

Ca-Yb ドープシリカファイバによるフォトダークニング効果抑制

Suppression of photo-darkening effect by Ca additive in Yb-doped silica glass fiber

阪大レーザー研¹, 近畿大学², 信越石英株式会社³ ○藤本 靖¹, 杉山 誠一², 村上 元一郎¹, 中野 人志², 佐藤 龍弘³, 白神 宏之¹ILE Osaka Univ.¹, Kinki Univ.², Shin-Etsu Quartz Products Co., Ltd.³, ○Yasushi Fujimoto¹, Sei-ichi Sugiyama², Motoichiro Murakami¹, Hitoshi Nakano², Hiroyuki Shiraga¹, Tatsuhiro Sato³

E-mail: fujimoto@ile.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

高出力 Yb シリカファイバにおけるフォトダークニング (PD) 現象の発見[1]により、その原因解明及び、その抑制には様々な検討がなされてきた。PD はシリカガラス中の Yb³⁺が Yb²⁺に変化する事で生じ、Yb-Yb ペアの存在による PD 現象促進の可能性が指摘されている[2]。これまでに取られた対策は次の通りである。

- 1) 磷酸ガラスによるファイバ製作[3]
- 2) シリカガラスへの Al もしくは P の共添加[4]
- 3) シリカガラスへの Ce の共添加[5]

磷酸ガラスは希土類元素などの不純物をガラスネットワーク中に取り込みやすい事が知られている。最大 12wt%の Yb₂O₃濃度にあっても PD を発生しない事が示されている[3]。また、Al や P はシリカガラス中における希土類元素の良好な分散剤であり、これらを用いる事で PD を低減している。Ce はホールと電子の両方のトラップとして働く抑制効果があると考えられている[5]。

本発表では、Ca というありふれた元素を Yb シリカファイバに共添加する事による PD 効果の抑制とその PD 効果抑制の原因について議論する。

2. Yb-Ca ドープシリカファイバの製作

Yb-Ca ドープシリカファイバ(YbCaZSG)のコアガラスは Yb の均一分散を目的として、Zeolite 法を併用して製作した。比較のため Ca をドープしない Yb ドープシリカファイバ(YbZSG)を同じように Zeolite 法を用いて製作した。以上のコアガラスをロッドインチューブ法を用いて Yb ドープファイバの線引きを行った。作成したファイバの特性をまとめたものを Table 1 に示す。

3. PD 効果計測実験

得られたファイバを用い PD 効果計測実験を行った (Fig.1)。ファイバ長は YbZSG 及び YbCaZSG ともに 15cm とした。励起強度は YbZSG ファイバへは 145mW(0.18 MW/cm²)、YbCaZSG ファイバへは 205mW(0.46 MW/cm²)であった。YbZSG ファイバでは時間と共に透過率が減少する PD 現

象が観測されたが、YbCaZSG ファイバでは大幅に緩和されている事が解る。

Table 1 YbZSG 及び YbCaZSG 光ファイバのパラメータ

Glass type		YbZSG	YbCaZSG
Diameter	core	10	7.5
	clad	125	127
Refractive index	core	1.455	1.477
	clad	1.450	1.450
NA		0.121	0.282
Composition [wt%]		Yb ₂ O ₃ :1.2 Al ₂ O ₃ :3.4 SiO ₂ :95.4	Yb ₂ O ₃ :6.0 Al ₂ O ₃ :9.5 CaO:11.1 SiO ₂ :73.4

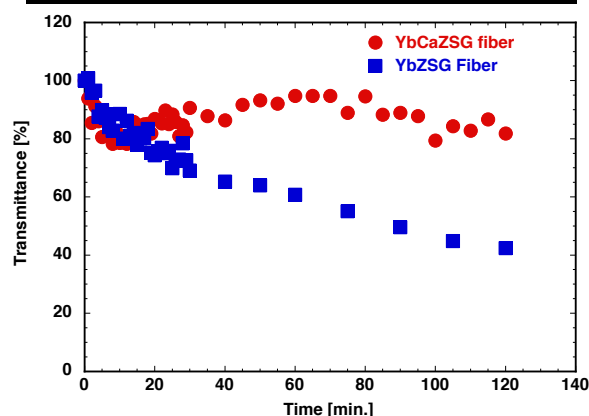


Fig.1 PD 効果計測実験結果

4. チャージバランス効果と PD 効果抑制

詳細は講演に譲るが、以上の現象は「シリカガラス中で不純物局所構造 (価数) が安定化するには局所的なチャージバランスが重要である。」という仮説により理解される。これによると、Ca 元素は局所チャージバランスを維持する様に働いていると考えられる。

<参考文献>

1. R. Paschotta et al., *Optics Communications*, 1997, **136**, pp. 375-378.
2. A. D. G. Chavez et al., *Laser Physics Letters*, 2007, **4**, pp. 734-739.
3. Y. W. Lee et al., *Electronics Letters*, 2008, **44**, pp. 14-15.
4. S. Jetschke et al., *Optics Express*, 2008, **16**, pp. 15540-15545.
5. M. Engholm et al., *Optics Letters*, 2009, **34**, pp. 1285-1287.