

「二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出」
平成22年度採択研究代表者

H26 年度
実績報告書

山崎 聡

(独)産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門
総括研究主幹

超低損失パワーデバイス実現のための基盤構築

§ 1. 研究実施体制

(1)「山崎」グループ

① 研究代表者:山崎聡 ((独)産業技術総合研究所、総括研究主幹)

② 研究項目

1) ダイヤモンド半導体基盤研究

1)－1. ダイヤモンド製膜技術開発と物性研究

1)－2. 界面制御・解析技術開発

2) 新構造パワーデバイスの作製・解析とデバイス物理の構築

2)－1. デバイス作製技術開発

2)－2. 新しい物性を取り込んだデバイス物理の構築

2)－3. 新構造パワーデバイスの提案

(2)「小泉」グループ

① 主たる共同研究者:小泉聡 ((独)物質・材料研究機構、主幹研究員)

② 研究項目

1) ダイヤモンド半導体基盤研究

1)－1. ダイヤモンド製膜技術開発と物性研究

(3)「波多野」グループ

① 主たる共同研究者:波多野睦子 (東京工業大学、教授)

② 研究項目

1) 新構造パワーデバイスの作製・解析とデバイス物理の構築

1) - 1. デバイス作製技術開発

(4)「斎藤」グループ

① 主たる共同研究者: 齋藤丈靖 (大阪府立大学、准教授)

② 研究項目

1) ダイヤモンド半導体基盤研究

1) - 1. 界面制御・解析技術開発

(5)「徳田」グループ

① 主たる共同研究者: 徳田則夫 (金沢大学、准教授)

② 研究項目

1) ダイヤモンド半導体基盤研究

1) - 1. ダイヤモンド製膜技術開発と物性研究

(6)「小山」グループ

① 主たる共同研究者: 小山和博 (デンソー、担当課長)

② 研究項目

1) 新構造パワーデバイスの作製・解析とデバイス物理の構築

1) - 1. 新構造パワーデバイスの提案と要素技術構築

§ 2. 研究実施の概要

二酸化炭素排出抑制に大きな効果を持つ、新概念の超低損失パワーデバイス実現のための**基盤構築**を行う。その候補として、**特異な物性を持つダイヤモンド半導体**を取り上げる。超低損失パワーデバイス実現に必要なダイヤモンド特有の物性の物理的理解、その物性を利用した新しいデバイス物理の構築、材料プロセス・デバイス作製プロセスの問題点の抽出とその解決策の検討を総合的に行い、超低損失パワーデバイスを提案・試作し、実用化への道筋をつける。

本課題5年目にあたる平成26年度は、産総研、東工大、物材機構、阪府大、金沢大学、に加え、企業よりデンソーを加えた陣容で研究を遂行した。産総研・物材機構のつくばを中心に、試料作成、デバイス作製を行い、一部を東工大・阪府大・金沢大で行った。デンソーにおいては、シミュレーション技術を用い、デバイス設計を行った。また、産総研外来研究員として、東芝、大阪大学の協力を得た。

ダイヤモンド特有の電子輸送現象の解明

ダイヤモンドと従来の半導体の電子物性の大きな相違点は、ダイヤモンドの比誘電率が従来の半導体の半分程度しかないことをから生じる。最も顕著な特異な特性として、ダイヤモンドでは自由励起子が室温下でも安定に存在できることが挙げられ、従来の半導体でのデバイス物理は自由電子・正孔の運動を考慮して構築されたのに対し、ダイヤモンドでは自由電子・正孔に加えて自由励起子の運動を考慮して構築しなければならないことになる。本年度はダイヤモンド特有の電子正孔再結合機構およびトラップ現象を明らかにした。

伝導度変調によるJFETの電流増幅

JFETのチャネルは、p型ダイヤモンドチャネルの不純物であるボロンの活性化率が低いため、室温で増大させることは困難である。本研究では、バイポーラモード動作による電流増幅を目的として、ゲートからマイノリティキャリアである電子を注入することにより、ダイヤモンド中での伝導度変調を世界で初めて確認した。伝導度変調により、電流は約4倍増大し、オン抵抗は $57.3 \text{ m}\cdot\text{cm}^2$ から $16.2 \text{ m}\cdot\text{cm}^2$ に向上することに成功した。

高濃度リンドーピングを可能とする新規構造成膜装置開発

ダイヤモンドのn型ドーピングに関して、装置構造の新規設計・改造により、高効率なリン原子の結晶内取り込みを実現し、検証した。P/C: 1,000ppm以上の高濃度リンドープ薄膜成長条件において薄膜の特性評価を行った。比較的高濃度のドーピングにおいても取り込み効率は高く保たれ、最高で10%、平均しても数%の値を示した。高濃度領域での薄膜成長速度はおおよそ400nm/hであった。