

MeV イオン照射後に熱処理した Nd:YAG 結晶の白濁化

Optical Clouding in Nd-doped Yttrium Aluminum Garnet

induced by 15 MeV Gold-ion Irradiation and Thermal Annealing

雨倉 宏¹, S. Akhmadaliev², S. Zhou², F. Chen³ (1.物材機構, 2.HZDR, 3.山東大学)

H. Amekura¹, S. Akhmadaliev², S. Zhou², F. Chen³ (1. NIMS, 2.HZDR, 3.Shandong Univ.)

E-mail: amekura.hiroshi@nims.go.jp

【はじめに】 前回の講演[1]では、Nd:YAG (Nd 添加 $Y_3Al_5O_{12}$) 結晶に 15 MeV Au⁵⁺イオン (照射量 8×10^{14} ions/cm²)を照射し、さらに大気中で熱処理して誘起される変化を追跡した。イオン照射しても試料の色は透明のままに変化せず、さらに大気中で温度を 800°Cまで上昇させ 1 時間熱処理をしても色は変わらなかった。しかし 1000°Cまで温度を上げると白濁し (図 1 中央の試料)、波長 0.3 から 1.3 μm の極めて広い範囲で消衰係数 (光吸収と散乱を合わせたもの) が波長に反比例して増加する挙動が観測された[2]。前回は光透過分光と X 線回折の結果からなにが起きているかを議論した。今回はそのモデルの妥当性を検証すべく、断面 TEM 観察を実施した[2]。

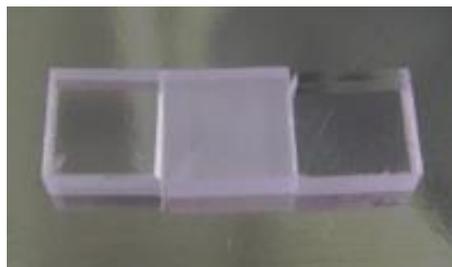


図 1. 三種類の異なる処理を行った Nd:YAG 結晶の写真：(左側試料) 15 MeV Au イオンを照射したもので、透明のまま。熱処理は行っていない。(中央の試料) 15 MeV Au イオン照射後に大気中 1000°Cで 1 時間熱処理したもので、白濁する。(右側試料) イオン照射をせずに大気中 1000°Cで 1 時間熱処理したもので、透明のまま。

【実験】 厚さ 2 mm の Nd-doped yttrium aluminum garnet (Nd:YAG) 結晶 (Nd³⁺濃度 1 at.%) の(001) 面に対して 15 MeV Au⁵⁺イオンを線量 8×10^{14} ions/cm²まで室温で照射した。試料は光透過分光法 (波長 0.2~2.5 μm) と入射角度固定 X 線回折法で室温において評価した。熱処理は大気中で 600、800、1000°Cでそれぞれ 1 時間、同一試料に対して積算的に実施した。FIB により断面試料を作製し、TEM 観察を実施した。

【結果】TEM、光透過分光、X 線回折の結果から次のような描像が得られた：イオン照射は Nd:YAG 試料の表面から 3.4 μm の領域を非晶質化させる。この非晶質層の厚さは SRIM の予想値 2.6 μm よりだいぶ大きい。しかし光透過スペクトルには非晶質層の形成による弱い干渉縞以外、ほとんど変化が観測されない。変化の期待される YAG 母体の基礎吸収端が Nd イオンの 4f-5d 許容遷移と重なって観測をできないためかもしれない。800°Cまで熱処理しても大きな変化が起こらなかったが、1000°Cで熱処理すると非晶質層は全て再結晶化し、大小のランダム配向した多結晶粒界が多量に残された。白濁化の原因はこれらの粒界で起こった光散乱であろう。ただし、波長に反比例する消衰係数の挙動は未だ解明できていない。

【文献】 [1] 雨倉他, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 20p-H137-8 (2016).

[2] H. Amekura, et al., J. Appl. Phys. Vol. 119, 173104 (2016).