

平成 30 年 1 月 30 日

報道機関 各位

東北大学金属材料研究所

フォースで目覚める超伝導 ～磁場誘起超伝導を力で制御～

【発表のポイント】

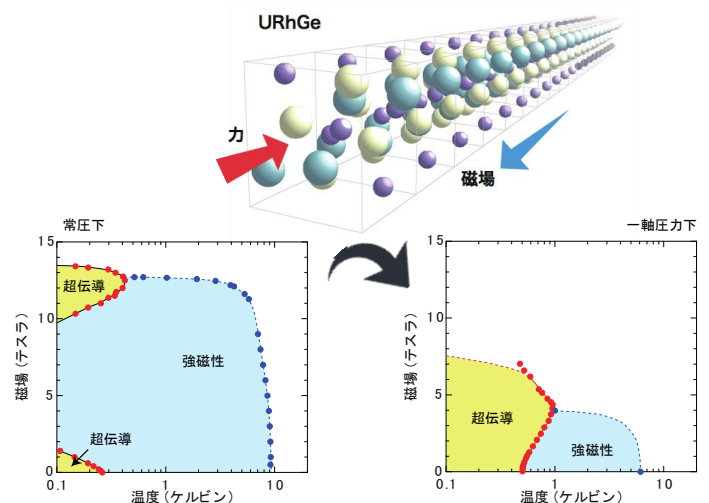
- 強磁性^{*1}と超伝導^{*2}が共存するウラン化合物 URhGe では、ある特定の磁場で超伝導が誘起されることが知られていたが、そのメカニズムや制御方法は分かっていなかった。
- 結晶の特定の方向に力を加えることで、新たな超伝導相が現われることがわかった。
- 超伝導の源である強磁性の「ゆらぎ」が力によって制御できたことを意味し、新しいアプローチによる超伝導探索や新奇量子相探索につながる。

【概要】

東北大学金属材料研究所の青木大教授は、CEA-Grenoble(フランス原子力庁)の研究員ダニエル・ブレイスウェイト(Daniel Braithwaite)氏らとともに、ウラン化合物強磁性体 URhGe に力(歪み)を加えることによって、磁場誘起超伝導から新たな超伝導相を生み出すことに成功しました。

これは、超伝導の源となっている強磁性「ゆらぎ」を力によって制御できたことを意味しており、これまでとは異なる新たな超伝導研究のアプローチです。

今後、歪みを積極的に用いた新超伝導体の発見や新奇量子相の発見につながるものと期待されます。本研究の成果は、2018 年 1 月 17 日付「Physical Review Letters」に発表されました。



本件に関するお問い合わせ先

◆研究内容に関して
東北大学金属材料研究所
附属量子エネルギー材料科学国際研究センター
教授 青木 大(あおき だい)
Tel:029-267-3181 Fax:029-267-4947
E-mail:aoki@imr.tohoku.ac.jp

◆報道に関して
東北大学金属材料研究所 情報企画室広報班
横山 美沙
TEL:022-215-2144 FAX:022-215-2482
Email:pro-adm@imr.tohoku.ac.jp

【詳細な説明】

背景

磁性と超伝導はこれまでお互いに相反する現象だと考えられてきました。とくに磁気モーメント^{※3}の向きがそろった強磁性状態は、超伝導に必要な 2 つの電子の対(超伝導電子対^{※4})を破壊してしまうため、超伝導と強磁性は共存できません。本研究の対象物質であるウラン化合物強磁性体 URhGe は、その中でも例外的な物質で、超伝導と強磁性が共存します。しかも、ある特定の磁場方向で、超伝導が磁場によって誘起されるという、これまでとは全く異なる超伝導の性質を持つ物質であることが知られていました。

成果

今回、URhGe の超高純度の単結晶を育成し、結晶の特定の方向に力を加えながら強磁場、極低温の極限環境下で電気抵抗測定を行いました。その結果、もともと分離していた低磁場超伝導相と磁場誘起超伝導相が、結晶に力を加えることで一体となり新しい超伝導相が現れることがわかりました。

さらに興味深いことに、力を加えることで強磁性相も大きく変化して、磁場誘起の超伝導相に追随することがわかりました。強磁性と超伝導が密接に絡み合った現象が、結晶に力を加えることによって自在に制御できることを示しています。

展望および意義

URhGe の超伝導は、スピン三重項超伝導という新奇な超伝導メカニズムによって実現していると考えられます。強い磁場のもとで強磁性の「ゆらぎ」が生み出され、これが超伝導の源となっていました。今回の成果は、磁場だけではなく、結晶に加える力(歪み)も強磁性「ゆらぎ」生み出すことを意味しています。このため、歪みを積極的に制御して新たな超伝導体、超伝導材料の発見や、超伝導を含むエキゾチックな量子相の発見に繋がることが期待できます。

共同研究機関および助成

本研究は、科研費・新学術領域研究「J-Physics:多極子伝導系の物理」および基盤研究(S)(B)の補助を得て行われました。

発表論文

雑誌名:Physical Review Letters **120**, 037001 (2018)

英文タイトル: Dimensionality Driven Enhancement of Ferromagnetic Superconductivity in URhGe

全著者: Daniel Braithwaite, Dai Aoki, Jean-Pascal Brison, Jacques Flouquet, Georg Knebel, Ai Nakamura, and Alexandre Pourret

DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.037001

語句説明

※1 強磁性

電子の持つスピンの向きがそろって、全体として自発的に磁気モーメントを持った状態です。例えば、鉄は代表的な強磁性体です。

※2 超伝導

ある温度以下で電気抵抗がゼロになる現象です。超伝導は、BCS という理論によって良く理解されてきました。しかし、これまでとは異なる非従来型の超伝導が見つかって注目を集めています。強磁性超伝導もその一つです。

※3 磁気モーメント

磁力の大きさとその向きを表すベクトル量です。磁気モーメントは S 極から N 極の方向にむいています。単位体積あたりの磁気モーメントを磁化といいます。

※4 超伝導電子対

超伝導は、2 つの電子が対を組むことによって実現します。従来型の超伝導は、電子のスピンの向きが上向きと下向きで対を組んでいます。一方、本研究の URhGe は、電子のスピンの向きが同じ向き同士で対を組んでおり、非従来型の超伝導を示します。電子対が強いほど超伝導の安定化につながります。URhGe の場合、電子対をつくる起源は強磁性のゆらぎであり、これが磁場や力(歪み)によって強められたり弱められたりします。