

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	テラス構造を有する光共振用Nd添加ガラス微小球
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 22nd Meeting on Glasses for Photonics講演予稿集, , , p. 1-2
Citation(English)	, , , p. 1-2
発行日 / Pub. date	2012, 2

テラス構造を有する光共振用 Nd 添加ガラス微小球

○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 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。ガラスの誘導ラマン散乱 (SRS) を利用した光デバイスは、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。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]。著者らのこれまでの研究で、Nd³⁺を微量添加した高屈折率ガラス微小球 (BaO-SiO₂-TiO₂系ガラス) を用いたテラス微小球を励起することで、Nd³⁺の蛍光による SRS の増強効果を確認している[2]。

本研究では、Nd³⁺添加濃度を変化させたり新たなガラス組成の高屈折率テラス微小球を励起し、SRS の増強効果の観察をおこなうことで、より高強度・低しきい値のラマンレーザーの作製を目指した。

実験 Nd³⁺添加濃度 (0.3ppm, 15ppm, 120ppm, 16000ppm) の BaO-SiO₂-TiO₂系ガラス微小球 ($n_D=1.93$) と Nd³⁺を 0.9ppm 添加した BaO-ZnO-TiO₂系ガラス微小球 ($n_D=2.20$) を用意した。粒径はいずれも 30~40 μ m である。これらの高屈折率微小球に有機・無機ハイブリッド材料 ($n_D=1.45$) からなるテラス構造を形成し[3]、波長可変 CW チタンサファイアレーザー ($\lambda=790\sim 830\text{nm}$) を用いて励起実験をおこなった。

結果と考察 図 1 に BaO-SiO₂-TiO₂ ガラスと BaO-ZnO-TiO₂ ガラスのラマン散乱スペクトルを示す。これらの高屈折率ガラスは広帯域かつ大きなラマン散乱断面積を持ち、ピーク強度はシリカガラスと比較して BaO-SiO₂-TiO₂ ガラスが約 10 倍、BaO-ZnO-TiO₂ ガラスが約 30 倍である。

BaO-SiO₂-TiO₂ ガラスを用いたテラス微小球の共振スペクトル (励起波長は約 810nm) を図 2 に示す。840~870nm がガラスのラマン、860~940nm が Nd³⁺の蛍光の波長範囲である。いずれのスペクトルにおいても蛍光に由来する共振ピークが見られる。一方、ラマンの波長域での鋭いピーク (SRS) は 0.3ppm のスペクトルのみに現れている。Nd³⁺が 15ppm 以上の高濃度のテラス微小球で SRS が確認できない理由として、Nd³⁺の 900nm 帯における吸収の影響が考えられる。このことから、SRS を発振させるためには Nd³⁺の濃度が低い必要がある。

BaO-SiO₂-TiO₂ (Nd³⁺0.3ppm) と BaO-ZnO-TiO₂ (Nd³⁺0.9ppm) テラス微小球を励起し、励起波長を変化させ SRS のピーク強度を測定したものを図 3 に、しきい値を図 4 に示す。図 3 から、いずれの微小球も 800~810nm の間で急激に SRS 強度が増加しているのがわかる。これは、ラマンと蛍光の波長域が重なることによって SRS の増強現象が起こったためと考えられる。両微小球とも励起波長 790nm のときと比較して約 4 倍に増幅され、BaO-ZnO-TiO₂微小球は BaO-SiO₂-TiO₂微小球の約 3 倍の強度を

