

微傾斜 GaAs (111)B 基板上に作製した InGaAs 量子細線列の光学異方性

Optical anisotropy of InGaAs quantum wire arrays on vicinal (111)B GaAs

物材機構, °川津 琢也、野田 武司、佐久間 芳樹

NIMS, °T. Kawazu, T. Noda, Y. Sakuma

微傾斜 GaAs (111)B 基板上に適切な条件で InGaAs を堆積すると、高さ約 1 ~ 3 nm、周期約 10 ~ 30 nm の規則的なステップ構造が形成される。そのようなステップ構造は、基板面内方向に周期的なポテンシャルを引き起こし、結合した InGaAs 量子細線列を形成する。InGaAs 量子細線列のバンド間遷移は、その形状を反映して、大きな光学異方性を示す。本研究では、実験と理論の 2 つの側面から、InGaAs 量子細線列における光学異方性を調べ、その要因を検討した。

InGaAs 量子細線列は、 $[-1\ 0\ -1]$ 方向に 8.5° 傾いた微傾斜 GaAs (111)B 基板上に分子線エピタキシー装置を用いて作製した。図 1 は、GaAs 表面に $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x = 0.11$) を 3nm 堆積させることにより作製した量子細線列の AFM 像である。InGaAs 量子細線列は、 $[1-10]$ 方向に伸びて配列しており、高さは約 2nm、周期は約 22nm であった。

フォトルミネッセンス (PL) スペクトルは、励起光源に Nd:YAG レーザー (532 nm) を使用し、温度 11K で測定した。図 2 は、GaAs に埋め込んだ InGaAs 量子細線列の試料の PL 測定結果で、実線と点線は $[1-10]$ 方向とそれに垂直な方向の偏光に対する PL スペクトルを示している。1.477eV と 1.503eV のピークは、それぞれ InGaAs 量子細線列と GaAs バッファからの発光である。InGaAs 量子細線列の異方的な形状に起因して、 $[-101]$ 偏光の PL 強度が、垂直方向の偏光に比べて約 21% 強くなっていることがわかる。また、GaAs バッファからの PL に偏光異方性が観測されないことから、測定装置由来の異方性はないことが確認できる。

理論計算では、(1) ステップ構造、(2) ピエゾ効果を含む歪、(3) ファセット面の層厚差 (L_a, L_b) の 3 つの影響を考慮にいて、 6×6 Luttinger-Kohn ハミルトニアンから電子と正孔の固有状態を計算した(図 3)。得られた波動関数を用いて偏光異方性を求めた結果、(1) の効果だけでは、偏光度にほとんど影響を与えないが、(2) および (3) の効果を加えると、偏光度が 1.9 および 2.3 倍にそれぞれ増加することがわかった。また、理論と実験の比較から、特に (3) の効果が測定結果を説明する上で重要であることがわかった。謝辞: 試料作製において豊田工業大学の秋山氏に深く感謝いたします。本研究の一部は、科研費 (課題番号: 17K06364) の助成を受けたものです。

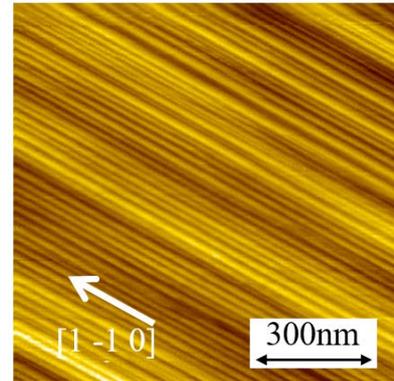


図 1 InGaAs 量子視線列の AFM 像

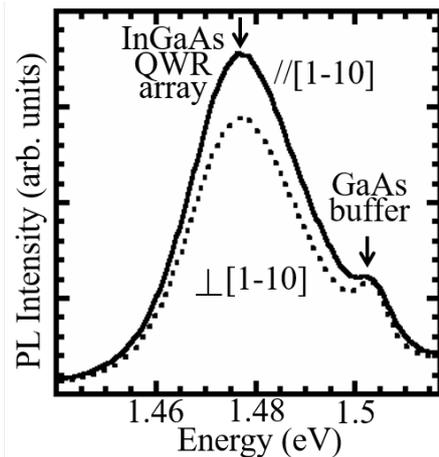


図 2 PL スペクトル

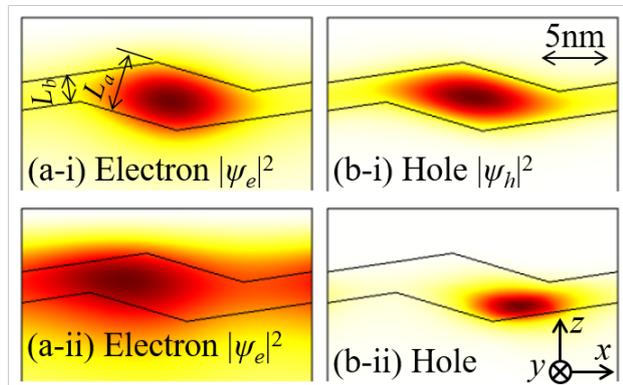


図 3 (a-i, ii) 電子の波動関数、(b-i, ii) 正孔の波動関数。i, ii は歪がある場合とない場合を示している。