



研究課題名 百万画素サブミクロン分解能中性子ラジオグラフィのための固体超伝導検出器システム

大阪府立大学・大学院工学研究科・教授 いしだ たけかず
石田 武和

研究分野: 超伝導物性、ナノ構造超伝導

キーワード: 中性子、ラジオグラフィ、MgB₂超伝導体、単一磁束量子素子

【研究の背景・目的】

21世紀の学術・産業を支える基幹技術として、サブミクロン分解能を持つ大画素中性子ラジオグラフィが求められている。本研究では代表者と分担者が実績を持つ複数のオンリーワン技術を投入し、要求を満たすサブミクロン分解能・100万画素・高フレームレート・全固体素子の開発を目指す。アイデアの核は、二硼化マグネシウム(MgB₂)による直線状超伝導ナノワイヤ配列を形成することで、ワイヤ中の同位体¹⁰Bと中性子の核反応熱を運動インダクタンスの変化 ΔL_k として検出する方式を採用した点にある。これにより、サブミクロン空間分解能とともに、2次元配列、すなわち大画素化が可能となる。また、単一磁束量子(SFQ)尤度判定回路により ΔL_k の高感度検出と高速超低電力大容量読出しを実現する。

【研究の方法】

まず、MgB₂薄膜の高品質化、微細加工技術を高度化し、N x Nの多素子中性子検出器アレイを実現する。図1に示すように、一次元のリニアアレイを直交して並べ、ボロンの核反応で出てくるアルファ線とリシウム線が180度異なる方向に放出される2つの荷電粒子をX方向のリニアアレイとY方向のリニアアレイで同時計測する。これによりN²の画素が2N個の素子で実現できる。検出器とSFQの測定系をワンチップ化し、世界初の全固体超伝導中性子検出器チップを実現する。MgB₂ナノワイヤ検出器は、4Kで動作させる運動インダクタンス測定方式とし、MgB₂検出器(1ns高速動作)のための100GHzのSFQ尤度判定回路を採用した新しい全固体超伝導検出器中性子ラジオグラフィを創出する。

最終的には、J-PARC/JRR-3Mに於ける実証実験で、サブミクロン分解能の革新的中性子ラジオグラフィを完成させる。

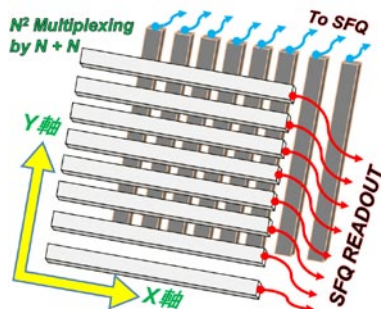


図1: MgB₂検出器を多重化する1次元アレイがN素子、X方向とY方向に並べられ同時計測する。

【期待される成果と意義】

中性子ラジオグラフィは、これまで他の技術では困難であった物質中における水素などの軽元素の位置や磁気構造などの観察を可能とする。サブミクロン分解能で大画素が実現すれば、スピン偏極中性子源を用いたスピントロニクスなど支援ツールとなる。例えば、産業界から燃料電池内の水の観察ニーズには、生成水の排水ダイナミクスを高空間分解能の動画として観測が可能となるだけでなく、農学、生物学に及ぶ革新をもたらす。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

1. T. Ishida, M. Nishikawa, Y. Fujita, S. Okayasu, M. Katagiri, K. Satoh, T. Yotsuya, H. