

STM 発光および近接場光学分光による 半導体量子井戸構造の評価

東北大学電気通信研究所 鶴岡徹、大泉善嗣、谷本亮、潮田資勝

STM light emission and near-field optical spectroscopy of semiconductor quantum well structures
Tohru Tsuruoka, Yoshitsugu Ohizumi, Ryo Tanimoto, and Sukekatsu Ushioda
Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

STM 発光分光と近接場光学顕微鏡 (SNOM) 分光は、試料表面のトポグラフ測定原理 (トンネリングと剪断応力)、励起方法 (トンネル電子注入と光照射) や空間分解能 (nm オーダーと 100nm オーダー) の違いによって得られる情報が異なる。我々はこれらの手法を組み合わせ、以下に述べる二つの量子井戸試料系を調べた。

(i) AlGaAs/GaAs 構造

Al_{0.3}Ga_{0.7}As/GaAs 量子井戸劈開(110)面の AlGaAs 障壁層上から電子を注入して STM 発光スペクトルを計測し、積分発光強度を GaAs 井戸層からの距離の関数として測定した。図 1 は 5.1nm と 3.1nm の GaAs 層間の AlGaAs 層上から電子を注入したときの各井戸層からの発光強度の位置依存性である。5.1nm 幅以上の GaAs 層からの発光は 50nm 以上離れた位置においても観測され、前年度得られた結果と異なる。これは AlGaAs 層のドーピング濃度や Al 組成比の違いに起因すると考えられる。このような発光強度の位置依存性は探針から注入された電子の緩和過程によって決定されるため、AlGaAs 層の結晶パラメータと強い相関関係があると予想される。実験結果を説明するために現在、注入された電子が受ける散乱機構を考慮したモデル計算を行っている。

(ii) GaAs/InGaAs 構造

InGaAs/GaAs 歪量子井戸(100)面の shear-force 像と SNOM 発光像を同時計測し、これまで他の手法 (AFM、TEM、CL など) では明らかにされていない表面構造と発光特性の関係を調べた。図 2 は 20 周期積層した In_{0.25}Ga_{0.75}As(8nm)/GaAs(50nm)量子井戸の測定結果である。Shear-force 像には、ミスフィット転位に起因すると考えられる[110]と[$\bar{1}\bar{1}0$]に沿う格子状の表面構造が観測された。一方、SNOM 発光像にも同様の格子状のコントラストが観測されるが、必ずしも shear-force 像と対応しない。単一の量子井戸ではこのような格子状のコントラストが現れないことから、ミスフィット転位は量子井戸層内に分布していると考えられる。この量子井戸の周期数と発光像の関係を明らかにするために、量子井戸断面の SNOM 分光実験を現在行っている。

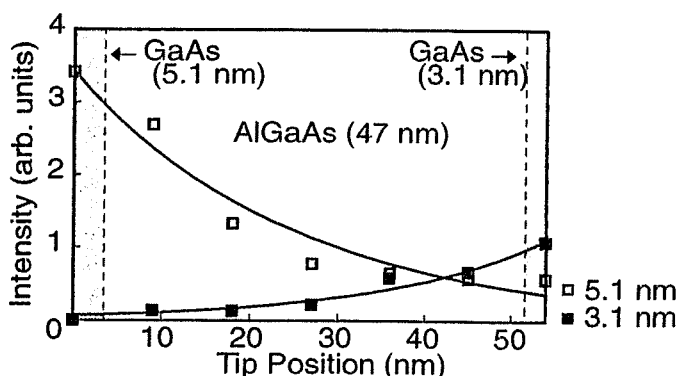


図 1 AlGaAs/GaAs 量子井戸劈開(110)面上の STM 発光積分強度の位置依存性

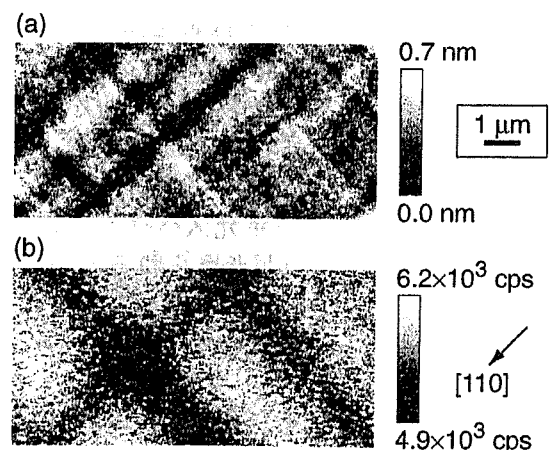


図 2 In_{0.25}Ga_{0.75}As/GaAs 量子井戸 (100) 面 shear-force 像(a)と SNOM 発光像(b)