

自己評価報告書

平成23年 5 月 20 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2011

課題番号：20244058

研究課題名（和文）空間反転対称性の破れが生み出す新奇な超伝導の物理

研究課題名（英文）Physics of novel superconductivity due to inversion-symmetry breaking

研究代表者

鄭 国慶 (ZHENG Guo-qing)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：50231444

研究分野：超伝導・低温

科研費の分科・細目：物理学・物性Ⅱ

キーワード：超伝導、磁気共鳴

1. 研究計画の概要

対称性は自然界の基本原理に関わるもので、物理量の保存法則の背後には必ずある種の対称性が存在する。一方、自然界には「対称性の破れ」も遍在する。対称性の破れはしばしばまったく新しい物理現象をもたらす。本研究は、結晶の空間反転対称性の破れが生み出す新奇な超伝導の物理を物質合成と核磁気共鳴（NMR）を中心とする測定法により実験的に解明し、さらに新しい超伝導体の創製を目指すものである。当初の計画は下記に列挙するものであった。

(1) 空間反転対称性の破れた（NCS）超伝導体 $\text{Li}_2(\text{Pt}_{1-x}\text{Pd}_x)_3\text{B}$ の作製、評価及び NMR 測定を行い、スピン軌道相互作用の変化と超伝導状態の変遷を明らかにする。

(2) NCS超伝導体 $\text{Mg}_{10}\text{Ir}_{19}\text{B}_{16}$ などにおいて、クーパー対の対称性を NMR 法によって調べ、 $\text{Li}_2(\text{Pd}, \text{Pt})_3\text{B}$ と比較することによって、空間反転対称性が破れた超伝導体の普遍的な法則を見出す。

(3) 上記の研究に基づき、新しい NCS 超伝導体を作製する指針を得る。

2. 研究の進捗状況

(1) 2段階アーク熔解法により、高品質の

$\text{Li}_2(\text{Pt}_{1-x}\text{Pd}_x)_3\text{B}$ の作製に成功した。 ^{195}Pt , ^{11}B 及び ^7Li -NMR 測定（スピン格子緩和率とナイトシフト）により、ギャップの軌道対称性とスピンの対称性を評価した。その結果、 $x=0.8$ を境に対称性が変化することを明らかにした。

$x<0.8$ ではスピン一重項が支配的で、ギャップが等方的である。一方、 $x>0.8$ ではスピン三重項が支配的で、ギャップが異方的となる。また、局所的な構造変化が主因であることを明らかにした。

(2) ^{11}B -NMR 測定から、 $\text{Mg}_{10}\text{Ir}_{19}\text{B}_{16}$ ではスピン一重項でギャップが等方的な超伝導成分が支配的であることを明らかにした。これは、この系では $\text{Li}_2(\text{Pt}_{1-x}\text{Pd}_x)_3$ と比べると空間反転対称性の破れの度合いが小さいためにスピン軌道相互作用が弱いと考えられる。しかし、Ir 欠陥を積極的に導入することにより、スピン軌道相互作用を増大させることに成功した。そのような試料では、スピン三重項の成分が増大することをナイトシフトの測定から明らかにした。これにより、スピン軌道相互作用制御法の確立にめどが立った。

(3) NCS超伝導体 Re_7B_3 の物性を明らかにした。スピン一重項でギャップが等方的な超伝導成

分が支配的であることを明らかにした。この結果とこの系の結晶構造に対する考察は、 $\text{Li}_2(\text{Pt}_{1-x}\text{Pd}_x)_3\text{B}$ から得た知見をさらに支持するものである。さらに、新しい種類のNCS超伝導体の作製にも成功し、現在物性測定を行っているところである。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

当初立てた計画に対して、おおむね目標が達成できた。特に、 $\text{Li}_2(\text{Pt}_{1-x}\text{Pd}_x)_3\text{B}$ における進展は、この分野世界全体のその後の研究結果を説明するものである。

4. 今後の研究の推進方策

今後は理論的な研究を進め、成果をさらに昇華させることを目指す。これにより、この分野の体系化を図るとともに物性物理学の新概念の創出をめざす。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計33件、すべて査読有)

①S. Harada, Y. Inada, G.-Q. Zheng, ¹¹B and ¹⁹⁵Pt NMR study of the superconductors

$\text{Li}_2(\text{Pd}_{1-x}\text{Pt}_x)_3\text{B}$ without inversion symmetry, *Physica C* **470**, 1089–1091, (2010).

