

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	光ファイバカップラによる光共振用微小球の励起
Title(English)	Pumping of optical glass microspheres by optical fiber coupler
著者(和文)	大川智, 瀬川浩代, 矢野哲司, 柴田修一
Authors(English)	S. Ohkawa, H. Segawa, T. Yano, S. Shibata
出典(和文)	第48回ガラスおよびフォトンクス材料討論会要旨集, Vol. , No. , pp. 148-149
Citation(English)	Abstract of the 48th meeting on glass and photonics materials, Vol. , No. , pp. 148-149
発行日 / Pub. date	2007, 11

光ファイバカップラによる光共振用微小球の励起

(東工大院・理工) ○大川智、瀬川浩代、矢野哲司、柴田修一

Pumping of Optical Glass Microspheres by Optical Fiber Coupler / ○ Ohkawa, S., Segawa, H., Yano, T., Shibata, S. (Tokyo Institute of Technology) / Using polished half-sided fiber couplers, optical coupling into glass spheres has been investigated. Resonant Raman scattering originated from microsphere was observed. By using tunable Ti:Sapphire laser, suitable pumping wavelength to the microsphere can be selected.
問合先 : e-mail s.ohkawa@glass.ceram.titech.ac.jp

【はじめに】 光共振用微小球は、全反射を利用して高い閉じ込め効率 (Q 値) で微小球内に光を閉じ込めることができる。高い Q 値の微小球を共振器とすることにより低閾値発振や非線形光学効果を効率よく発現できることから、多波長光源、波長変換素子、光スイッチ等への応用が期待されている[1]。

光共振用微小球を実用的な光学素子とするためには、どのようにして光の入出力 (カップリング) を実現するかが重要な課題となっている。光ファイバを曲げた状態で固定して側面研磨によりコア部を露出させガラス微小球の励起用カップラとした場合、Ar イオンレーザー (波長 514.5nm) の励起では結合面の表面状態が平滑になるにつれ微小球由来のラマン散乱光の共振が強くなることが確認された [2]。本報告では、共振状態にあるラマン散乱スペクトルを指標として、微小球と光ファイバカップラの結合効率を向上させることを目指した。そこで、励起光源に波長可変の Ti:Sapphire レーザー (波長 700~850nm) を用いて励起波長を選択することにより光結合効率の改善を図った。

【実験】 石英系光ファイバ (コア径 $9.2\mu\text{m}$ 、クラッド径 $125\mu\text{m}$: 住友電工) を曲率半径 8cm に保持したままエポキシ樹脂で固定したブロックをコア部が露出するまで研磨してカップラを作製した。このカップラによる微小球励起の模式図を Fig. 1 に示す。図中の値は各材料の屈折率 (n_D) である。微小球の励起実験では、火焰噴霧法によって作製された BaO-SiO₂-TiO₂ 系のガラス微小球 (UB-02, 24M, $n_D=1.93$: ユニオン) を用いた。Fig. 2 には測定に用いた光学系を示す。励起光には波長可変 CW Ti:Sapphire レーザー (波長 700~850nm) を用いた。微小球からの発光はレンズで集光し、ND フィルターで減光して分光器、検出器に導き、弾性散乱光強度を測定した。ラマン散乱光の測定では微小球からの発光を集光してエッジフィルターで励起光をカットした後、分光器、CCD に導き、スペクトル測定を行った。

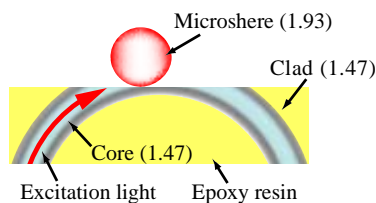


Fig. 1 Schematic of pumping experiment of spheres with polished fiber coupler.

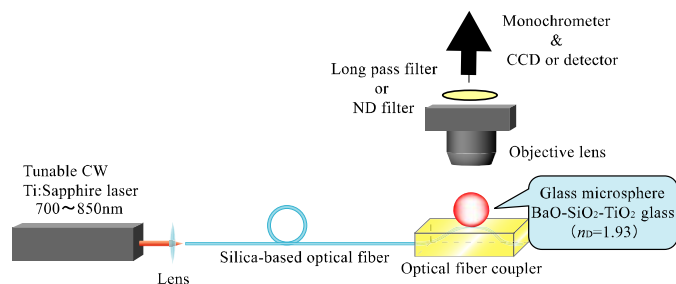


Fig. 2 Experimental set up for optical measurements.

【結果】 Ti:Sapphire レーザーの波長を変化させながら、カップラを用いて粒径 $36\mu\text{m}$ のガラス微小球を励起した。励起波長に対する弾性散乱光の強度を Fig. 3 の下部 (●) に示した。弾性散乱光強度が波長により変化しており、極大値のところでは励起光が強く共振している。弾性散乱光強度とラマン散乱光の共振状態を比較するために、ラマン共振スペクトルの 750cm^{-1} 付近のピーク強度を Fig. 3 の上部 (○) に示す。また、ピーク強度変化の極大、極小値のうち励起波長が 822.9, 824.8, 825.5, 828.5nm のときのラマン共振スペクトルを Fig. 4 に示す。Fig. 4 の挿入写真は実験に使用した微小球の光学顕微鏡写真である。これらから以下のことがわかった。

