

高ドーピングシリコンのコヒーレントフォノン緩和ダイナミクスにおける温度依存性

Temperature dependence of coherent phonons in heavily doped Si

NTT 物性研¹, °加藤 景子¹, 小栗 克弥, 眞田 治樹, 俵 毅彦, 寒川 哲臣, 後藤 秀樹

NTT Basic Research Laboratories¹, °Keiko Kato¹, Katsuya Oguri, Haruki Sanada, Takehiko Tawara,

Tetsuomi Sogawa, and Hideki Gotoh

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

省電力デバイスの材料として用いられる高ドーピングシリコン(Si)では、コヒーレントフォノンの初期位相や緩和過程が intrinsic Si とは異なることがわかっている[1]。これは高濃度($>10^{19}/\text{cm}^3$)の不純物添加によりフェルミ面が移動したことで、フォノンの生成過程そのものが変化したためと考えられる。そこで本研究では、キャリアの熱的ゆらぎが高ドーピング Si のコヒーレントフォノンの緩和過程にどのような影響を与えるかを調べるため、サンプルを冷却して計測を行った。

実験では、時間幅 10 fs, 中心波長 780 nm (1.59 eV)の光をポンプ光およびプローブ光として用い、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]。測定は、n 型ならびに p 型 Si(キャリア濃度 $10^{19}/\text{cm}^3$)を対象に行った。これらのサンプルを真空チャンバ中に設置し、液体ヘリウムクライオスタットを用いてその温度(10 K-270 K)を変えた。

図 1 に 270 K で測定した intrinsic Si の過渡反射率を示す。時間 0 に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。観測された振動成分は、フーリエ変換によって Si のコヒーレントフォノン(周波数 15.2 THz)に由来することがわかった。コヒーレントフォノンの緩和定数を温度の関数としてプロットすると、温度の低下に伴い緩和定数が減少した(図 2)。観測された緩和定数の温度依存性は、非調和カップリングを通じて光学フォノンが音響フォノンへ緩和するモデル[3]によく一致していることがわかった。(図 2 点線)。

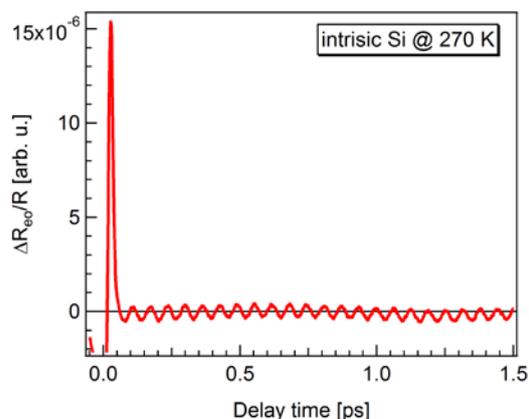


図 1. 270 K における intrinsic Si の過渡反射率

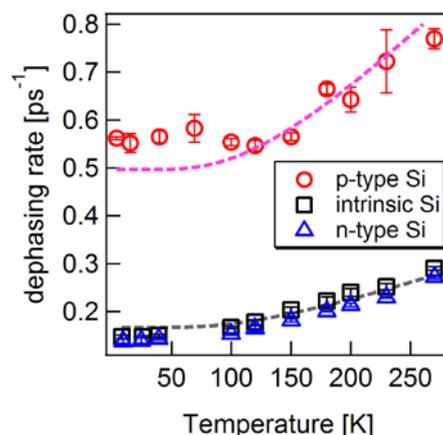


図 2. Si のコヒーレントフォノンの緩和定数の温度依存性

[1] Kato et al., Jpn. J. Appl. Phys. **48**, 100205 (2009). [2] Hase et al., Nature **426**, 51 (2003).

[3] S. Safran et al., J. Phys. Chem. Solids. **36**, 753 (1975)., Hase et al., Phys. Rev. B, **58**, 5448 (1998).