

極低温における 200 nm SOI-FET の自己発熱と隣接デバイスへの熱伝導 Cryogenic 200nm SOI-FET Self-Heating and Thermal Conduction to Adjacent Devices

金沢工大¹, 産総研² ○八田 浩輔¹, 森 貴之¹, 岡 博史², 森 貴洋², 井田 次郎¹

Kanazawa Inst. of Tech.¹, AIST², ○K. Hatta¹, T. Mori¹, H. Oka², T. Mori², J. Ida¹

E-mail: c6401458@st.kanazawa-it.ac.jp

はじめに: 超伝導量子コンピュータの高集積化に際して, 配線を介した熱流入が課題の一つとなっており, 制御回路を極低温下に配置するアプローチが検討されている[1]. SOI-FET は極低温下での低消費電力を実現する制御デバイスとして期待されているが, Bulk 型 MOSFET よりも Self-Heating (SH)と呼ばれるデバイス発熱現象が顕著に現れる. 本研究では, 極低温における 200 nm SOI-FET の SH および隣接デバイスへの熱伝導の検討を 4 端子ゲート抵抗法[2]を用いて行った.

実験方法および結果: 図 1 に, 200nm SOI-FET の構造図を示す. デバイス温度(T_c)は, 4 端子ゲート抵抗法を用いてゲート抵抗の変化から推測した. SH 評価結果として, 図 1(b)の構造の ΔT_c - 入力電力(P_{in})を図 2 に示す. $T_{amb} = 3$ K の時, $P_{in} = 2.5$ mW で T_c が約 70 K 上昇した. 室温 (300K) に比べ低温では温度上昇が大きい. 次に, 図 1(c)に示す構造を用いて隣接デバイスへの熱伝導の検討を行った. ここでは, より大きな電力を投入するためにゲート抵抗をヒータとした. 図 3 に, P_{in} に対するヒータの温度変化(ΔT_h)を示す. $T_{amb} = 3$ K 時, $P_{in} = 20$ mW で ΔT_h が約 350 K 上昇した. この時の各隣接デバイスの温度変化(ΔT_{ad})とヒータからの距離(d)の関係を図 4 に示す. $d = 1.92$ μm では 40 K まで温度変化が低下した. さらに 3.84 μm 以降では, T_{amb} によらず温度変化が小さかった. 極低温で増強された SH は, 4 ゲートピッチ離れた隣接デバイスには殆ど伝導しないことが分かった.

謝辞: 本研究は, 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) の委託業務(JPNP16007)の結果から得られたものです.

参考文献: [1] H. Oka, *JSPAP*, vol. 91, no. 10, pp. 619-623, 2022. [2] F. E. Bergamaschi *et al.*, *IEEE TED*, vol.71, no.4, pp. 2598-2604, Apr. 2024.

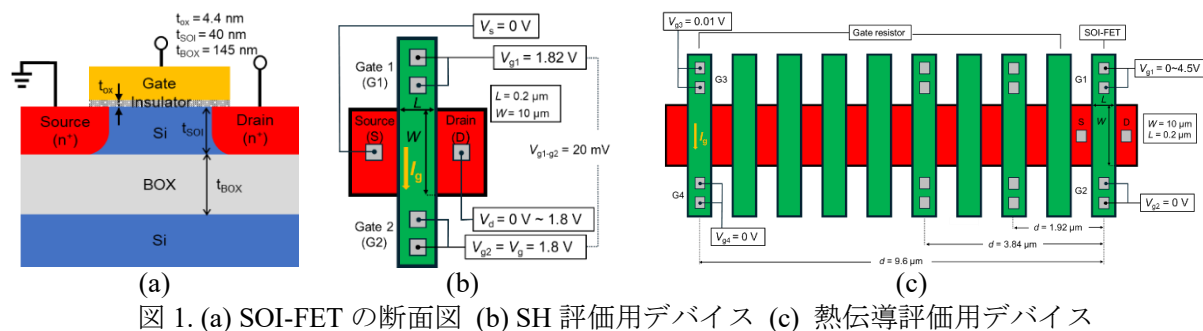


図 1. (a) SOI-FET の断面図 (b) SH 評価用デバイス (c) 熱伝導評価用デバイス

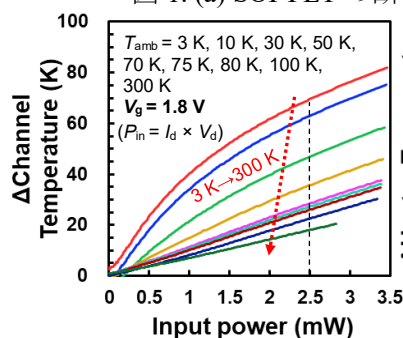


図 2. ΔT_c - P_{in}

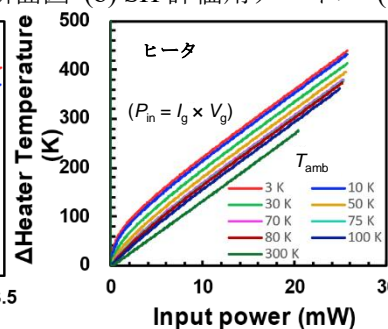


図 3. ΔT_h - P_{in}

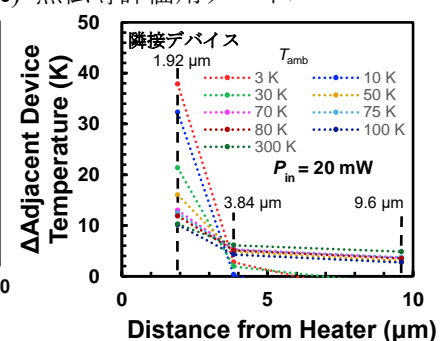


図 4. $P_{in} = 20$ mW の時の ΔT_{ad} - d