

課題番号 : F-18-TU-0110
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 宇宙素粒子実験のための超伝導素子開発
Program Title (English) : Development of superconducting detectors for astroparticle physics
利用者名(日本語) : 鈴木貴士¹⁾, 石徹白晃治¹⁾
Username (English) : A. Suzuki¹⁾, K. Ishidoshiro¹⁾
所属名(日本語) : 東北大学ニュートリノ科学研究センター(RCNS)
Affiliation (English) : RCNS, Tohoku University
キーワード/Keyword : darkmatter、ダークマター、冷凍機、MKID、膜加工・エッチング

1. 概要(Summary)

宇宙素粒子物理学にはニュートリノのマヨラナ性や暗黒物質などの問題が残されている。ニュートリノのマヨラナ性を検証する唯一現実的な方法が無ニュートリノ 2 重 β 崩壊を検出することである。

本研究は超伝導検出器を用いた無ニュートリノ 2 重 β 崩壊や暗黒物質探索のための検出器作成の試作を目的としている。超伝導検出器としては、Lumped Element Kinetic Inductance Detector(LEKID)を計画している。LEKID は基板上に 1 層の超伝導薄膜のパターンニングで作成可能である。また、周波数分割により多重化が容易という特徴がある。

今回、西澤センターの設備を利用した超伝導検出器作成の品質評価を行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

両面アライナ露光装置一式(両面アライナ、スピコンータ、オープン、現像機、乾燥機)、芝浦スパッタ装置、ダイサ

【実験方法】

まず、3inch シリコンウェハにアルミニウムを 100 nm スパッタ成膜した。次に、スピコンータを利用しウェハ表面に粘度 32 cp のレジストを 500 rpm10 秒・3000 rpm30 秒の条件で塗布した。その後、両面アライナ露光装置を利用し自作マスクのパターンを照度 40 mW/cm²、0.9 秒照射という条件で転写した。転写後、現像液にウェハを約 4 分間浸漬し現像した。現像は顕微鏡を利用してウェハ表面形状を観察することで進行具合を確認しながら行った。最後に、ダイサによって適当な大きさにウェハをカットし、素子を作製した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製した素子を 3He ソープション冷凍機内部に設置し、²⁴¹Am の γ 線応答の測定を行った。結果、Fig. 1 のよう

に明確な信号を捉えることに成功した。この結果から、アルミニウムの準粒子の寿命が 17.4 ± 4 us、シリコンウェハからアルミニウム中のクーパーペア乖離へのエネルギー伝達係数 $4.0 \pm 0.8\%$ を得た。この値は先行研究と同程度の値で、西澤センターで作成した超伝導素子が十分に実用的な水準であることを実証することに成功した。

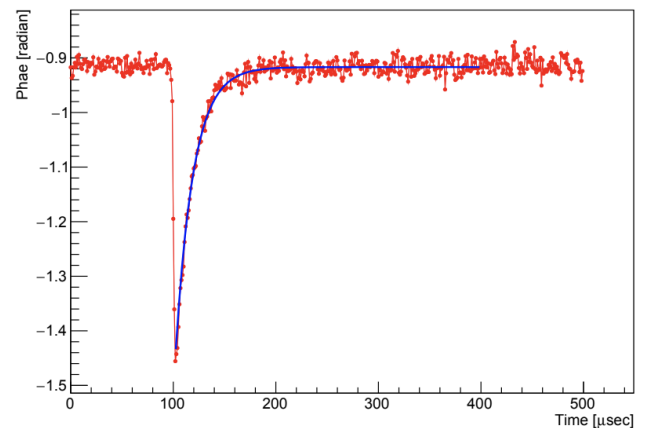


Fig. 1 Example of γ -ray detection.

4. その他・特記事項(Others)

【謝辞】

マイクロシステム融合研究開発センターの皆さまにおかれましては、装置の利用方法等を丁寧にご説明いただきました。感謝申し上げます。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 石徹白晃治, "Lumped element kinetic inductance detectors on CaF₂ for neutrino-less double-beta decay and spin-dependent dark matter search", VCI2019, 2019年2月21日.
- (2) 鈴木貴士, 地下素粒子実験用の超伝導素子開発", 理学研究科・理学部技術研究会 2018年11月30日.

6. 関連特許(Patent)

なし。