

金属ホウ素単原子シートの発見

1. 発表者：

松田 巖（東京大学物性研究所 附属極限コヒーレント光科学研究センター 准教授）

2. 発表のポイント：

- ◆固体基板上にホウ素の単原子シートを合成し、その金属性を初めて観測した。
- ◆ホウ素は2次元単原子シートにすると金属性が発現することが予言されており、今回その実証に至った。
- ◆ホウ素単原子シートは今後、材料テンプレートとしてナノシート、ナノデバイス等の新材料への利用が期待される。

3. 発表概要：

東京大学物性研究所の松田巖准教授らの研究グループは、中国科学院の Sheng Meng 教授と Kehui Wu 教授のグループと共同で、結晶基板上にホウ素(B)の単原子シートを作製し、その金属性を観測することに初めて成功しました。

グラフェン(C)やシリセン(Si)など、1種類の元素から構成された単原子シートはナノテクノロジーの材料として近年盛んに研究が行われています。その中でホウ素(B)の単原子シートについてもその合成に期待が高まっていました。ホウ素の場合は単原子シートにすると金属になることが理論的に予言されていました。そして今回、本研究グループがホウ素の単原子シートの電子状態を光電子分光法（注1）で調べたところ、その金属性を実験的に直接観測することに成功しました。

ホウ素単原子シートは電気を流すだけでなく、超伝導転移も既に理論予測されています。また、ホウ素自身の化学的性質から、本シートをテンプレートとしてさまざまなホウ素化合物のシートの合成も可能となり、今後、新しいナノテクノロジー材料として各分野での利用が期待されます。

本研究成果はアメリカ物理学会の速報誌「Physical Review B rapid communication」に 2016 年 7 月 18 日（現地時間）に掲載されました。

4. 発表内容：

背景

昨今微細化が進められているナノデバイスの究極の素子として、厚さが原子1層分である2次元単原子シート（図1）に注目が集まっています。炭素の場合は「グラフェン」として知られ、現在エレクトロニクスなどへの応用研究が世界中で実施しており、最近では珪素から構成される「シリセン」やゲルマニウムの「ゲルマネン」などの2次元単原子シートの報告が続いています。ホウ素はこのような2次元単原子シートを構成できる可能性のある元素の中で最も質量が軽いものであり、材料科学としてその合成に世界中で競争が行われていました。一方、ホウ素はさまざまな結晶構造をとりますが、理論的にはホウ素の2次元原子シートが金属的になることが予言されており、物質科学における謎として、その検証には重要な意味がありました。そんな中、今年になってホウ素の2次元単原子シートが顕微鏡観察で報告され（図2）、その電子状態に世界中の注目が集まっていました。

研究成果

本研究グループは、このホウ素の 2 次元単原子シートを銀単結晶基板の上に合成することに成功し、その電子状態を光電子分光法で測定しました。この分析法は真空紫外線を物質に照射し、その際放出される電子のエネルギーを分析することで、物質の電子状態を調べる方法です。測定の結果、ホウ素の 2 次元単原子シートの金属性を示す電子状態を直接観測することに成功しました（図 3）。2 次元のホウ素単原子シートの金属性を実証したのは、本研究が初めてです。

今後の展開

本成果より、金属ホウ素原子層は導電性シートとしてナノテクノロジーへ利用できることがわかりました。また、ホウ素の化学的性質から、本シートをテンプレートとしてさまざまなホウ素化合物のシートの合成も可能となります。特に窒化ホウ素は絶縁性の 2 次元原子シートとして安定に存在するため、金属のホウ素 2 次元単原子シートの一部を窒化することで、同一単原子シート内で金属領域と絶縁体領域を用意することができ、ナノ電子デバイス素子に必要な機能性を持たせることができます。さらに、このホウ素の金属 2 次元単原子シートについては超伝導転移も理論的予測がされています。今後、超伝導の研究対象としても本シートに注目が集まるでしょう。

