

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	多波長発振・球状光共振器レーザー —微小球光共振器の進展—
Title(English)	
著者(和文)	柴田修一, 上原日和, 岸哲生, 矢野哲司
Authors(English)	SHUICHI SHIBATA, Hiyori Uehara, Tetsuo Kishi, Tetsuji Yano
出典(和文)	The 22nd Meeting on Glasses for Photonics 講演予稿集, , , p. 11-12
Citation(English)	, , , p. 11-12
発行日 / Pub. date	2012, 2

多波長発振・球状光共振器レーザー — 微小球光共振器の進展 —

○柴田修一、上原日和、岸哲生、矢野哲司
東京工業大学大学院理工学研究科

はじめに 光学素子において優れた特性を得るためには、微小な領域に光を閉じ込めることが重要である。1950年-1960代になされたレーザーにおける「光共振器構造 (Cavity)」の発明は、その点で、数多くなされている科学的・工学的業績の中でも特筆すべきものと言うことができる。半導体レーザーにおけるファブリ・ペロー構造に始まり、ファイバーレーザー、導波路型レーザー、微小球レーザーと光共振構造は発展を遂げてきた。最も高い光閉じ込め効率 (Q 値= 10^{10}) のマイクロメータサイズの球状光共振器では、3次元の光閉じ込めを実現し、ここ 10 年程の間に大きな進展を見せてきた。我々の研究室においても、1990年代から微小球レーザーに強い関心を持ち、ガラスやハイブリッド材料を対象に研究を進めてきた。本講演では、自分たちの研究成果^{(1), (2)} とともに、多波長発振・球状レーザーを中心として、当該分野の進展を広い視野から概説的に述べることにしたい。

ガラスレーザーの進展と閾値

図1に各種ガラスレーザー (ファイバーレーザー、導波路レーザー、微小球光共振器レーザー) の閾値を異なる光結合方法に対してまとめた。(R)はラマンレーザーを、(Nd^{3+})はネオジウム添加レーザーを示す。

希土類添加ガラスは励起効率も高く、比較的低い閾値でレーザー発振するが、誘導ラマンは、非線形光学現象をその原理とするため、一般に、より強い光強度の励起を必要とする。矢印は年代とともにレーザーの閾値が大幅に減少してきたことを示すために図に加えた。2000年代には、シリカ系光ファイバーを数ミクロン径まで延伸した、テーパファイバーを用いた光カップリング方式が優れた結合効率 (最大 99%) を示すことが明らかになり、ファイバーと同じ材料からなるシリカガラス微小球 (粒径 数十~100 μm) を数 μW の閾値で誘導ラマン発振させることが報告されている。Terrace、Fiber Coupler (half-polished fiber coupler: 半研磨ファイバーカップラ) は、高屈折率ガラス微小球を対象とした著者らの報告である。

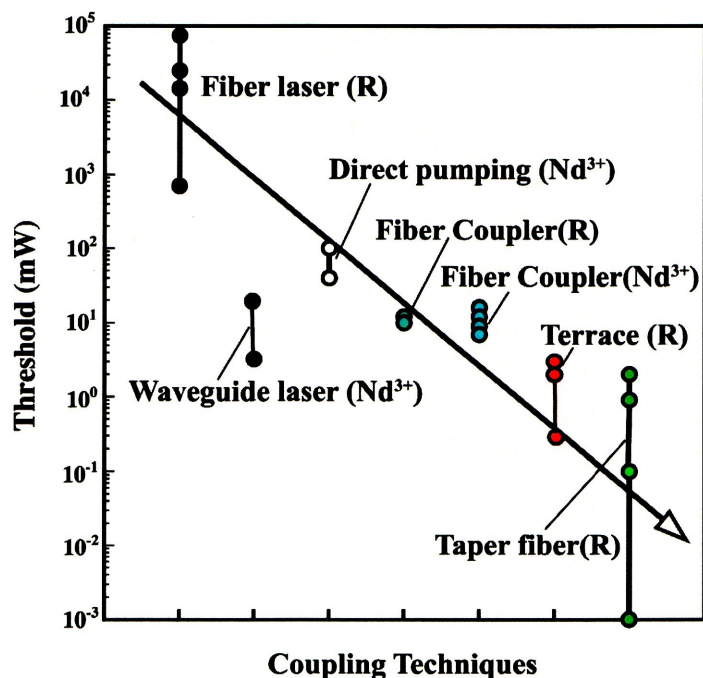


図1 各種ガラスレーザーの閾値

キーワード：レーザー、球状光共振器、レーザー発振、光結合

光カップリング方法と結合効率

図2に代表的なガラス微小球への光カップリング方法を示す。(a)プリズム、(b)半研磨ファイバーカプラ、(c)テーパファイバーによる光結合である。図中のSEM写真は、著者らが提案、研究しているテラス微小球であり、高屈折率ガラス微小球 ($n_D=1.93$) 上に光の導入口として機能するテラス構造を設けている。

