

【学術変革領域研究 (B)】

14族ナノシート科学の創成 (14族ナノシート)

	研究代表者	名古屋大学・大学院工学研究科・准教授 黒澤 昌志 (くろさわ まさし)	研究者番号：40715439
	研究課題情報	領域番号：24B208 キーワード：14族ナノシート、重い14族元素(Si, Ge, Sn)、低次元物質、半導体、新機能開拓	研究期間：2024年度～2026年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか (研究の背景・目的)

● 研究の全体像

本領域の目的は、14族ナノシート(グラフェンの炭素を重い14族元素に置換した二次元物質)が示す新奇物性を深く理解し、当該材料に潜んでいる能力を最大限に引き出す新たな研究領域『14族ナノシート科学』を創成することである。当該材料は、従来のバルク14族半導体や低次元物質と同じ特徴を持ちながら、トポロジカル性の発現といったこれまでにない新奇物性の発現が予想されている。本領域では、合成・物性・応用・理論の4分野融合により物性解明を進め、深遠な物理モデルとしての追及にとどまっていた本コミュニティの学術水準の飛躍的向上を目指す。応用展開を見据えたデバイスプロセス技術の構築も並行して進め、14族ナノシートの物性を精密に制御する新たな表面・界面設計指針を国内外および産業界へ提供する。

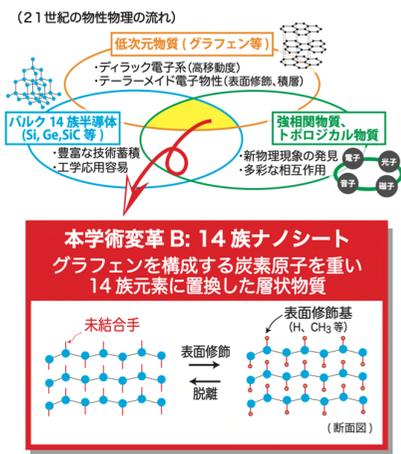


図1 本プロジェクトの概要

● 研究の背景

14族ナノシートは、1994年に武田京三郎および白石賢二(現、早稲田大学教授および名古屋大学教授)によってその存在が予想された。長い間空想の産物であったが、2012年以降、全ての14族ナノシートの合成に成功している。ただし、分厚い金属上に合成されているため、残念ながら真のキャリア輸送特性を知ることはできていない。

基礎的研究の視点から、これまでの進展を振り返ってみる。合成研究では金属上への合成からの脱却を試みる研究者はおらず、新材料開発にとどまっている。理論研究では実験に寄り添った計算は極めて少なく、深遠な物理モデルとしての追及にとどまっている。すなわち、全体としての統一的な取り組みや方向性を持たず発散しているようにも見える。応用研究の視点から当該材料を眺めると、シリコン半導体集積回路の道しるべ「国際デバイスおよびシステムロードマップ(2022年版)」にゲルマニウムやスズの二次元結晶が革新的材料として掲載されていることに気づく。しかしながら、シリコン半導体のコミュニティはどちらかというと保守主義であり、萌芽段階の新材料導入には否定的である。14族ナノシート研究に取り組むシリコン半導体の研究者は皆無である。このままでは、理論予測で言われている物性はどれが実現可能なのか？半導体デバイスに使えるような材料なのか？を見極めることは難しく、14族ナノシート研究の永続的な発展は期待できない。本コミュニティの学術水準向上と強化には、それぞれの趣くままに研究を進めてきた第一ステージから早く卒業すること。分野を超えた英知を結集することができる共通基盤を整備しそれぞれの成果を相互利用すること。そして、14族ナノシート研究の方向を定めることが必要不可欠である。その旗振り役になるべく研究を推進するのが、本学術変革領域Bである。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

本学術変革領域研究(B)では、(1)これまでに我々が開発してきた14族ナノシート合成法を更に発展させる(層数や積層方向の配列制御、大口径化に取り組む)とともに、(2)その結晶構造・化学結合・電子状態を同定した上で、(3)新奇物性を世界に先駆け実測する。最終的には、(4)14族ナノシートを基軸としたこれからの時代の応用物理学を切り拓くための新たな材料設計指針を国内外および産業界へ提供する。3年後に学術変革領域Aに展開することを念頭におき、14族ナノシートで発現する各量子(電子、光子、磁子(スピノン)、音子(フォノン)等)の新奇物性探求や機構解明に留まらず、応用展開の際に必要な不可欠となるデバイスプロセス技術の構築も並行して進める。

X00総括班 14族ナノシートに関する総括的研究

代表：黒澤 昌志(領域代表、A01班代表)
 分担：安藤 裕一郎(B01班代表)、川那子 高暢(C01班代表)、洗平 昌晃(D01班代表)
 役割：領域全体の研究方針決定、各班の有機的連携強化・課題解決のサポート、情報発信

A01合成班 14族ナノシートの合成

代表：黒澤 昌志(半導体工学、熱電材料)
 分担：大田 晃生(界面科学)
 役割：大気安定に優れる薄膜試料及びブレイク試料の合成

B01物性班 14族ナノシートの物性評価

代表：安藤 裕一郎(スピノン物性)
 分担：柚原 淳司(表面科学)
 役割：複数種類の14族ナノシートの創生および物性評価

C01応用班 14族ナノシートのデバイス応用

代表：川那子 高暢(デバイス工学)
 役割：14族ナノシートのデバイスプロセス確立、デバイスの電気特性評価、省電力回路(CMOS回路、図2)の作製と特性評価

D01理論班 14族ナノシートのキャリア輸送特性と新機能開拓

代表：洗平 昌晃(計算物質科学)
 分担：山影 相(トポロジカル物性)
 役割：キャリア輸送特性の解析、新物性探索、実験のサポートを担う計算

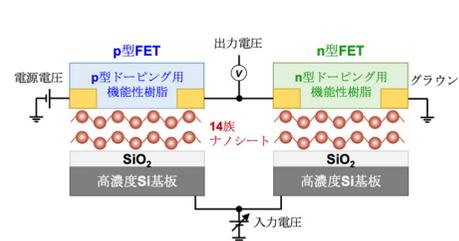


図2 14族ナノシートのCMOS回路構成 (p型およびn型トランジスタから構成される省電力回路)

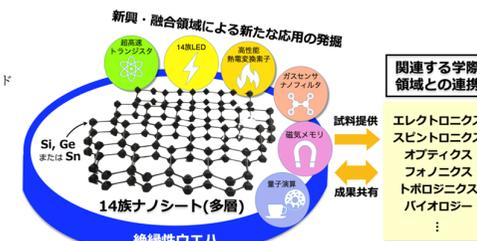


図3 令和9年度以降の展望に関する概念図

