

異方性レーザーセラミックス作製における配向制御に関する考察

Discussions on the orientation control of micro-domains in anisotropic laser ceramics

分子研 °佐藤 庸一, 平等 拓範

Inst. Mol. Sci., °Yoichi Sato, Takunori Taira

E-mail: yoichi@ims.ac.jp

【緒言】 レーザー媒質のマイクロドメイン構造制御は、ジャイアントマイクロフォトニクス、すなわち固体レーザーの小型高輝度化に大きく貢献した[1]。これにより従来困難だったテラヘルツ波発生の革新的なパワースケーリングが可能になった[2]だけでなく、コジェネレーションや自動車において重要な内燃機関の高性能化など先端科学から生活に関わる様々な分野で新しい可能性を創出しつつある[3]。ところで、近年におけるマイクロドメイン構造制御の新たな成功例として、希土類添加による磁気異方性増大効果を利用した異方性セラミックレーザー[4]が挙げられる。しかしながら従来の磁場配向法である電磁誘導プロセッシング[5]において、実際にどの程度の配向性が得られるかという精密な議論は未だ行われておらず、異方性レーザーセラミックスの作製プロセス確立にはさらなる考察が不可欠である。今回、異方性レーザーセラミックスプロセスにおいて、スラリーのブラウン運動による揺動が一次粒子の結晶配向に与える影響を考慮することにより、配向度向上のための新たな指針を得る事に成功した。

【理論】 図1にスラリーに分散されている一軸性結晶構造を有する一次粒子の結晶方位と磁場との角度関係を示す。まず、一次粒子の磁化容易軸方向と磁場の成す角度 θ 、磁化 M 、粒子体積 V 、および真空透磁率 μ_0 を用いて、ギブスの自由エネルギー変化(dG)の磁場(B)依存成分を

$$dG = -\int_0^B M \cdot dB = -\frac{VB^2}{2\mu_0}(\chi_{//} - \Delta\chi \sin^2 \theta) \quad (1)$$

と表す。ここで、 $\chi_{//}$ および $\Delta\chi$ は磁化容易軸方向の磁気感受率、および磁化容易軸—磁化困難軸間の方向磁気感受率差である。ここから、一次粒子が角度 θ_0 以内に配向する確率 P_{eq} を

$$P_{eq}[0 \leq \theta \leq \theta_0] \approx 1 - (\cos \theta)^{\frac{2B^2 + B_{min}^2}{B_{min}^2}}, \quad (2)$$

と評価できる。但し、 B_{min} はボルツマン定数 k と温度 T を用いて $[dG(\theta=\pi/2) - dG(\theta=0)] = kT$ と表される磁場強度であり、従来の電磁誘導プロセッシングにおいては配向の可/不可の閾値である。

【計算結果および考察】 図2にスラリーに分散されている一次粒子の磁場印加下における配向確率を示す。ここから、光学材料用途で要求される配向性を得るには従来の磁場強度指標である B_{min} 程度の磁場では不十分であることが示された。光学用途向けに必要な配向性を得るために必要な材料特性、さらに得られた材料の配向性評価など詳細は当日報告する。なお、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ものである。

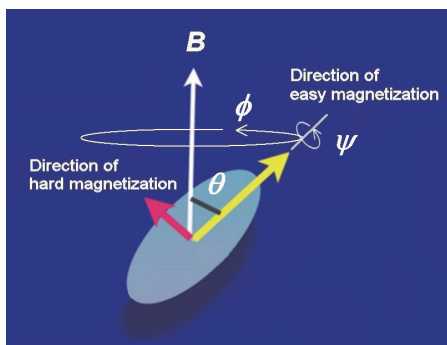


図1 スラリー粒子の結晶方位と磁場の関係

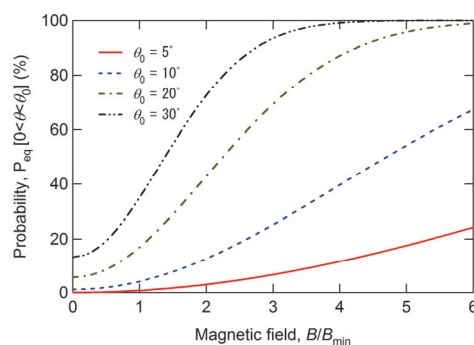


図2 スラリー粒子配向度の磁場依存性

- [1] T. Taira, Opt. Mater. Express **1**, 1040 (2011).
 [3] N. Pavel et al., Opt. Express **19**, 9378 (2011).
 [5] H. Morikawa et al., Mater. Trans. **39**, 814 (1998)

- [2] S. Hayashi et al., Opt. Express **20**, 2881 (2012).
 [4] J. Akiyama et al., Appl. Phys. Express **4**, 022703 (2011)