

p 型 GaInP を用いた 2 種フォノンと連続準位の量子干渉効果

Fano interference of two phonon and continuum in p-GaInP

千葉大院工 °坂本裕則, 石原一行, 馬蓓, 森田健, 石谷善博

Chiba Univ., °Hironori Sakamoto, Kazuyuki Ishihara, Ma Bei, Ken Morita, Yoshihiro Isitani

E-mail: ishitani@faculty. Chiba-u.jp

近年、様々な量子準位を利用したデバイスについての研究がおこなわれている。離散的準位と連続準位の干渉効果はファノ干渉[1]として知られている。半導体中のファノ効果については p 型 Si を用いて 1 つの離散準位と 1 つの連続準位間の干渉効果は既に観測された[2]。しかし 2 つの離散準位が関与する場合については実験的に解明されていない。そこで本研究では GaInP を用いて同一振動面の 2 つのフォノンモードが関与する量子干渉効果について研究を行った。図 1 に今回用いた p 型 GaInP のバンド構造および正孔密度の分布の計算結果を示す。室温のフェルミ分布では LO フォノンエネルギーである 44.6 meV, 47.1 meV(360 cm⁻¹, 380 cm⁻¹)に相当するエネルギーの価電子間遷移が起こる確率があり、干渉効果が起こりうる状況になっていることが分かる。

図 2 にラマン分光法により測定した GaInP のスペクトルを示す。ファノ干渉における遷移確率 F は式(1)で表される。

$$F = \frac{\{q_1\Gamma_1(\omega - \omega_2) + q_2\Gamma_2(\omega - \omega_1) + 2(\omega - \omega_1)(\omega - \omega_2)\}^2}{4(\omega - \omega_1)^2(\omega - \omega_2)^2 + \{\Gamma_2(\omega - \omega_1) + \Gamma_1(\omega - \omega_2)\}^2} \quad (1)$$

ここで q_1, q_2 は非対称パラメータ、 ω_1, ω_2 は InP like および GaP like の LO フォノンのエネルギー、 Γ_1, Γ_2 は電子フォノン相互作用の強さを表す。 $q_1, q_2 > 0$ の条件において式(1)を用いてフィッティングを行った。得られた ω_1, ω_2 に対して格子歪みの影響を差し引いてエネルギーシフト量を算出した。キャリア濃度による変化を図 3 に示す。図よりキャリア濃度が増加するに従って連続準位の幅が増大し、干渉効果によりエネルギーシフトが起こっていると理解される。

Reference:[1]U.Fano,Phys.Rev.124,1866 (1961).

[2] Brian G. Burke, Jack Chan, J. Raman Spectrosc,41,1759 (2010).

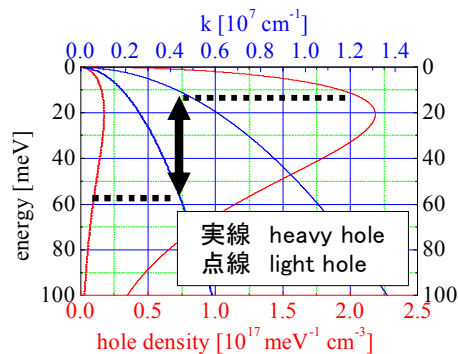


図 1 GaInP の価電子帯の分散関係および正孔密度分布

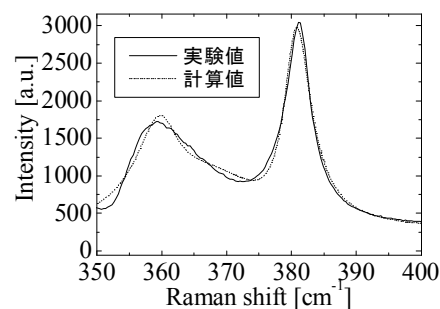


図 2 GaInP のラマンスペクトル。

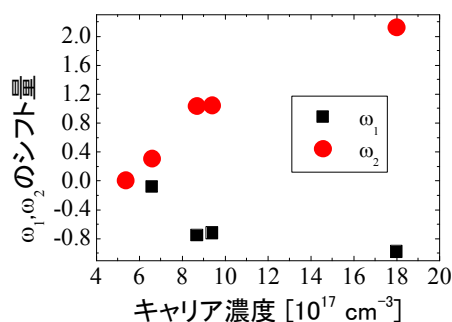


図 3 ω_1, ω_2 のシフト量。