

半導体超格子の多重ミニバンド構造に対する電場効果

安藤 雅信^A、中山 正昭^A、西村 仁^A、細田 誠^B、藤原 賢三^C：大阪市大 工^A、ATR 光電波研^B、九州工大 工^C

半導体超格子のミニバンド構造に対する電場効果として、Wannier-Stark(WS)局在状態の形成についての研究が多様な観点から行われてきた。これまで半導体超格子における電子波動関数の電場依存性は、単一ミニバンド状態を仮定した強結合近似により説明されてきた。図1は、GaAs (6.8 nm) / AlAs (0.8 nm)超格子における基準量子井戸から m 周期離れた量子井戸における電子波動関数の存在確率の電場依存性を示している。電場が高くなるにしたがい、基準量子井戸 ($m=0$) において存在確率が増加し、他の量子井戸 ($m \neq 0$) においてはその値が減少する。これは、電場による波動関数の局在性の増強を示している。さらに $\sim 150 \text{ kV/cm}$ において電子波動関数は単一の量子井戸に完全局在することを示している。図2は、GaAs (6.8 nm) / AlAs (0.8 nm)超格子の異なる電場における電場変調反射(ER: Electrodiffractive)スペクトルである。図中の $H11(L11)$ は電子と重い(軽い)正孔のそれぞれ 1 番目のミニバンド状態に由来する WS 局在状態間の光学遷移を示し、括弧内の数字は電子と重い正孔の基準量子井戸の空間的な隔たりを超格子周期を単位として示したものである(Stark-ladder index)。電場が高くなると $H11(+1)$ の ER 信号強度が低下し、 156 kV/cm において完全に消失している。これは電場による基準量子井戸への波動関数局在の増強および、完全局在を示している。しかし、さらに高電場領域において $H11(+1)$ 、 $L11(+1)$ が再出現し、以後強度が増加する。この実験結果は、図1の計算結果からは説明されず、単一のミニバンド状態を仮定した波動関数の電場依存性では説明できない現象である。講演では多重ミニバンド状態を考慮した電子波動関数の数値計算結果をもとに、実験結果の解析を行う。

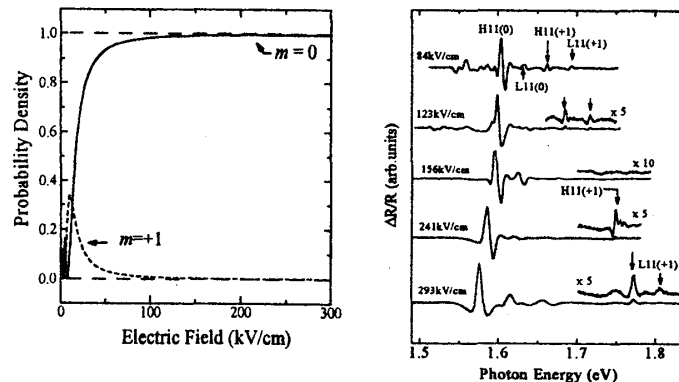


図1: 単一ミニバンド構造を仮定した電子波動関数の存在確率の電場依存性
図2: 異なる電場における ER スペクトル

CuBr 薄膜における強励起状態の発光特性

大阪市大・工 市田秀樹、中山正昭、濱崎賢太、西村仁

Photoluminescence Properties of CuBr Thin Films under high excitation conditions
Osaka City Univ. H. Ichida, M. Nakayama, K. Hamasaki, and H. Nishimura

銅ハライド結晶の強励起状態における発光特性については、励起子分子の形成、誘導放出、凝縮の観点から、多くの研究結果がこれまでに報告されているが、薄膜についてはほとんど研究がなされていない。我々はこれまで、真空蒸着法による銅ハライド薄膜の結晶成長と弱励起状態での薄膜特有の発光特性について報告してきた[1]。今回の講演では、CuBr 薄膜を対象に強励起条件での発光特性に着目して研究した結果について報告する。

CuBr 薄膜試料は、(0001)サファイア基板に、真空蒸着法 (真空度 10^{-6} Torr) によって結晶成長した単層膜であり、層厚を $20 \text{ nm} \sim 400 \text{ nm}$ に制御した。尚、CuBr 薄膜は $[111]$ 方向に配向成長している。図は、 400 nm 試料の表面発光スペクトルの励起強度依存性 (測定温度 10 K) を示しており、弱励起スペクトルは He-Cd レーザーで励起し、他のスペクトルは窒素レーザー (パルス幅 300 ps) 励起である。He-Cd レーザーによる弱励起条件では、 Z_r 自由励起子と I_1 束縛励起子が主発光として観測されている。窒素レーザーによる強励起発光スペクトルに着目すると、(1) 励起子分子 (M) 発光が観測され (バルク結晶での M 発光エネルギーとの比較から同定)、(2) I_1 束縛励起子発光の LO フォノンサイドバンド (I_1+LO) のエネルギー位置で、しきい値特性 ($\sim 0.8 \text{ mJ/cm}^2$) を持って急激に発光バンド (以後 N バンドと呼ぶ) が成長する。上記(2)の発光特性は、 100 K 程度まで観測され、我々が知る限りではバルク結晶では全く報告されていない現象である。N 発光エネルギーの励起強度依存性に着目すると、低エネルギーシフトを示し、多体効果によるバンドギャップ収縮を反映していると考えられる。また、N 発光エネルギーの温度依存性は、自由励起子エネルギーの場合とほとんど一致する。類似の強励起効果は、 20 nm の単層膜まで観測されることを確認しているが、その振る舞いは層厚や結晶性に大きく依存する。講演では、光利得スペクトルの測定結果を加えて報告する予定である。

[1] 宗村、浜崎、竹内、中山、西村：日本物理学会(1995 秋)予稿集 2, p.250, 27p-Z-1
M. Nakayama et al., Phys. Rev. B 55 10099

