

メタル S/D 型 Ge n-MOSFET のチャネル移動度の基板濃度依存性

Dependence of substrate concentration on channel mobility of metal S/D Ge n-MOSFET

九大・大学院総合理工学府¹, 九大・GIC²,

°坂口 大成¹, 秋山 健太郎¹, 山本 圭介¹, 王 冬¹, 中島 寛²

I-Eggs, Kyushu Univ.¹, GIC, Kyushu Univ.², °Taisei Sakaguchi¹,

Kentaro Akiyama¹, Keisuke Yamamoto¹, Dong Wang¹, Hiroshi Nakashima²

E-mail: 2ES16031W@s.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

近年, Ge-CMOS の研究開発が加速している。我々グループは, メタル S/D 型 Ge-CMOS が Ge に適合するデバイス構造と考え, 研究を進めている[1]。n-MOSFET に於いて, TiN をスパッタ堆積することで低電子障壁を実現し, TiN-S/D 型 n-MOSFET のトランジスタ動作を確認している[2]。また, S/D 領域を埋込み構造とすることで TiN-S/D の寄生抵抗 (R_p) が低減されることを報告している[3]。今回, Ge 基板濃度が TiN-S/D 型 n-MOSFET のチャネル移動度に与える影響を調査したので報告する。

2. 試料作製

使用した p 型(100)Ge 基板は, 基板濃度 (N_A) が 2.6×10^{14} , 9.0×10^{15} および $2.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の 3 種類である。基板の化学洗浄後, S/D 領域のパターニングを行い, 0.03%- H_2O_2 を用いて S/D 領域の掘り込みを行った。その後, TiN を堆積し, 400°C -30 min の PMA を行った。続いてゲート絶縁膜として $\text{SiO}_2/\text{GeO}_x$ 構造を形成した。($\text{EOT}=49\sim 51 \text{ nm}$) その後, 400°C -30 min の PDA を行い, ゲート電極として Al/Ti を堆積・加工し, 350°C -30 min の PMA を行った。最後にコンタクト電極を形成して TiN-S/D 型 n-MOSFET を作製した。チャネル長 (L) は 40, 60 および $100 \mu\text{m}$, チャネル幅 (W) は $390 \mu\text{m}$ である。

3. 電気特性

試作した 3 種類の n-MOSFET のソース電流 (I_S) - ゲート電圧 (V_G) 特性を Fig. 1 に示す。 N_A の減少に伴い, On 状態の I_S が増加していること, しきい値電圧 (V_T) が負方向へシフトしていること, が分かる。 $N_A=2.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の基板上に作製した n-MOSFET に対して, 各チャネル長の I_S - V_G 特性から算出したデバイス総抵抗 (R_T) - L プロットを Fig. 2 に示す。各プロットの近似直線の切片から R_p を見積ることができる。3 種類の N_A を持つ基板上の n-MOSFET から得られた R_p を Fig. 2 中の表に纏めている。 R_p は $160\sim 240 \Omega$ と得られ, S/D 埋め込み構造のない n-MOSFET と比較して低減されていることが分かる[3]。

Fig. 3 にデバイス特性から算出した電界効果移動度 (μ_{FE}) - V_G 特性の N_A 依存性を示す。 N_A の減少に伴い, ピーク μ_{FE} が増加していることが分かる。 N_A が 2.6×10^{14} と $2.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の n-MOSFET を比較すると, 前者の場合, 負にイオン化した空乏層電荷量は後者のそれより約 1 桁低い。従って, N_A の減少に伴い, クーロン散乱中心が低減し, ピーク μ_{FE} が向上したと考えられる。p-MOSFET に於ける μ_{FE} の N_A 依存性との比較について, 本講演で議論する。

参考文献: [1] K. Yamamoto et al., APEX. 4 (2011) 051301. [2] K. Yamamoto et al., APEX. 5 (2012) 051301. [3] Y. Nagatomi et al., SST. 32 (2017) 035001.

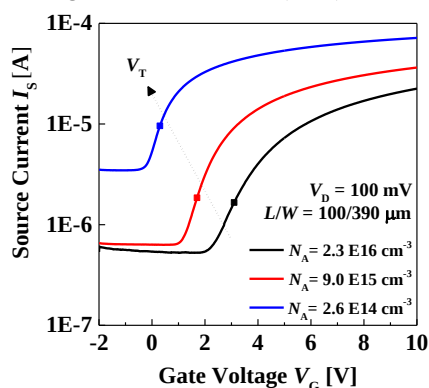


Fig. 1 I_S - V_G characteristics for n-MOSFETs with 3 kinds of N_A s.

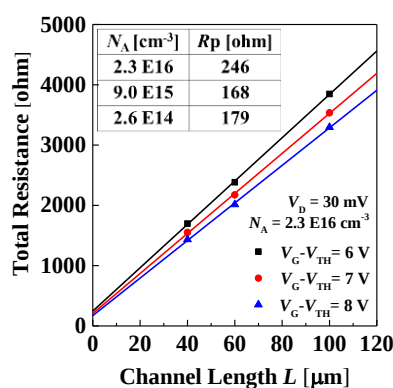


Fig. 2 Relation between R_T and L for n-MOSFET with $N_A=2.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.

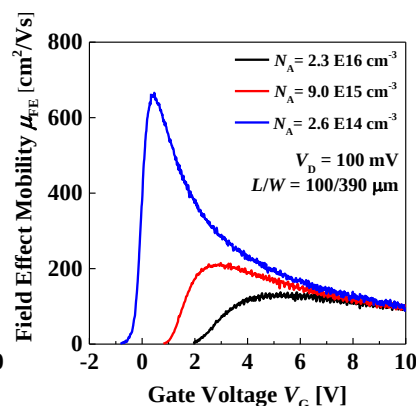


Fig. 3 μ_{FE} versus V_G curves for n-MOSFETs with 3 kinds of N_A s.