量子効果の影響を考慮した GaAsSb/InGaAs Double-Gate Tunnel FET の検討

A study of GaAsSb / InGaAs Double-Gate Tunnel FET considering quantum effect

東工大¹, 産総研², [○](M2)野上 直哉¹, 福田 浩一^{1,2}, 宮本 恭幸¹

Tokyo Tech.¹, AIST², Naoya Nogami¹, Koichi Fukuda^{1,2}, Yasuyuki Miyamoto¹

E-mail: nogami.n.aa@m.titech.ac.jp

1. 背景

MOSFETはスイッチ性能の指標となるサブス レッショルドスロープ(SS)の理論限界が 60mV/decで省電力、高速化が困難である。トンネ ル効果によって動作するTunnel FET(TFET)のSS は60mV/decより急峻にでき省電力化が期待され るが、オン電流(I_{ON})が低いため高速化が課題とな っている。トンネル電流は距離が短いほど上昇す るため、我々はソースチャネル間に GaAsSb/InGaAsへテロ接合を用いて、I_{ON}を高く する構造を提案している。また、ダブルゲート構 造を用いてボディ幅を狭める事でゲートの制御 性を上げ、電流特性の向上を狙っている。しかし、 ボディ幅が狭すぎると量子効果により実効的な バンドギャップが広がるため、トンネル電流が減 少することが予測されている[1]。

一方メタモルフィックバッファと呼ばれる、基 板の格子定数に依らずに材料を選択できる技術 が提唱されている。そこで量子効果が起きている 状態の実効バンドギャップを小さくする組成比 を検討し特性の向上を試みた。

2. シミュレーション結果と考察

シミュレーション方法は[1]の手順と同様にシ ュレディンガーポアソンモデルによって価電子 帯、伝導帯の第一サブバンドを求め、このサブバ ンドを実効的なバンドギャップとして、ドリフト 拡散モデルに反映させてシミュレーションを行 った。シミュレーターにはSILVACO社のAtlasを 使い、トンネル電流の計算には非局所バンド間ト ンネルモデルを用いた。

格子整合を保ちつつ量子効果を考慮した時に 最もバンドギャップが小さくなる $GaAs_{0.16}Sb_{0.84}/In_{0.91}Ga_{0.09}As$ を選んだ(Fig.1)。検討したTFETの構 造をFig.2に示す。シミュレーション結果から $V_{GS,ON} = V_{GS,OFF}(@I = 10pA/um) + V_{DD}(0.5V)$ と して I_{ON} を求め、ゲート容量(C_G)は $V_{GS,OFF} \sim V_{GS,ON}$ の最大ゲート容量としてシミュレーションで求 めた。そしてN型TFETの真性遅延時間として $\tau = C_G V_{DD}/I_{ON}$ を計算した。

先行研究[1]と今回検討したデバイス構造の結 果とITRS2013の2028年のNMOS目標性能を比較 した(Fig.3)。検討したデバイスは[1]の結果に比べ I_{ON} が高く、ITRSの目標性能と比べても低い電源 電圧 V_{DD} で、短い遅延時間となった。TFETは I_{ON} が 低い欠点があるが、小さいゲート容量を持つこと で遅延時間が短くなる可能性があると分かった。

3. まとめ

量子効果を考慮したシミュレーションにより ダブルゲートヘテロ TFET の検討を行った。組成 比により実効的なバンドギャップを調整するこ とで $V_{DD} = 0.5V$ でのオン電流とゲート容量によ って ITRS の 2028 年の真性遅延を達成できる可 能性を見出した。

参考文献

[1] 國貞他 2018 応物春講演会 18a-G203-7



Fig.1 Effective bandgap between source and channel. $(GaAs_{1-0.92x}Sb_{0.92x}/In_xGa_{1-x}As)$



Fig.2 Simulation model of TFET.

	Target (2028Year)	Ref.[1] x=0.53	this work x=0.91
$V_{\rm DD}[\rm V]$	0.64	0.5	0.5
<i>I</i> _{OFF} [pA/um]	50	10	10
I _{ON} [uA/um]	295	29.6	118
$C_{\rm G}[{\rm fF/um}]$	0.69	0.28	0.32
τ[ps]	1.493	4.73	1.34

Fig.3 Low power technology requirements (ITRS2013) and simulation results