

質量ゼロのディラック電子の流れを制御できる新しい磁石を発見ー超高速スピントロニクス応用への新機軸ー

2016年2月1日

東京大学

大阪大学

東北大学

高エネルギー加速器研究機構

理化学研究所

今回、大阪大学大学院理学研究科 酒井英明准教授（研究開始時：東京大学大学院工学系研究科 助教）、東京大学大学院工学系研究科 石渡晋太郎准教授（JST さきがけ研究者兼任）、同研究科 増田英俊大学院生らの研究グループは、ディラック電子を有するビスマス（原子番号 83 の元素）の二次元層とユーロピウム（原子番号 63 の元素）等からなる磁性ブロック層が積層した磁性体の合成（図 1）に成功し、東京大学物性研究所 徳永将史准教授、東京大学大学院工学系研究科 山崎裕一特任講師（理化学研究所創発物性科学研究センター ユニットリーダー兼任）、東北大学金属材料研究所 塚崎敦教授らと共同で、ディラック電子の超高速伝導が磁気状態に依存して劇的に変化することを発見しました。さらにこの効果を利用して、ディラック電子を電気伝導層であるビスマス層（二次元層）内に強く閉じ込めることにより、ディラック電子層が積層したバルクの磁性体において初めて、ホール抵抗値が離散的となる半整

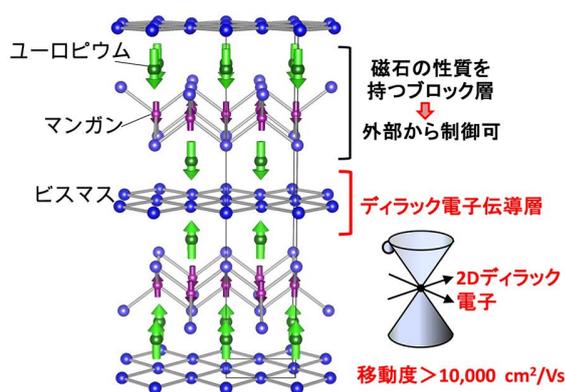


図 ディラック電子と磁性が共存する物質 EuMnBi_2 の結晶構造と磁気構造。正方格子を形成するビスマスがディラック電子状態を含有し、超高速電気伝導を担う。一方、ユーロピウムやマンガンからなる電気を流さない層（ブロック層）が磁石として機能する。各原子上の矢印は磁気モーメントの向きを表し、これらの相対的な角度を外場からの磁場で制御することにより、ディラック電子の電気の流れを劇的に変化させ、ディラック電子をビスマス層に閉じ込めることができるようになった。

数量子ホール効果を実現しました。本研究成果は、ディラック電子の強相関量子伝導現象という新規学術分野の開拓だけでなく、超高速で省エネルギーなエレクトロニクスへの基礎となる超高速スピントロニクス実現に向けた新機軸になると期待されます。

本研究成果は、Science Advances 誌（日本時間 1 月 30 日午前 4 時）に掲載されました（この記事の続きは <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20151208110000/> をご覧ください）。

反強磁性の影響がない高温超伝導状態を観測

2016年2月5日

東京大学

上智大学

東北大学

高エネルギー加速器研究機構

銅酸化物高温超伝導体では反強磁性絶縁体である母物質に電子あるいは正孔をドーピングすることで超伝導が発現しますが、電子をドーピングした場合には反強磁性の影響が強く、超伝導状態でも反強磁性が共存しているものと考えられてきました。今回、東京大学大学院理学系研究科物理学専攻の堀尾眞史大学院生、藤森淳教授、上智大学理工学部機能創造理工学科の足立匡准教授、東北大学大学院工学研究科応用物理学専攻の小池洋二教授らの研究グループは、高エネルギー加速器研究機構（KEK）及び広島大学との共同研究で、放射光施設 Photon Factory と広島大学放射光科学研究センター（HiSOR）を用いることによって、反強磁性の影響のない高温超伝導状態を世界で初めて観測し、その超伝導状態が従来考えられていたよりも広い電子濃度領域で、しかもより高温まで実現されていることを明らかにしました。本研究は、超伝導と反強磁性の関係を最重要視してきたこれまでの高温超伝導の物理の根幹部分に見直しを迫る重要な成果です。

