

Control of the field-induced superconductivity by Electron Spin Resonance

RIKEN Yugo Oshima

【Abstract】 The discovery of field-induced superconductivity (FISC) in λ -(BETS)₂FeCl₄ has attracted considerable interests since the application of a sufficiently strong magnetic field usually destroys the super-conducting state. The origin of FISC can be explained by the Jaccarino-Peter compensation effect where the internal field, created by the Fe (III) moments, is compensated by the external field. Hence, Zeeman effect, that normally destroys the superconductivity, is suppressed under this condition. To have more detailed microscopic information of the FISC state, we have employed ESR on λ -(BETS)₂Fe_xGa_{1-x}Cl₄ (x=0.5,0.6). Simultaneous transport measurement was performed to confirm the FISC state. Surprisingly, electron paramagnetic resonance (EPR) is still observed in the FISC phase. This suggests that the paramagnetic and superconducting domains coexist in the system. Moreover, when the EPR transition occurs, we have observed a change in the resistance, which indicates that the FISC phase is partly destroyed by the change of the spin states. The temperature dependence of simultaneous measurements will be presented, and the ground state as well as the breakdown mechanism will be discussed.

【序論】 近年、分子性導体において遷移金属などの局在 3d スピンを導入し、伝導を担う π 電子と磁性を担う d 電子との相互作用 (π -d 相互作用) を利用して、新規物性を発現させようとする試みが行われてきた。 λ -(BETS)₂FeCl₄ は π -d 相互作用を持つ物質の中でも代表的な物質であり、17T で磁場誘起超伝導状態を示す[1]。これは d 電子が作る内部磁場を外部磁場が補償する、Jaccarino-Peter 補償効果によって成立する[2]。

我々はこれまで電子スピン共鳴を用いて λ -(BETS)₂FeCl₄ とその混晶系の電子状態を系統的に調べてきたが[3]、最近、系の内部磁場を電子スピン共鳴で制御できないかと考えた。つまり、電子スピン共鳴励起が起きる時、d 電子のスピン状態の変化に伴い内部磁場の大きさが変わり、外部磁場の補償効果が崩れ磁場誘起超伝導状態が破壊されるのではないかと考えた。この事を実証するために、我々は電子スピン共鳴測定と輸送測定が同時に行える実験装置を開発し、電子スピン共鳴励起が起きたときの磁場誘起超伝導状態の伝導度の変化を測定したので、これを報告する。

【実験】 図 1 に我々が新たに開発したミリ波 ESR 装置を示す。Gunn 発振器から照射されたミリ波はライトパイプを介して、共振器、検出器 (InSb) へと導かれる。共振器内には石英製の試料ステージが配置されており、ピエゾローテータを用いて試料が磁場中心で回転できるような機構になっている。また端子付けを行う事により試料の輸送測定も同時に可能で、磁場誘起超伝導状態になっているのを確認しながら、

ESR 測定が行える仕様になっている。上述の通り、 λ -(BETS) $_2$ FeCl $_4$ は 17T で磁場誘起超伝導状態になる。しかしながら、我々の装置は最大 270GHz ($g=2$ で 9.8T) までしか測定できないため、今回、約 8T で超伝導状態になる混晶系 λ -(BETS) $_2$ Fe $_x$ Ga $_{1-x}$ Cl $_4$ ($x=0.5, 0.6$) で実験を行った。結果を以下に示す。

【結果】 図 2 は λ -(BETS) $_2$ Fe $_x$ Ga $_{1-x}$ Cl $_4$ ($x=0.6$) の磁場誘起超伝導相における抵抗と電子スピン共鳴のスペクトルである (同時測定)。使用した周波数は 270 GHz であるため、約 9.8 T ($g=2$) の位置に電子スピン共鳴による光吸収が観測された。また一方で、電子スピン共鳴による光の吸収に伴い、抵抗が上昇しているのが見て取れる。これは電子スピン共鳴励起により d 電子のスピン状態が変わり、局所的に磁場誘起超伝導状態が壊れている事を示す。抵抗が急激に変化しないのは、電子スピン共鳴の緩和過程によって、破壊された超伝導状態が復活することによるものと考えられる。講演では温度依存性と他の混晶系 ($x=0.5$ 塩) の結果を紹介し、そのメカニズムについて議論する。

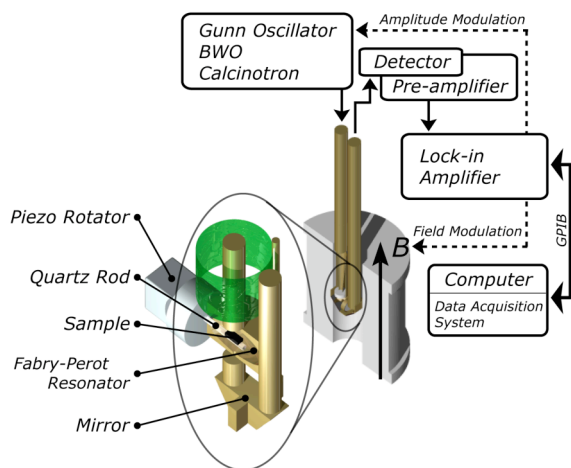


図 1

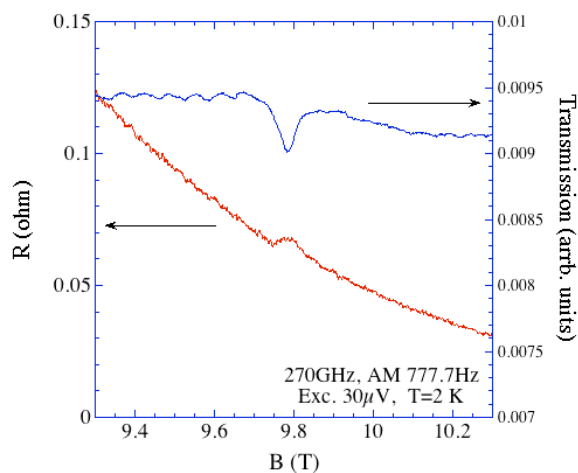


図 2

参考文献

- [1] S. Uji et al., Nature 410 (2001) 908.
- [2] V. Jaccarino and M. Peter, Phys. Rev. Lett. 9 (1962) 290.
- [3] Y. Oshima et al., Synth. Met. 153 (2005) 365.

本研究は野尻浩之先生（東北大金研）、宇治進也先生（物材機構）J.S. Brooks 先生、徳本貴久先生（NHMFL）、H-B. Cui 先生、加藤礼三先生（理研）、小林昭子先生、小林速男先生（日大文理）の共同研究です。また、本研究は科研費・新学術領域『分子自由度が拓く新物質科学』（No. 20110004）の補助を得ています。