

助成対象研究の紹介文

新規二次元物質の開拓とエレクトロニクス・スピントロニクス応用

京都大学大学院工学研究科 准教授 安藤 裕一郎

二次元物質の代表格であるグラフェンは特異な電子状態(ディラック電子状態)が期待され、理学・工学の両観点で大きな注目を集めてきました。グラフェン研究の成功を契機として、二次元物質の研究は拡がりを見せています。例えば遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)のいくつかは半導体の特性を示し、単層膜の電気伝導特性(移動度等)はシリコン(Si)やゲルマニウム(Ge)等の極薄チャンネルを凌駕すると期待されています。更に特異なスピン状態を用いたスピントロニクス応用も期待されているほか、トポロジカル物質として注目されている物質もあります。グラフェンを第一世代の二次元物質とすれば、TMDCは第二世代と呼べるほどの隆盛を極めています。最近では複数の二次元物質を積層し、新奇物性を創成する研究も盛んに行われています。しかし、二次元物質自体の種類はいまだに少なく、新しい二次元物質の創成、探索が重要だと考えられます。

これらを背景とし、本研究ではごく最近発見され、物性解明が未踏の二次元物質として、14族元素のハニカム二次元物質である14族ポストグラフェン(14PG)およびその終端物質(終端14PG)に注目しております(下表参照)。グラフェンと類似の原子構造を有しますが、炭素よりも原子番号の大きい14族元素で構成されるので、有限のスピン軌道相互作用が期待できます。またバククル構造(凹凸構造)を有するため、グラフェンにはない特性が期待されています。ディインターカレーション法(特定層の選択的エッチングによる二次元化)という第一、第二世代の二次元物質とは異なる合成手法で作製されており、材料の設計自由度も高い物質と言えます。しかし、電気伝導特性を含め物性の多くは実験的に未解明であり、正確な評価手法も未確立です。本研究はこのような“第三世代”の二次元物質の物性を解明し、エレクトロニクス・スピントロニクス応用の可能性を検討します。

【実用化が期待される分野】最先端LSIではチャンネルの極薄化が検討されておりますが、その際に移動度の低下が懸念されております。一方、14PGは移動度が高い特徴があり、極薄化の最終形態とも位置付けられます。作製技術等が成熟した暁には、LSI技術と親和性の高い最先端LSIのチャンネル材料への応用が期待できます。

表 (a)14PGと(b)終端PGの特長、

(a) 14PG		(b) 終端14PG	
特長	備考	特長	備考
ディラック電子系材料	超高速動作可能	高い移動度	高速動作可能
バンドギャップ・トポロジカル性の変調	垂直電界、歪で変調可能	直接遷移半導体	受発光素子可能, 良好な光応答性
トポロジカルエッジ状態	無散逸電流・スピンの輸送	バンドギャップの変調	Siベース(約3eV), Geベース(約1.5eV)母材組成や終端元素, 歪で可能
二次元物質	高いフレキシブル性	二次元物質	高いフレキシブル性

