

最大ゲート幅  $W_G = 1 \text{ mm}$  を有する ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$   
多結晶ダイヤモンド MOSFETs の高周波特性評価  
Evaluation of Radio-Frequency Performance for ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$   
Polycrystalline Diamond MOSFETs with Maximum Gate Width  $W_G = 1 \text{ mm}$

早大理工<sup>1</sup>, 早大材研<sup>2c</sup>(B)荒井 雅一<sup>1</sup>, 今西 祥一郎<sup>1</sup>, 久楽 顕<sup>1</sup>, 堀川 清貴<sup>1</sup>  
平岩 篤<sup>1</sup>, 川原田 洋<sup>1,2</sup>

Waseda Univ.<sup>1</sup> Kagami Memorial Research Institute for Materials Science and Technology.<sup>2</sup>

<sup>o</sup>(B)Masakazu Arai<sup>1</sup>, Shoichiro Imanishi<sup>1</sup>, Ken Kudara<sup>1</sup>, Kiyotaka Horikawa<sup>1</sup>

Atsushi Hiraiwa<sup>1</sup>, Hiroshi Kawarada<sup>1,2</sup>

E-mail: [masa-tennis2962@fuji.waseda.jp](mailto:masa-tennis2962@fuji.waseda.jp)

ダイヤモンドは高い絶縁破壊電界や固体物質中最大の熱伝導率など優れた物性値を有することから、高周波・高出力増幅器としての応用が期待されている。我々は高温 ALD 法を用いてゲート絶縁膜・保護膜として  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (100 nm) を堆積させた高耐圧 ALD- $\text{Al}_2\text{O}_3$  ダイヤモンド MOSFET を作製し、p-FET で最高となる出力電力密度  $P_{\text{out}} = 3.8 \text{ W/mm}$  @1 GHz を達成した[1]。更なる出力電力の向上にはゲート幅を拡大する必要がある。しかしながら、高周波 FET において単位ゲート幅  $W_{\text{GU}}$  を拡大させるとゲート抵抗  $R_G$  が増大し、最大発振周波数  $f_{\text{max}} = (1/2)f_T(R_G R_{\text{GD}})^{-1/2}$  で表されることから  $f_{\text{max}}$  は低下する。本研究では、ゲート幅増加の影響を調査するために Fig. 1(a), (b) のように、単位ゲート幅  $W_{\text{GU}}$  を  $50 \mu\text{m}$  から  $500 \mu\text{m}$  まで拡大したデバイスを作製して高周波特性を評価した。

Fig. 1(a), (b) は  $W_{\text{GU}} = 50 \mu\text{m}$ ,  $500 \mu\text{m}$  を持つデバイスの上面図である。2つのゲートを持つダブルフィンガー構造であるため、全ゲート幅はそれぞれ  $W_G = 50 \times 2 = 100 \mu\text{m}$ ,  $W_G = 500 \times 2 = 1000 \mu\text{m}$  である。粒径が  $100 - 300 \mu\text{m}$  程度の  $\text{IIa}$  多結晶ダイヤモンド基板と  $\text{IIa}(110)$  高配向多結晶ダイヤモンド基板上に  $W_G$  が  $100, 200, 400, 600, 800, 1000 \mu\text{m}$  のデバイスを作製した。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜厚とソース・ゲート間隔  $L_{\text{SG}}$ 、ゲート長  $L_G$  はそれぞれ  $100 \text{ nm}$ ,  $1.0, 0.5 \mu\text{m}$  で固定し、ゲート・ドレイン間隔  $L_{\text{GD}}$  を  $1.5, 2.5 \mu\text{m}$  で変化させた。Fig. 2 にドレイン電流  $I_{\text{D}}$  @  $V_{\text{GS}} = -20 \text{ V}$ ,  $V_{\text{DS}} = -40 \text{ V}$  の  $W_G$  依存性を示す。Fig. 2 より  $W_G$  を拡大した時のドレイン電流密度の低下が 1 割程度であることから、多結晶粒界の影響が小さいことが確認できる。Fig. 3 に  $\text{IIa}(110)$  高配向多結晶基板上の FETs に対して測定した遮断周波数  $f_T$ 、最大発振周波数  $f_{\text{max}}$  (@  $V_{\text{GS}} = 28 \text{ V}$ ,  $V_{\text{DS}} = -40 \text{ V}$ ) の  $W_G$  依存性を示す。Fig. 3 より  $f_T$  は  $W_G$  を拡大しても一定であるが  $f_{\text{max}}$  は  $W_G$  の拡大に伴って低下していることが確認できる。 $f_T$  が一定であることから  $f_{\text{max}}$  の低下は多結晶粒界の影響ではなく、単位ゲート幅の拡大によって  $R_G$  が増大したためである。また、大信号測定では、 $W_G$  の増加により、デバイスのインピーダンスが低くなり、ロードプルにおいて最適インピーダンスでの測定が可能となったことを確認している。大信号特性については当日報告する。

[謝辞]本研究は、学際・国的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル双製共同研究プロジェクト(文科省)の支援を得た。

[1] S. Imanishi, H. Kawarada et al: *IEEE EDL*. **40** (2019) 279.

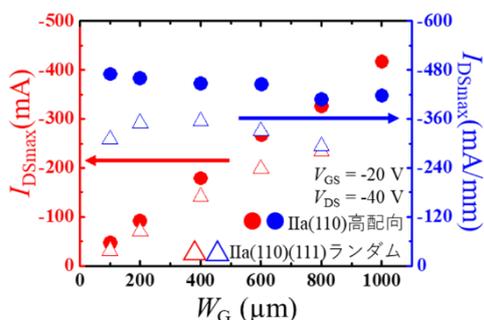


Fig. 2 Measured maximum drain current and maximum drain current density as a function of  $W_G$  for devices with  $L_{\text{SG}} = 1.0 \mu\text{m}$ ,  $L_G = 0.5 \mu\text{m}$  and  $L_{\text{GD}} = 1.5 \mu\text{m}$ .

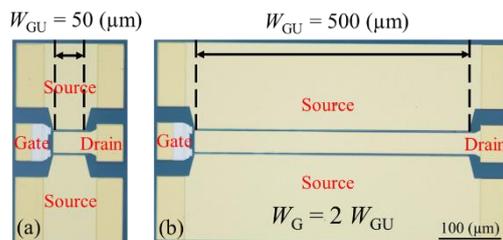


Fig. 1 Photograph of diamond FETs

(a) A device with  $W_{\text{GU}}$  of  $50 \mu\text{m}$

(b) A device with  $W_{\text{GU}}$  of  $500 \mu\text{m}$

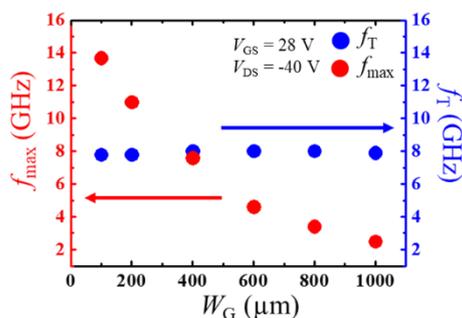


Fig. 3  $f_T$  and  $f_{\text{max}}$  as a function of  $W_G$  for devices with  $L_{\text{SG}} = 1.0 \mu\text{m}$ ,  $L_G = 0.5 \mu\text{m}$  and  $L_{\text{GD}} = 1.5 \mu\text{m}$ .