

フェムト秒時間分解分光法 (Optical Kerr Effect) による α 水晶の E モード

相転移物性研究分野 佐藤公宣, 辻見裕史, 八木駿郎

Optical Kerr Effect (OKE) の配置でフェムト秒時間分解分光法 (波数: $k \sim 0 \text{ cm}^{-1}$) を用いて α 水晶の 128 cm^{-1} の E モードの実時間領域測定を行った。測定結果はラマン散乱実験 ($k \sim 10^5 \text{ cm}^{-1}$) の結果と良い一致を示したが、赤外吸収実験 ($k \sim 0 \text{ cm}^{-1}$) で報告されている 200°C から 300°C の温度範囲におけるモードの消失現象は観測されなかった。

I. 序論

超音波素子などの電子材料として広く応用されている α 水晶 (SiO_2) における赤外吸収実験によれば、室温では明確なピークを持つ 128 cm^{-1} の E モードの吸収線が約 200°C で一度消失し、約 300°C で再び現れるという極めて奇妙な振る舞いが報告されている [1]。この E モードはラマン活性でもあるのでラマン散乱実験でも観測されるが、その結果は赤外吸収実験とは異なりモードの消失現象は観測されていない。

赤外吸収とラマン散乱における測定上の違いの 1 つとして、観測しているモードの波数 k がある。良く知られているように赤外吸収は $k \sim 0 \text{ cm}^{-1}$ 、ラマン散乱は $k \sim 10^5 \text{ cm}^{-1}$ 程度の波数を持つモードを観測している。したがって、赤外吸収実験による E モードの消失現象が、両実験での観測しているモードの波数の違いに依るものかを明らかにすることを本実験の目的とする。そのために、赤外吸収実験に近い低波数 ($k \sim 0 \text{ cm}^{-1}$) のフォノンモードを容易に観測できる Optical Kerr Effect (OKE) [2] 配置でフェムト秒時間分解分光法を用い、室温から 350°C の温度範囲にわたって 128 cm^{-1} の E モードの実時間領域測定を行った。

II. OKE 実験システム

OKE の実験システムを図 1 に示す。光源とし

て再生増幅型のフェムト秒パルスレーザー (パルス幅: 150 fs , 波長: 800 nm , 繰り返し: 1 kHz) を用い、その出力光をプリズム (GLP) で 2 分して pump 光と probe 光とした。まず、pump 光を結晶 (α 水晶) に入射させることにより、 128 cm^{-1} E モードを強制的に励起した。励起モードの実時間変化は複屈折の時間変化を引き起こすので、それを検出するために別途 probe 光を結晶に入射させた。結晶の後方に配置したグ

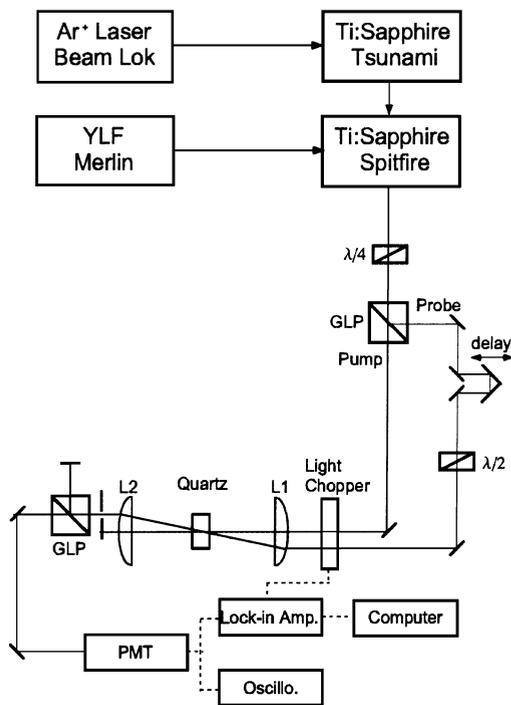


図 1 OKE 実験システム

ラムレーザープリズムを透過する probe 光の強度の時間変化は複屈折の時間変化によって決まる．したがって，透過 probe 光の強度の時間変化が E モードの実時間シグナル $I(t)$ となる．

