

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	テラス微小球を用いた多波長レーザー発振 - 希土類金属イオンの蛍光による誘導ラマン散乱の増強効果 -
Title(English)	
著者(和文)	上原日和, 岸哲生, 矢野哲司, 柴田修一
Authors(English)	Hiyori Uehara, Tetsuo Kishi, Tetsuji Yano, SHUICHI SHIBATA
出典(和文)	The 21th Meeting on Glasses for Photonics 講演予稿集, , , p. 17-18
Citation(English)	, , , p. 17-18
発行日 / Pub. date	2011, 2

テラス微小球を用いた多波長レーザー発振

—希土類金属イオンの蛍光による誘導ラマン散乱の増強効果—

○上原日和・岸哲生・矢野哲司・柴田修一

東京工業大学 大学院理工学研究科

はじめに ガラスの誘導ラマン散乱 (SRS) を利用した光デバイスは、増幅器にとどまらず、極めて広帯域の波長可変レーザー光源としても扱うことが可能である。励起光の波長を選ばず、励起光の波長によってどのような波長でも発振が可能となるラマンレーザーはこれからのフォトニックネットワークにとって必要不可欠なものである。一方、ラマン散乱の発光効率は格段に低く、レーザー発振には高強度の励起光を必要とする。これまでに、蛍光色素を添加した液滴を励起することにより溶媒のSRSが増強されることが確認されている[1, 2]。ラマン散乱と蛍光の波長域をオーバーラップさせることで、SRS強度が増幅され、しきい値も低下すると考えられる。

光共振用微小球は、球と媒質の境界での全反射 (whispering-gallery modes) を利用した光共振器である。微小球共振器は高い光閉じ込め効率 (Q 値) を示すため、低閾値の多波長レーザー光源としての応用が期待されている。一方、大きな Q 値を示すことは、逆の意味で微小球への光の導入 (入射) が困難であることを意味している。著者らはこれまでに、微小球に光導入口 (テラス構造) を付与させる新たな励起法を考案した。このテラス微小球に励起光を直接照射することで、高屈折率のガラス微小球を効率よく励起することができる[3]。

本研究では、広帯域の多波長ラマンレーザー発振を実現するため、希土類金属イオンを添加した高屈折率ガラス微小球にテラス構造を付与して励起し、蛍光による SRS の増強効果の確認を試みた。

実験 微小球の材料には、強いラマン散乱を発する高屈折率ガラス ($n_D=1.93$ 、BaO-SiO₂-TiO₂系) に蛍光体の Nd³⁺ を約 1ppm 添加したものをを用いた。粒径 30 μ m の高屈折率ガラス微小球に有機・無機ハイブリッド材料 ($n_D=1.45$ 、3-methacryloxypropyltrimethoxysilane-tetramethoxysilane系) からなるテラス構造をゾルゲル法によって付与した。内径 1 μ m のキャピラリーから約 1pL の体積のゾルを供給しゲル化させることでテラス構造を作製することができる。作製したテラス微小球のSEM写真を図1に示す。

波長可変 CW チタンサファイアレーザー ($\lambda=700\sim 850\text{nm}$) を励起光源として、テラス微小球のテラス部を直接照射し、散乱光のスペクトルを測定した。

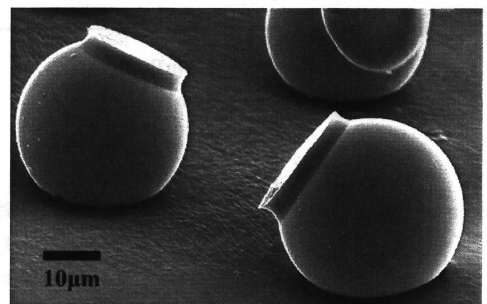


図1 テラス微小球のSEM写真

結果と考察 図2は、励起波長を 791.8nm~832.7nm の範囲で変化させたテラス微小球の共振スペクトルである。励起光強度は 120mW である。また、ラマンと蛍光の波長域の重なりを比較するため、それぞれのスペクトルを破線で示した。励起波長 791.8nm (①) においてラマン散乱と Nd³⁺ の蛍光の波長域は互いに孤立しているが、励起光を長波長側に移動させるとラマン-蛍光の重なりは増加し、励起波長 832.7nm (⑤) において重なりが非常に強くなる。図2の共振スペクトルから、ラマン-蛍光の重なりが強くなるにしたがって、

キーワード： 光共振用ガラス微小球、多波長レーザー光源、誘導ラマン散乱、希土類金属イオン

ラマンの共振ピーク強度も強くなり、SRSの増強が確認された。

図3は、ラマン散乱の効率が最も高いラマンシフト 800cm^{-1} 近傍(図2の●ピーク)のSRS利得をプロットしたグラフである。ラマン-蛍光の重なりがない励起波長 791.8nm (①)における利得を1とした。励起光強度が強いほど増幅は大きく、励起波長を長波長側に移動させるにしたがってSRS利得が増加した。励起光強度 120mW のとき、最大で約6.5倍の増幅を示した。SRSのしきい値をプロットしたグラフを図4に示す。励起波長 791.8nm (①)においてしきい値は約 6mW であるが、励起波長 832.7nm (⑤)では増強効果によって 0.1mW 以下まで低下することが確認された。

