

相補型高周波増幅器応用に向けた (111)ダイヤモンド MOSFETs の高周波特性評価

High frequency performance evaluation of (111) diamond MOSFETs for complementary RF power amplifiers application

¹早稲田大学, ²早大材研 [○](B)久樂 顕¹, 今西 祥一朗¹, 大井 信敬¹, 大久保 智¹,
堀川 清貴¹, 蔭浦 泰資¹, 平岩 篤¹, 川原田 洋^{1,2}

Waseda Univ.¹ Kagami Memorial Research Institute for Materials Science and Technology.²

[○](B)Ken Kudara¹, Shoichiro Imanishi¹, Nobutaka Oi¹, Satoshi Okubo¹,

Kiyotaka Horikawa¹, Taisuke Kageura¹, Atsushi Hiraiwa¹, Hiroshi Kawarada^{1,2}

E-mail: k.k8-6-1fse@toki.waseda.jp

二次元正孔ガス(2DHG)ダイヤモンドは、表面チャネルを利用した高周波・高出力 p チャネル FET(p-FET)としての応用が期待される。特に、高効率である D 級高出力高周波増幅器には、n-FET と p-FET による相補型 FET が最適で、ダイヤモンド p-FET は GaN n-FET と相補的な回路を構成できる唯一の p-FET である。我々は、(110)高配向多結晶ダイヤモンド基板上に高品質絶縁膜 Al₂O₃ を有する 2DHG ダイヤモンド MOSFETs を作製し、高電圧(30 V ≤ |V_{DS}| ≤ 60 V)を印加することにより、p-FET として最高の高周波出力電力密度 3.8 W/mm 及び飽和キャリア速度 1.0 × 10⁷ cm/s の動作を報告した[1]。これは GaN 系以外の n-FET よりも高性能である。一方、高周波高出力 GaN n-FET は(111)単結晶ダイヤモンド基板上にヘテロエピタキシャル成長にて形成できる[2]。同基板で GaN n-FET に近い性能の p-FET を得ることができればモノリシック相補型高周波増幅器が実現可能になる。

本研究では、(111)単結晶ダイヤモンド基板上に、高品質絶縁膜 ALD-Al₂O₃ 100 nm を有する 2DHG ダイヤモンド MOSFETs を作製し、高電圧動作時(|V_{DS}| ≥ 30 V)の高周波特性を評価した。ソース・ゲート間隔 L_{SG}、ゲート長 L_G、チャネル幅 W_{ch}をそれぞれ 0.5、0.5、100 μm で固定し、ゲート・ドレイン間隔 L_{GD}を 1-3 μm の範囲で変化させた。Fig.1 に I_{DS}-V_{DS} 特性を示す。V_{GS} = -20 V、V_{DS} = -40 V において最大ドレイン電流密度 -470 mA/mm、-15 V ≤ V_{GS} ≤ 20 V、V_{DS} = -40 V において相互コンダクタンス 10 mS/mm が得られた。Fig.2 に De-embedding を行っていないパッド寄生成分を含む電流利得 |H₂₁|² 及び最大安定電力利得 MSG、最大有能電力利得 MAG の周波数依存性を示す。V_{GS} = 20 V、V_{DS} = -30 V において f_T = 28 GHz、f_{max} = 27 GHz が得られた。また、周波数 1 GHz、A 級動作にて大信号特性を評価した。V_{GS} = 10 V、V_{DS} = -40 V において、出力電力密度 P_{out} = 1.0 W/mm が得られた。さらなる高出力化が実現すれば、(111)ダイヤモンド上の GaN n-FET に近い性能が得られ、モノリシック相補型高周波増幅器の実現が期待できる。

[謝辞]本研究は、科研費基盤研究 (s)(No.26220903)の助成により実施され、学際・国際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 Electron Device Lett.* (2018). (in press)

[2] K. Hirama, M. Kasu et al: *IEEE Electron Device Lett.* 33 (2012) 513.

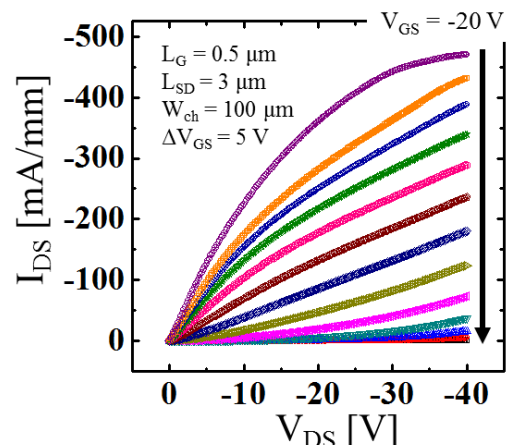


Fig.1 I_{DS}-V_{DS} characteristics

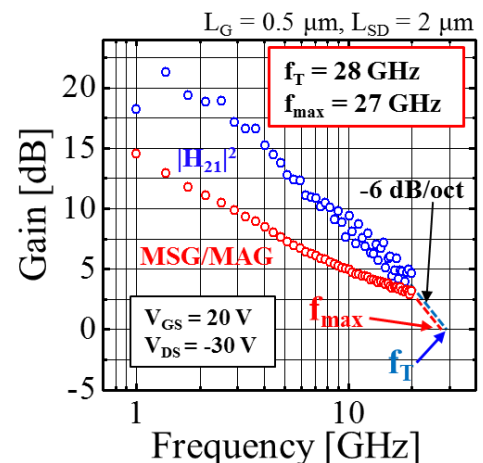


Fig.2 Extrinsic |H₂₁|² and MSG/MAG as a function of frequency