

単一量子ドットの磁気プラズマ共鳴周波数と励起緩和状態の寿命

¹CREST,²東大院 総合 Oleg Astafiev¹, 久津輪武史², 小宮山進²

(Magneto-plasma resonance of a single quantum dot and the recombination lifetime of relaxed-excited states)

Oleg Astafiev¹, Takeshi Kutsuwa², Susumu Komiyama²

¹CREST, Japan Science and Technology Corporation

²Department of Pure and Applied Science, University of Tokyo

強磁場中の半導体量子ドットは単一電子トランジスタとして動作する性質を用いて、遠赤外(FIR)光 ($\lambda = 170 \sim 200 \mu\text{m}$) に対して単一光子検出器として動作する。この事実を利用することにより磁場中における量子ドットの性質を詳しく知ることができる。

量子ドットが光子一個を吸収すると遠赤外光を吸収しサイクロトロン共鳴によって電子とホールが生成され、励起された電子とホールの再結合が起こる。この過程でランダウ準位間の電子の遷移を利用しているため、印加する磁場を変えると共鳴する光子のエネルギーや励起緩和寿命の振る舞いを知ることができ、またこのような振る舞いは今後検出器として広い応用を考えると波長域を拡張するうえで重要な手がかりとなる。本発表では単一量子ドットの磁気プラズマ共鳴周波数、量子ドット中の電子のサイクロトロン励起状態の寿命の概観について述べる。

Fig.1は量子ドットに印加する磁場に対して光子計数の最大になる光子エネルギーを表したものである。一般に磁気プラズマ振動数はサイクロトロン共鳴周波数 (ω_c)とプラズマ振動(Ω)が結合されて、Fig.1中の式のように表される。実験結果からプラズマ振動数 Ω は 15cm^{-1} となり、本発表ではこの値がゲートによって形成される閉じ込めポテンシャルを考慮して導出できることを示す。

Fig2(a)は励起緩和寿命の磁場依存性を示す。ここで寿命の2つの特徴的な振る舞いを見ることができる。まず、寿命は磁場が増加するにしたがって全体的な増加傾向を示し、 $3.2 \sim 4.0\text{T}$ において 1ms から 1000s まで増加している。そして 4T を超えたところから急激に減少する。また寿命の増加の過程でのこぎり波状の構造を示している。

このような寿命の振る舞いはランダウ準位間の電子一個の遷移による電子分布の変化が準位間の散乱確率に大きな変化を及ぼすことを示しており、Fig.2(b)は数値計算によって定性的な励起状態の寿命の振る舞いを再現したものである。

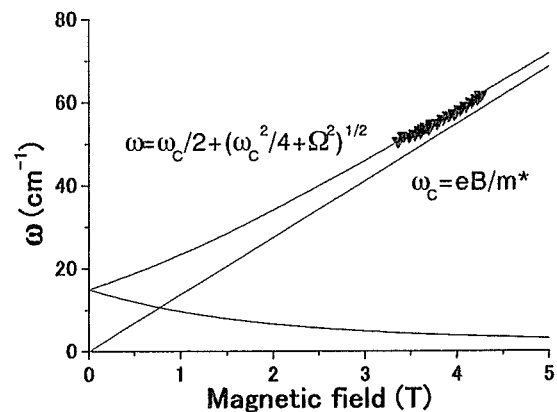


Fig.1 単一量子ドットの磁気プラズマ振動

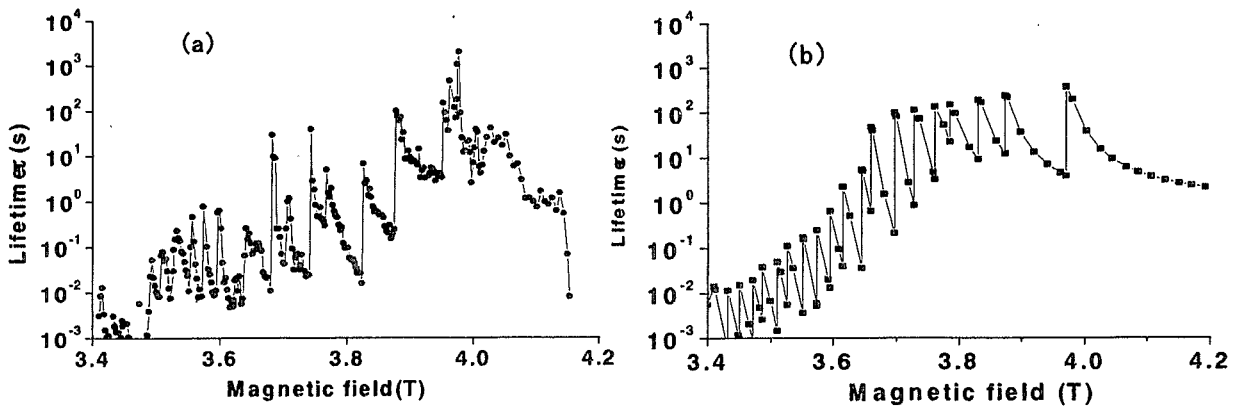


Fig.2 サイクロトロン共鳴励起状態の励起寿命の磁場依存性 ((a); 実験結果、(b); 計算結果)