

2. n 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 中の深い準位とその混晶比依存性

横 田 高 志

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ などの混晶半導体は、混晶比 x によりバンドギャップや屈折率など結晶の物性を制御できる。本研究では $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 結晶中に存在する二種類の深い準位の光学的特性及びその x 依存性を測定し、深い準位の混晶比依存性を考察した。

酸素不純物に起因すると考えられる深い準位によるフォトルミネッセンスのエネルギー及び発光強度を液体窒素温度を中心に測定した。混晶比 x が 0.20 以下では発光性の深い準位が存在し、その発光強度は x と逆相関の関係にあることがわかった。この発光エネルギーの x 依存性は、伝導帯 L 点エネルギーのそれと酷似している。これはその準位の波動関数が伝導帯の構造とともに変化していることを示唆している。

次に、混晶比 x が 0.22 以上の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ に存在するドナー不純物による DX センターと呼ばれる深い準位を含む $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ の光吸収スペクトルを測定した。熱平衡状態での 1.2 eV 付近の吸収と、光励起により生じる準安定状態での 0.5 eV 付近での吸収が観測されるとともに、さらに別の準安定状態の存在が判明した。二つの吸収帯の x 依存性の実験結果から、DX センターの光イオン化過程はバンド構造に依存せず、低エネルギー側の吸収はバンド構造に依存することが示唆された。後者の吸収帯は伝導帯と縮退している状態が関与しているように推測できる。

両者の深い準位の電子状態は似ていると推測できるので、それらの外面的性質の差は格子状態の差によるものと想像できる。

3. 電子・正孔空間分離型 GaAs/AlAs 超格子の発光特性に関する研究

田 中 功

最近、GaAs/AlAs 短周期超格子のバンド構造について盛んに議論され、どの程度薄い層厚において直接遷移型から間接遷移型へ移行するかということ [伝導帯の最低エネルギー状態が Γ 点から X 点へ移行すること ($\Gamma-X$ 交差)] が問題とされてきた。 $\Gamma-X$ 交差が生じると、AlAs の X 点が伝導帯の最低エネルギー状態となり、電子と正孔が空間分離したタイプ-II バンド構造が形成される (図1)。その結果、直接型のタイプ-I 発光 [Γ_c (GaAs) - Γ_{hh} (GaAs)] と実空間及び運動量空間において間接型のタイプ-II 発光 [X_c (AlAs) - Γ_{hh} (GaAs)] の 2 種類の発光が観測される。

本研究では、1 原子層 (2.83 Å) の精度で、膜厚制御した GaAs/AlAs 超格子を試料として、その発光特性を詳細に研究

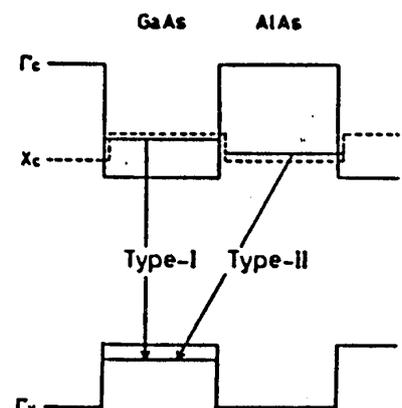


図 1

し、以下に示したことを明らかにした。

(1) $(\text{GaAs})_m / (\text{AlAs})_m$ 超格子では、 $m=12$ 原子層近傍で $\Gamma-X$ 交差が生じる。(2) タイプ-II 発光に関与している電子と正孔が、それぞれ AlAs と GaAs に空間分離していることの実証。(3) タイプ-II 発光に関与する AlAs-X 電子状態の異方性。(4) タイプ-I 発光過程とタイプ-II 発光過程は準熱平衡状態である。(5) タイプ-II 発光の端面発光特性から、 $\Gamma-X$ 混成効果を推定。

4. リチウムハライドの自己束縛励起子の光学特性

田中貞夫

アルカリハライドの固有発光の研究は W. Van Sciever ら及び Teegarden らによって固有発光が観測されて以来、様々な手法により研究されてきた。1964年に Kabler は、アルカリハライドの固有発光の起源が自己束縛励起子 (Self-traped Exciton, STE と呼ぶ) の再結合によるものであることを示した。Kabler はアルカリハライドにおいては正孔自らが結晶中で [110] 方向に並んだ 2 個のハロゲンイオン間に束縛され、イオン化ハロゲン分子 X_2^- を形成し (V_k 中心または Self-traped hole, STH)、この V_k 中心に電子が緩く捕らえられて STE が形成されると考え、固有発光はこの STE の輻射再結合により起こると結論した。この Kabler が提案した STE のモデルを V_k+e モデル、又は on-center モデルと呼んでいる。この Kabler の実験以来多くの研究者によりアルカリハライドの STE に関して、実験・理論の両面から膨大な量の研究が行われ、 V_k+e モデルでそのほとんどが説明ができた。しかし、 V_k+e モデルでは理解することができない現象も存在していた。ところが、最近になってこの謎を解くようなモデルが Song らによって示された。Song らによると、多くのアルカリハライドにおける STE の安定配置は結晶の並進対称性のみならず、中心対称性をも自発的に破った状態になっているもので、Off-center モデルと呼ばれている。本研究では、この V_k+e モデル、Off-center モデルの両者の立場から、おおむね潮解性が強く、IS 励起子帯が真空紫外領域にあるため、今まであまり研究のなされていない Li ハライドの自己束縛励起子についてその光学特性を調べた。

5. 4 波混合によるスクイズド状態 (Squeezed States) の生成の理論的研究

井口 猶二

レーザー光はコヒーレント状態にあるとされるが、このコヒーレント状態にある電場の 2 つの直交位相成分を計算してみると、量子力学の不確定性関係により、ある値よりも小さくできない。したがって、光通信や微弱な信号の測定には越えることのできない限界