

THz 時間分解分光によるナノ相分離(La,Pr,Ca)MnO₃ の伝導ダイナミクス解明Estimation of transport dynamics in nanoscale phase-separated (La,Pr,Ca)MnO₃ using THz-TDS

¹ 阪大産研、² 阪大基礎工 ○服部梓¹、T. V. A. Nguyen¹、永井正也²、中村拓郎¹、藤原宏平¹、芦田昌明²、田中秀和¹

¹ ISIR, Osaka Univ., ² Eng. Sci., Osaka Univ. ○A. N. Hattori¹、T. V. A. Nguyen¹、M. Nagai²、T. Nakamura¹、K. Fujiwara¹、M. Ashida²、and H. Tanaka¹

E-mail: a-hattori@sanken.osaka-u.ac.jp

強相関電子系酸化物では、ナノ相分離したドメイン状態が巨大応答の本質を担っており、巨大磁気抵抗効果を発現する(La,Pr,Ca)MnO₃ (LPCMO)では、強相関領域で数十-数百 nm サイズの強磁性金属相・電荷秩序絶縁体相の電子相が共存することが報告されている[1]。単一ナノドメインの金属-絶縁体転移(MIT)特性やその動的特性の解明は、基礎科学のみならずドメインナノエンジニアリングに基づく新奇強相関ナノデバイスの創製といった応用にもつながる。相分離状態での伝導度は金属相と絶縁体相の分布で決まる伝導経路によるが、通常の伝導測定では伝導度と組成分布を同時に導出することはできない。そこで我々は、光と電波の中間の周波数をもつテラヘルツ(THz)波を用いた THz 時間領域分光(THz-TDS)計測により、MIT 過程の伝導ダイナミクス解明に取り組み、定量的な伝導度変化と相状態の割合変化の導出法の確立に成功した。

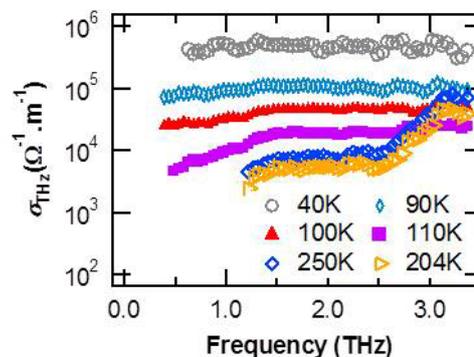


図1 昇温過程でのLPCMOのTHz周波数領域での伝導度。

THz-TDS 測定では、再生増幅されたチタンサファイアレーザーからの光を試料に入射し、その透過波の時間応答を測定した。パルスレーザー堆積法で MgO(001)基板の上にエピタキシャル成長させた(La_{0.275}Pr_{0.35}Ca_{0.375})MnO₃ 薄膜試料とリファレンスとして MgO 基板に対し、 $T=10-250$ K の温度領域、 $\omega=0.5-3.5$ THz の周波数領域で THz-TDS 測定を行い、LPCMO 薄膜の THz 伝導度を求めた。図 1 に昇

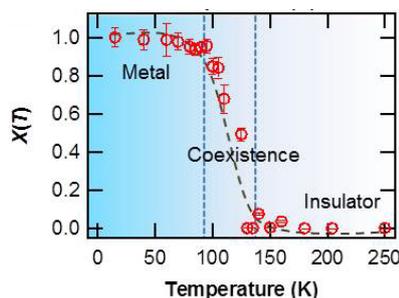


図 2 昇温過程の金属相体積割合の温度依存性。

温過程の LPCMO 薄膜の THz 伝導度スペクトルを示す。温度の上昇に伴い伝導度が低下しており、系の金属から絶縁体へと転移したことに対応している。金属、絶縁体両相の伝導度への貢献度(組成比)を定量導出するために、金属-絶縁体合成モデル伝導を式(1)のように提案し、フィティングにより金属相と絶縁体相の dc 伝導度(σ_0^M , σ_0^I)、及び金属相の体積割合 $X(T)$ の導出を行った[2]。

$$\sigma_{\text{THz}}(\omega, T) = (1 - X(T))(\sigma_0^I(T) + A\omega^5) + X(T) \frac{\sigma_0^M(T)}{1 + \tau^2 \omega^2} \quad (1)$$

図 2 は金属相体積割合の温度依存性を示しており、90 K 以下では $X=1$ で金属状態、 $90 \text{ K} < T < 150 \text{ K}$ では $0 < X < 1$ で共存状態、150 K 以上で $X=0$ で絶縁体状態、と MIT に伴う相状態の変化を定量的に表している。このモデルを用いると、試料の dc 伝導度を同時に得ることが出来る。発表では、モデルの詳細を紹介するとともに、ドメインダイナミクスについて議論する。

参考文献

[1] M. Uehara *et al.*, Nature **399**, 560 (1999)

[2] T. V. A. Nguyen *et al.*, submitted.