

Title	InGaAs/InAlAs 2次元電子ガス2層系ヘテロ構造の結晶成長と輸送特性評価
Author(s)	胡, がい
Citation	
Issue Date	2014-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	none
URL	http://hdl.handle.net/10119/12274
Rights	
Description	Supervisor: 山田省二, マテリアルサイエンス研究科, 修士

InGaAs/InAlAs 2 次元電子ガス 2 層系ヘテロ構造の結晶成長と輸送特性評価

胡 愷 (山田研究室)

[はじめに] 我々は比較的強いスピン軌道相互作用を示す標記 2 次元電子ガス(2DEG) 2 層系ヘテロ構造の結晶成長と輸送特性解析を進めてきた。物性・デバイスのどちらの観点からも、特に相互作用を考えると、上下 2DEG が対称、即ちシート電子濃度 N_s が等しい場合($N_s(\text{upper}) \sim N_s(\text{lower})$)が興味深い。本研究では、対称な N_s の実現を目指すために、井戸上下からの変調ドーピング量 $N_d(\text{upper})$ 、 $N_d(\text{lower})$ を様々に増減することを試みた。また 2DEG 間の相互作用を制御するため、変調ドーピング条件に加え井戸の中央に InAlAs バリア層を挿入することも試みた。これらの試料の輸送特性は基板表面側にゲートをもつ構造で評価した。

[実験] Fig.1 に示すような高 In 組成 InGaAs/InAlAs 2DEG 2 層系ヘテロ接合構造を分子線エピタキシー(MBE)法で成長した。基板は半絶縁性 GaAs(001)で、 $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$ ステップグレーデッドバッファ層($x = 0.15 \rightarrow 0.80$)を導入している。測定用試料は $N_d(\text{upper})$ を $6 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ に固定し、 $N_d(\text{lower}) / N_d(\text{upper}) = 1, 0.5, 0.25, 0$ と変化させた (井戸幅 80 nm)。また、スペーサ層を減らした ($20 \pm 10 \text{ nm}$) ものや $N_d(\text{upper})$ を増やした ($6 \pm 2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$, $N_d(\text{lower}) = 0$) ものも作製した (井戸幅 40 nm)。さらに、変調ドーピング条件に加えて井戸の中央に InAlAs バリア層をそれぞれ 0、5、10 nm の厚さで挿入した 9 種類も用意した。成長した試料からホールバー素子を作製し、超伝導マグネット付き ^4He クライオスタット中で極低温 (1.5 K) 磁気抵抗測定(0–5 T)を行った。それらの解析から、上下各層のシート電子密度を推定した。

[結果] 変調ドープ条件を変えた試料では、 $N_d(\text{lower})=0$ の場合でも $4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 程度 ($N_s(\text{upper})$ の約 2 倍) の $N_s(\text{lower})$ が生成されることがわかった (Fig. 2)。これを踏まえて、 $N_s(\text{upper})$ のさらなる増強をめざした試料ではほぼ対称の N_s を達成できる見通しを得た (Fig. 3)。さらに、バリア層入り試料ではバリア層挿入により $N_s(\text{lower})$ は余り変わらないものの $N_s(\text{upper})$ は増大することが解ったが、この原因は今のところ不明である (Fig. 4)。以上、対称ドープはほぼ実現できたが、バリア層挿入による相互作用制御は今後の課題である。

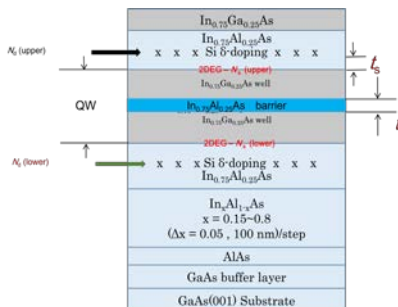


Fig.1 2DEG 2 層系ヘテロ構造 InGaAs dd-HEMT 層構造

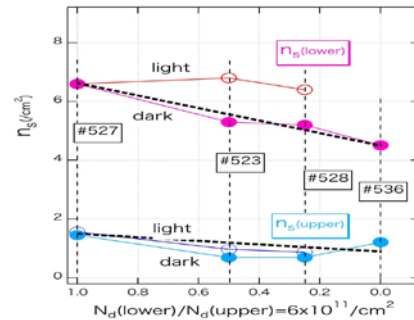


Fig.2 電子密度のドーピング量依存性

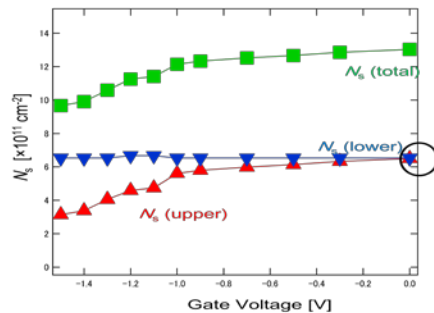


Fig.3 電子密度のゲート電圧依存性

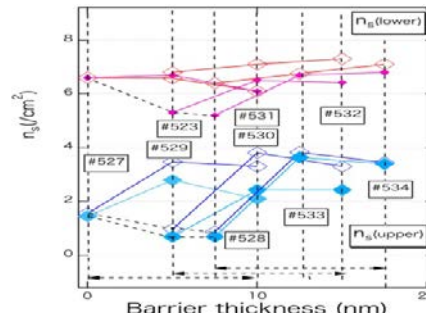


Fig.4 電子密度のバリア層依存性

[Keywords] MBE、InGaAs/InAlAs ヘテロ接合、2 次元電子ガス、スピン軌道相互作用