



Title	パルス誘導光散乱による臨界緩和時間計測
Author(s)	辻見, 裕史; 吉岡, 伸也; 松井, 卓也 他
Citation	電子科学研究, 3, 54-56
Issue Date	1996-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/24344">https://hdl.handle.net/2115/24344</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_P54-56.pdf



# パルス誘導光散乱による臨界緩和時間計測

相転移物性研究分野 辻見裕史, 吉岡伸也, 松井卓也, 八木駿郎

時間分解フォノン分光装置を開発し、これを用いて強誘電体電子材料  $\text{RbHSO}_4$  の  $b$  軸方向へ進む音響フォノンを、従来の実験手段では困難であった数 GHz の周波数領域で測定することに成功した。相転移温度  $T_c$  近傍での音響フォノンの角振動数と減衰率の異常性から、 $\text{RbHSO}_4$  の電気分極の揺らぎの緩和時間  $\tau$  の温度  $T$  依存性を  $\tau = (2.1 \pm 0.5) \times 10^{-11} \cdot (T_c - T)^{-1}$  秒と決定した。

電子材料のための新しい物性を研究する上で、構造相転移がどのような機構で起こるかを解明することは極めて重要である。そのためには、相転移を引き起こす原子や分子またはそれらの集合体（オーダーパラメータ）の動的な挙動を捉えることが重要である。その際、オーダーパラメータと結合する音響フォノンの測定が極めて有用となる。オーダーパラメータの動的物性を音響フォノンの挙動の変化として捉えることができるからである。

我々は「時間分解フォノン分光装置」を開発し、これを用いて強誘電体電子材料である  $\text{RbHSO}_4$  の  $b$  軸方向へ進む音響フォノンを、従来の実験手段では困難であった数 GHz の周波数領域で測定することに成功した。この音響フォノンの挙動の異常性から、強誘電体  $\text{RbHSO}_4$  のオーダーパラメータである電気分極の動的な挙動を明らかにしたので報告する。

実験装置のブロック・ダイアグラムを図1に示す。光源として、CW 励起・モードロック・Q スイッチ YLF パルスレーザー (Quantronix 4216) の基本波 (波長 1053 nm) を用いた。出力パルス光の先頭値は 1.8 MW であり、パルス幅は 60 ピコ秒である。このパルス光を TFP (Thin Film Polarizer) で 2 分し、試料中で  $\theta = 33.4^\circ$  の角度で交差・干渉させることによりコヒーレントな音響フォノン (波長 1.84  $\mu\text{m}$ ) を励起した。

励起フォノンの検出にはパルスプローブ法を用いた。非線形光学結晶 (KTP) を用いて、光源出力パルス光の 1 部から第 2 高調波 (波長 = 526.5 nm) を作

り、これをプローブ光とした。プローブ光を励起フォノンに対してブラッグ回折条件を満たすように結晶に入射させ、プローブ光が到達した時刻  $t$  での音響フォノンの振動状態を回折光強度として捉えた。この到達時刻  $t$  を光遅延装置 (Delay Line) で変えることにより、回折強度の時間変化  $I(t)$  すなわち音響フォノンの振動の実時間計測を可能としている。

図2は強誘電体  $\text{RbHSO}_4$  の  $b$  軸へ進む音響フォノンによるプローブ光の回折強度の時間依存性  $I(t)$  の実例である。この結果から、温度降下にもない振動周期が長くなっていることと (フォノンの振動数が低下している)、また相転移温度 ( $T_c = -6.2^\circ\text{C}$ ) 付近で減衰が急に激しくなっていること (フォノンの寿命が短くなっている) を見出した。特に  $T = -7.0^\circ\text{C}$  でのデータが示すように、開発した装置では減衰が激しいフォノンでも、その振動状態をはっきり捉えることができ、フォノンの振動数と減衰率を明確に測定できる所に、時間領域での測定法である「時間分解フォノン分光法」の威力と有用性が顕著に現れている。もしこの音響フォノンを周波数領域での測定法であるブリルアン散乱で測定すると、図3のcに示すように強度が弱くかつ幅が広いブリルアン散乱線として観測される<sup>[1]</sup>。このブリルアン散乱線からフォノンの振動数や減衰率 (線幅) を確定することは明らかに困難である。

図4に測定したフォノンの角振動数  $\omega_a$  と減衰率  $\gamma_a$  の温度依存性を示す。  $T_c$  以下で両者とも顕著な異常を示すことを見出した。従来の実験手段では困難

