

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	Nd ³⁺ 添加ガラスマイクロディスク光共振器の作製と応力による発振波長制御
Title(English)	
著者(和文)	岸哲生, 新井智, 矢野哲司, 柴田修一
Authors(English)	Tetsuo Kishi, Satoshi Arai, Tetsuji Yano, SHUICHI SHIBATA
出典(和文)	第52回ガラスおよびフォトンクス材料討論会講演要旨集, , , p. 72 PA10
Citation(English)	, , , p. 72 PA10
発行日 / Pub. date	2011, 11

Nd³⁺添加ガラスマイクロディスク光共振器の作製と 応力による発振波長制御

(東工大院) ○岸 哲生, 新井 智, 矢野 哲司, 柴田 修一

Preparation of Micrometer-Sized Nd³⁺-Doped Glass Disk for Strain-Tunable Optical Resonator / ○ Kishi, T., Arai, S., Yano, T., Shibata, S., (Tokyo Institute of Technology) / A micrometer-sized Nd³⁺-doped germanate glass disk, which had spherical part with very smooth surface, was prepared for a strain tunable whispering gallery mode (WGM) optical resonator. Glass particles were put between glassy-carbon substrates and heat-treated to have the disk shape. The fluorescence spectra from the micro-disk under compression were measured by introducing CW-Ti: Sapphire laser of 806nm. The prepared glass micro-disk showed the characteristic sharp peaks due to WGM resonance on the broad fluorescence peak of Nd³⁺: ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$, and the strain tunability of the micro-disk resonator was 2.8 nm/N.

問合せ先 : e-mail tkishi@ceram.titech.ac.jp

【緒言】

球や円板の円周部分を光が全反射を繰り返しながら周回することで共振光を得る Whispering Gallery Mode (WGM) 型光共振器は極めて高い光閉じ込め効率をマイクロメートルサイズで実現できることから、微小レーザー光源、高精度波長フィルタや光スイッチへの応用が期待されている。WGM により生じる共振光の波長は円周部の直径と屈折率によって決まるが、その応用領域を考えると広い波長範囲で任意に共振波長を制御できることが望ましい。広帯域にわたって発振波長を制御する方法として応力印加による粒径変化と屈折率変化を利用する方法が提案されている¹⁾。本研究では、シリカガラスに比べて応力応答性(弾性変形および光弾性効果)が大きいゲルマン酸塩系ガラスを用いて Surface-tension Mold 法²⁾によりディスク状の光共振器を作製し、その光共振波長の応力応答性を評価した。

【実験】

12.8Na₂O-21.8B₂O₃-10.9SiO₂-54.5GeO₂ (mol%)に発光中心として Nd₂O₃ を外割で 0.19mol%添加したガラス(ガラス転移温度 $T_g=500^\circ\text{C}$)を通常の熔融急冷法で作製した。これを、粉碎・篩い分けにより 25~53 μm のガラス粉とし、鏡面研磨したグラッシーカーボン(GC)基板上(直径 8mm、厚さ 1mm)に分散させた。この基板を赤外線集光イメージ炉により、還元雰囲気(H₂:N₂=1:5)下 590 $^\circ\text{C}$ で 20 分間熱処理した。その後、この GC 基板上に粒径 10 μm のシリカガラス球をスペーサーとしてのせ、その上から別のもう一枚の GC 基板で挟み込んで再度の熱処理を前述と同じ条件で行うことで応力印加面となる平行平坦面を付与した。Fig.1 はガラスマイクロディスクの発光特性評価に用いた光学系の模式図である。シリカガラス基板上のマイクロディスクの円周部分に対物レンズを通して励起光を入射させ、マイクロディスクからの発光を再び対物レンズを通して検出器に導いた。励起光源は波長 806nm の CW-Ti:Sapphire レーザーである。ロードセルを取り付けたアクチュエータを用いてディスクの平坦面に応力を印加しながらディスク円周部からの発光スペクトルを測定した。

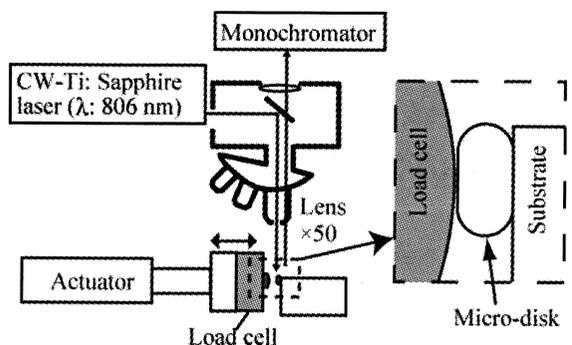


Fig.1 Schematic illustration of optical measurement setup.

