

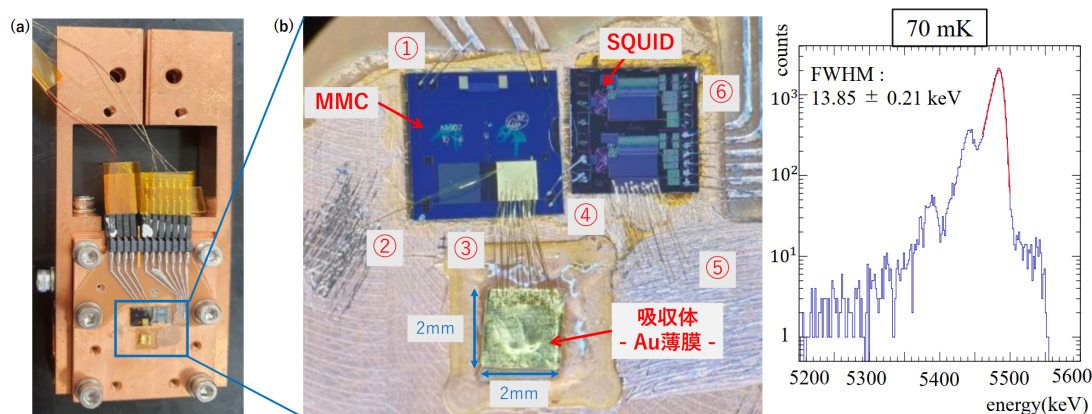
高分解能な極低温放射線検出器の開発

吉田 齊、梅原 さおり、Anawat Ritterong、嶋達志、岸本 忠史、民井 淳

分野横断プロジェクト研究部門

同位体濃縮技術の開発と実用化と放射線検出器への応用プロジェクト

ニュートリノを放出しない二重ベータ ($0\nu\beta\beta$) 崩壊の発見は、ニュートリノのマヨラナ性の証明や、ニュートリノ質量の絶対値の決定を可能にし、様々な謎を解明する上での鍵と考えられている。 $0\nu\beta\beta$ 崩壊は、半減期 10^{28} 年以上が予想されている非常に稀な現象であり、大量にあるバックグラウンド(BG)から事象を識別できる、高エネルギー分解能を持った検出器の開発が必要である。本プロジェクトでは、二重ベータ崩壊核の中で最大の Q 値 (4.23MeV) を持つ ^{48}Ca を使用して、 $0\nu\beta\beta$ 崩壊探索を計画している。高エネルギー分解能検出器として CaF_2 結晶を用いた蛍光熱量検出器の開発を行った。熱量計は極低温環境下 ($\sim 10\text{mK}$) で極めて小さな熱容量を利用して、微小な温度変化を検出する。放射線を吸収した際の温度上昇を検出する温度計として、金属磁気熱量計(MMC)を使用した。MMC は高エネルギー分解能であり、信号の応答速度が非常に速く、他の熱量計の候補に比べて広いダイナミックレンジを持つ。MMC は極低温 (100mK 以下) で動作し、温度上昇を磁化変化に変換し、磁化変化によって内部コイルに誘導電流が発生する。その誘導電流を超伝導量子干渉計(SQUID)という高感度の磁束計を使って読みとる。SQUID 内部のコイルに MMC から読みとった電流変化が伝わり、磁束変化が起こる。SQUID 回路内の電流が変化し、最終的に電圧変化として信号を取り出すことができる。蛍光熱量検出器開発の前段階として、韓国 IBS 研究所と協働で、これら MMC-SQUID センサーの読み出しテストを行なった。下図のように Au 薄膜を放射線の吸収体とし、 5.46MeV の α 線を吸収した際の温度変化を MMC-SQUID で読み出すセットアップを作成した。セットアップを断熱消磁冷凍機にインストールし、 70mK まで冷却して測定した。この測定結果を踏まえて、さらに低温を実現できる希釈冷凍機で 20mK まで冷却すれば、ゲインがさらに大きくなることで高分解能を達成できることが確認できた。



図：超伝導 MMC センサー検出器と測定によって取得された放射線エネルギースペクトル

研究業績リスト

I 査読論文

CANDLES-III detector: Low-background spectrometer for studying neutrino-less double β decay of ^{48}Ca

S. Ajimura, K. Akutagawa, T. Batpurev, F. Doukaku, K. Fushimi, R. Hazama, K. Ichimura, T. Iida, H. Kakubata, K. Kanagawa, S. Katagiri, B. T. Khai, T. Kishimoto, X. Li, T. Maeda, A. Masuda, K. Matsuoka, K. Mizukoshi, K. Morishita, K. Nakajima, N. Nakatani, M. Nomachi, I. Ogawa, T. Ohata, A. Rittirong, M. Saka, K. Suzuki, N. Takahashi, Y. Takemoto, Y. Takihiro, Y. Tamagawa, K. Tetsuno, M. Tozawa, V. T. T. Trang, M. Tsuzuki, T. Uehara, S. Umehara, K. Yasuda, S. Yoshida, M. Yoshizawa, N. Yotsunaga

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A1069(2) (2024) 169982

DOI: 10.1016/j.nima.2024.169982

II 国際会議等における発表

Laser Isotope Separation (LIS) of ^{48}Ca for the Study of Neutrinoless Double Beta Decay by CANDLES

Anawat Rittirong on the behalf of LIS collaboration

The 7th Bilateral Workshop on Radiation Research and its Related Issues 2024

2024 年 12 月 10 日 - 13 日

Centara Grand at Central Plaza Ladprao Bangkok, Thailand

III 国内会議等における発表

Development of Laser Isotope Separation (LIS) of ^{48}Ca for the search of neutrinoless double beta decay by CANDLES

Anawat Rittirong

UGRP2024

2024 年 7 月 5 日 - 6 日

大阪大学シグマホール

Stable Isotope Enrichment and Neutrinoless Double Beta Decay ($0\nu\beta\beta$)

Anawat Rittirong

Fundamental Physics Using Reactors (FPUR-IV)

2024 年 12 月 2 日 - 3 日

名古屋大学

Development of Laser Isotope Separation (LIS) for ^{48}Ca toward the study of neutrinoless double beta decay by CANDLES

Anawat Rittirong

第 79 回日本物理学会年次大会

2024 年 9 月 16 日-19 日

北海道大学

IV 著書

該当なし

V 受賞と知的財産

該当なし

VI その他研究業績、発表文献

該当なし