5. 発表雑誌：

雑誌名：Physical Review B rapid communication

論文タイトル：Direct evidence of metallic bands in a monolayer boron sheet

著者：Baojie Feng, Jin Zhang, Ro-Ya Liu, Takushi Iimori, Chao Lian, Hui Li, Lan Chen, Kehui Wu, Sheng Meng, Fumio Komori, and Iwao Matsuda*

DOI 番号：10.1103/PhysRevB.94.041408

アブストラクト URL：<http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevB.94.041408>

6. 問い合わせ先：

東京大学 物性研究所

准教授 松田 巖（マツダ イワオ）

TEL: 0791-58-0802 ext. 3619（播磨分室）、04-7136-3402（柏キャンパス）

FAX: 04-7136-3283（柏キャンパス）、0791-58-1886（播磨分室）

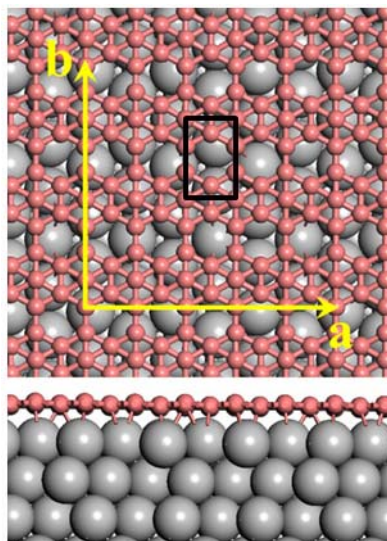
Email: imatsuda@issp.u-tokyo.ac.jp

7. 用語解説：

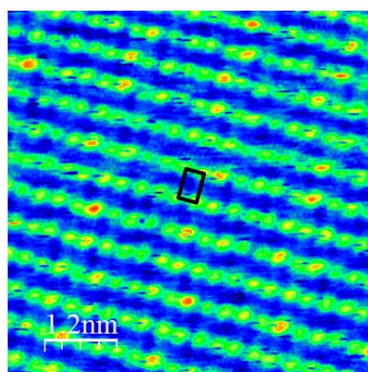
（注 1）光電子分光法

金属や半導体などの固体に紫外光以上のエネルギーを持つ光を照射すると、電子が放出される。この電子を光電子と言い、光電子の速度や放出される方向を分析することで固体表面の電子構造を知る実験法を光電子分光法という。

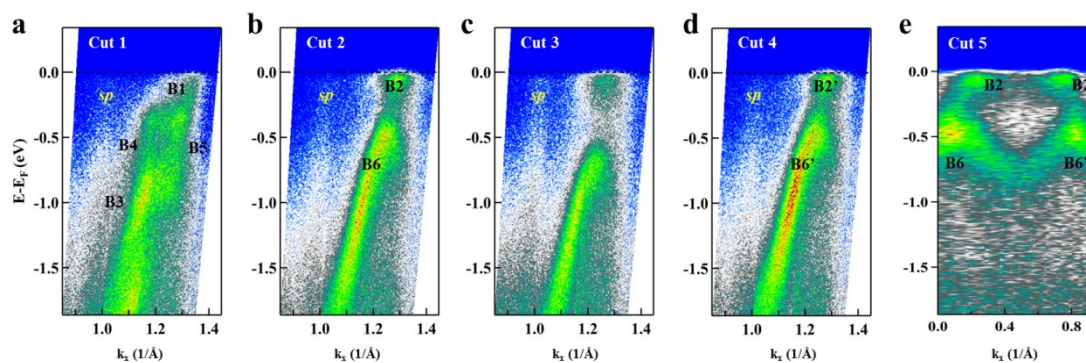
8. 添付資料：



(図1) 銀結晶基板に作製したホウ素単原子シートの原子構造モデル



(図2) 銀結晶基板に作製したホウ素単原子シートの走査型トンネル顕微鏡観察の結果



(図3) ホウ素単原子シートの光電子分光の結果。a-eは物質の電子状態をエネルギー (E) と運動量 (k) で表したもので、それぞれ異なる運動方向に対する結果である。最も高い電子のエネルギー (フェルミエネルギー：図中 0.0 eV) まで電子状態 (B1,B2,B2') を観測することができ、ホウ素単原子シートの金属性を直接確認することができた。