III. 測定結果

図 2 に 128 cm^{-1} の E モードの実時間シグナル $I(t)$ の温度変化を示す．この結果では明らかに赤外吸収実験で報告された 200°C から 300°C の温度範囲におけるモードの消失は存在していない．図 3 に 128 cm^{-1} E モードの減衰定数と振動数の温度依存性を示す．この結果から減衰定数と振動数ともにラマン散乱の測定結果と良い一致を示している事が明らかとなった．

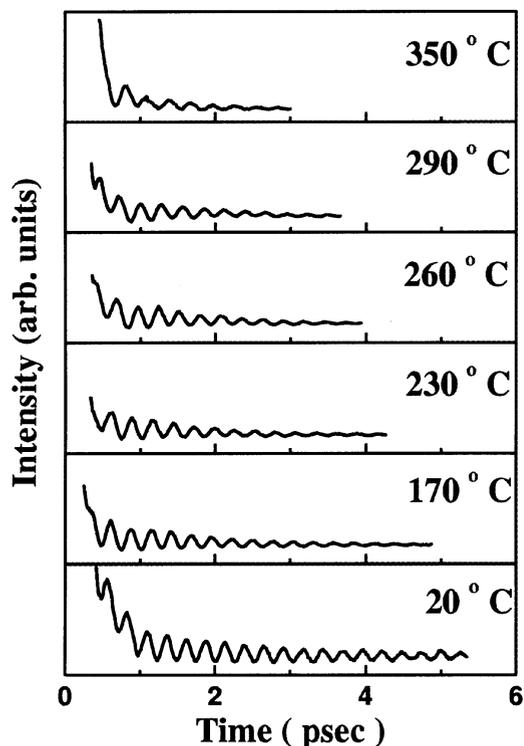


図 2 E モードの実時間シグナル

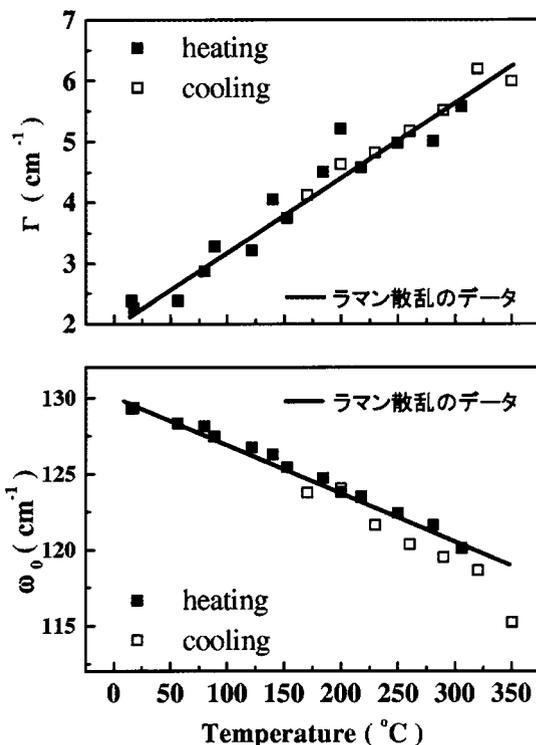


図 3 (上) 減衰定数 Γ と (下) 振動数 ω_0 の温度依存性

IV. まとめ

OKE 配置のフェムト秒時間分解分光法により α 水晶における 128 cm^{-1} の E モード ($k \sim 0\text{ cm}^{-1}$) の実時間領域での測定を行った．測定結果は減衰定数と振動数ともにラマン散乱実験 ($k \sim 10^5\text{ cm}^{-1}$) の測定と良い一致を示したが，赤外吸収実験 ($k \sim 0\text{ cm}^{-1}$) に見られるモードの消失現象は観測されなかった．したがって，赤外吸収実験におけるモードの消失現象は観測しているモードの波数の違いによるものではないことが結論された．

[参考文献]

[1] 松木直子, 高井 努, 上野純一, 阿部浩二, 重成武, 和田三男: 第50回日本物理学会年会 (神奈川大学) 講演概要集第 2 分冊 p. 81

[2] Marc W. Weffers, Hitoshi Kawashima and Keith A. Nelson: *J. Phys. Chem. Solids* **57** No. 10, 1425 (1996)