

○戦略目標「新たな半導体デバイス構造に向けた低次元マテリアルの活用基盤技術」の下の研究領域

新原理デバイス創成のためのナノマテリアル

研究総括： 岩佐 義宏 （理化学研究所 創発物性科学研究センター 副センター長）

研究領域の概要

本研究領域では、2次元物質をはじめとする多様なナノマテリアルの電子デバイスに関する基礎学理の構築と基盤技術の開発を目的とします。ナノマテリアルは、近年ファンデルワールス物質の特徴を生かしたナノチューブや2次元物質が最先端半導体デバイスのコアマテリアルとして期待されているだけでなく、種々のセンサ、光デバイス、スピントロニクスデバイスなどとして応用が進展しています。一方、2次元物質は、そのデバイス化によってバルク材料では実現できない量子物性が数多く発見され、世界的に大きなインパクトを与えています。このように、ナノマテリアルとそのデバイスを用いて、先端エレクトロニクスの基礎を切り開くとともに、新規物性を開拓しこれに基づくデバイスの新原理を創成します。これによって、ナノマテリアルでしかできない新機能、高性能デバイスの実現を目指します。

具体的には、ファンデルワールス物質に限らず、電子機能を有するあらゆるナノマテリアルを対象とし、極薄膜や界面なども含みます。物質の合成から、デバイス作製とそのプロセス開発、基礎物性の解明から機能開発と高度化まで、物理、化学、材料科学、電子工学などの学際的アプローチで、独創性の高い基礎学理を確立するとともに、ナノマテリアルの活用基盤技術を構築します。

募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

1. 背景と基本方針

今日、電子デバイスの材料研究の対象は、非常に多様な物質群に広がっています。これは、限られた材料に特化して行われていた前世紀の電子デバイス材料研究とは大きく異なる、現代物質科学の特徴です。その中心となるのが、カーボンナノチューブからグラフェンに続く炭素物質であり、さらにそれを拡張した遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)を中心とする無機の2次元物質です。これらの物質は、急激に発展するデジタル社会の根幹となる半導体集積回路のコア物質となることが期待され、世界的に研究開発が活発化している物質群です。集積回路以外にも、特異な電子構造を活用した光・テラヘルツデバイス、スピントロニクスデバイス、センサなどのさまざまな機能開発とその実用化に向けた研究が進行中です。

一方このようなナノマテリアルのデバイスは、近年、特有の物性発現の場としても大きな注目を浴びています。最も有名なものはツイスト2層グラフェンのモアレ超格子によって実現される強相関超

伝導や強磁性などの多彩な量子物性で、これらは、ナノマテリアルで初めて発現する物性をデバイス構造により実現させた典型例です。

以上のように、ナノマテリアルとそのデバイスは、革新的な電子機能、未知の電子物性を実現する大きな可能性を有しています。本研究領域では、ナノマテリアルの持つ新しい可能性を発掘するとともにそれを最大化し、現状を突破するような研究を推進します。また、将来のデジタル社会を支える新材料の基礎科学において学術的リーダーシップを発揮していきます。

2. 想定する研究分野と募集選考の方針

本研究領域が想定する研究分野は、広い意味でのナノマテリアルとそのデバイスの物性と機能です。ナノマテリアルとしては、2次元、1次元、0次元的な構造を有する物質です。具体的には、炭素物質、無機物質、有機物質などのファンデルワールス物質に加え、ナノロッド、ナノチューブ、ナノ粒子やその集合体、さらに半導体や酸化物等の超薄膜、界面なども対象に入ります。物性としては、半導体物性に限らず、超伝導などの強相関物性、トポロジカル物性など広く対象とします。デバイス機能としては、トランジスタなどの電子デバイス、スピントロニクスデバイス、THz・光デバイス、各種センサが中心ですが、熱電変換や蓄電などのエネルギーデバイスも対象とします。学術分野としては物性物理学、化学、材料科学、応用物理学、電子工学などが中心となると想定していますが、特に限定しません。

以上のような方針の下、主に以下のような3つのアプローチの研究を募集します。

(1) ナノマテリアルとそのデバイスの学理と新機能の探求

ナノマテリアルの合成からデバイス作製、物性・機能探索を一気通貫で行うスタイル

(2) 物質合成やデバイスプロセスの要素技術の研究

特殊な、あるいは高純度のナノマテリアルの作製や、デバイス作製プロセスの高度化、界面物性の解明

(3) ナノマテリアルデバイスの高度化に資する研究

ア、新しい物質、現象、機能の予測を可能とする理論・計算

イ、構造・電子状態の計測・評価技術の開拓

ウ、バルクの物性研究

これらのアプローチをとる場合は、ナノマテリアルの特徴を生かしたデバイスの物性解明、機能の高度化にどのようにつなげるのかに関して、考察と展望が求められます。

3. 運営方針

さがけ研究は単独研究であり、2. (1)のアプローチ、すなわち、ナノマテリアルの合成、デバイス作製とプロセス研究、さらには物性開拓まですべてを単独で行うことが難しい場合があるかもしれません。このような場合は研究を効率的に推進するために、国内外の関連研究室との連携や海外との共同研究を推奨します。

また、年間2回の開催を予定している領域全体会議などを通して、本研究領域内での研究者同

士の積極的な交流や連携を推進し、分野を異にする科学技術の間からの新しい研究の創出を図ります。この機会を、若手研究者間のネットワークを構築し、お互いの切磋琢磨によって研究者としてのさらなる向上を促す場としたいと思います。また、同じ戦略目標の下で実施する CREST「ナノ物質を用いた半導体デバイス構造の活用基盤技術」との連携や外部との学术交流を進めます。以上の活動を通して、文字通り時代のさきがけとなる成果と、将来のリーダー人材が多数出てくることを期待しています。

4. 研究期間と研究費

研究期間は原則3年半以内、研究費は総額 4,000 万円(間接経費を除く)を上限とします。