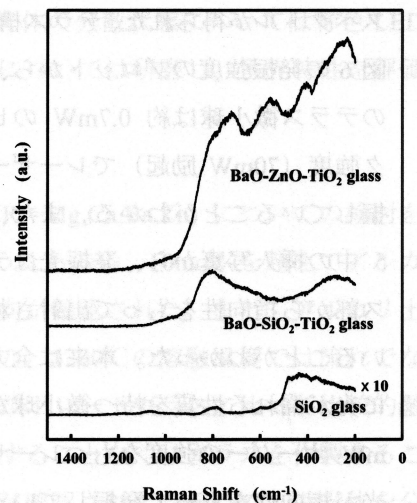


図 1 高屈折率ガラスとシリカガラスのラマン散乱スペクトル

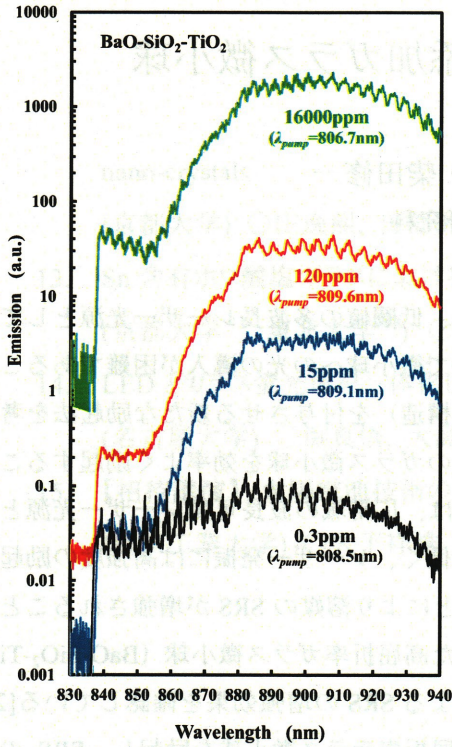


図2 BaO-SiO₂-TiO₂テラス微小球の共振スペクトル

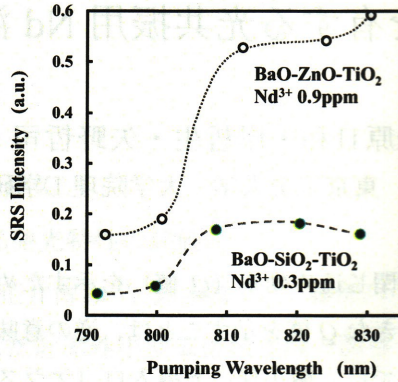


図3 低濃度 Nd³⁺添加の BaO-SiO₂-TiO₂テラス微小球と BaO-ZnO-TiO₂テラス微小球の SRS 強度

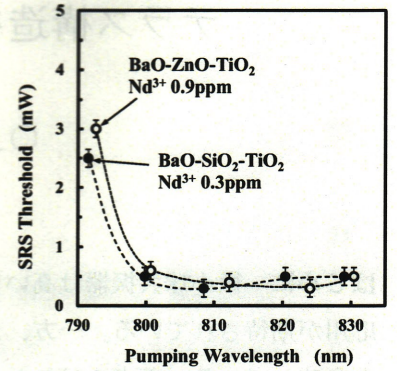


図4 低濃度 Nd³⁺添加の BaO-SiO₂-TiO₂テラス微小球と BaO-ZnO-TiO₂テラス微小球の SRS しきい値

示した。このことから、低濃度の Nd³⁺を含有し強いラマン散乱強度を示すガラス微小球を用いることで、より高強度の SRS を発振させることに成功した。一方、図 4 から、いずれの微小球もほぼ同様のしきい値変化を示し、SRS 増強効果によってしきい値が約 3mW から 0.3mW に低下した。

900nm 帯のラマンレーザーを発振させるためには Nd³⁺の添加濃度が低くなければならないが、高濃度の Nd³⁺を添加したテラス微小球は 1060nm 帯において高強度のレーザー発振を実現することが最近の研究でわかった。Nd³⁺を 16000ppm 添加した BaO-SiO₂-TiO₂テラス微小球を波長 810nm 付近で励起した結果、図 5 のスペクトルが得られた。テラス構造を付与することによって発振強度が桁違いに強くなっているのがわかる。

図 6 の発振強度のプロットから、このテラス微小球は約 0.7mW のピーク強度 (70mW 励起) でレーザー発振していることがわかる。また、図 5 中の挿入写真から、発振光はテラス部から指向性をもって出射されていることがわかった。本来は全方位に光が漏れる性質を持つ微小球から、mW オーダーの強度をもつレーザー光が指向性をもって発振しているため、新たな発光素子としての応用が期待できる。

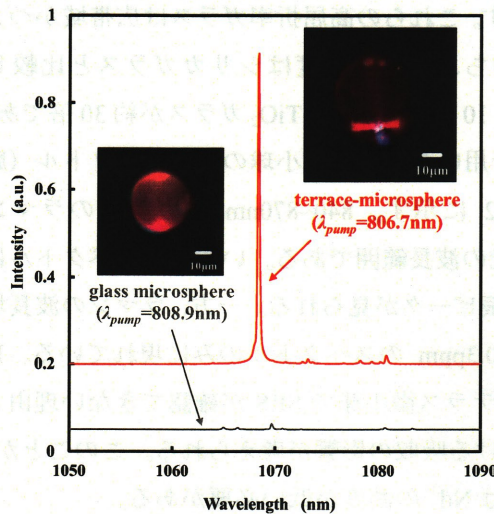


図5 16000ppm-Nd³⁺添加ガラス微小球とテラス微小球の 1.06μm 帯における発振スペクトル

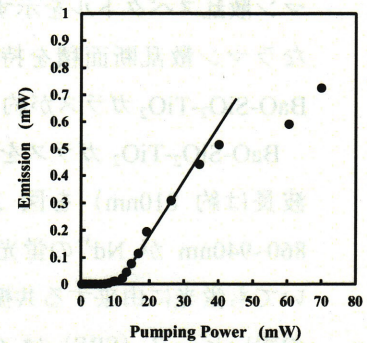


図6 16000ppm-Nd³⁺添加テラス微小球の発振強度の励起光強度依存性

文 献

[1] J. A. Dharmadhikari et al., Applied Physics B, **76**, 755-759 (2003).
 [2] H. Uehara, T. Kishi, T. Yano, and S. Shibata, J. Opt. Soc. Am. B, **28**, 2436-2443 (2011).
 [3] H. Uehara, T. Yano, and S. Shibata, J. Sol-Gel Sci. Techn., **58**, 319-325 (2011).