

グラフェン超伝導材料の原子配列解明に成功

～薄くて柔らかい、原子スケールの2次元超伝導材料の開発に新たな道～

東京大学大学院理学系研究科博士後期課程3年の遠藤由大および長谷川修司教授、早稲田大学理工学術院の高山あかり専任講師、日本原子力研究開発機構先端基礎研究センターの深谷有喜研究主幹、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の望月出海助教および兵頭俊夫ダイヤモンドフェローの研究グループは、これまで未解決だった超伝導を示す炭素原子層物質グラフェンとカルシウムの2次元化合物の原子配列を、全反射高速陽電子回折法（以下、TRHEPD法、トレプト法）という実験手法を用いて世界で初めて決定しました。また、この原子配列は電気抵抗がゼロになる超伝導現象を示すことも実験により明らかにしました(図1)。グラフェンを利用した新たな化合物の原子配列を解明したことで、エネルギー損失ゼロの超高速情報処理ナノデバイスなどの材料開発への応用に道を開くものです。

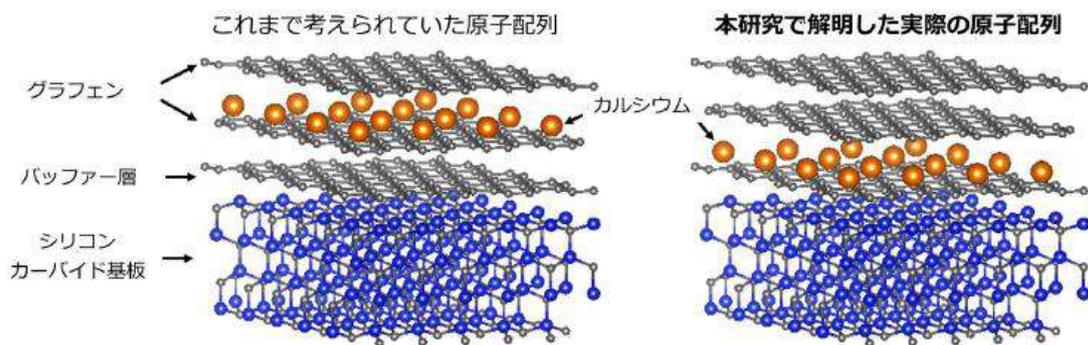


図1 新たな化合物の原子配列

本研究成果は、『Carbon』のオンライン版に2019年10月25日に掲載されました。

物質の性質は物質の原子配列と密接な関係をもつので、なぜ超伝導が発現するかを明らかにするには、その結晶構造を正確に知る必要があります。SiC上Ca挿入2層グラフェンにおける超伝導は応用へ大きな可能性を持つ一方で、その正確な原子配列はこれまでわかっていませんでした。SiC基板上に2枚のグラフェンをつくと、2枚のグラフェンと基板との間にバッファ層と呼ばれるグラフェンとよく似た炭素原子層がもう1枚できます。つまり、炭素原子層が合わせて3層積層された原子配列をもちます。これまでは、上の2枚のグラフェンの層間にCa原子が挿入された原子配列が信じられていましたが、それが正しいかどうかは実験で確認されていませんでした。

本研究では、TRHEPD法という試料最表面の原子配列の情報を高感度で検出できる実験手

法を用いて、SiC 上 Ca 挿入 2 層グラフェンの原子配列を明らかにすることを試みました。その結果、これまで信じられてきた原子配列とは異なり、グラフェンとバッファ層の間のみ Ca 原子が挿入されていることを、実験により初めて明らかにしました。本研究グループでは、この試料の電気伝導度が温度によってどのように変化するかについても測定しました。その結果、過去の研究と同様の超伝導を示すのは、この原子配列の SiC 上 Ca 挿入 2 層グラフェンであることを明らかにしました。これらの一連の研究により、SiC 上 Ca 挿入 2 層グラフェンの原子配列と物性の関係が明確になり、超伝導発現機構の詳細が議論できるようになります。

本研究の結果から、SiC 上の単層グラフェンでも超伝導が発現する可能性が極めて高いことがわかりました。単層グラフェンでは、電子の質量がゼロ、つまり電子が光のように高速で動く事ができるという特性を持つため、この性質と超伝導を組み合わせることで、エネルギー損失ゼロの超高速情報処理ナノデバイスの実現が期待されます。

論文情報

雑誌名 : Carbon

論文名 : Structure of superconducting Ca-intercalated bilayer Graphene/SiC studied using total-reflection high-energy positron diffraction

掲載 URL :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008622319310887?via%3Dihub>

DOI : <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.10.070>

日文新聞发布全文 <https://www.jaea.go.jp/02/press2019/p19111402/>

文：JST 客观日本编辑部翻译整理