

窒化物半導体 HEMT の電子輸送特性に双極子散乱が及ぼす影響

Effects of Dipole Scattering on Electron Transport in Gallium Nitride-based HEMT

阪大工 ○星野 知輝, 森 伸也

Osaka Univ. ○Tomoki Hoshino, Nobuya Mori

E-mail: {hoshino, mori}@si.eei.eng.osaka-u.ac.jp

AlGaIn/GaN などのヘテロ構造では、分極電荷により、アンドープでも高濃度の 2 次元電子ガス (2DEG) が生じ、それを利用した高電子移動度トランジスタ (HEMT) が、高速・高耐圧デバイスとして注目されている。しかし、AlGaIn などの混晶半導体では、分極電荷を作り出す双極子が空間的にランダムに存在するため、電子散乱の原因となる。本研究では、GaN チャネルおよび InGaIn チャネル HEMT の電子輸送特性に、ランダム双極子散乱が及ぼす影響について理論的に調べた。

双極子散乱確率は、チャネル領域にランダム双極子が存在する場合にも応用できるよう、文献 [1] の手法を拡張して計算した。他に、音響フォノン変形ポテンシャル散乱、極性光学フォノン散乱を考慮し、モンテカルル法を用いて、一様電界のもとでのドリフト速度を計算した。その際、電子状態は、自己無撞着計算により求めた。本研究では、双極子散乱が電子輸送特性に与える影響を調べるため、障壁層のみにランダム双極子が存在する $\text{Al}_{0.27}\text{Ga}_{0.73}\text{N}/\text{GaN}$ ヘテロ構造と、チャネル領域にも存在する $\text{Al}_{0.27}\text{Ga}_{0.73}\text{N}/\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}/\text{GaN}$ ヘテロ構造に関して計算し、両者を比較した。

図 1 に自己無撞着計算により得られた電子状態を示す。InGaIn 層が 10 nm と薄いため、InGaIn-HEMT の方が閉じ込めが強く、障壁層への波動関数の染み出しも大きいことが分かる。図 2 にドリフト速度の電界依存性を示す。双極子散乱を無視した場合 (白丸)、InGaIn-HEMT において、電子の有効質量が軽くなることによる移動度向上を、閉じ込めが強くなることによるフォノン散乱確率増加が打ち消すため、両デバイスのドリフト速度に大きな違いは見られない。黒丸が双極子散乱を考慮した場合の結果である。GaN-HEMT では、ランダム双極子と 2DEG とが空間的に離れているので、影響は小さいが、InGaIn-HEMT では、30% 程度ドリフト速度が低下することが分かった。

[1] D. Jena *et al.*, J. Appl. Phys. **88**, 4734 (2000).

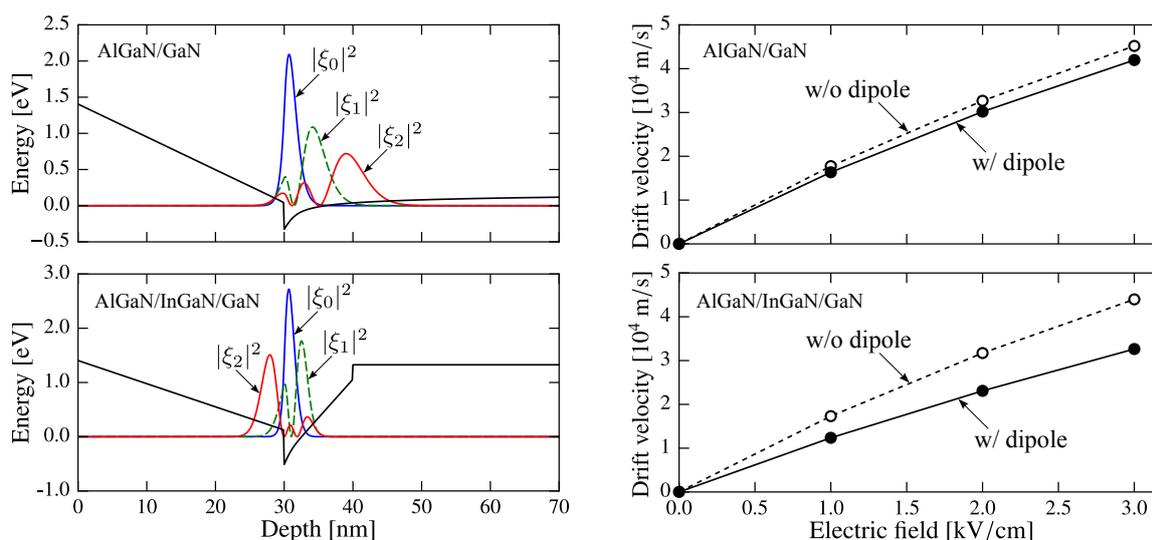


Fig. 1 [left]: Calculated conduction band edge and spatial probability distribution $|\xi_i|^2$ of the three lowest subbands along the c-axis slice of AlGaIn/GaN and AlGaIn/InGaIn/GaN heterostructures.

Fig. 2 [right]: Calculated drift velocity of the 2DEG as a function of the applied electric field. Closed (open) circles show the drift velocity with (without) dipole scattering.