



研究課題名 スマート社会基盤素子に向けた最軽量原子層材料の開発

東京大学・物性研究所・教授

まつだ いわお
松田 巖

研究課題番号： 21H05012

研究者番号： 00343103

研究期間： 令和3年度～令和7年度 研究経費（期間全体の直接経費）： 80,300千円

キーワード： 2次元材料、原子層、ポロフェン、ポロファン

【研究の背景・目的】

「単原子層」は物質として究極な薄さを有し、その物性は現代科学の重要な研究課題の1つであるだけでなく次世代デバイス材料としても注目を集めています。代表的な「グラフェン(graphene)」を中心に世界的に研究や開発が進められている中、我々は新たな単原子層材料としてホウ素の単原子シート「ポロフェン(borophene)」および水素化ホウ素シート「ポロファン(borophane)」の合成に世界で初めて成功してきました。さらに本物質がグラフェンでは実現し得ないディラック線半金属を成すことを明らかにし、水素輸送材料などの機能性も開拓してきました(図1)。本物質は軽量性、豊富な資源、環境負荷フリーなどの特徴があるだけでなく、高い電池特性も理論的に予測されており、さらにその新奇なディラック電子系が次世代通信帯域において大きな応答感度を持つことも期待されています。そこで本研究では我々が培ってきた材料合成と動作環境下測定(オペランド計測)の技術を駆使して、ポロフェン誘導体に潜む低次元電子系とホウ素の物理化学を明らかにすると共に、本物質のスマート社会基盤素子としての機能性開発を目的とします。

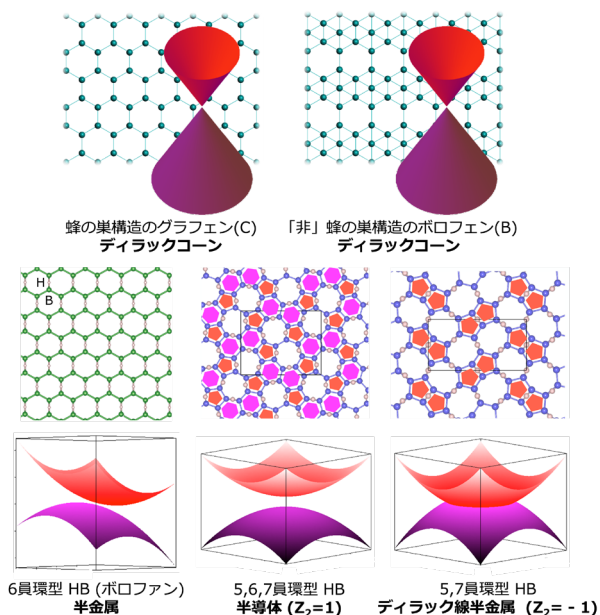


図1 軽元素原子層材料の原子構造と電子状態。

トポロジカル量 Z_2 で規定できるものもあります。

【研究の方法】

本研究ではポロフェン誘導体について、微視的な解析が可能な大面積合成試料と、実用化に向けた巨視的な材料評価が容易な大量合成試料の2種類で実験を行います。さらに両者に対してデバイス動作環境下における電子状態変化をホウ素の化学状態と合わせて「その場」観測します。このような「その場」実験は「オペランド計測」と呼ばれ、我々が開発したオペランドX線分光装置を用いて実験を行います。これらの測定によって得られた物質情報を総合的かつ相補的に収集し、理論計算やシミュレーションと組み合わせることで機能性の起源を明らかにすると共に、スマート社会基盤素子としての材料開発を行います。

【期待される成果と意義】

我々の社会を支える科学技術ではデバイスの微細化/多機能化が促進され、最近では情報に対するニーズが特に高まっており、「ヒト」と「モノ」のネットワークを介したつながりから「モノ同士」のコミュニケーション技術も必要とされています。今後のスマート社会ではヒト同士でより多くの情報を高速で交わすだけでなく、遠隔医療機器・工場内の機械・家畜の動物・農園の植物など、その対象も爆発的に広がっていきます。この未来を実現するためには膨大な量の通信素子が必要であり、豊富な材料資源や環境負荷についても検討が必要です。ポロフェン誘導体材料はこのような未来の持続可能なスマート社会に不可欠であり、ここに本研究の意義があります。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ I. Matsuda and K. Wu ed., *2D boron: Boraphene, Borophene, Boronene* (Springer, 2021).
- ・ I. Matsuda ed., *Monatomic Two-Dimensional Layers: Modern Experimental Approaches for Structure, Properties, and Industrial Use* (Elsevier, 2019).
- ・ 柚原淳司監修、「ポストグラフェン材料の創製と用途開発最前線～二次元ナノシートの物性評価、構造解析、合成、成膜プロセス技術、応用展開～」(エヌ・ティー・エス, 2020).

【ホームページ等】

東京大学物性研究所松田巖研究室ホームページ
<https://imatsuda.issp.u-tokyo.ac.jp>