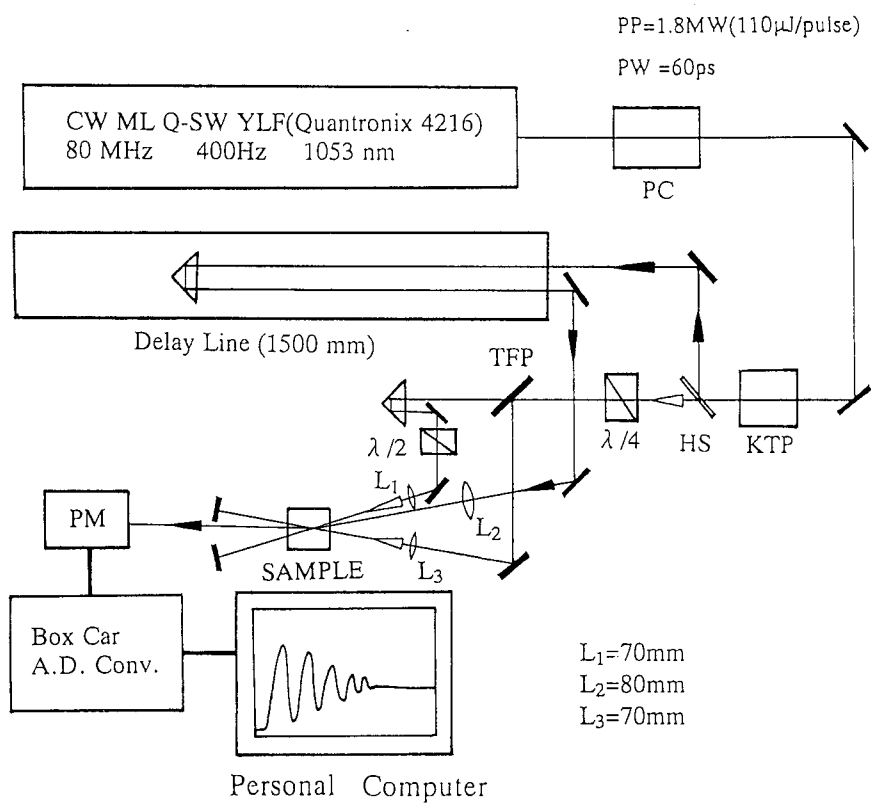


図1 時間分解フォノン分光装置

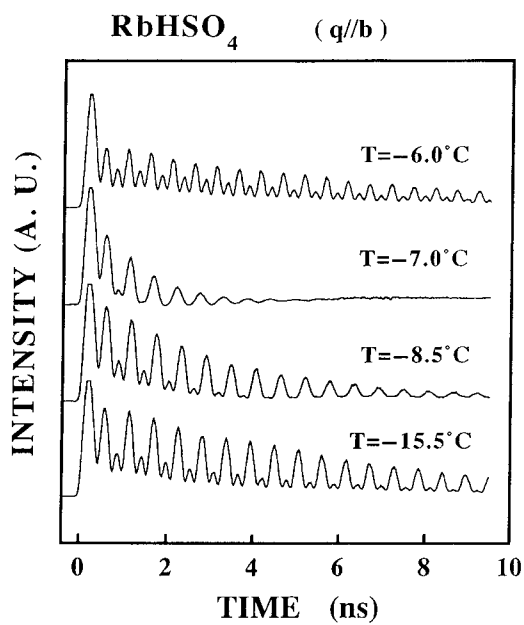


図2 RbHSO<sub>4</sub> の b 軸方向へ進む音響フォノンによる回折光強度の温度依存性

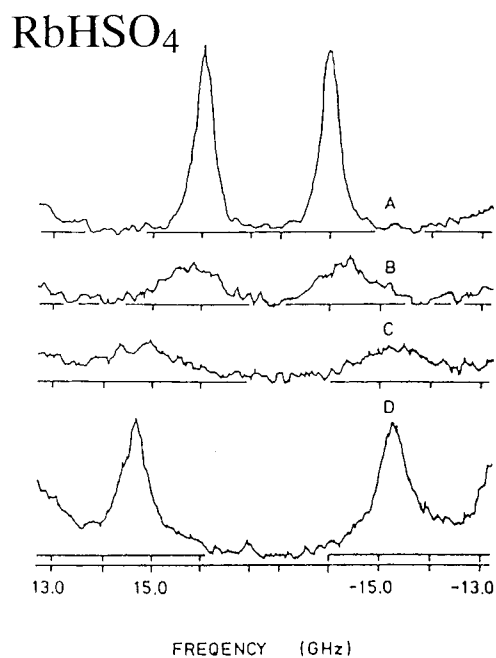


図3 RbHSO<sub>4</sub> の b 軸方向へ進む音響フォノンによるブリルアン散乱線<sup>[1]</sup>

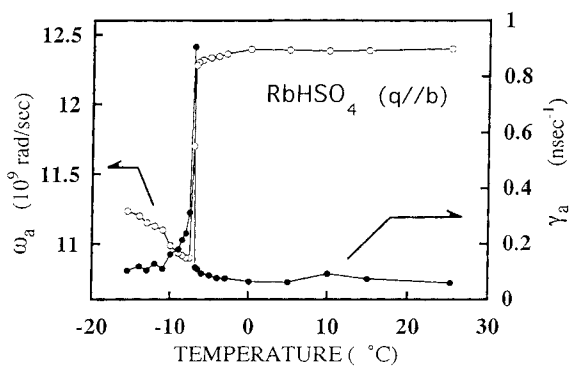


図4 RbHSO<sub>4</sub>のb軸方向へ進む音響フォノンの角振動数 $\omega_a$  (白丸)と減衰率 $\gamma_a$  (黒丸)

であった2 GHzの周波数領域で、音響フォノンの異常を初めて捉えたことになる。この異常はオーダーパラメータである電気分極の揺らぎに関する情報を含んでいる。というのは、 $T_c$ 以下で観測下の音響フォノンが電気分極の揺らぎと双一次的に結合するため、電気分極の揺らぎの動的な挙動が音響フォノンの異常性として現れるからである。角動数 $\omega_a$ と減衰率 $\gamma_a$ の異常部分から、電気分極の揺らぎにデバイ緩和を仮定して緩和時間 $\tau$  (揺らぎが熱平衡に戻るまでの目安となる時間)を $\tau = (2.1 \pm 0.5) \times 10^{-11} \cdot (T_c - T)^{-1}$ 秒と求めた。この結果は、相転移温度 $T_c$ で電気分極の揺らぎの緩和時間が発散するという動的現象(臨界緩和)を捉えたことを意味する。

#### 【参考文献】

- [1] Y. Tsujimi, T. Yagi, H. Yamashita and I. Tatsuzaki;  
J. Phys. Soc. Jpn. 50 (1981) 184.