

太陽光励起レーザーにおける内部全反射と多層膜ミラーを併用した光閉じ込め機構

Light confinement mechanism of solar-pumped laser using both total internal reflection and dielectric multilayer mirror

東海大理¹, トヨタ自動車², 電通大量セ³, カールスルーエ工大⁴ ◯(M2)青柳 海¹, 増田 泰造^{2,3},
Stephan Dottermusch⁴, Ian A. Howard⁴, Bryce S. Richards⁴, 遠藤 雅守¹

Tokai Univ.¹, Toyota Motor Corp.², Univ. Electro-Commun.³, Karlsruher Inst. Tech.⁴, ◯(M2)Kai Aoyagi¹,
Taizo Masuda^{2,3}, S. Dottermusch⁴, I. A. Howard⁴, B. S. Richards⁴ and Masamori Endo¹

E-mail: 0csnm001@mail.u-tokai.ac.jp

1. 背景

我々は、集光しないで発振する太陽光励起レーザー実現を目的に、Nd³⁺アクティブファイバーと LSC (Luminescent Solar Collector = 蛍光型太陽光集光装置)を組み合わせた方式を提案している。2019年に初めて自然太陽光でのレーザー発振を報告したが[1], 構造的な問題が明らかとなった。液体の増感剤に多層膜ミラーを適用すると、境界が高屈折率の液体のため、特に p 偏光で高い反射率が得られない。そこで、今回は LSC を固体色素として、空気境界との内部全反射によって蛍光を閉じ込める構造を試みた。さらに、LSC を多層膜ミラーで挟むことにより、全反射で閉じ込められない光を二重に閉じ込め、高効率化を図った。提案した機構が有効に機能したので報告する。

2. 実験装置

Fig.1 は実験装置の概念図である。LSC は石英基板 (180mmφ)に固体色素(Lumogen F O240と Y083 のハイブリッド)を塗布したもので、裏面にアクティブファイバーを糊付けした。ファイバー長は50mである。これを、自然太陽光の2倍強度の Xe ランプで均一に照射し、ファイバー単一通過あたりの小信号利得係数 $\ln(I_{out} / I_{in})$ を計測した。(a)は提案した二重閉じ込め構造である。DM, HR と LSC は接しているが僅かなエアギャップが存在する。(b)はギャップをオイルで満たし、従来の液体 LSC を模した。(c)では(a)の閉じ込めを更に増強するため LSC 側面に PTFE リングを設置した。LSC 側面に置く反射板の効果は数値計算で予測され、拡散反射が鏡面反射の 90%の効果を持つことが明らかになっている。

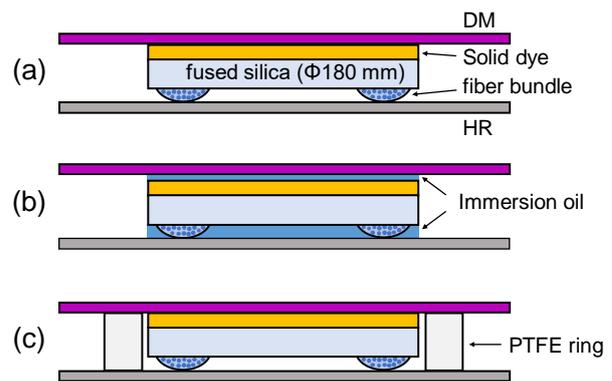


Fig.1: Schematic of the experimental setup

3. 実験結果

Table.1 にそれぞれの装置構成で行った利得係数の計測結果を示す。(a)の利得は(b)の利得の 2.1 倍で、提案した方式の有効性が実証された。エアギャップを変えた計測から、DM/HR で閉じ込められる蛍光は全体の 60%と見積もられた。LSC の内部全反射で閉じ込められる割合が予想外に低いが、これについては報告がある[2]。(c)の利得は(a)の 1.9 倍で、数値計算の予測、2.2 倍に近い効果を得た。その差は PTFE リングの透過率を考えれば説明できる。

[1] T. Masuda *et al.*, *Commun. Phys.* (2020), 3 (1), 1-6.

[2] M. G. Debije *et al.*, *Appl. Opt.* 47 (2008) 6763.

Table.1: Gain/pass measurements

Setup	SSG/pass
(a) DM/HR mirror	0.211
(b) No air gap	0.101
(c) side wall reflector	0.420