の比 g/κ を変えた時の発光の時間波形