

# 層状コンポジット光学素子における層間熱抵抗及び実効熱伝導率

## Effective Thermal Conductivity of Optical Composites by Surface Activated Bonding

理研<sup>1</sup>, 分子研<sup>2</sup> ○佐藤 庸一<sup>1,2</sup>, アルヴィダス カウシャス<sup>1,2</sup>, 平等 拓範<sup>1,2</sup>

RIKEN<sup>1</sup>, Inst. Mol. Sci.<sup>2</sup>, °Yoichi Sato<sup>1,2</sup>, Arvydas Kausas<sup>1,2</sup>, Takunori Taira<sup>1,2</sup>

E-mail: yoichi.sato@spring8.or.jp

【緒言】近年のレーザー装置のユビキタス化により、レーザー装置の価格・運用コスト低減とレーザー性能向上が促進されてきた。それを可能とするのがレーザー共振器の小型高出力化であるが、最大の障害となるのがレーザー媒質における発熱密度の増大である。これを解決する手法として、我々は室温下での表面活性接合によるレーザー利得媒質と透明ヒートシンクとのコンポジット素子を開発し、排熱性の大幅な向上を実現した [1]。層状コンポジット媒質の排熱性は壯観熱抵抗に大きく依存するが、我々は以前レーザー媒質そのものの熱抵抗に対して透明誘電体結晶の表面活性接合界面における熱抵抗が無視できることについて確認している [2]。一方で、熱接触を改善するためのインジウムによるシールや、もしくはただ重ねただけの接合していない状態での界面熱抵抗がどの程度であるかについて議論は無かった。今回、様々な接合状態のサファイア/Nd:YAG 単結晶積層試料についてそれぞれの層間熱抵抗を評価したので報告する。

【実験方法】 本実験では、直径 12.7 mm の c-cut サファイアおよび 1at.%Nd:YAG 単結晶について、(1)表面活性接合により接合、(2) 厚さ 0.1mm のインジウム箔を挟み 6 kN を印加する、(3) ただ重ねただけ、の 3 種類の試料を準備し、フラッシュ法 (LFA467 Hyper flash, ネット) により実効熱拡散率  $D_{\text{eff}}$  を 0 °C ~ 150 °C の温度範囲において計測した。層間熱抵抗  $R$  は

$$R = \frac{\xi_{\text{sapphire}} + \xi_{\text{YAG}}}{6\xi_{\text{sapphire}}\xi_{\text{YAG}}} (L_{\text{sapphire}} + L_{\text{YAG}})^2 \left[ \frac{1}{D_{\text{eff}}} - \frac{1}{D} \right], \quad (1)$$

$$D = \frac{(\xi_{\text{sapphire}} + \xi_{\text{YAG}})(L_{\text{sapphire}} + L_{\text{YAG}})^2 D_{\text{sapphire}} D_{\text{YAG}}}{(\xi_{\text{sapphire}} + 3\xi_{\text{YAG}}) D_{\text{YAG}} L_{\text{sapphire}}^2 + (3\xi_{\text{sapphire}} + \xi_{\text{YAG}}) D_{\text{sapphire}} L_{\text{YAG}}^2}, \quad (2)$$

で評価できる [3]。ここで  $L_i$ ,  $D_i$ ,  $\xi_i$  はそれぞれ層  $i$  の厚さ、熱拡散率、密度・比熱・厚さの積である。

【実験結果と考察】 図 1 にサファイア/Nd:YAG 積層媒質の  $D_{\text{eff}}$  を示す。サファイア/Nd:YAG 積層媒質における  $D_{\text{eff}}$  は表面活性接合で接合した場合においては熱抵抗ゼロの状態 ( $D$ ) と等しく熱抵抗は  $10^{-7} \text{ m}^2\text{K/W}$  オーダー以下であるのに対し、インジウムを挟んだ試料や重ねただけの試料では  $D$  より明らかに小さくなっており、図 2 で示される通り有意な大きさの層間熱抵抗を持つことが確認された。これらの複合媒質における実効熱伝導率など詳細は当日報告する。

【謝辞】本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の支援を受けた。

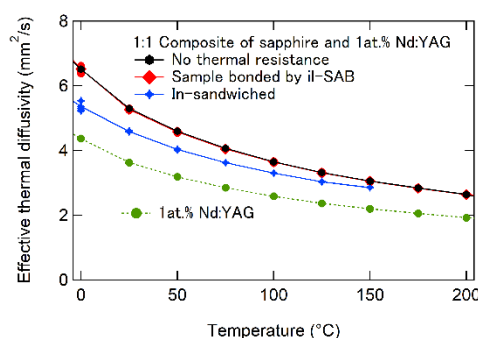


図 1 サファイア/Nd:YAG 積層媒質の  $D_{\text{eff}}$

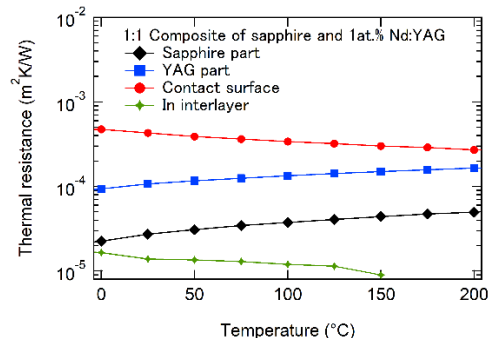


図 2 サファイア/Nd:YAG 複合媒質の層間熱抵抗

[1] A. Kausas 他、第 68 回応用物理学会春季講演会, 16p-Z11-5 (2021).

[2] 佐藤他、第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 21a-B204-4 (2023).

[3] T. Baba, JJAP 48(5), 05EB04 (2009).