

## 高密度正孔ガスを利用したダイヤモンド高出力ミリ波トランジスタ

川原田 洋

(早稲田大学・理工学術院・教授)

### 【研究の概要等】

将来の移動体通信、衛星通信の中継、また超小型レーダーには高出力高周波送信用電界効果トランジスタ (FET) が不可欠です。従来の半導体 (Si、GaAs) では、物性上限界を迎え、物質中最高の熱伝導率と半導体中最高の絶縁破壊電界を有するダイヤモンドに期待がかかります。高周波動作には、FETに流れる電流を高速でスイッチします。これには10nm程度の薄い伝導領域が必要で、ダイヤモンドでは水素で覆われた (水素終端) 表面で生じるp型半導体表面です。表面近傍10nmにキャリアの90%が存在し、表面電位変化に対し、表面のキャリア (面密度が $10^{13}\text{cm}^{-2}$ 程度) がすばやく応答します。研究代表者はこのp型半導体表面で世界に先駆けてダイヤモンド高周波FETを開発しました。

本研究では、1)水素終端を保護する新たな界面創出による表面キャリア密度と移動度を上昇させ、FETの電流密度を1A/mmぐらまで上昇させます。2)FET構造最適化および寸法の微細化 (ゲート長 $0.1\mu\text{m}$ ) による高周波、高耐圧、耐環境での性能の向上等を行い、実用に耐えうる高出力・高周波でのデバイス動作を検討します。

### 【当該研究から期待される成果】

ダイヤモンドは、半導体として正孔移動度が最も高く ( $2000\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上)、pチャネルFETとして優れる。一方、GaN系 nチャネルFETは現在開発は民間企業で非常に進んでいるが、pチャネルFETは出来ていない。熱伝導性に優れるダイヤモンド基板上に形成されるダイヤモンドpチャネルFETとGaN系nチャネルFETによる相補型FETは、低消費電力ハイパワー高速スイッチング素子としての極限性能を実現でき、通信技術にとどまらず、電気自動車等への多角的な応用が期待できる。この場合、ダイヤモンドFETとGaN系FETは競合せず、補完的であり、新たな研究開発を枠組みが生まれる。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- 1) 川原田 洋、梅沢 仁、"ダイヤモンドにおけるキャリア輸送特性とFETへの応用"、応用物理、73, 3, 339-345 (2004).
- 2) H. Kawarada "Diamond field effect transistors using H-terminated surfaces" in Thin-Film Diamond II, Semiconductors and Semimetals, 77, 311-338(2004).
- 3) H. Matsudaira, H. Kawarada et al. "Over 20 GHz Cut-Off Frequency Deep Sub-micron Gate Diamond MISFET", IEEE Elect. Dev. Lett.,25 (7), 480-482 (2004).

【研究期間】 平成19年度－23年度

【研究経費】 32,000,000 円  
(19年度直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://www.kawarada-lab.com>