

磁場配向による一軸性光学結晶の透明セラミックス化の検討
Discussion on the Magnetically Orientation Controlled Transparent Ceramics Made of
Uni-axial Optical Crystals

理研¹, 分子研² °佐藤 庸一^{1,2}, 平等 拓範^{1,2}
RIKEN¹, Inst. Mol. Sci.², °Yoichi Sato^{1,2}, Takunori Taira^{1,2}
E-mail: yoichi.sato@spring8.or.jp

【緒言】等軸晶系でないレーザー結晶には利得が大きい等の利点がある半面、結晶育成による大型化は困難である。媒質の大型化にはセラミックス技術が有効であるが、等軸晶系媒質以外の透明セラミックス化は複屈折散乱のために困難である [1]。この二律背反の解消について、我々はマイクロドメイン制御技術を用いた結晶配向制御を提案し、異方性レーザーセラミックスのレーザー発振を実証した[2,3]。今回、様々な一軸性の光学材料をセラミックス化することを想定し、透明セラミックス化にはどの程度の結晶配向制御が必要となるかについて検討を行ったので報告する。

【理論】平均グレインサイズ D の多結晶内における波長 λ の光に対する複屈折散乱係数 C_{sca} は

$$C_{sca} = \frac{3\pi^2 D}{2\lambda^2} \Delta n^2, \tag{1}$$

と評価できる。但し Δn はセラミックスにおける屈折率の平均揺らぎである[3]。磁場 B により配向制御されたセラミックスにおいて、グレインの結晶主軸と配向制御軸との成す角が θ とした場合の θ に関する分布関数 $f(\theta)$ は、最低必要磁場 B_{min} を用いて

$$f(\theta) \propto \exp\left[-(B/B_{min})^2 \sin^2 \theta\right] \tag{2}$$

と与えられる[4]。さらに、結晶主軸と制御軸との成す角が θ となっているグレインにおいて、制御軸に対して平行な偏光を持つ光に対する屈折率 $n(\theta)$ は

$$n(\theta) = \sqrt{n_e^2 \cos^2 \theta + n_o^2 \sin^2 \theta} \tag{3}$$

となる。但し、 n_o および n_e はそれぞれ常光線及び異常光線に対する屈折率である。式(1)-(3)により、平均角度揺らぎ $\langle \theta \rangle$ の配向時における C_{sca} および必要な磁場強度 B を評価できる。

【評価及び考察】 $D = 30 \mu\text{m}$ の異方性セラミックスにおいて可視光 ($\lambda=589 \text{ nm}$) に対する C_{sca} と配向角度の依存性を図 1 に示す。さらに一次粒子径 250 nm の原料粉末を用い C_{sca} を 0.16 cm^{-1} (波長 1064 nm で 0.05 cm^{-1} 相当)に配向させるための制御パラメータを表 1 に示す (Yb 添加濃度を 3at.% とする)。検討の結果、粒径制御のみでのレーザーグレード実現は困難であり、屈折率異方性の大きさに応じてより高度な配向制御が必要となることが示された。詳細は当日報告する。

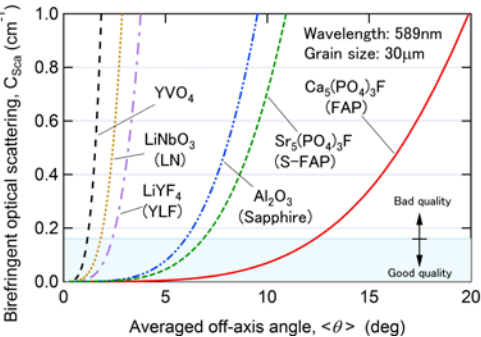


図 1 異方性セラミックスの配向角と光散乱係数

表 1 異方性セラミックスの配向制御パラメータ

	YVO ₄	LiNbO ₃	YLF	Al ₂ O ₃	S-FAP	FAP
n_o [5]	1.994	2.300	1.768	1.454	1.631	1.633
n_e [5]	2.216	2.214	1.760	1.404	1.625	1.631
$ 4\chi $ (10^{-6})	12	-	-	-	5.3	8.6
B/B_{min}	43	28	21	8.5	7.5	4.2
B_{min} (T)	0.33	-	-	-	0.49	0.39
$\langle \theta \rangle$ (deg)	1.2	1.8	2.4	6.0	6.9	12

【謝辞】本研究の一部は(株)コンボン研究所の助成を受けて行われた。

[1] T. Taira, Opt. Mater. Express **1**, 1040 (2011).
[2] J. Akiyama et al., APEX **4**, 022703 (2011).
[3] Y. Sato et al., Sci. Rep. **7**, 10732 (2017).
[4] Y. Sato et al., Opt. Mater. Express **3**, 829 (2013).
[5] Handbook of optics II 2ne ed. (Ed. M. Bass, OSA 1995).: Opt. Mat. Express **4**, 876 (2014).: JOSAB **11**, 269 (1994).