

YSZ 基板を用いた超伝導力学インダクタンス検出器の開発

Development of Superconducting Kinetic Inductance Detector with YSZ substrate

理研 RAP¹, 東北大 RCNS², 東北大理³, NICT⁴, 埼玉大院⁵ ○亀井 雄斗^{1,2}

石徹白 晃治², 伊藤 凌太^{1,3}, 小林 達哉⁵, 美馬 寛⁴, 中城 悠翔⁵, 大谷 知行^{1,3}, 田井野 徹⁵

RAP, RIKEN¹, RCNS, Tohoku Univ.², Tohoku Univ.³, NICT⁴, Saitama Univ.⁵, °Yuto Kamei^{1,2},

Koji Ishidoshiro², Ryota Ito^{1,3}, Tatsuya Kobayashi⁵, Satoru Mima⁴, Yuto Nakajo⁵, Chiko Otani^{1,3},

Tohru Taino⁵

E-mail: yuto.kamei@riken.jp

力学インダクタンス検出器 (Kinetic Inductance Detector、KID) [1]は超伝導薄膜で構成される共振器であり、その用途の一つとしてエネルギー検出がある。検出原理は、超伝導ギャップエネルギーより大きなエネルギーの流入によってクーパー対が乖離して準粒子密度が変わるため、超伝導体の力学インダクタンス成分が変化することを利用するものであり、流入エネルギーに対応する共振周波数の変化として読み取ることができる。超伝導検出器は従来の検出器に比べ、高エネルギー分解能および低エネルギー閾値が期待される。中でも KID は単層の超伝導薄膜でも構成可能である。したがって、作製が容易であり、1 本のフィードラインで多素子の同時読み出しができる利点を有する。以上の特性を活用することでさまざまな分野への応用が期待できるが、本発表では素粒子・原子核分野での応用に着目した。

応用例として二重ベータ崩壊事象の探索を挙げる。二重ベータ崩壊はベータ崩壊の二次の過程であり、通常のベータ崩壊がエネルギー遷移則などで禁じられている数十核種で起こり得る。その長い半減期 (10²⁰ 年以上) のため、現在、実験的に通常の二重ベータ崩壊 ($2\nu\beta\beta$) が確認されている核種は 11 種類である。さらに素粒子ニュートリノが物質と反物質の同一性 (マヨラナ性) を持つ場合、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊 ($0\nu\beta\beta$) が起こるとされる。ニュートリノのマヨラナ性は物質優勢宇宙を形成する上で重要な役割を担うと考えられ、ニュートリノの性質を知ることができれば、宇宙の謎を解き明かす鍵となる。マヨラナ性を決定する現実的に唯一の手法が $0\nu\beta\beta$ 観測であり、極めて珍しい二重ベータ崩壊の探索が世界中で行われている [2-5]。

$0\nu\beta\beta$ を背景事象との区別するためには高いエネルギー分解能が重要であり、KID の特性を活かした二重ベータ崩壊探索を実現するために、我々は KID が集積される基板材料に着目した。崩壊核として、一般に利用しやすく $2\nu\beta\beta$ が未発見の ⁹⁴Zr を選び、Zr を含む単結晶酸化ジルコニウム (イットリア安定化ジルコニウム、YSZ) を基板材料として KID の作製を行う。詳細は当日報告する。

[1] P. Day *et al.*, Nature 425, 817 (2023)

[2] G. Anton *et al.*, (EXO Collaboration), Phys. Rev. Lett. 123, 161802 (2019)

[3] M. Agostini *et al.*, (GERDA Collaboration), Phys. Rev. Lett. 125, 252502 (2020)

[4] D. Q. Adams *et al.*, (CUORE Collaboration), Nature 604, 53 (2022)

[5] S. Abe *et al.*, (KamLAND-Zen Collaboration), Phys. Rev. Lett. 130, 051801 (2023)