

InGaAs/GaAsSb ダブルゲート Tunnel FET における量子効果の影響

Influence of Quantum Effect on InGaAs / GaAsSb Double Gate Tunnel FET

1 東工大, 2 産総研, °(M2) 國貞 彰吾¹, 福田 浩一^{1,2}, 宮本 恭幸¹

1 Tokyo Tech., 2 AIST, °Shogo Kunisada¹, Koichi Fukuda^{1,2}, Yasuyuki Miyamoto¹

E-mail: kunisada.s.aa@m.titech.ac.jp

近年、携帯端末やサーバー等の普及により、トランジスタの低消費電力化への要求が高まっている。従来の MOSFET ではキャリアのボルツマン分布を利用するため、Subthreshold Slope(SS)の理論限界が室温で 60mV/dec. となっており、低電圧化を困難にしている。Tunnel FET(TFET)は従来の MOSFET とは異なる原理で動作するため、この理論限界を超えることが可能であり、低消費電力化に向いているとされている。しかし、TFET はトンネル抵抗が大きく、オン電流(I_{ON})が低いという課題がある。そこで I_{ON} を高くするため、チャネル部分を移動度の高い InGaAs にし、ヘテロ接合を用いてトンネル距離を縮小した構造を提案している。TFET のシミュレーションでは、ダブルゲート構造のボディ幅(W_{body})を狭くすることでゲート電圧の効きがよくなり、 I_{ON} が高くなることがわかっている[1]。一方で W_{body} を縮小していくと、量子効果の影響が無視できなくなると予想される。本研究では、量子効果を考慮した TFET のシミュレーション方法と得られた量子効果の影響について述べる。

検討した TFET の構造を Fig. 1 に示す。本研究では、まずこの構造で Schrödinger-Poisson(SP) の解析を行い、伝導帯、価電子帯の第一サブバンドエネルギーを求めた(Fig. 2a)。このサブバンドエネルギーを実効的なバンドギャップの広がりとし、バンドパラメータに反映させて、デバイスシミュレーションを行った(Fig. 2b)。シミュレーションには SILVACO 社の Atlas を使い、トンネル電流には非局所バンド間トンネルモデルを用いた。 $W_{body} = 4, 6, 8, 10\text{nm}$ について量子効果ありと量子効果なしの $I_{DS}-V_{GS}$ 特性の計算を行い、ボディ幅依存性を解析した。 $I_{OFF} = 10\text{pA}$ と定義し、 V_{GS_OFF} を求め、 $V_{GS_ON} = V_{GS_OFF} + 0.5\text{V}$ とし、 I_{ON} を求めた。量子効果を考慮することにより、全般に I_{ON} が低くなる。ボディ幅を狭くしても、 $W_{body} = 8\text{nm}$ 以下では I_{ON} が下がる傾向が見られた(Fig. 3)。これは、 W_{body} をある程度小さくすると、ゲート電圧が効きやすくなる影響より、量子効果の影響の方が大きくなるということを示す。

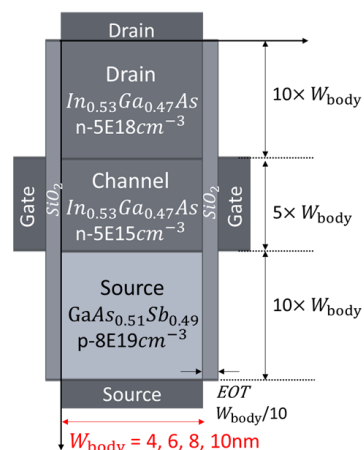


Fig. 1 2-D simulation model of TFET. Body width (W_{body}) = 4, 6, 8, 10nm. $V_{DD} = 0.5\text{V}$ is assumed.

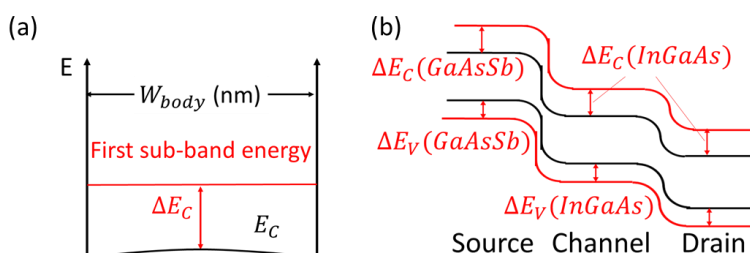
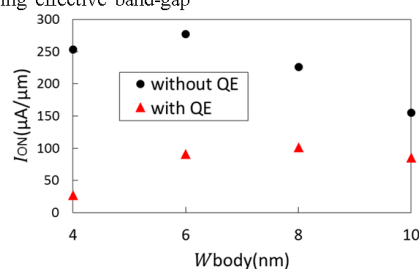


Fig. 2 (a) Conceptual diagram of first sub-band energy in quantum well
(b) Band diagram considering effective band-gap

Fig. 3 $I_{ON}-W_{body}$ with quantum effect (QE) and without QE ($V_{GS_ON} = V_{GS_OFF} + 0.5\text{V}$, $I_{OFF} = 10\text{pA}/\mu\text{A}$)



[1] K. Ohashi, et al. Jpn. J. Appl. Phys. 54, 04DF10 (2015)