

宇宙応用デバイスを目指したダイヤモンド半導体素子研究の最近の進展 (招待講演)

嘉数 誠<sup>1,2a)</sup> 宮地晃平<sup>2</sup>、川崎繁男<sup>2</sup>

Recent progress of diamond semiconductor devices for space applications (Invited)

Makoto KASU<sup>1,2a)</sup>, Akihira MIYACHI<sup>2</sup>, Shigeo KAWASAKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>佐賀大学大学院工学系研究科

Graduate School of Science and Engineering, Saga University, 1 Honjo, Saga 840-8502, Japan

<sup>2</sup>宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1 Yoshinodai, Sagami-hara, Kanagawa 252-5210, Japan

<sup>(a)</sup>E-mail: kasu@cc.saga-u.ac.jp

ダイヤモンドはワイドギャップ半導体の一つであり、高い絶縁破壊電界 ( $E_{BR}$ ) や高いキャリア移動度( $\mu$ )を有する (表1)。そのため、ダイヤモンド素子は高周波、大電力が必要な衛星などの宇宙応用に、半導体のなかで最も適しており、期待されている (図1)。我々はこれまで、高周波電力応用を目的にダイヤモンド FET を作製し、ドレイン電流( $I_{DS}$ ) 1.35 A/mm、 遷移周波数( $f_T$ ) 45GHz、最大発振周波数( $f_{MAX}$ ) 120 GHz、1GHz での高周波電力密度 ( $P_{out}$ ) 2.1 W/mm と優れた特性を報告してきた。

一方、最近では高エネルギーを遠くまで伝送する無線電力伝送が注目されており、我々は上記の送電用のダイヤモンド FET だけではなく、受電側の装置のレクテナ应用到にダイヤモンドを用いることを考え、理論計算を行った。その結果、図2に示すように、半導体のなかで、ダイヤモンド素子が最も高効率になることがわかった。

つぎに2個のダイヤモンドショットキーバリアダイオード (SBD) を使用したデュアルダイオード回路を使ったレクテナを試作した。実験で得られた入力と出力の波形 (電圧の時間依存性) を図3に示す。周波数 10 MHz、振幅 9 V の高周波が約 4 V の DC に変換されていることがわかる。これから2個のダイヤモンド SBD で構成されたレクテナで高周波を DC に変換できることを実証した。

謝辞 貴重なご議論を頂いた佐賀大学大学院・大石敏之教授に感謝申し上げます。

キーワード ダイヤモンド半導体

Material	$E_G$ (eV)	$E_{BR}$ (MV/cm)	$v_{sat}$ ( $\times 10^7$ cm/s)	$\mu$ ( $cm^2/Vs$ )	$\epsilon_r$	$\lambda$ (W/cm <sup>2</sup> K)
Diamond	5.47	>10	1.5 (e) 1.05 (h)	~4500 (e) ~3800 (h)	5.7	22
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.8	8	---	~300 (e)	10	0.14
SiC	3.27	3.0	2 (e)	~900 (e) ~120 (h)	9.7	4.9
GaN	3.4	2.5	1-2.5 (e)	~2000 (e)	8.9	1.5
GaAs	1.4	0.4	1-2 (e)	~8500 (e) ~400 (h)	12.9	0.55
Si	1.1	0.3	1 (e)	~1400 (e) ~450 (h)	11.7	1.3

表1 半導体の電子物性値の比較

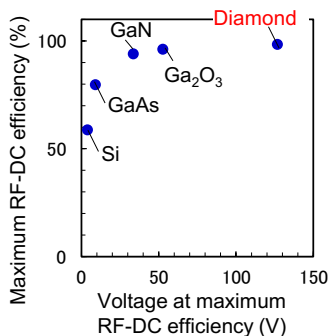


図2 レクテナの最大変換効率 (理論値)

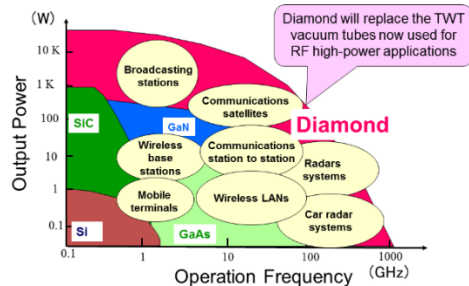


図1 ダイヤモンドの高周波電力応用の可能性

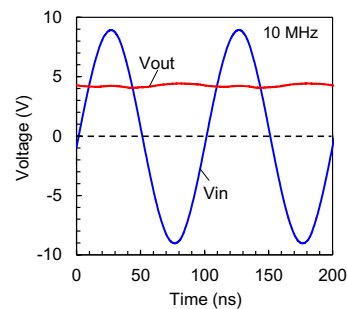


図3 ダイヤモンドレクテナの入出力波形 (実験値)