

GaN 系半導体におけるキャリア輸送解析の研究

林 つぐみ (指導教員 吉井 彰)

【はじめに】

近年, GaN に代表される窒化物系半導体は, 高温・高出力で動作する高周波トランジスタとしての応用や, 紫外領域での光デバイスとしての応用などに期待が高まっている。その応用に際しては, 電子輸送特性の精密な知識が非常に重要である。電子輸送解析プログラムにおいては, 計算結果に非常に大きく影響するものとして, 散乱モデルと散乱パラメータがあげられる。しかし, 新しい材料である GaN では実験結果が少なく, 現状ではこれらが正確に定められているとはいえない。特に, GaN の輸送特性としては, 低電場における移動度の測定が中心である。そこで, 本研究では緩和時間近似法によって各種散乱に対する移動度を直接計算し, 実験データと比較することで散乱モデルやパラメータの検討を行った。

【方法】

半導体中で, 電子は電場に引かれて移動する自由走行と, 格子の振動や不純物などによる散乱とを繰り返している。これを記述するボルツマンの輸送方程式において, 衝突項は散乱による分布関数の変化を表す項であり非常に複雑な形をしている。しかし, 衝突の前後で分布関数の熱平衡状態からのずれが小さく, エネルギーの変化が小さいときには, 次の緩和時間 τ を用いて近似することが出来る。

$$\frac{1}{\tau(\kappa)} = \frac{V}{(2\pi)^3} \int d^3\kappa' P(\kappa, \kappa') \left[1 - \frac{f_1(\kappa')}{f_1(\kappa)} \right]$$

この緩和時間近似を用いて各々の散乱の緩和時間を求め, Matthiessen の法則によって得られる全体の緩和時間から移動度を計算した。

【結果】

図 1 は, 論文 [1] の実験で測定された HALL 濃度の温度特性をプログラムに取り入れ, 緩和時間近似によって計算した移動度である。計算された移動度の傾向は実験結果とよく一致した。また, 約 200K より低温の部分ではイオン化不純物散乱が, 高温の部分では極光学フォノン散乱が支配的であるという結果が得られた。

低温で重要となる不純物散乱には, 遮蔽効果の取り入れ方の違いにより, Brooks-Herring (BH) と Conwell-Weisskopf (CW) の二種類のモデルがある。不純物濃度が 10^{17}cm^{-3} までは, 二つのモデルによる値の差はほとんどないが, 不純物濃度が 10^{18}cm^{-3} を超えると, BH による値のほうが大きくなり, 温度が低くなるに連れてその差は広がるという結果が得られた。

今後の課題は, 様々な実験結果と計算結果を比較し, 電子輸送特性を計算するのに最も適した散乱モデルやパラメータの精密化をはかり, これらのモデルをモンテ・カルロ計算に導入し, 高電界条件下やデバイス中における電子輸送解析に拡張することである。

【参考文献】

- [1] A. Saxler *et al.*, Appl. Phys. Lett. **78**, 1873 (2001).

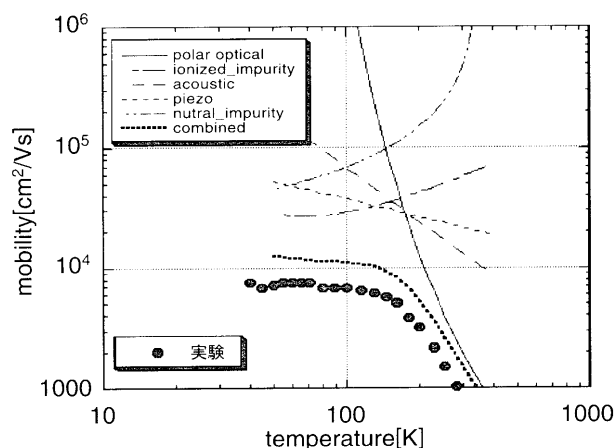


図 1 温度に対する移動度の特性