

鉄ニクタイド超伝導体 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ における プロトン照射による超伝導転移温度の抑制

東京大学大学院工学系研究科^A, JST-TRIP^B

仲島 康行^{A,B,1}, 田縁 俊光^A, 土屋 雄司^A, 為ヶ井 強^{A,B}

放射線医学総合研究所 北村 尚, 村上 健

鉄ニクタイド高温超伝導体の発見の後、その発現機構と密接に関係する超伝導ギャップ構造の研究が精力的に行われてきた。これまで、バンド間でギャップ関数の符号が異なる $s_{\pm}$ 波超伝導対称性の可能性が有力視されてきたが、最近、元素置換による不純物効果の研究により s_{++} 波対称性の可能性も指摘されている。さらに KFe_2As_2 や $\text{BaFe}_2(\text{As},\text{P})_2$ といった系でノードの存在も報告されており、物質ごとに異なるギャップ構造が実現している可能性がある。超伝導ギャップ構造の詳細を知るうえで、不純物効果の研究は極めて有効な手段の1つであることが知られている。不純物効果の研究にはプロトン等の軽粒子線照射による欠陥の導入が非常に適している。なぜなら元素置換による欠陥の導入と異なり、キャリアドーピング等によって電子構造を変化させることなく点状欠陥を系統的に導入することが可能であるからである。さらに、導入された欠陥での散乱による対破壊効果を詳細に調べるうえでは、単結晶試料を用いて実験を行うことが必要不可欠である。

今回われわれは $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ における不純物効果の詳細を明らかにするために、3つの Co ドープ量 ($x = 0.045, 0.075, 0.113$) の単結晶試料に 3 MeV のプロトンを低温で照射し、残留抵抗率と超伝導転移温度の変化を詳細に調べた。図1の挿入図に $x = 0.075$ における抵抗率の温度依存性を示す。照射量の増加に伴い転移温度は単調に減少し、残留抵抗率は増加している。他のドーピングでも同様の振る舞いが見られた。また、 α 粒子線照射された $\text{NdFeAs}(\text{O},\text{F})$ において見られた低温での抵抗の上昇は観測されず、プロトン照射が非磁性欠陥を導入していることを示唆している。図1に転移温度の規格化された散乱率 g^H 依存性を示す。すべてのドーピングにおいて、直線外挿によって得られた超伝導が消える臨界散乱率は $s_{\pm}$ 波対称性において期待される値 $g_c^{\pm} \sim 0.3$ よりもずっと大きい。この結果は、 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ における超伝導が非磁性不純物に対して強いことを示唆している。

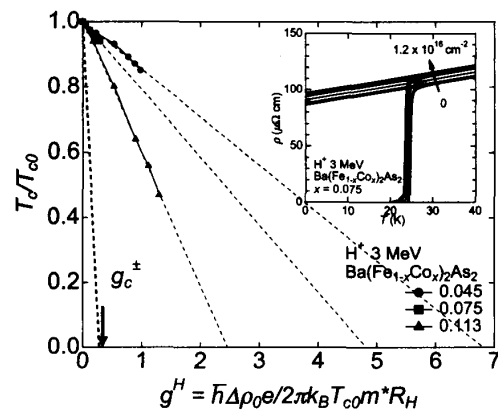


図1: $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ の超伝導転移温度の規格化された散乱率依存性。挿入図: $x = 0.075$ の抵抗率の温度依存性。照射量は下から 0, 0.1, 0.5, 0.8, 1.0 および $1.2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ に対応する。

¹E-mail: yasuyuki@ap.t.u-tokyo.ac.jp