

h-BN ヘテロ構造を用いたノーマリーオフ型高移動度ダイヤモンドトランジスタ

Normally-Off High-Mobility Diamond Transistor with a h-BN Heterostructure

物材機構¹, 筑波大数理² ○笹間 陽介¹, 蔭浦 泰資¹, 井村 将隆¹,渡邊 賢司¹, 谷口 尚¹, 内橋 隆¹, 山口 尚秀^{1,2}NIMS¹, Univ. of Tsukuba², °Yosuke Sasama¹, Taisuke Kageura¹, Masataka Imura¹,Kenji Watanabe¹, Takashi Taniguchi¹, Takashi Uchihashi¹, Yamaguchi Takahide^{1,2}

E-mail: SASAMA.Yosuke@nims.go.jp

ダイヤモンドは高い絶縁破壊電界や高い熱伝導率を持つワイドギャップ半導体であるため、高電界下や高温下でも動作可能な次世代パワーデバイス材料として高い注目を集めている。加えてダイヤモンドは高い移動度も持つため、高周波動作や低消費電力化においても有利である。これまでに報告されたダイヤモンド電界効果トランジスタ(FET)の多くは、水素終端表面上に作製されている。これは大気暴露等によって形成される表面アクセプター準位にダイヤモンドの価電子帯中の電子がトランスファーされて生じるキャリアを利用するためである。しかし、負に帯電した表面アクセプターがキャリアの散乱源となり、ダイヤモンドFETの移動度が低くなることが問題であった[1]。さらに表面アクセプターに誘起されるキャリアのためにFETがノーマリーオン動作になりやすく、安全性の観点からも問題があった。

本研究では、表面アクセプター密度を低減させた水素終端ダイヤモンドFETを作製した。ゲート絶縁体には、我々の先行研究[2,3]と同様に単結晶の六方晶窒化ホウ素(h-BN)を用いた。大気由来の表面アクセプター密度を低減させるため、水素プラズマによって水素終端化したダイヤモンド基板は大気に晒さずにArガス雰囲気グローブボックスへ搬送し、グローブボックス中でh-BN薄片を水素終端表面に貼り合わせた。ホール効果測定から得られた本研究のダイヤモンドFETの最大の移動度は $680 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であった。この移動度はこれまでに報告されているダイヤモンドFETの典型的な移動度よりも3倍以上高い値である(Fig. 1)。高い移動度に加えて、低オン面抵抗 ($1.4 \text{ k}\Omega$)、高オンオフ比 (10^8)、高ドレイン電流密度 (200 mAmm^{-1} 、ゲート長 $\approx 8 \mu\text{m}$)、ノーマリーオフ動作を同時に実現させることに成功した。このように表面アクセプター密度を低減させることによって、これまでにない高性能のダイヤモンドFETを実現させることに成功した。

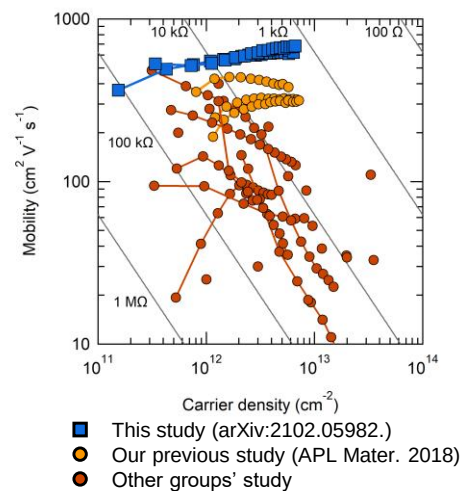


Figure 1. Mobility vs carrier density in diamond FETs.

[1] Y. Sasama et al., J. Appl. Phys. **127**, 185707 (2020).

[2] Y. Sasama et al., APL Mater. **6**, 111105 (2018).

[3] Y. Sasama et al., Phys. Rev. Mater. **3**, 121601(R) (2019).

[4] Y. Sasama et al., arXiv:2102.05982.