

YAG 結晶におけるデバイ比熱モデルと実測値との比較

Comparative Study on the Specific Heat of YAG between Debye-Model and Experimental Value under the Cryogenic condition

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】レーザー発振器における発振出力安定化には、レーザー結晶における正確な熱パラメータに基づいた熱設計が必須となる。我々は代表的なレーザー結晶である YAG について、室温近辺の領域において精度 2%以内で適用できる比熱および熱伝導率、屈折率温度係数および熱膨張係数の近似式を得ている[1]。一方で、レーザー結晶の極低温状況下での特性は基礎物性として以前から調査されている [2-4]。今回我々は、YAG の低温領域における比熱について詳細な解析を行ったので報告する。

【実験】示差走査熱量計 (DSC2500 : TA Instruments) を用いたサファイアとの相対比較法により、-150℃~200℃における比熱を昇温速度+20℃/min で計測した。計測試料は異なる生産ロットの単結晶二種 (Scientific Materials) およびセラミックス (World Lab 製) の Undoped YAG、および 1at.% Nd:YAG 単結晶 (Scientific Materials) の四種類であり、試料サイズはφ5mm×1mm であった。

【結果】計測した比熱の値を図 1 に示す。(デバイ温度を 795K とした場合の) デバイ比熱[1]により、比熱の実測値は室温領域においては精度 0.2%で再現できるが、低温領域においては誤差が 15%まで増大していた。なお、図 2 に示される通り 1at.% の Nd 添加による Undoped YAG からの比熱変化はおよそ 0.7% (0.005 J/gK@100℃) 程度であった。

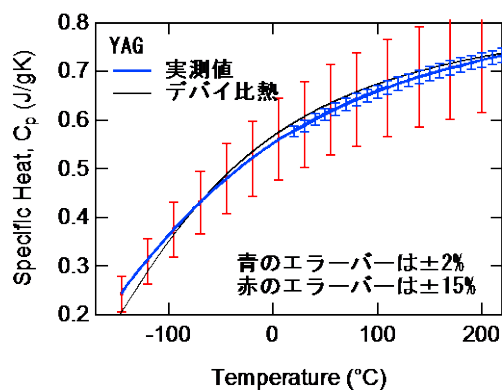


図 1 YAG 比熱の実測値とデバイモデル

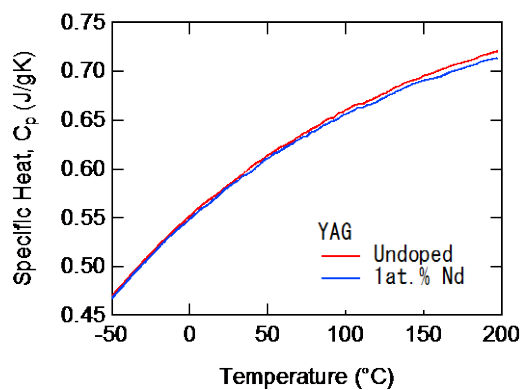


図 2 Nd 添加による YAG 比熱の変化

【考察】今回の計測における繰返し精度は±0.003 J/gK、特に 80℃以上で精度は±0.001 J/gK であり、図 2 で示された Nd 添加による 0.7%の比熱変化は有意な差であると考えられる。さらに、単結晶とセラミックスで熱伝導率においては差があるが、今回の比熱計測では有意な差は確認できなかった。また、図 1 における低温における比熱実測値のデバイ比熱からのずれは、デバイ温度の温度依存性[5]により説明できる。詳細は当日報告する。

【謝辞】比熱計測に際して TA インストルメント・ジャパン株式会社前田様にご協力頂いた。

[1] Y. Sato et al., Opt. Mater. **31**, 720 (2009).

[2] H. W. Etzel et al., Appl. Opt. **1**, 534 (1962).

[3] L. F. Johnson et al., Appl. Phys. Lett. **7**, 128 (1965).

[4] W. Koechner, Solid State Laser Engineering 6th ed. p. 57, (Springer Science+Business Media Inc., New York, 2006).

[5] H. Yokokawa and Y. Takahashi, J. Phys. Chem. Solid, **40**, 445 (1979).