

半導体ヘテロ構造における THz 波放射に関する モンテカルロシミュレーション

Monte-Carlo Simulation on THz Radiation in Semiconductor Heterostructures

阪大工¹, JST CREST² ○中村 健志¹, 森 伸也^{1,2}

Osaka Univ.¹, JST CREST² ○K. Nakamura¹ and N. Mori^{1,2}

E-mail: nakamura@si.eei.eng.osaka-u.ac.jp

フェムト秒パルスレーザを半導体表面に照射にすると、テラヘルツ (THz) 波が発生する。半導体基板上に薄膜を成長させたデバイスにおいて、発生 THz 波強度が薄膜の膜厚に依存することが報告されている [1]。本研究では、仮想的なバンドラインナップを持つヘテロ構造薄膜モデルを仮定して、モンテカルロシミュレーションにより、THz 波放射強度の膜厚依存性を調べた。

図 1 に示したような 2 種類のヘテロ構造薄膜モデルについて考察した。基板の上に厚さ d の薄膜がある。モデル A (モデル B) では、伝導帯 (価電子帯) において、表面から距離 d の位置にポテンシャル障壁 ΔE が存在する。キャリアは、その運動エネルギーが ΔE より小さい場合、この障壁で反射される。いずれのモデルにおいても (また系全体にわたり)、電子の移動度を $3 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、正孔の移動度を $3 \times 10^2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ とした。

モンテカルロシミュレーションは以下の手順で行なった。(i) パルスレーザ光により、半導体内部に電子正孔対を生成する。(ii) 生成された電子と正孔の半導体内部におけるドリフト拡散過程を、モンテカルロ法によりシミュレートする。(iii) 得られた電子と正孔の空間分布を用いてポアソン方程式を解き、デバイス内部のポテンシャル分布を求める。以上を繰り返すことにより、電流の時間応答 $J(t)$ を求める。発生 THz 電界強度は、 $dJ(t)/dt$ に比例する。

電流のピーク値の膜厚 d 依存性を図 2 に示す。モデル A では薄膜の膜厚が薄くなると、電流のピーク値は 0 に収束した。モデル B では膜厚が薄くなると、電流のピーク値は増大した。これらの様子は、電子と正孔の移動度の違いによって理解できる。膜厚が厚くなると、電流のピーク値は、モデル A, B 共にバルクの値に収束した。

[1] S. Sasa *et al.*, *J Infrared Milli Terahz Waves*, **32**, 646 (2011).

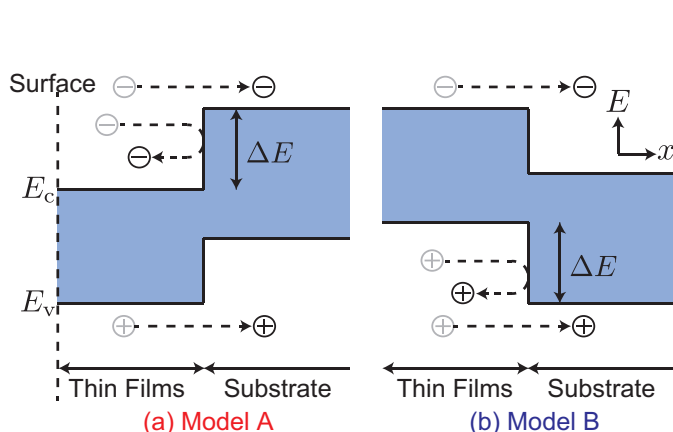


Fig. 1: Energy-band lineup models of fictitious semiconductor heterostructures.

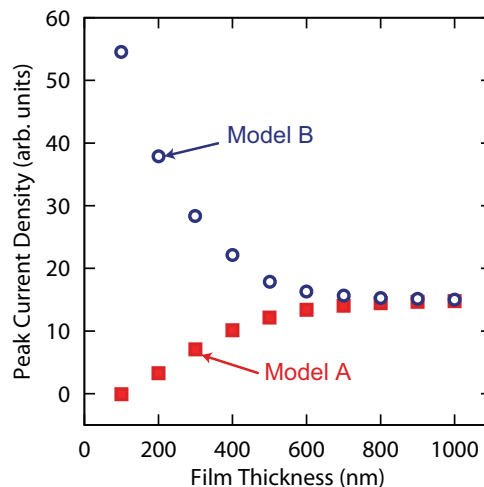


Fig. 2: Peak current density, $J_{\max}$, as a function of the film thickness, d .