

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	光共振用ガラス微小球の励起によるラマン共振
Title(English)	
著者(和文)	柴田修一, 芦田 修平, 大楠 哲平, 瀬川浩代, 矢野哲司
Authors(English)	SHUICHI SHIBATA, S. Ashida, Teppei Ookusu, Hiroyo Segawa, Tetsuji Yano
出典(和文)	The 16th Meeting on Glasses for Photonics 講演予稿集, Vol. , No. , pp. 9-10
Citation(English)	, Vol. , No. , pp. 9-10
発行日 / Pub. date	2006,

光共振用ガラス微小球のレーザ励起によるラマン共振

柴田修一、芦田修平、大楠哲平、瀬川浩代、矢野哲司

東京工業大学大学院理工学研究科

1.はじめに 微小な光共振器において、光閉じ込め効率（ Q 値）が最も高いものは光共振用微小球であり、 $Q=10^{10}$ にもおよぶ値が報告されている。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。プリズムカップラー、数ミクロンの径のテーパーファイバー、光導波路等、さまざまな手段を用いて高い結合効率を実現する試みがなされている。数ミクロン径のシリカガラス・テーパー光ファイバをシリカガラスからなる球や円盤に隣接させ、エバネッセント光により励起する方法では、低閾値のラマンレーザーも報告されている[1]。しかし、実用的観点から眺めると、空気中で数ミクロン径のファイバをガラス球の接線方向に沿わせることは、大きな困難を予想させる。

本報告では、実用的な展開をめざした「光共振用ガラス微小球（屈折率 $n_D=1.93$ ）の励起方法」である（1）低屈折率なハイブリッド材料で被覆したテラス構造のガラス微小球、（2）シングルモード光ファイバを樹脂に埋め込んで固定化し研磨によりコアを露出させた光カップラーを用いた光励起実験の結果を述べる。

2. 実験

(2.1) 約 $30\ \mu\text{m}$ 直径のガラス球（ $n_D=1.93$ ）を、アセトンで希釈した シリコンオリゴマー（Glass Resin（ $n_D=1.49$ ））とともにエアースプレーでテフロンシート上に噴霧して被覆を行い、乾燥させ、 130°C で 15min 加熱処理した。希釈率を選択することにより、厚さ $0.2\ \mu\text{m}$ - $1.2\ \mu\text{m}$ の均一な被覆ができること、高濃度液では被覆層の一部が平坦な特殊な形状（テラス構造と呼ぶ）を形成することがわかった。CW Ar イオンレーザー（波長 $514.5\ \text{nm}$ 、スポットサイズ 約 $1\ \mu\text{m}$ ）を光源として、照射位置を変えながらこれら被覆微小球の励起実験を実施した。

(2.2) シングルモード光ファイバを曲げた状態でアクリル樹脂に固定化し、研磨によりコア部を露出させ、光カップラーを作製した。種々な粒径の高屈折率ガラス微小球を露出部に設置し、光励起実験を実施した。

3. 結果と考察

(3.1) 図 1 にガラス球（火炎噴霧法により作製、 $\text{BaO-SiO}_2\text{-TiO}_2$ ）と、被覆ガラス球（テラス構造）の SEM 写真を示す。ガラス球は平滑な表面と高い真球度を有している。テラス構造は、ちょうどテフロンシートに接していた部分が平坦になることにより形成されている。図 2 にはこのテラス構造を有するハイブリッド被覆ガラス球の励起実験の結果を示す。A-E は、レーザーの照射部分を示しており、B を照射することにより最も鋭い共振ピークが観測されている。通常の均一被覆ガラス球は、E 点での励起に相当し、微弱な共振しか得られていない。テラス構造のような「光の導入口」を設けることにより、強いラマン共振スペクトルが得られることが明らかになった。

図 3 には、テラス構造微小球の B 点を照射した時の、ラマン発振ピーク強度の励起光強度依存性を示す。約 $3.5\ \text{mW}$ に閾値を有しており、誘導ラマン光を発振しているものと考えられる[2]。

