

GaN の極性光学フォノン散乱過程における散乱内電界効果 Intracollisional Field Effect of Polar Optical Phonon Scattering in GaN

阪大院工 ○牧平 真太郎, 森 伸也

Osaka Univ. ○Shintaro Makihira, Nobuya Mori

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

SiC, GaN などの広い禁止帯 (WBG) を持つ半導体では, 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. この絶縁破壊電界を決定する主な要因は衝突電離過程と考えられている. 前回, 散乱中に電子が加速される, 所謂, 散乱内電界効果 (ICFE) が, WBG 半導体の衝突電離確率に及ぼす影響について報告した [1]. 一方, 衝突電離が生じる程度に電子が高エネルギー状態に加速されるまでは, フォノン散乱が主要な散乱過程となる. 今回, GaN の極性光学フォノン散乱過程に対する ICFE の影響を調べた.

古典的には, 散乱は瞬時に起こるとされるが, 量子論的には, 散乱が完了するためには有限の時間が必要である. ICFE は, 散乱中にも電子が加速される効果であり, 散乱確率等に影響を及ぼす. 例えば, フォノン放出過程において, ICFE を考慮すると, フォノンエネルギー $\hbar\omega_0$ 以下の電子が散乱中にも加速され, 散乱完了時までに $\hbar\omega_0$ に達して, フォノン放出が可能となる場合がある. 本研究では, 文献 [2] の手法を用いて, 光学フォノン散乱に ICFE が与える影響について調べた.

通常, 散乱確率は, フェルミの黄金則を用いて計算される. その場合, エネルギー保存則を表すデルタ関数が現れる. ICFE を考慮すると, デルタ関数が有限のエネルギー幅を持つフレネル型の関数となる [2]. その関数の様子を図 1 に示す. 終状態と始状態の波数ベクトルが平行および反平行な場合のフォノン放出過程に関してプロットした. 実線は, エネルギー保存則を満たす条件を表しており, その周りに, 有限の幅を持つ様子が分かる. また, 終状態の波数の向きにより, 値が異なることも分かる. このため, ICFE を考慮した高電界下のキャリア輸送シミュレーションをより正確に行うためには, 終状態・始状態波数がなす角度依存性を考慮する必要があることが分かる. 図 2 に, 極性光学フォノン散乱確率の始状態電子エネルギー依存性を示す (始状態の波数ベクトルと電界が平行な場合). 印加電界の増加に伴って, 散乱確率が減少することが分かる.

[1] 牧平, 森, 2017 年応物春季講演会, 14p-315-12. [2] J. R. Barker, Solid-State Electronics **21**, 267 (1978).

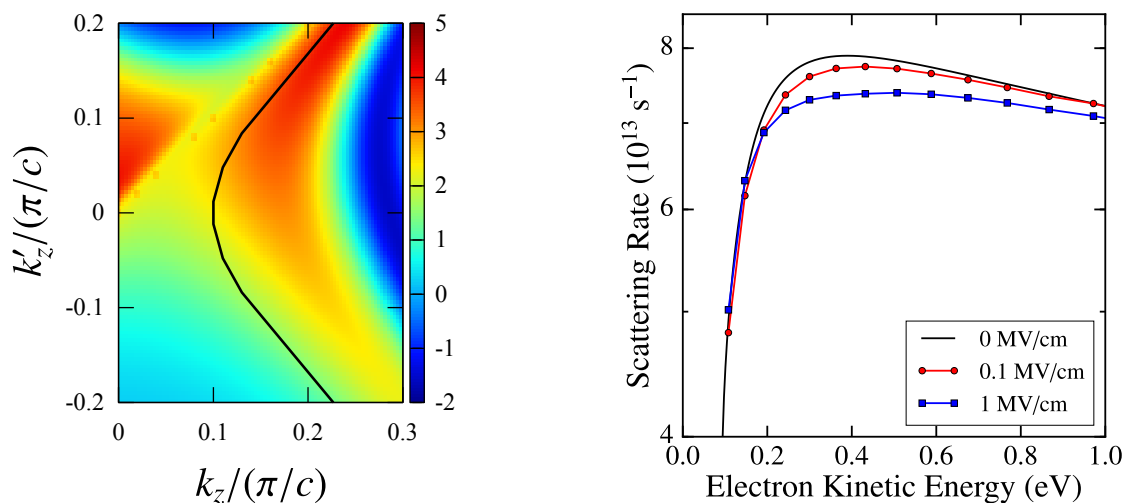


Fig. 1 [left]: Probability density proportional to the polar optical scattering rate. Solid line represents the energy conservation of $\hbar k_x'^2/2m^* = \hbar k_x^2/2m^* + \hbar\omega_0$. **Fig. 2** [right]: Polar optical scattering rate in GaN.