

# LO フォノン-価電子帯間遷移の量子干渉におけるキャリア分布の影響

## The influence of hole distribution on interference between LO phonon and inter valence band transition

○坂本裕則, 馬蓓, 森田健, 石谷善博 (千葉大院工)

○Hironori Sakamoto, Ma Bei, Ken Morita, Yoshihiro Ishitani (Chiba Univ.)

E-mail: adna3566@chiba-u.jp

離散準位と連続準位の量子干渉効果はファノ干渉として知られている[1]。フォノン系では LO フォノンによる離散準位と価電子帯間遷移による連続準位による干渉効果が調査されている[2,3]。本研究ではフォノン系電磁誘起透明化[4]により THz 領域光変調への応用につながる 2 種 LO フォノンが関与する量子干渉効果について p 型  $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  を用いて調査している。これまで、ラマンスペクトルのフィッティング解析(図 1)により量子干渉効果の特徴である非対称形状、アンドープ試料に対する LO フォノンエネルギーシフトおよびエネルギー幅の増大を観測した。さらにエネルギー幅に対して材料の分極の依存性を評価することで材料の物性値の反映を示した。今回、非対称形状の度合いを示すパラメータ  $q$  とエネルギーシフト量  $\Delta E$  の正負について評価を行った。

図 1 に本研究で得られた GaInP の  $q$  と  $\Delta E$  の値を示す。参考文献[3]では GaAs の量子干渉効果において  $q=-0.9$ ,  $\Delta E=-10 \text{ cm}^{-1}$  が得られており、本研究と正負が異なる。価電子帯間遷移に起因する電子の分布を考慮して  $\Delta E$ ,  $q$  を計算すると式(1)のようになる。

$$q, \Delta E \propto P \int \frac{f(E_{lh})\{1-f(E_{hh})\}g_c(E')}{E_{LO} - E'} dE' \quad (1)$$

ここで、 $P$  は主値積分を表す。 $E_{LO}$  は LO フォノンエネルギー、 $f(E)$  はフェルミ分布関数、 $g_c(E)$  は結合状態密度、 $E_{lh}, E_{hh}$  は  $E'=E_{lh}-E_{hh}$  を満たす軽い正孔、重い正孔バンドのエネルギーである。これらの式の被積分関数は  $E' \sim E_{LO}$  付近が支配的になり、 $E' < E_{LO}$  で正、 $E' > E_{LO}$  で負になる。したがって積分値は  $f(E_{lh})\{1-f(E_{hh})\}g_c(E')$  の  $E' \sim E_{LO}$  付近の傾きが右上がりであれば負、右下がりであれば正となると考えられる。図 2 に GaAs, GaInP それぞれについて、試料のホール濃度  $p$  と測定温度  $T$  から計算された  $f(E_{lh})\{1-f(E_{hh})\}g_c(E')$  を示す。 $f(E_{lh})\{1-f(E_{hh})\}g_c(E')$  の  $E' \sim E_{LO}$  付近の傾きは GaInP では右下がり、GaAs では右上がりになっている。これは GaInP の  $\text{LO}_2$  と GaAs の  $q, \Delta E$  の正負と一致する。一方、GaInP の  $\text{LO}_1$  についてはシフト量がフィッティングによる誤差に対して小さく、本結果ではシフト量の正負は分からない。また、参考文献[2]の Si では  $q > 0$ ,  $\Delta E < 0$  という結果が得られている。この原因として Si の非対称な伝導帯構造の影響が考えられるが、はっきりとは分かっていない。しかし GaInP, GaAs では価電子帯のキャリアの熱分布が量子干渉効果に影響していることが検知された。

[参考文献]

[1] U.Fano, Phys.Rev, **124**, 1866 (1961) [2] B. G. Burke, J. Chan, K. A. Williams, Z. Wu, A. A. Puretzky, and D. B. Geohegan, J. Raman Spectrosc, **41**, 1759 (2010) [3] G. Irmer M. Wenzel and J. Monecke, Physics of Semiconductors, **1**, 217 (1996) [4] S. E. Harris, Phys. Rev. Lett. **62**, 1033 (1989)

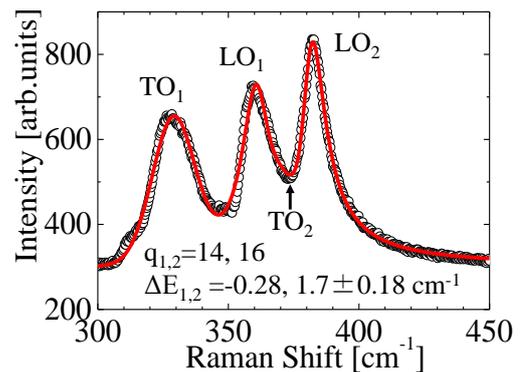


図 1 p 型 GaInP のラマンスペクトルのフィッティング例と得られた  $q$ ,  $\Delta E$  (添え字は  $\text{LO}_{1,2}$  に対応)

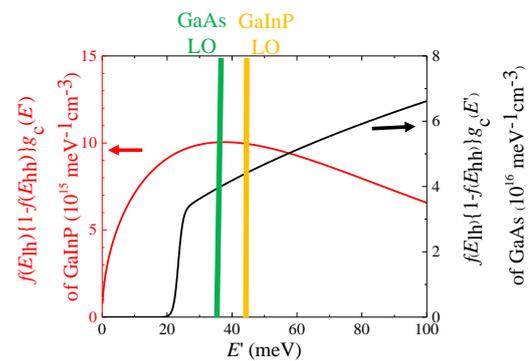


図 2 GaInP ( $p=1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ,  $T=300 \text{ K}$ ) と GaAs ( $p=8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ,  $T=10 \text{ K}$ ) のキャリアの熱分布関数