

1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：「二次元機能性原子薄膜を用いた革新的赤外線センサの研究」
- (2) 研究代表者：富士通株式会社 佐藤 信太郎
- (3) 研究期間：平成30年度～令和4年度（予定）

2. 中間評価の実施概要

日時：令和2年11月5日
場所：防衛装備庁 艦艇装備研究所
評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授
平澤 洽（委員長）
東京農工大学 名誉教授
佐藤 勝昭
公立千歳科学技術大学 理工学部 特任教授
下村 政嗣
東京工業大学 名誉教授
谷岡 明彦
科学技術振興機構 研究開発戦略センター
企画運営室長、フェロー
中山 智弘
理化学研究所 光量子工学研究センター センター長
緑川 克美

（委員長以外は五十音順・敬称略）

3. 研究の進捗状況

研究の概要

本研究では、従来センサの限界を打破する、高速かつ高感度な撮像を室温で可能とする革新的赤外線センサの実現を目指し、グラフェンを活用した新たな赤外線センサ構造の要素技術の確立を推進する。

進捗状況

主な実施項目に対する進捗は以下の通り。

- (1) ランダム積層グラフェン合成技術の開発
100層以上のランダム積層多層グラフェンを合成する技術を開発し、ラマンスペクトルのG/Dバンドの強度比で50以上となる高品質多層合成を実現した。
- (2) ランダム積層グラフェン大面積合成技術の開発
ニッケルスパッタ膜を利用したプラズマCVDにより、結晶品質と層数制御性の著しい向上を達成し、3インチウェハへの大面積多層グラフェン積層を実現した。

(3) 転写による多層化技術の開発

自動ドライ転写装置を独自開発し、シリコン基板へのグラフェン 10 層の繰り返しドライ転写を実証した。

(4) グラフェンへの低抵抗コンタクト形成技術の開発

プロセスの最適化及び新規開発したエッジ加工技術を CVD 合成したランダム多層グラフェン素子に適用することで、最終目標を上回る低抵抗化を実現した。

(5) グラフェンの光熱電効果シミュレーション

電極金属とのエッジコンタクトによりグラフェン中に誘起されるポテンシャル変化を第一原理シミュレーションで解析した。

(6) TMDC 積層構造の物性の理論的解析

TMDC (遷移金属ダイカルコゲナイト) のバンドエンジニアリングについて、第一原理シミュレーションにより解析し、吸収端を近赤外から短波長赤外へ長波長化する構造を新たに提案した。

(7) TMDC 合成技術、積層合成技術の開発

多種の TMDC 成膜に加え、ガラス基板上のグレイン増大及び 2 インチ全面被覆を実証した。また、MBE 法では $\text{MoSe}_2/\text{WSe}_2$ 系での 2 層ヘテロ積層を実証した。

(8) 赤外線センサ素子作製プロセスの開発と特性評価

試作したセンサにおいて従来よりも 2 桁高い検出感度を実現したが、中間目標の達成には至らず、プラズモン援用構造の導入等により令和 2 年度中の達成を目指す。

4. 中間評価の評点

B 進捗は順調であり、研究計画に沿って進めてよい。

5. 総合コメント

多くの知見を取り込みながら柔軟に対応し、最終目標に向けて着実に進んでいると判断する。ただし、基本的なメカニズムの解明が不十分であり、実施事項が多岐に渡っている一方で、その体系的な理解に及んでいない。基礎研究として追求する部分を今一度整理した上で、研究対象を絞り込み、爾後の研究に取り組まれない。

6. 主な個別コメント

- チャレンジングな目標ではあるが、多様な試みを柔軟かつ精力的に行っており、達成が期待できる。
- 達成に向けて着実に進捗しているが、競合の多い技術の進歩も早い分野である。従来研究を凌駕する論文等が出せるよう、一層の努力を望む。
- 基礎的なメカニズムが未解明のまま研究を進めるのは避けるべき。性能の向上のみに目を奪われず、現象の解明にも励んでいただきたい。
- 感度向上にはプラズモン・ホット電子相互作用の解明が必要ではないか。
- 分担研究機関との役割分担は適切だが、全体的なシナジー効果が明らかになることを期待する。