

高 Q 球状光共振器を用いた近接場非線形光学

電通大 量子・物質¹⁾、CREST JST²⁾梁佳旗^{1,2)} A. K. Patnaik²⁾ 白田耕藏^{1,2)}

Nonlinear Optics in Evanescent Region Using a High-Q Sphere Resonator

J.Q.Liang^{1,2)}, A. K. Patnaik²⁾, K.Hakuta^{1,2)}University of Electro-Communications; Department of Applied Physics and Chemistry¹⁾,
CREST JST²⁾

微小球の内部全反射による固有モード Whispering-Gallery Mode (WGM) は広い波長領域で高い Q 値、また電場は表面近くに局在するため小さいモードボリュームを持つ故、特に非線形光学での応用が注目されている。これまで我々は液体水素の液滴を用いた誘導ラマン散乱の実験を報告してきた。透明且つ高純度の液体パラ水素と液滴の WGM との組み合わせで、可視域と真空紫外域で 10^9 の高い Q 値が得られ、また広い領域に渡ってコムジェネレーションを観測した。液体水素と WGM は非線形光学で非常に優れた組み合わせであることが実証された次のステップとして、我々は更に安定な共振器また固体水素への拡張を目指すため石英球 WGM の近接場を用いた実験を準備中である。Fig1 は直径 $2a=40\mu\text{m}$ の石英球の $\text{TE}_{120,1}$ モードの電場分布を示してある。影の部分 は液/固体水素と相互作用するエバンネセント域であり、球の表面から僅か数 μm であるが、高い Q 値のため効率的なラマン過程が期待できる。WGM とポンプ光のカップリング領域が小さいため、効率的に励起するにはポンプ光を空間的に集束、且つ WGM と mode matching することが必要である。いくつかの方法は考案されたが、その一つは Fig2 に示してあるように延伸、先鋭化されたシングルモードファイバーをモードコンバーターとして使い、WGM ($I_p = Q_c^{-1} I_{in}$) を励起しまた生成されたラマン光 (I_s) を取り出す。ファイバーによってレーザー場が簡単に数ミクロン領域に閉じ込められ、またファイバーの伝播係数と WGM 一致することによって結合係数を上げることができる。Fig2 のようなプロセスの閾値は $I_{in}^{th} = \frac{2\pi m_s}{\lambda G_R} \frac{1}{\beta \eta} \frac{Q_c(\omega_p)}{Q(\omega_p)Q(\omega_s)}$ になる。ここで Q , Q_c は共振器 Q 値及び結合 Q 値であり、 m_s , G_R , β , η は屈折率、ラマンゲイン、filling factor、cavity-QED 増強係数である。実際、微小球直径 $40\mu\text{m}$ 、共振器 Q 値は 10^7 の場合、閾値は $I_{in}^{th} \sim 0.46 \text{ k w/cm}^2 \sim 15 \mu\text{W} / (2\mu\text{m})^2$ と非常に小さい値になる。

