

GaAs/AlAs タイプ II 超格子における電子・正孔液滴の発光特性

Photoluminescence characteristics of electron-hole droplets in a GaAs/AlAs type-II superlattice

阪市大工 °古川 喜彬、中山 正昭

Osaka City Univ., °Yoshiaki Furukawa, Masaaki Nakayama

E-mail: furukawa@a-phys.eng.osaka-cu.ac.jp

高密度励起条件下における電子・正孔液滴の形成は、間接遷移型半導体を中心に多く報告されてきた。その理由は、間接遷移による長い寿命が、励起子やキャリアの冷却効率の観点から電子・正孔液滴の形成に有利であることに起因する。GaAs/AlAs タイプ II 超格子では、光生成された電子の最低エネルギー状態は AlAs 層の X サブバンド、正孔の最低エネルギー状態は GaAs 層の Γ サブバンドとなるため、電子と正孔は、実空間と運動量空間共に分離されたタイプ II 遷移となる。その結果、タイプ II 励起子は μ s オーダーの極めて長い励起子寿命を持つ[1]。このことは、間接遷移型半導体の場合と同様に電子・正孔液滴の形成に有利である。本講演では、GaAs/AlAs タイプ II 超格子を対象として、電子・正孔液滴の形成を定常発光スペクトル、及び発光ダイナミクス観点から調べた結果について報告する。

試料は、分子線エピタキシー法により作製された $(\text{GaAs})_{12}/(\text{AlAs})_{12}$ タイプ II 超格子である [添え字はモノレイヤー単位の層厚 (0.283nm)]。励起光源に、Ti:sapphire レーザー [パルス幅: 140fs, 励起エネルギー: 1.797eV (タイプ I 励起子共鳴エネルギー)] を用い、発光ダイナミクスの測定には、ストリークカメラを用いた (時間分解能: 0.1ns)。なお、定常発光スペクトルの測定では励起レーザーを cw モードで用いた。

図 1(a) は、定常発光スペクトルの励起強度依存性を示している。最大励起強度は $P_0 \sim 1 \text{ kW/cm}^2$ である。はじめに、励起強度 $0.0001P_0$ に注目すると、励起子発光バンド (X) が観測され、その低エネルギー側に励起子分子発光バンド (M) が観測される。励起強度を増加させると、ブロードな発光バンド (D) が閾値的に出現する。閾値的な発光バンドの出現は、モット転移が生じていることを示唆する。注目すべきは、D 発光バンドの形状が励起強度にほとんど依存しない、すなわちキャリア密度が一定という点である。また、モット転移後も D 発光バンドが励起子系発光バンドと共存する。つまり、高密度状態と励起子状態が共存する。以上のことは、電子・正孔液滴の特徴と一致する。図 1(b) は、時間分解発光スペクトルを示している。励起強度は $\sim 50 \mu\text{J/cm}^2$ である。0.1ns と 0.4ns における発光スペクトルに注目すると、励起子、励起子分子発光エネルギーの低エネルギー側にブロードな発光バンド (B) のみが観測される。この時間領域において励起子系の発光バンドが観測されないことから、B 発光バンドは電子・正孔プラズマに起因する。B 発光バンドは、時間経過に伴い高エネルギーシフトし、バンド幅は狭くなる。すなわち、キャリア密度と有効温度が減少する振る舞いを示す。また、0.7ns の発光スペクトルにおいて、励起子分子発光バンドが出現し、0.7ns 以降 B 発光バンドと共存する。さらに、14ns 以降では、B 発光バンドの発光形状は時間にほとんど依存しない。つまり、キャリア密度が一定である。これらの特徴から、14ns 以降、電子・正孔液滴が形成されているといえる。以上の結果は、電子・正孔プラズマから電子・正孔液滴への遷移過程の観測を意味する。講演では、形状解析から求められる安定化エネルギーについても議論する。

[1] M. Nakayama, J. Lumin. **87-89**, 15 (2000).

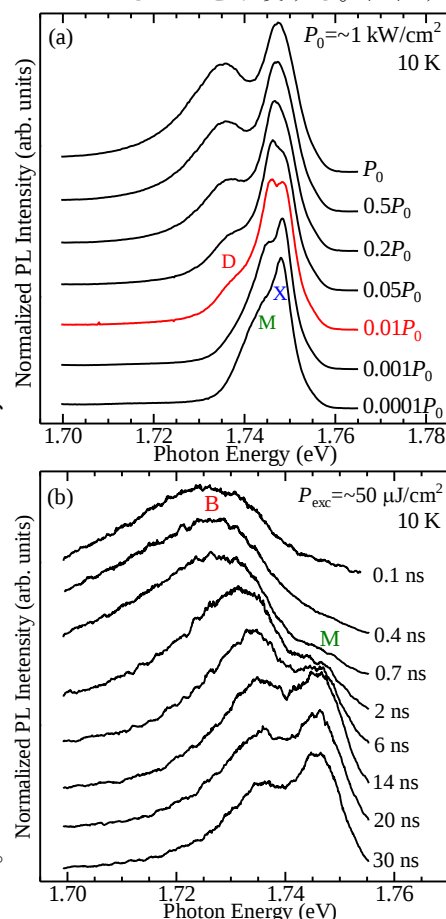


図 1