ガラス微小球中で、希土類金属イオンの蛍光によるSRSの増強が確認されたのはこれが初めてである。今後は希土類金属イオンの濃度を変化させて増強効果について研究を進めていく予定である。

まとめ Nd^{3+} 添加高屈折率ガラス微小球にテラス構造を付与し、波長可変チタンサファイアレーザーを用いて励起実験をおこなった。その結果、 Nd^{3+} の蛍光による誘導ラマン散乱の増強効果が見られ、6.5倍の増幅利得、しきい値の低下($\sim 0.1\text{mW}$)を確認した。このことから、テラス微小球の多波長ラマンレーザー光源への応用が示唆された。

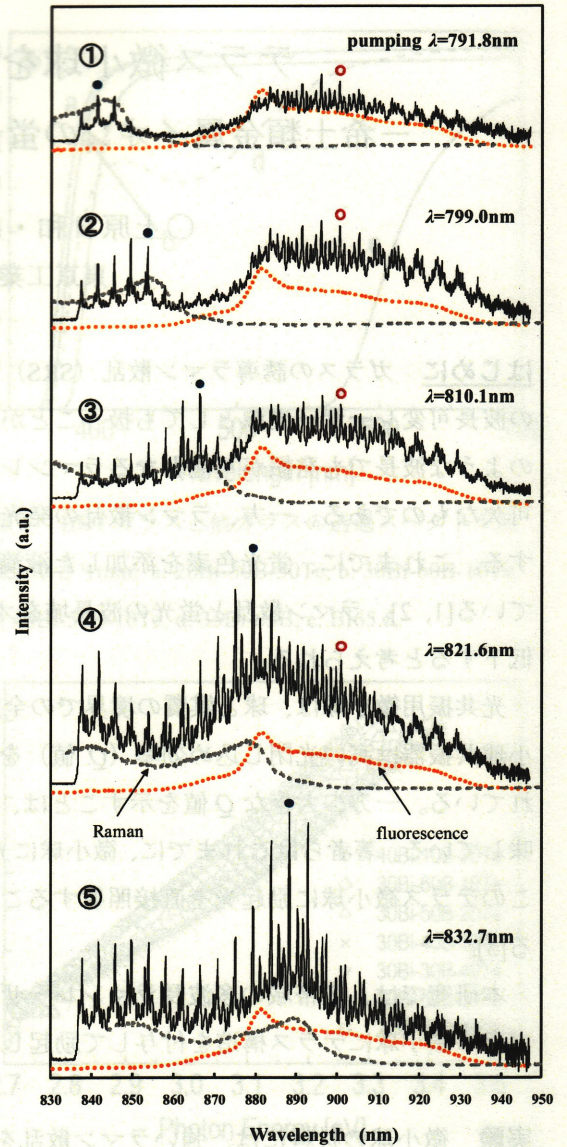


図2 テラス微小球の共振スペクトル

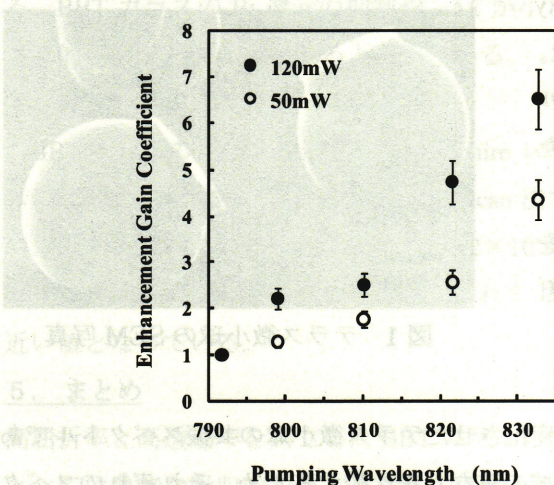


図3 SRSの増幅利得

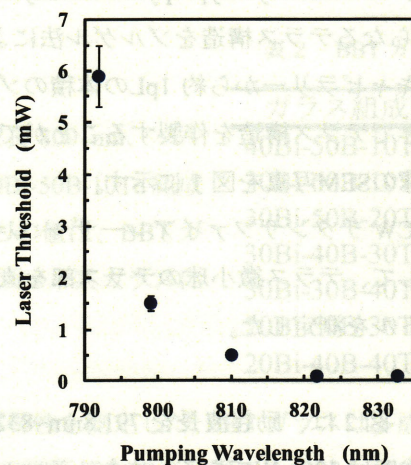


図4 SRSのしきい値

文 献

[1] A. S. Kwok and R. K. Chang, Opt. Lett., 17, 1262-1264 (1992).
 [2] J. A. Dharmadhikari et al., Applied Physics B, 76, 755-759 (2003).
 [3] H. Uehara, T. Yano and S. Shibata, Proceedings of SPIE, 7598, 75981E1-9 (2010).