

AlGaN/GaN ヘテロ界面でのキャリア輸送特性と欠陥分布

Correlation between the carrier transport and defect distribution of AlGaN/GaN heterostructure

物材機構¹, 中部大工² ○角谷正友¹, 今中康貴¹, 中野由崇², 竹端寛治¹

NIMS¹, Chubu Univ.² OM. Sumiya¹, Y. Imanaka¹, Y. Nakano², and K. Takehana¹

E-mail: SUMIYA.Masatomo@nims.go.jp

【はじめに】我々は GaN チャンネル層が 0.4 μm と薄くても HEMT として十分に動作する AlGaN/GaN ヘテロ構造を作製した[1]。HEMT の高周波化・高出力化に向けて、ヘテロ界面に形成された 2DEG のキャリア輸送特性を理解することは重要である。今回、AlGaN/GaN ヘテロ界面に極薄 AlN 層を挿入したり、AlGaN 障壁層 Al 組成を制御したりしたヘテロ構造の 2DEG キャリア輸送特性を低温強磁場測定によって調べた。また、同一試料を定常光容量分光法 (Steady-state photocapacitance spectroscopy: SSPC) で評価して、2DEG を含む GaN チャンネル層内でのギャップ内欠陥準位と輸送特性との相関を検討したので報告する。

【実験】AlGaN/GaN ヘテロ構造はサファイア基板上 AlN テンプレート上に MOCVD で成長した。GaN チャンネル層を1気圧で成長した後に 200 Torr に減圧して AlGaN 障壁層を同じ基板温度で成長した。AlN モル分率は供給する TMA の流量を制御することで 4~25 % で変化させた。AlN 層を AlGaN と GaN の間に挿入する場合には AlGaN 障壁層を成長する直前に TMA のみを約 7 秒間先行して供給した。AlGaN/GaN ヘテロ構造試料の(0002)近辺の XRD 回折パターンをシミュレーションすることで AlGaN 障壁層の AlN モル分率や膜厚、および AlN 層厚を求めた。約 $2 \times 5 \text{ mm}^2$ に切断した試料にホール測定用電極を形成して 1.8 K 中の 15 T の強磁場中で磁気抵抗(R_{xx})とホール抵抗(R_{xy})を評価した。ホール測定で使用した残りの約 $5 \times 10 \text{ mm}^2$ の試料で SSPC 測定を行った。

【結果】 $\text{Al}_{0.24}\text{Ga}_{0.76}\text{N}$ (23nm)/GaN (0.93 μm) 界面に AlN 層を 0.6 nm 挿入したものとし、ヘテロ構造を作製した。GaN(1012)ロッピングカーブ半値幅は 248、220 arcsec と結晶学的にはほぼ同等のチャンネル層が形成されていた。AlGaN 障壁層を $2 \times 2 \mu\text{m}$ 角の領域で AFM 観測したところ表面粗さ RMS 値はそれぞれ 0.26、0.40 nm、ピット数は 5×10^8 、 $6 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ 個とほぼ同等の表面形状をしていた。2 つの試料を低温強磁場測定したところ、ともに 2DEG がシュブニコフ・ド・ハース(SdH)振動が観測される程良好な界面であった。 R_{xx} と R_{xy} との交点から求めた移動度はそれぞれ 27,000、17,000 cm^2/Vsec 、磁場の逆数で SdH 振動をフーリエ変換して求めたキャリア濃度は 9.5×10^{12} 、 $8.6 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ であった。図1に AlGaN/GaN ヘテロ構造試料の SSPC スペクトルを示す。AlN インター層がない場合 (Fig.1(a))、0.8 eV、2.2~3.0 eV、3.3 eV 付近に光容量変化の増加が見られ、それぞれ A、B、C として欠陥分布の様子を図中に示す。特に AlN 挿入層がない場合には 0.8 eV 付近で $\Delta C/C_0$ が大きくなっている。これは伝導帯直下に多くの欠陥密度が存在することを示している。一方、AlN 挿入層がある場合には 0.8 eV 付近の信号強度は急激に減少していた (Fig. 1(b))。これは価電子帯上端から 0.8 eV 付近への電子遷移を示し、伝導帯直下には欠陥準位が存在しないことを示す。そのために AlN 挿入層がある場合に移動度が高くなったと考えられる。

[1] M. Sumiya et al., JJAP **62**, 085501 (2023).

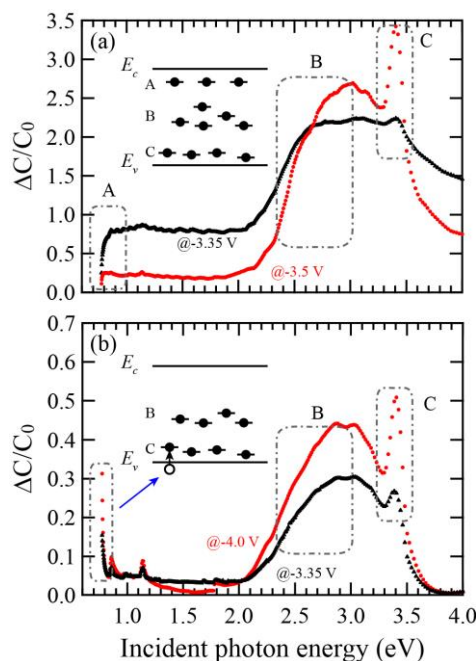


Fig.1 SSPC spectra for AlGaN/GaN heterostructure (a) without AlN and (b) with AlN interlayer measured at various bias voltages.