

Title	半導体超格子におけるコヒーレント光学フォノンへの キャリアの動的遮蔽
Author(s)	河口, 尚宏
Citation	
Issue Date	2002-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	none
URL	http://hdl.handle.net/10119/2897
Rights	
Description	Supervisor:片山 信一, 材料科学研究科, 修士

河口 尚宏 (片山研究室)

【緒言】フェムト秒レーザパルス照射を用いた反射電気光学サンプリング (reflective electro-optic sampling: REOS) 法により、半導体超格子から光励起キャリアの影響を受けたコヒーレント縦光学 (longitudinal optical: LO) フォノンによる信号が観測されている。REOS 信号のこれまでの理論的解析は、フォノンと電荷密度に関する半古典的運動方程式を連立して解くことによりなされ、超格子内電子のミニバンド内の量子的運動は加味されてこなかった。

本研究では、GaAs/AlGaAs 超格子を想定して REOS 法により観測されるコヒーレント光学フォノンに対するキャリアの動的遮蔽効果を量子的誘電応答理論をもとに明らかにすることを目的とする。

【モデル】バルク GaAs におけるコヒーレント LO フォノンの発生は、光励起キャリアによる表面空乏層電場の瞬時の遮蔽に起因するとされている。本研究においてもこの発生機構を採用する。図 1 に示すようにサブミクロンオーダーの厚みの表面空乏層が超格子層上に存在し、強電場を発生するものとする。入射光パルスは十分厚い空乏層でコヒーレント LO フォノンを引き起こすとともに、超格子域では、短時間 ($\sim 100\text{fs}$) に各ミニバンドに熱分布するキャリアを発生させる。超格子内のキャリア系はコヒーレントフォノンにより揺さぶられ、フォノンにともなう電場を遮蔽する様に動いて、超格子軸方向に振動する結合モードを発生させる。REOS 信号を引き起こす表面に垂直な振動縦電場は、格子変位と電子的な寄与からなる。ここでは誘電応答理論に基づきキャリア-LO フォノン相互作用を考慮して超格子内電子系の応答関数を求め、電子的分極電場を評価する。この際にサブバンド間遷移からの寄与を無視した。

【数値計算・考察】図 2 は REOS 信号の起源である縦電場の時間的振動のパワースペクトルを示す。井戸層幅を 15nm とし、障壁幅 (L_b) を $1, 2, 3, 5\text{ nm}$ と変化させて Kronig-Penney モデルを用いて超格子状態を計算した。光励起キャリア密度を $3 \times 10^{12}\text{cm}^{-2}$ と仮定して、その値に対応する応答関数 (プラズモン周波数) により電場のパワースペクトルを求めた。コヒーレントフォノンの振幅は、表面電場の大きさに依存する。ここでは $E_{dep} = 5\text{kV/cm}$ とした。LO フォノンによるスペクトルとともに障壁幅に応じて大きく変化するコヒーレント LO フォノン-プラズモン結合モード (L_+, L_-) の出現が期待される。

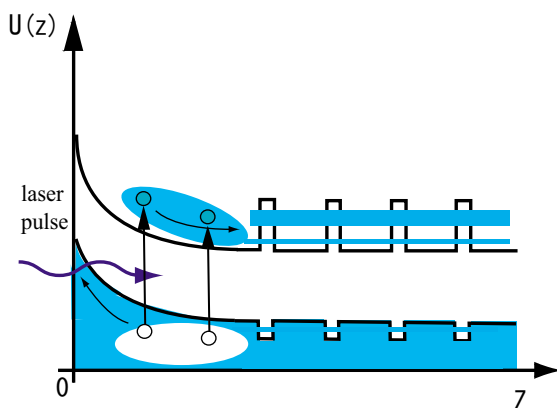


図 1. 構造モデル

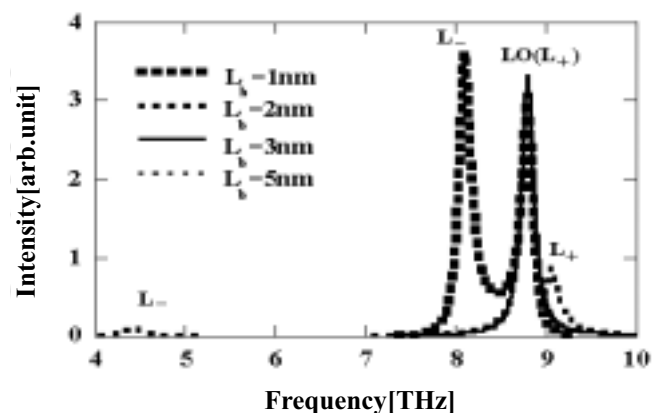


図 2. 縦振動電場のスペクトル強度

Keyword 半導体超格子、コヒーレント LO フォノン、プラズモン周波数