②S. Kawasaki, G.-Q. Zheng(他3名), Carrier concentration dependence of the pseudogap ground state of superconducting $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{CuO}_6$ revealed by ^{63,65}Cu nuclear magnetic resonance in very high magnetic fields, *Phys. Rev. Lett.* **105**, 137002(1-4) (2010).

③Z. Li, M. Ichioka, G.-Q. Zheng(他4名), ⁷⁵As NQR and NMR Studies of Superconductivity and Electron Correlations in Iron Arsenide LiFeAs , *J. Phys. Soc. Jpn.* **79**, 083702(1-4) (2010).

④ K. Tahara, Z. Li, H. X. Yang, J. L. Luo, S. Kawasaki, and G.-Q. Zheng, Superconducting state in the noncentrosymmetric $\text{Mg}_{9.3}\text{Ir}_{19}\text{B}_{16.7}$ and $\text{Mg}_{10.5}\text{Ir}_{19}\text{B}_{17.1}$ revealed by NMR, *Phys. Rev. B* **80**, 060503(1-4) (2009).

⑤K. Matano, M. Ichioka and G.-Q. Zheng (他3

名), Anisotropic spin fluctuations and multiple superconducting gaps in hole-doped $\text{Ba}_{0.7}\text{K}_{0.3}\text{Fe}_2\text{As}_2$: NMR in a single crystal, *Europhys. Lett.* **87** (2009) 27012(1-5).

[学会発表] (計48件)

①G.-Q. Zheng, “Novel superconducting state due to broken inversion symmetry in $\text{Li}_2(\text{Pd}_{1-x}\text{Pt}_x)_3\text{B}$ and $\text{Mg}_{10-x}\text{Ir}_{19}\text{B}_{16+x}$ revealed by NMR”, International Symposium on Novel Spin Pairing 2009 (NSP2009), Kyoto, Japan, September 13-16, 2009. (招待講演)

②G.-Q. Zheng, “NMR studies on non-centrosymmetric superconductors $\text{Li}_2(\text{Pt,Pd})_3\text{B}$ ”, 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity, Tokyo, Japan, September 7-12, 2009. (招待講演)

③S. Harada, Y. Inada, G.-Q. Zheng, ¹¹B & ¹⁹⁵Pt NMR study of the superconductor $\text{Li}_2(\text{Pd}_{1-x}\text{Pt}_x)_3\text{B}$ without inversion symmetry, 22nd International Symposium on Superconductivity, Nov. 2, 2009, Tsukuba, Japan

④澤岡浩貴, 原田翔太, 川島健司, 秋光純, 鄭国慶: 空間反転対称性が破れた超伝導体のNMRによる研究, 日本物理学会2010年秋季大会, 大阪府立大学, 2009年9月23-26日

⑤原田翔太, Sk.Md.Shamsuzzaman, 稲田佳彦, 鄭国慶: 空間反転対称性が破れた超伝導体 $\text{Li}_2(\text{Pd}_{1-x}\text{Pt}_x)_3\text{B}$ のNMRによる研究, 日本物理学会2010年秋季大会, 大阪府立大学, 2009年9月23-26日

[図書] (計1件)

① 鄭国慶 他, 朝倉書店、超伝導ハンドブック、2009、195-198

[その他]

ホームページ等

http://www.physics.okayama-u.ac.jp/zheng_homepage