

高温超伝導酸化物( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ )のコヒーレントフォノンと制御

東工大応セラ研<sup>1</sup>, NTT物性研<sup>2</sup>, 防衛大<sup>3</sup>, 分子研<sup>4</sup>, <sup>○</sup>高橋 弘史<sup>1,2</sup>, 久木宮 領<sup>1</sup>, 加藤 景子<sup>2</sup>, 中野 秀俊<sup>2</sup>, 北島 正弘<sup>3</sup>, 大森 賢治<sup>4</sup>, 中村 一隆<sup>1</sup>

E-mail: Takahashi@knlab.msl.titech.ac.jp

## 【緒言】

物質固有のフォノンの振動周期よりも十分に短いパルス幅を持ったレーザー(超短パルスレーザー)光を表面に照射することで、位相の揃ったフォノン(コヒーレントフォノン)を発生させることができる [1]。コヒーレントフォノンは、時間分解ポンプ・プローブ反射率測定によって検出することが出来る。ポンプ・プローブ測定法におけるコヒーレントフォノン振動の測定は、従来のラマン散乱の周波数領域分光法に対して、直接的に実時間で格子振動の変動を観察できる大きな利点を持っている。またフォノンの実時間測定のみならず、パルス列を利用したコヒーレントフォノンの制御(振幅の強め合い及び打ち消し合い)が可能である[2]。コヒーレントフォノンの研究は半金属・半導体のみならず酸化物超伝導体などでも行われている[3]。過去の研究として酸化物超伝導体( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ )の等方的モードであるCu-O(4.3 THz)ならびにBa-Oモード(3.4 THz)が常温において観測されている。また半導体状態から超伝導状態まで温度を変化させたコヒーレントフォノンの測定結果から、Cu-OとBa-Oモードの振幅の強度比が常温から超伝導相転移臨界温度( $T_c$ )以下になると著しく変化している結果が得られている。

本研究では、超短パルスレーザーを用いた酸化物超伝導体( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ )におけるコヒーレントフォノン測定およびレーザーパルス列による、選択的コヒーレントフォノン励起の制御を行った。

## 【実験】

測定試料である酸化物超伝導体( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ )はMgO基板上に膜厚 1500 nmに結晶成長させた単結晶である。Ti:sapphireフェムト秒レーザーから発生する、中心波長 800 nmの光を照射し、ポンプ・プローブ法を用いて試料からの過渡反射率を測定した。

またマイケルソン干渉計を用いてレーザーパルス列を発生し、ダブルパルス励起によるフォノン制御の実験も行った。酸化物超伝導体( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ )のCu-Oモード(4.3 THz)およびBa-Oモード(3.4 THz)の周期に合わせてダブルパルスの時間間隔( $\Delta t=0-270$  fs)を変化させてポンプ・プローブ法を用いて試料からの過渡反射率を測定した。

## 【結果と考察】

パルス幅 10 fsの超短パルスレーザーを用いた過渡反射率測定では、Ba-Oモード( $A_g$ , 3.4 THz), Cu-Oモード( $A_g$ , 4.3 THz), Cu-Oモード( $B_{2g}$ , 6.2 THz), O(2,3)モード( $A_g$ , 13.4 THz) までの振動モード[4]を観測できた。Fig. 1 には、パルス幅 55 fsのレーザーを用いたダブルパルス列照射による酸化物超伝導体( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ )の過渡反射率の測定結果を示す。またFig. 2 には、Fig. 1 の過渡反射率の振動成分をフーリエ変換解析した結果を示した。

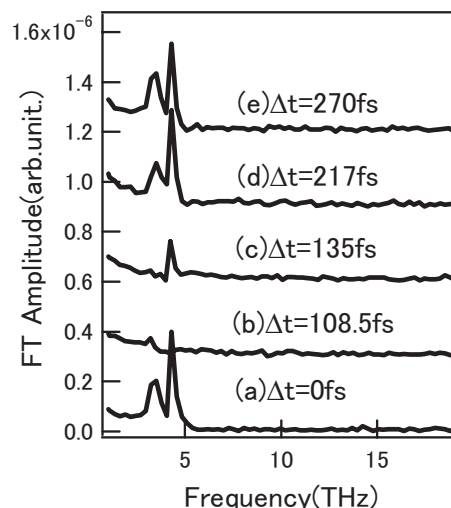
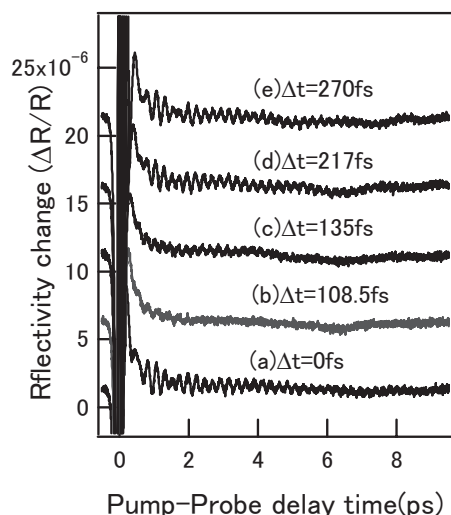


Fig.1 パルス列を用いた過渡反射率測定の結果 Fig.2 過渡反射率測定の一変換解析の結果

パルス列において二つのレーザーパルスが同時に照射される時は( $\Delta t=0$ )、コヒーレントフォノンの二つの振動モード(Cu-O(4.3 THz),Ba-O(3.4 THz))による、うなり成分を持った過渡反射率がみられる(Fig. 1(a))。フーリエ解析した結果、2つのフォノンモードの強度比がBa-O:Cu-O=1:2であることがわかる(Fig. 2(a))。また時間間隔( $\Delta t$ )を変化させることによって、ダブルパルス対の時間間隔がCu-Oフォノンの振動の半周期のときは( $\Delta t=108.5$  fs)Cu-Oモードの消失を確認した(Fig.1 (b),2(b))。またダブルパルス対の時間間隔がBa-Oフォノンの振動の半周期のときは( $\Delta t=135$  fs)Ba-Oモードの消失を確認した (Fig.1(c),2(c))。従って、酸化物超伝導( $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ )において特定のフォノン(Cu-OとBa-Oモード)を選択的に励起することができた[5]。

#### 【参考文献】

- [1] R. Merlin, *Solid. State. Comm.* **102**, 207 (1997).
- [2] M. Hase, *et.al*, *Phys. Rev. B.* **58**, 5448 (1998).
- [3] O. V. Misochko, *et.al*, *Phys. Rev. B.* **61**, 4305 (2000).
- [4] K. F. McCarty, *et.al*, *Phys Rev. B.* **41**, 8792 (1990).
- [5] H. Takahashi, *et.al*, *Solid. State. Comm.* (accepted)

#### 【キーワード】

コヒーレントフォノン, 高温超伝導酸化物, レーザー, 超短パルス