

高温動作集積回路用 SiC サイドゲート JFET の短チャネル効果に関する実験的研究

Experimental Study on Short-Channel Effects in Side-Gate SiC JFETs

京大院工 ○中島 誠志, 金 祺民, 金子 光顕, 木本 恒暢

Kyoto Univ., ○Masashi Nakajima, Qimin Jin, Mitsuaki Kaneko, Tsunenobu Kimoto

E-mail: nakajima@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに SiC JFET は高温環境で動作可能な論理回路素子として有望である[1]。我々は消費電力低減の観点からノーマリオフ型の n-JFET、p-JFET を組み合わせた相補型 JFET(CJFET)による論理回路を提案している。過去に、半絶縁性基板へのイオン注入により作製したサイドゲート構造を有する n-JFET、p-JFET の室温から 400°C でのノーマリオフ動作を報告している[2]。CMOS 回路と同様、CJFET においても高速化、高集積化のために短チャネル化が必要であるが、詳細な研究は行われていない[3]。本研究では集積回路用 SiC JFET の短チャネル効果の発現を確認し、考察を行ったので報告する。

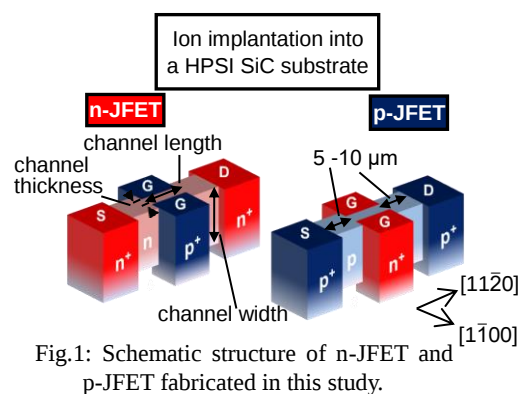


Fig.1: Schematic structure of n-JFET and p-JFET fabricated in this study.

JFET の作製と特性評価 作製した JFET の構造の模式図を図 1 に示す。高純度半絶縁性 SiC 基板に P イオンを注入し n 型を、Al イオンを注入し p 型を形成した。ゲートおよびチャネルのドーピング密度は約 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ および $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ とした。イオン注入後 1650°C で 10 分間活性化アニールを行った。チャネル幅 (深さ方向) は約 400 nm である。

チャネル厚 2 μm 、チャネル長 2 μm の場合の n-および p-JFET の $I_D - V_D$ 特性を図 2 に示す。ドレイン電流の飽和は見られず、短チャネル効果の発現が確認された。次に、ドレイン電流が 1nA 流れるような $V_D = 0.1 \text{ V}$ におけるゲート電圧と $V_D = 3 \text{ V}$ におけるゲート電圧の差を ΔV と定義する。 L_{mask} が 2 μm および 20 μm の場合の ΔV は、それぞれ $\Delta V_{L=2} = 0.5 \text{ V}$ および $\Delta V_{L=20} = 0.1 \text{ V}$ であり、これは、サイドゲート n-JFET においてドレイン誘起障壁低下が観察されたことを示唆する結果である。チャネル厚が異なるサイドゲート型 n-JFET の L_{mask} と ΔV の関係を図 3 に示す。 L_{mask} が 2 μm の場合、チャネル厚が薄いほど短チャネル効果が抑制される。SiC MOSFET の場合、高密度界面準位の存在により短チャネル効果が起こりやすいという報告があるが[4]、界面準位に起因するこのような現象は JFET では発現しない。また、拡散電位および誘電率を考慮すると、短チャネル効果が現れ始める臨界チャネル長は、Si JFET よりも SiC JFET の方が長いと推定される。発表では、SiC JFET における短チャネル効果のメカニズムについて議論する予定である。

[1] P. G. Neudeck et al., IEEE EDL **38**, (2017) 1082. [2] M. Nakajima et al., IEEE EDL **40**, (2019) 866

[3] J. Chang et al., IEEE EDL **57**, (2010) 1846. [4] M. Noborio et al., JJAP **49**, (2010) 024204.

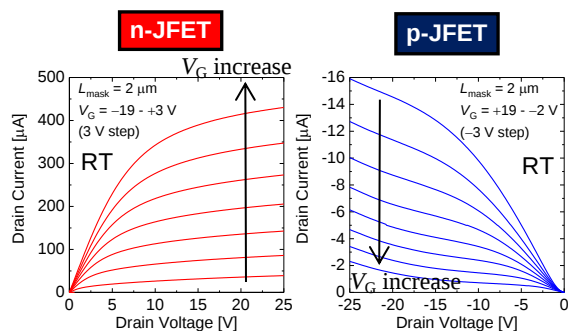


Fig.2 Drain characteristics of fabricated side-gate n- and p-JFETs with $L_{\text{mask}} = 2 \mu\text{m}$.

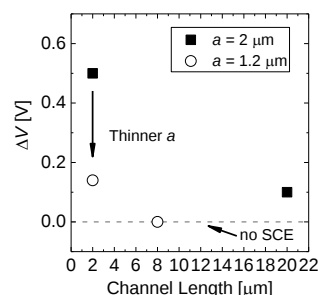


Fig.3 Relationship between L_{mask} and the ΔV in side-gate n-JFETs with different channel thicknesses.