

LEMKE 色素を挿入した金属微小共振器における超強結合状態の観測



Observation of Ultrastrong Coupling in Microcavities

Composed of Metal Mirrors Containing LEMKE Dye

香川大工 ○^(DC) 鈴木信, 西山光一, 可児伸隆, 舟橋正浩, 中西俊介, 鶴町徳昭 *Kagawa Univ., ○^(DC) Makoto Suzuki, Kouichi Nishiyama, Nobutaka Kani,

Masahiro Funahashi, Shunsuke Nakanishi and Noriaki Tsurumachi*

*E-mail: tsuru@eng.kagawa-u.ac.jp

微小共振器中における光と物質の相互作用は多くの研究者を惹きつけてきたテーマである．従来，この相互作用はその強さによって弱結合状態と強結合状態に分類できるとされてきた．弱結合状態においては Purcell 効果による自然放出の増強，強結合状態においては真空 Rabi 分裂が観測されることが広く知られている．真空 Rabi 分裂とは微小共振器の光子モードと物質中の励起分極がコヒーレントに相互作用することで新たな量子状態が形成され，共振モードが2つに分裂する現象である．さらに近年では光と物質が強結合状態よりも強く相互作用する超強結合状態が実現されるようになってきた．超強結合は真空 Rabi 分裂エネルギーが物質の遷移エネルギーの 20 % 以上となった状態であるとされており，回転波近似が破綻し強結合状態とは異なる物性を示すことが期待されている．これまでに超強結合状態が実現された系としては超電導量子回路系，多重量子井戸構造を含む金属微小共振器，有機色素を含む金属微小共振器などがあるが，いずれも報告は少ない．このためより多くの系において超強結合状態を観測し，その物性を調べるのが重要である．そこで本研究においてはこれまで超強結合状態の実現が報告されていなかった有機色素 (3-(2-(4-(N,N'-diethylamino)-phenyl)ethenyl)-5,5-dimethyl-1,2-cyclohexenylidene)-propanedinitrile (LEMKE) を銀ミラーで構成された微小共振器に挿入しその透過特性を調べた．その結果，超強結合状態を観測したので報告する．

まず BK7 基板上に真空蒸着により銀を 40 nm 堆積させ，銀ミラーを作製した．次に我々が合成した LEMKE 色素 4.4 mg および PMMA 19.3 mg をトルエン 1 mL に溶解させた溶液を作製し，膜厚が 130 nm 程度となるように銀ミラー上にスピンコートした．これは銀ミラーに対する光の染み込みを考慮した際に，LEMKE 色素の吸収エネルギーである 2.43 eV よりも低エネルギー側で LEMKE/PMMA 薄膜を含む共振層が $\lambda/2$ となるような膜厚である．さらに LEMKE/PMMA 薄膜上に銀 40 nm を再度真空蒸着し，LEMKE 色素を含む銀ミラー微小共振器を作製した．

次に作製した微小共振器の透過スペクトルにおける光入射角度依存性を測定した．このとき，入射角度を大きくすることで微小共振器の共振ピークを高エネルギー側にシフトさせることができる．入射角度は 0° から 40° まで 2° ずつ変化させた．結果を図 1 に示す．点線で示した LEMKE 色素の吸収エネルギー近傍で微小共振器の共振ピークが大きく分裂している．このときの真空 Rabi 分裂エネルギーは 800 meV 程度と見積もられ，これは物質の遷移エネルギーの 33 % となる．従って LEMKE 色素を用いて超強結合状態を観測することに成功したと言える．当日はさらに詳しい結果を報告する予定である．

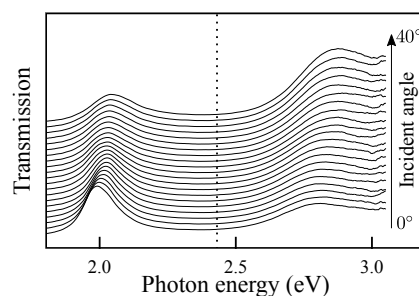


図 1: The incident angle dependence of the transmission spectra of the microcavity composed by silver mirrors containing LEMKE dye.