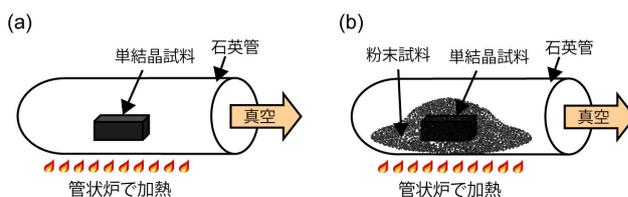


図 (a) 従来のアニール方法の概念図。(b) プロテクト・アニール法の概念図 (T. Adachi et al., J. Phys. Soc. Jpn. 82, 063713 (2013).)。

本成果の詳細は、2016年2月4日に英国科学誌「Nature Communications」でオンライン公開されました（この記事の続きは <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20151208110000/> をご覧ください）。

30年来不明であった光触媒 TiO₂ 表面の原子配置を決定 – 世界最高強度の高輝度陽電子ビームによって表面構造を明らかに –

2016年2月24日
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
国立大学法人 北海道大学
国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

高エネルギー加速器研究機構（以下「KEK」）物質構造科学研究所（以下「物構研」）の兵頭俊夫特定教授らのグループと北海道大学触媒科学研究所（以下「北大」）の朝倉清高所長のグループ、日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」）先端基礎研究センターの深谷有喜研究副主幹および量子ビーム応用研究センターの河堀厚男研究主幹グループによる共同研究および KEK 放射光施設共同利用研究（研究代表：北海道大学・朝倉清高教授）は、結晶最表面の原子配置を精度よく決定できる全反射高速陽電子回折（TRHEPD）法を用いて、光触媒としてよく知られているルチル型酸化チタンの、30年にわたり構造（原子配置）が未解明であった(110)-(1×2)超周期構造表面を決定しました（この記事の続きは <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20160224140000/> をご覧ください）。

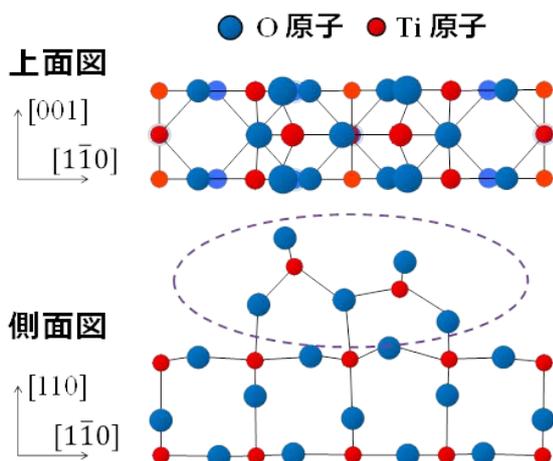


図 本研究で確定したルチル型 TiO₂(110)-(1×2)表面の構造（非対称 Ti₂O₃ モデル）。

全反射高速陽電子回折法によりグラフェンと金属との界面構造の解明に成功 – グラフェンを用いた新規材料開発に道 –

平成 28 年 3 月 7 日
日本原子力研究開発機構
高エネルギー加速器研究機構

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（理事長 児玉敏雄、以下「原子力機構」）先端基礎研究センターの深谷有喜研究副主幹らは、高エネルギー加速器研究機構（機構長 山内正則、以下「KEK」）物質構造科学研究所の兵頭俊夫特定教授らのグループとの共同研究により、原子力機構と KEK が共同で開発した全反射高速陽電子回折（TRHEPD）法を用いてグラフェンと金属基板間の境界面の構造（界面構造）を詳細に調べ、金属の元素によるグラフェンとの結合の違いを実験的に明らかにしました。