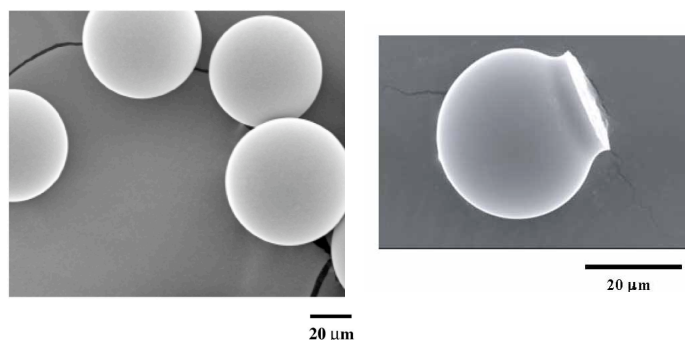


図 1 ガラス球と被覆ガラス球（テラス構造）の SEM 写真

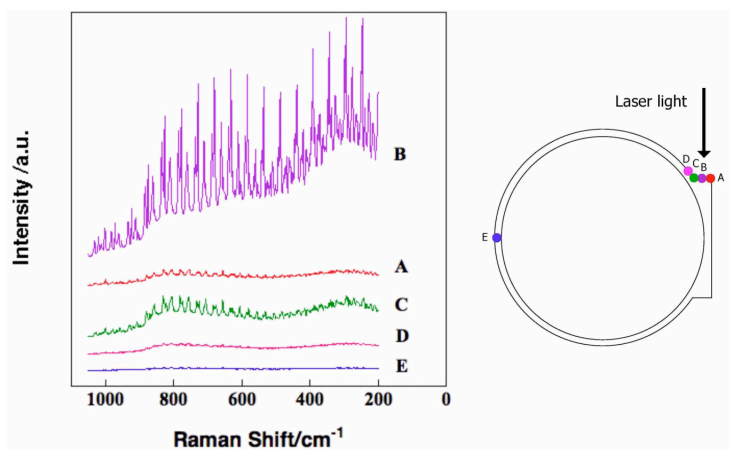


図2 テラス構造を有する被覆微小球の励起実験

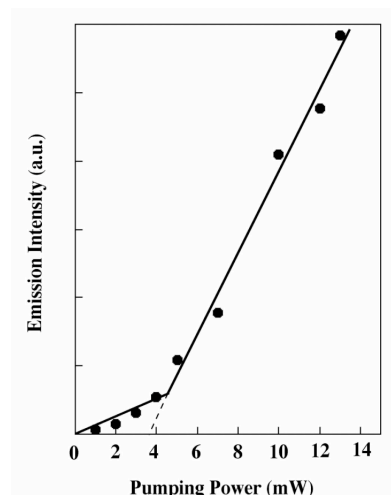


図3 励起強度依存性

(3.2) シングルモード光ファイバを研磨して作製した光カップラーを用いて同様の励起実験を実施した。図4に粒径を変えながら測定した発振スペクトラムを示す[3]。共振光は見えているが、テラス構造微小球ほどの鋭いピークは見られず、誘導ラマンに特徴的な閾値も測定されなかった。一方、ラマンスペクトルの形状を比較すると2つのスペクトル (b), (c) (53, 87 μm 粒径の微小球) は、微小球のガラス由来のものであるのに対して、スペクトル(a) (36 μm 粒径の微小球) では、励起に用いたシリカガラス系光ファイバのラマン光がガラス球において共振している。光ファイバを伝搬することにより生じたラマン光が、ガラス球により共振光ピークとして選別される現象は報告例がなく、その理由も含めて興味深い。

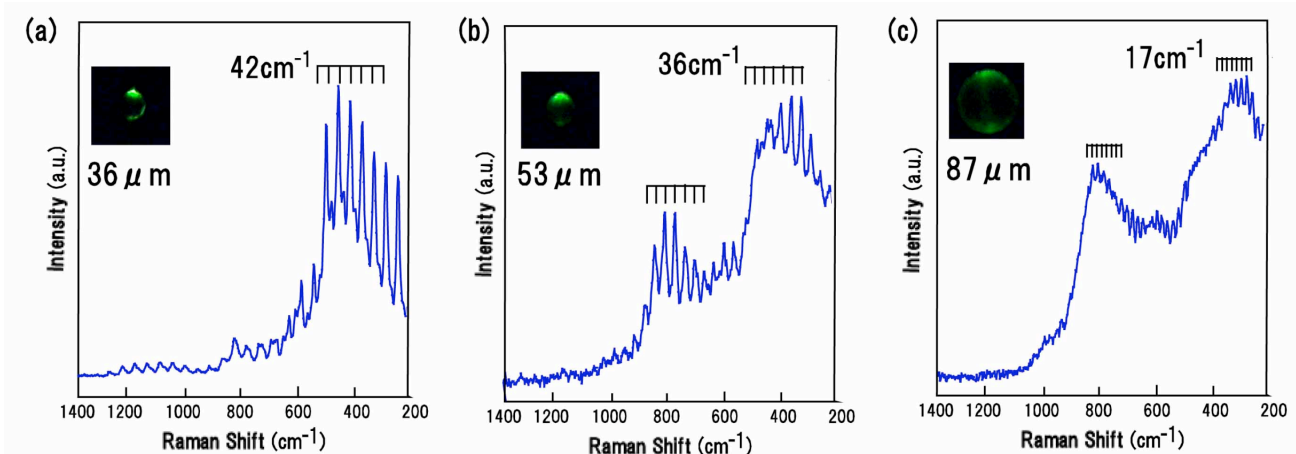


図4 光カップラーにより励起したガラス微小球の発振スペクトラム

まとめ 2種類の励起方法により高屈折率ガラス微小球からのラマン共振光を測定した。どちらも原理的には、実用的に光回路上で適用可能である。その実証は今後の展開に待たなければならない。特に、テラス構造の被覆微小球は、光カップラーや光導波路による励起との併用が可能であり、その発展が期待される。

引用文献

- [1] K. Vahala, Nature, 424, 839(2003).
- [2] S. Shibata, S. Ashida, H. Segawa, T. Yano, 13th International Workshop on Sol-Gel Science and Technology, Proceeding 66-67, UCLA, USA, Aug. 21-26, 2005.
- [3] 大楠哲平、瀬川浩代、矢野哲司、柴田修一、第46回ガラスおよびフォトニクス材料討論会、p36 (2005)