

4H-SiC nMOSFETs による論理インバータ回路の研究

Research on 4H-SiC Logic Inverters with MOSFETs

◦黒瀬 達也¹, 黒木 伸一郎¹, 長妻 宏郁¹, 石川 誠治^{1,2}, 前田 知徳^{1,2}, 瀬崎 洋^{1,2},
吉川 公磨¹, 牧野 高紘³, 大島 武³, Mikael Östling⁴, Carl-Mikael Zetterling⁴

(1. 広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所, 2. フェニテックセミコンダクター株式会社,
3. 日本原子力研究開発機構, 4. KTH Royal Institute of Technology)

◦Tatsuya Kurose¹, Shin-Ichiro Kuroki¹, Hirofumi Nagatsuma¹, Seiji Ishikawa^{1,2}, Tomonori Maeda^{1,2},
Hiroshi Sezaki^{1,2}, Takamaro Kikkawa¹, Takahiro Makino³, Takeshi Ohshima³,
Mikael Östling⁴, Carl-Mikael Zetterling⁴

(1. Hiroshima Univ., Research Inst. of Nanodevice and Bio Systems, 2. Phenittec Semiconductor Co.,Ltd.,
3. Japan Atomic Energy Agency, 4. KTH Royal Institute of Technology)

E-mail: {tatsuya-kurose, skuroki}@hiroshima-u.ac.jp

【はじめに】極限環境(高温、高放射線、高圧、腐食性ガスなど)では人が立ち入ることが難しいため、よりモニタリングが求められており、そのような環境でも動作可能な集積回路・センサーである、極限環境エレクトロニクスが必要とされる。4H-SiC は Si に比べてバンドギャップが大きく、耐熱性、耐放射線性に優れ、加工も可能であることから近年注目を浴びている半導体材料である。本研究グループでは、4H-SiC による nMOSFET の作製をし、その動作および高温および高ガンマ線照射後での動作を示した[1]。本研究では、高温・高放射線に耐えられる論理回路の作製を目的とし、4H-SiC nMOSFETs によるインバータ回路の作製をしたので報告する。

【実験方法】4H-SiC nMOSFETs によるインバータ回路(図1)を作製した。nMOSFET 作製では、4H-SiC の p 型基板を使い、S/D 領域のイオン注入では As を用いてドナー濃度: $N_D = 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ とし、ゲート酸化膜厚: $t_{ox} = 20 \text{ nm}$ とした。また、Nb/Ni シリサイドを用いてオーミックコンタクトを形成し、電極には Al を用いた。トランジスタサイズの条件は、チャンネル長では $L = 5 \mu\text{m}$ 、チャンネル幅では p 領域: $W_p = 25 \mu\text{m}$ 、n 領域: $W_n = 100 \mu\text{m}$ と p 領域: $W_p = 370 \mu\text{m}$ 、n 領域: $W_n = 1500 \mu\text{m}$ の 2 パターンにした。インバータ回路作成後、 $V_{DD} = 5 \text{ V}$, $GND = 0 \text{ V}$ とし、 V_{in} を 0 から 5V に変化させたときの V_{OUT} を測定した。

【実験結果】4H-SiC nMOSFETs によるインバータ回路の V_{in} - V_{OUT} 特性は、 $W_n = 100 \mu\text{m}$ のとき、図2の結果になった。図2より、ハイレベル時の出力電圧: $V_{Hi} = 2.0 \text{ V}$ 、ローレベル時の出力電圧: $V_{Lo} = 0 \text{ V}$ となるインバータの特性を得ることができ、インバータの閾値電圧 V_{thinv} は、 $V_{thinv} = 1.6 \text{ V}$ となった。 V_{Hi} が 2V と小さい値となった原因としては、nMOSFET の閾値電圧: $V_{thn} = 3.3 \text{ V}$ と高い値にしたため、 V_{DD} と V_{OUT} の間で閾値電圧分の電圧降下が起こったと考えられる。また、インバータの p 領域で nMOSFET を抵抗負荷として用いたため、 V_{in} に対して V_{OUT} が緩やかにリニアに変化する結果となった。

[1] H. Nagatsuma, S-I. Kuroki, M. De Silva, S. Ishikawa, T. Maeda, H. Sezaki, T. Kikkawa, M. Östling, and C.-M. Zetterling, "4H-SiC nMOSFETs with As-doped S/D and NbNi silicide ohmic contacts," The International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2015, Mo-P-26 (2015).

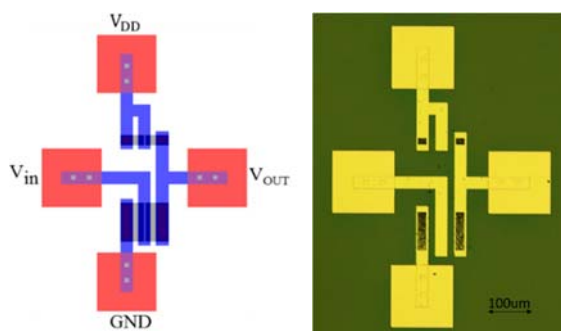


図1. 試作したインバータ回路

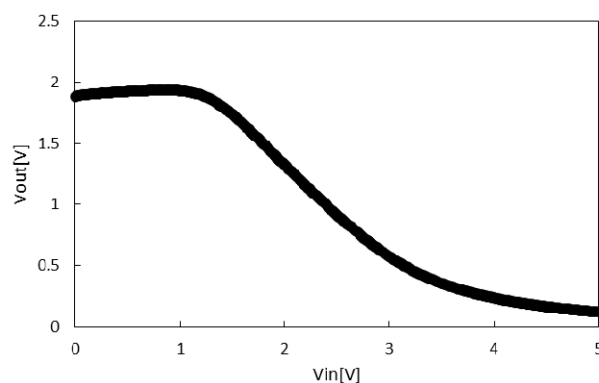


図2. インバータ回路 V_{in} - V_{OUT} 特性