グラフェンは省エネかつ高速で動作する電子デバイスを実現するための新素材として注目されています。現在、グラフェンの実用に向けた研究が世界中で進められていますが、応用上重要となるグラフェンと他の金属が接合したグラフェン金属複合体の界面構造は、原子 1～2 個分の厚みしかなく、極薄領域の解析の困難さからあまりよくわかっていませんでした。今回私たちは、金属としての性質が異なる銅とコバルトの 2 種類の金属上で合成したグラフェン金属複合体に着目し、極めて高い表面感性を持つ TRHEPD 法を用いて銅とコバルトの上のグラフェンの高さを詳細に解析しました。その結果、金属の元素の違いによるグラフェンとの結合の違いを世界で初めて実験的に明らかにすることに成功しました。グラフェン金属複合体の電子移動度などの物性は、グラフェンの高さに応じて大きく変化することが知られています。今後、これらの知見をもとにして、グラフェンの電子デバイス応用に向けた新規材料開発が期待されます。

本研究成果は、「Carbon」のオンライン版に、3月3日に掲載されました（この記事の続きは <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20160307150000/> をご覧ください）。



図 全反射高速陽電子回折（TRHEPD）装置の写真。右上から陽電子ビームが輸送され、中央に置かれた超高真空チャンバー内で TRHEPD 実験が行われる。

世界初、ポジトロニウム負イオンの共鳴状態の観測に成功～三体量子系の解明への大きな一歩～

平成 28 年 3 月 18 日

科学技術振興機構

自然科学研究機構 分子科学研究所

東京工業大学

京都大学

高エネルギー加速器研究機構

J-PARC センター

東京理科大学、理化学研究所、および高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の研究チームは、陽電子 1 個と電子 2 個が束縛し合っているポジトロニウム負イオンの共鳴状態を生成し、その分光を行うことに成功しました。誰も容易に実現できるとは考えていなかった、ポジトロニウム負イオンの共鳴状態の生成と観測が可能になりました。

最も単純な三体系であるポジトロニウム負イオンの分光実験が可能になったことで、三体量子系の研究の発展が期待されると同時に、寿命が長い励起状態のポジトロニウムビームの生成への道が開けました。

本成果は、英国の科学雑誌「Nature Communications」2016 年 3 月 17 日（現地時間）にオンライン掲載されました（この記事の続きは <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20160318103000/> をご覧ください）。

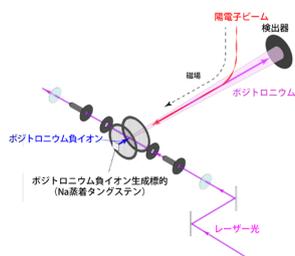


図 ポジトロニウム負イオンの共鳴状態を観測するために開発した装置 (Nature Communications, 7, 11060 より転載)

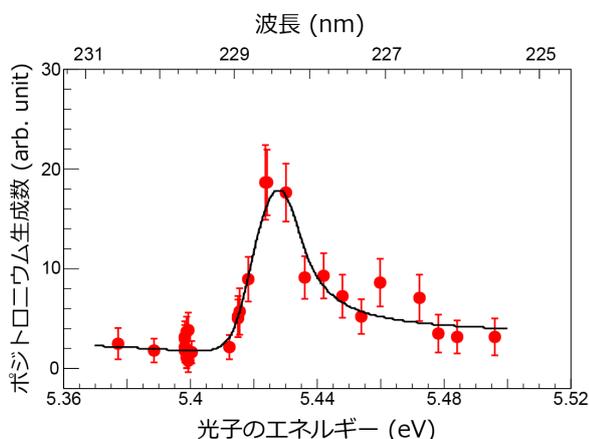


図 得られたデータ。ポジトロニウム生成数を光子のエネルギーに対してプロットしたもの (Nature Communications, 7, 11060 より転載)。