Barker-Ferry 方程式を用いた高電界輸送特性解析 High-Field Electron Transport Analysis Based on The Barker-Ferry Equation 阪大院工 〇牧平 真太朗,森 伸也

Osaka Univ. ^OShintaro Makihira, Nobuya Mori E-mail: {makihira, mori}@si.eei.eng.osaka-u.ac.jp

SiC, GaN などの広い禁止帯を持つ半導体は,絶縁破壊電界が数 MV/cm と高く,パワーデバイ ス応用に向けて,Si に代わる半導体材料として注目されている.数 MV/cm 程度の印加電界のもと では,散乱中に電子が加速される散乱内電界効果 (ICFE) などの量子効果が重要な役割を演じると 予想されている [1].本研究では,Barker-Ferry 方程式 (BFE) [2] を用いて,単純化した1次元半導 体における高電界輸送特性を解析した.

ー様な1次元半導体における定常状態のドリフト速度をBFEを用いて計算した.電子状態を余弦 バンド ($\mathcal{E}(k) = \Delta(1 - \cos ka)$)で表現し,光学フォノンと相互作用している一電子を考察した.また, 弾性散乱過程を散乱広がりとして取り入れた.一様・定常状態を考察する場合,通常のBoltzmann 輸送方程式 (BTE)を用いると, k 空間のみで輸送特性を解析することができる.一方,BFEを用 いた場合,メモリー効果のため,k 空間だけでなく,時間軸も考慮する必要がある.本研究では, 時間軸と k 空間とを離散化することにより BFE を解いた.その際,k 空間のメッシュ幅と時間軸 のメッシュ幅とを適切に選択することにより,BFE を零固有値問題に帰着させた.

Fig. 1 に電界 F = 0.1 MV/cm における分布関数のエネルギー依存性を示す.実線が BFE を用い て計算した結果である.比較のため,BTE を用いて計算した結果を破線でプロットした.左パネ ルは電界 $F \ge k \ge 5$ です,右パネルは反平行の場合を表す.反平行の分布関数には,光学フォノ ンエネルギー ($\hbar\omega_0 = 92$ meV)付近において,分布関数が減少している領域が見られる.これは, ICFE により,フォノン放出のしきい値が実効的に低下したためと考えられる.Fig.2 に,ドリフ ト速度の印加電界依存性を示す.Fig.1 に示した分布関数の減少領域のため,BFE を用いて計算し たドリフト速度は,BTE を用いた場合の値より,F = 0.1 MV/cm において2割ほど低下した. [1] Bude *et al.*, Phys. Rev. B **45**, 10958 (1992). [2] J. R. Barker and D. K. Ferry, Phys. Rev. Lett. **42**, 1779 (1979).



Fig. 1 [left]: Distribution function, $f(\mathcal{E})$, calculated by the one-dimensional BFE (solid line) at F = 0.1 MV/cm and T = 300 K. Dashed line shows $f(\mathcal{E})$ calculated by the 1D BTE. The left (right) panel shows $f(\mathcal{E})$ for k parallel (antiparallel) to F. **Fig. 2** [right]: Drift-velocity calculated by BFE (open circles) compared with that calculated by BTE (dashed line).