

ファノ共鳴におけるコヒーレントフォノンの初期位相シフトの観測

Time-resolved observation of phase shift of coherent phonons in Fano resonance

○加藤景子¹、長谷川祐哉^{1,2}、小栗克弥¹、西川正²、後藤秀樹¹

(1. NTT 物性科学基礎研究所、2. 東京電機大学)

○Keiko Kato¹, Yuya Hasegawa^{1,2}, Katsuya Oguri¹, Tadashi Nishikawa^{1,2}, and Hideki Gotoh¹

(1. NTT Basic Research Laboratories, 2. Tokyo Denki University)

E-mail: kato.keiko@lab.ntt.co.jp

ファノ共鳴とは連続状態と離散状態との間の量子力学的な干渉であり、原子や分子、固体の分光で観測される現象である。通常、吸収やラマンスペクトルなど周波数スペクトル上で非対称なスペクトルとして観測されるファノ共鳴であるが、時間分解分光計測により時間スペクトル上での観測や制御[1]も可能になりつつある。昨今の理論研究により周波数スペクトルの非対称性を特徴づけるファノパラメータと離散状態の初期位相との関連性が指摘されているが、我々が知る限り実験による報告例はない。本研究では、固体のファノ共鳴として代表的な p 型 Si の時間分解分光計測を通じ、ファノパラメータとフォノンの初期位相の関連性について観測を試みた。

時間幅 10 fs、中心波長 780 nm の光をポンプ光およびプローブ光として使い、Si(001)の過渡反射率を EO サンプリング法により測定した[2]。intrinsic ならびに p 型 Si(キャリア濃度 $10^{20}/\text{cm}^3$)を対象とし、液体ヘリウムクライオスタットを用いてサンプルの温度(10 K-270 K)を変えて計測した。

図 1 に 10 K で測定した intrinsic および p 型 Si の過渡反射率を示す。いずれのサンプルもキャリア励起に由来する鋭い応答に続き、周期的な振動成分が観測された。振動成分はフーリエ変換により Si のフォノンに由来することがわかった。さらに p 型 Si では、価電子帯バンド内遷移に伴う連続状態へのキャリア励起により[3]、非対称なフーリエスペクトルが観測され (図 1 挿入図)、非対称性を示すファノパラメータは温度低下に伴い大きくなった(図 2)。一方、コヒーレントフォノンの初期位相は、intrinsic Si では一定であったが、p 型 Si では温度低下に伴い、cosine 型の初期位相に近づくことがわかった。

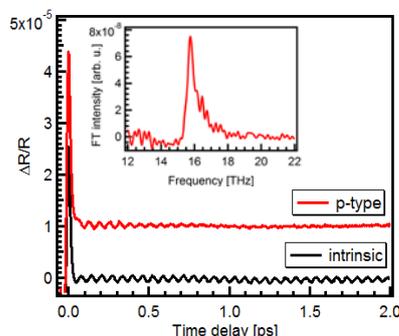


図 1. 10 K における intrinsic(黒)並びに p 型 Si(赤)の過渡反射率。挿入図は p 型 Si のフーリエスペクトル。

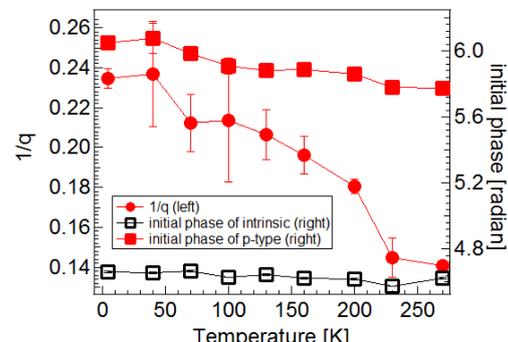


図 2. 左軸：ファノパラメータ(●)の温度依存性。右軸：intrinsic(□)と p 型 Si(■) の初期位相の温度依存性。

[1] Ott et al., Science **340**, 716 (2013).

[2] Hase et al., Nature **426**, 51 (2003).

[3] F. Cerdeira et al., Phys. Rev. B **8**, 4734 (1973).