- (1) 弾性散乱光の強度は微小球の粒径と屈折率、励起光の波長によって決まり、本実験ではこれらの条件のうち励起光の波長を変化させた。このとき、強度変化の極大値の間隔 (モードスペーシング) は一定となる。微小球の屈折率が 1.93、粒径 $36\mu\text{m}$ のとき、モードスペーシングは 3.8nm となる。Fig. 3 では励起波長が 824.8nm と 828.5nm のときに弾性散乱光強度が極大となっており、

モードスペーシングは理論値とほぼ等しい3.7nmとなった。

- (2) 弾性散乱光強度が強い励起波長 824.8nm と 828.5nm のとき、ラマン共振スペクトルのピーク強度も極大値をとる。すなわち、弾性散乱光強度が強いほど光結合状態が良くなった。
- (3) Fig. 4 の4つのラマン共振スペクトルの形状は励起波長に依存しなかった。本実験では微小球材料のラマンスペクトル (Fig. 4 下部) とほぼ等しい形状となった。モードスペーシングは 53cm^{-1} となり、屈折率 1.93、粒径 $36\mu\text{m}$ のときの理論値 55cm^{-1} とほぼ等しい値となった。

【考察】 Fig. 3 では励起波長に対するラマン共振スペクトルのピーク強度が弾性散乱光強度と同様の挙動を示した。また、Fig. 4 では励起波長によってピーク強度が変化した。励起光が微小球と結合すると、結合の度合いによって弾性散乱光の強度が変化する。本実験のように微小球の屈折率と粒径が一定の場合、励起波長を変化させることで励起光の結合効率が変化する。したがって、微小球内に励起光を強く導入してラマン散乱光を強く発生させるためには、弾性散乱光強度が極大となるように励起波長を選ぶことが必要となる。

さらに効率よく励起光を微小球に結合させるためには、カップラの構造を最適化させなければならない。カップラの構造には、カップラ内ファイバの曲率半径やファイバの研磨量のほかに、ファイバ内を導波するモード数、研磨面への薄膜形成[2]などが挙げられる。今後はこれらの最適化をすることにより、実用に供することのできる光結合素子を検討していく。

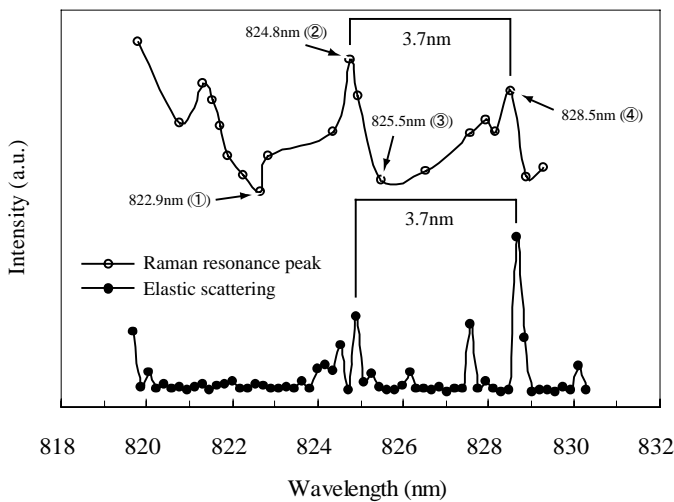


Fig. 3 Elastic scattering and Raman resonance peak intensity.

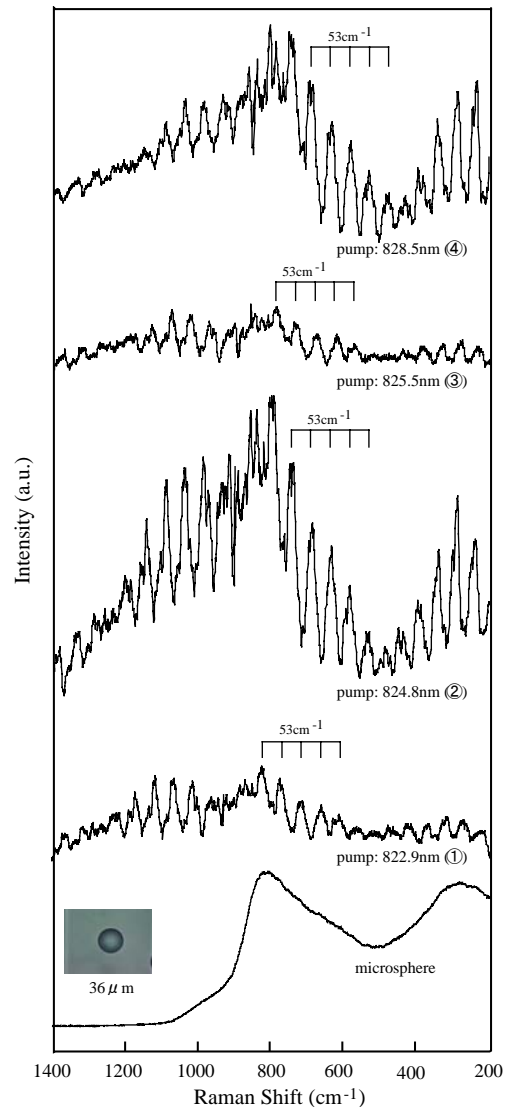


Fig. 4 Resonant Raman scattering from microsphere.

【引用文献】

[1] R. K. Chang, A. J. Campillo : OPTICAL PROCESSES IN MICROCAVITIES, World Scientific(1996)
 [2] 大川智、瀬川浩代、矢野哲司、柴田修一、第 47 回ガラス及びフォトニクス材料討論会要旨集、p.8, 1A04, (2006)