

希土類酸化物薄膜のフェムト秒時間分解分光

Femtosecond time-resolved spectroscopy in rare earth oxide thin films

福井大工¹, 東北大理², 東京大物性研³ ○山出拓史¹, 山本卓², 岡大地²,

神永健一², 福村知昭², 金井輝人³, 石井順久³, 板谷治郎³, 牧野哲征¹

Univ. of Fukui¹, Tohoku Univ.², Univ. Tokyo³ ○Takuji Yamade¹, Taku Yamamoto², Daichi Oka²,

Kenichi Kaminaga², Tomoteru Fukumura², Teruto Kanai³, Nobuhisa Ishii³, Jiro Itatani³,

Takayuki Makino¹

E-mail: ytakujide@gmail.com

【研究背景】

希土類酸化物は、閉殻な+3 価の希土類イオンを有するため、通常 RE₂O₃ (RE:希土類元素) という組成式で表される。例えばイットリウムの安定相酸化物である Y₂O₃ は~5 eV 程度の大きなバンドギャップエネルギーを有する絶縁体で高い比誘電率を持つ[1]。ところが 2016 年、Y²⁺の原子価を有する準安定な一酸化イットリウム YO のエピタキシャル薄膜での合成が報告された[2]。Y₂O₃ とは対照的に、YO 薄膜は薄黒色を示し、電気伝導性を有し、岩塩構造をとる[2]。同様に YbO 薄膜も薄黒色を示し、岩塩構造をとる[3]。この YO 及び YbO に関する基礎物性は未解明な部分が多い。物性を決定づけるフェルミ準位ごく近傍の電子状態やフォノンダイナミクスを詳しく調べるためには、レーザーを用いた分光学的手法が必要になる。本研究では、YO 及び YbO の電子状態やフォノン物性の解明を目的とし、フェムト秒レーザーによる時間分解分光によって過渡的な光学スペクトルが得られたので、その結果について報告する。

【実験方法】

光源として 18 fs のパルスレーザーを用いて、ポンプ・プローブ分光により、YO 薄膜の差分反射率を測定した。厳密なパルスの分散補償を行い、試料直前での時間分解能は 18 fs である。励起波長 800 nm で、室温で測定を行った。

【結果と考察】

YO 差分反射率測定では、遅延時間 400 fs 付近までの領域で周期的な振動構造が現れた。これは超短パルスレーザーによって、原子核の平衡位置が瞬間的に変位し格子が一様に振動する、つまりコヒーレントフォノンを観測したと考える。光励起による反射率変化 ΔR は励起後のキャリア密度 $n(t)$ および格子の位置座標 $Q(t)$ で表される以下の関係式[4]によってフィッティングした。詳細な周波数解析やフォノン減衰時定数の決定については当日報告する。

$$\frac{\Delta R(t)}{R} = \frac{1}{R} \left[\left(\frac{\partial R}{\partial n} \right) n(t) + \left(\frac{\partial R}{\partial Q} \right) Q(t) \right]$$

また、YO では反射率が 3 ps 付近にかけて、YbO では反射率が 600 fs 付近にかけて緩やかに減衰していく過渡応答を観測した。これについては、レーザー照射による電子、ホール運動エネルギーの増大を有効温度という概念に換算して考察を行った。本講演では、時間が許せば有効温度を数値的に計算した結果を報告する。

【参考文献】

- [1] M. Zinkevich, Prog. Mater. Sci. **52** 597 (2007).
- [2] K. Kaminaga et al., Appl. Phys. Lett. **108** 122102 (2016).
- [3] Zhi Li, Jiu-Xing Zhang J. Phys. Soc. Jpn. **84**, 054706 (2015)
- [4] H. J. Zeiger et al., Phys. Rev. B. **45** 768 (1992).

【謝辞】

本研究を遂行するにあたり、測定機器をお借りした東京大学物性研究所、板谷治郎准教授に深く感謝申し上げます。