【結果と考察】

Fig.2は、得られた試料のSEM像である。ガラスは円板状に変形しており、側面は滑らかな球面となっている。また、円周部の真円度は少なくとも98%以上であり、WGM光共振器として十分な形状と表面性状となっていることがわかる。

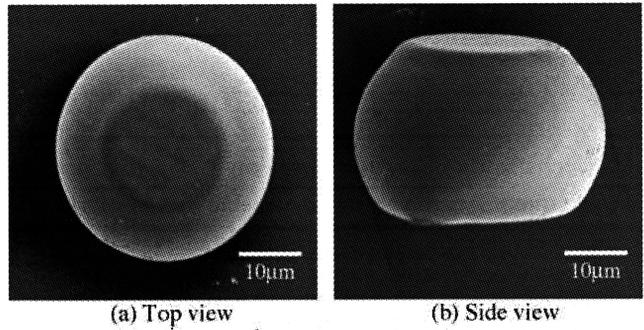


Fig. 2 SEM images of Nd³⁺-doped germanate glass micro-disk.

Fig.3 に、Nd³⁺添加ゲルマン酸塩ガラスのバルクおよびマイクロディスク試料からの発光スペクトルを示す。バルク試料のスペクトルには Nd³⁺イオンの蛍光によるブロードなピークが見られる。一方、マイクロディスクからの発光スペクトルには Nd³⁺による蛍光ピークの上に鋭いピークが周期的に並んでいる。これらのピークの間隔が Lorenz-Mie 理論³⁾から計算される Mode spacing $\Delta\nu$ と一致することから、このマイクロディスクが WGM 光共振器として機能しているといえる。共振ピークの半値全幅から見積もった光閉じ込め効率 Q 値は 10^3 であり、荷重によらず一定であった。

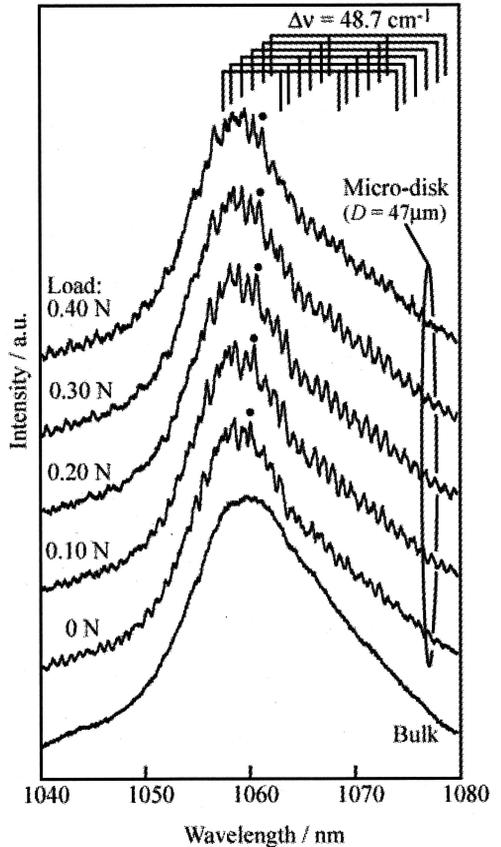


Fig.3 Fluorescence spectra from Nd³⁺-doped germanate glasses. Laser power: 397 mW.

Fig.4は、1060nm 付近の共振ピークの中心波長 (Fig.3 中の●)の変化を印加した荷重量に対してプロットしたものである。共振波長は荷重量に対して線形に増加し、その変化率は 2.8 nm/N である。同一粒径のシリカガラス球に比べて2倍大きい応力応答性となっている。Fig.3の共振スペクトルからは6つのモードが確認できるが、応力印加による波長シフト量は全てのモードで一致した。共振波長のシフトは、光弾性効果や球面の扁平率の変化によるものではなく、光の周回部分の直径変化が支配因子となっていることが示唆される。Nd³⁺添加濃度や母ガラス組成の最適化によりレーザー発振を示すマイクロディスクを作製することで、広帯域で波長可変な微小レーザー光源として利用できるものと期待される。

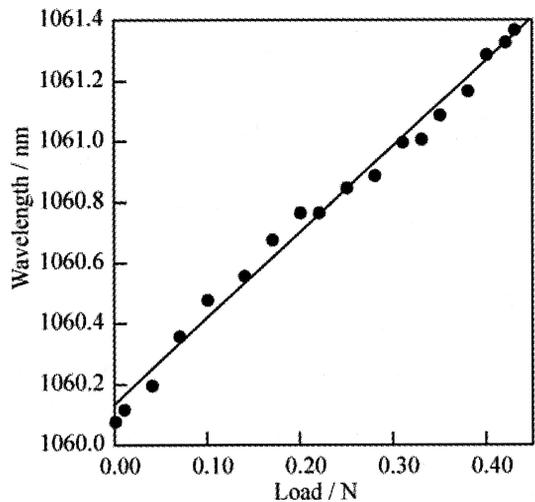


Fig. 4 Wavelength shift of whispering gallery modes of glass micro-disk as function of applied load.

[参考文献]

- 1) V.S Ilchenko, P.S Volikov, V.L Velichansky, F Treussart, V Lefèvre-Seguin, J.-M Raimond, and S Haroche, *Opt. Commun.* **145** (1998) 86-90.
- 2) T. Yano, T. Sato, H. Segawa, S. Shibata, T. Kishi and Atsuo Yasumori, *Inter. Conf. On the Physics of Non-Cryst. Sol.* (2009) 0284.
- 3) S C Hill and R. E Benner, *Optical Associated with Small Particles*, edited by P. W Barber and R. K Chan, World Scientific (1988) 4-61.