図3にこれらカップリングにより得られる結合効率を示した。テーパファイバーで約90%、プリズムで80%、光ファイバーを斜めに研磨したアングル研磨ファイバー (Angle Polished Fiber) で60%の効率が報告されており⁽³⁾、直接励起での1-2%、半研磨ファイバーカプラでの10%、テラスの20% (推定値) に比較して大きな値を示している。一方、テーパファイバーの脆弱性、プリズム、アングルファイバでの位置決め困難さ、モードマッチングを光結合の原理とするためシリカガラス球が対象となること等、研究室レベルでの実験に留まっている。また結合効率は、必ずしも微小球に閉じ込められた光強度の絶対値を表してはいない。

講演では、これら微小球状光共振器の応用も含めて、今までの歴史とこれからの将来像を探っていく。

文献

[1] S. Shibata, T. Yano, H. Segawa, "Sol-Gel-Derived Spheres for Spherical Microcavity," *Acc. Chem. Res.*, **40**, pp.913-920, 2007.
 [2] S. Shibata, T. Yano, "Spherical Cavity Glass Lasers for Multiwavelength Emission", *Int. J. Appl. Ceram. Tech.*, **8**, pp.1010-1016, 2011.
 [3] A. B. Matsko, V.S. Ilchenko, "Optical Resonators With Whispering-Gallery Modes, Part I" *IEEE. J. Selected Topics in QE*, **12**, 3-14, 2006.

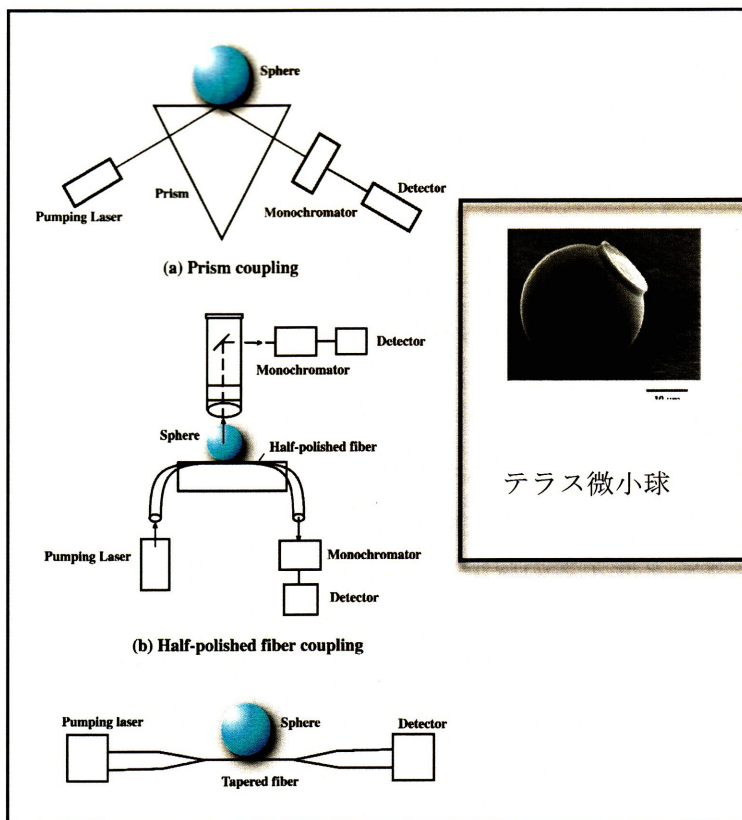


図2 各種光カップリング方法

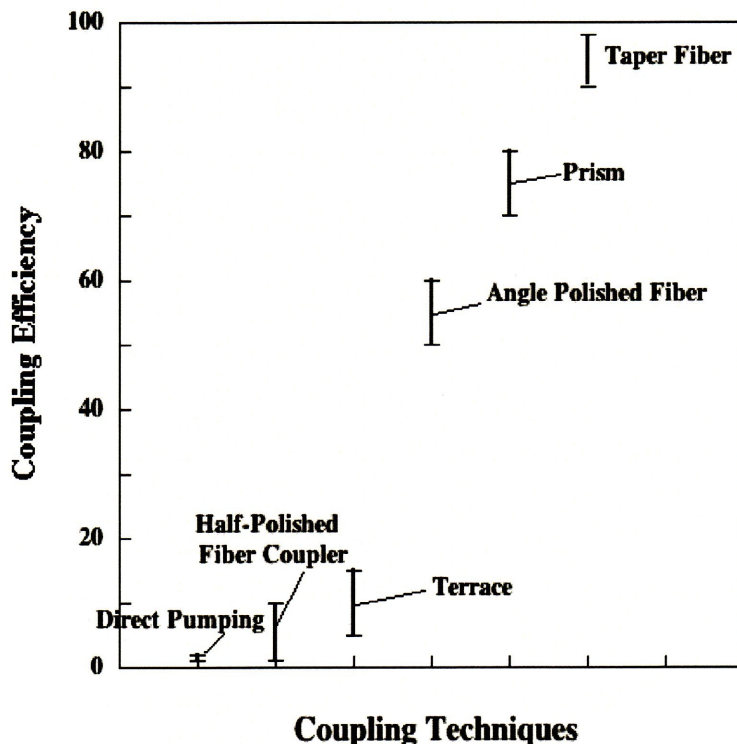


図3 各種カップリング方法と光結合効率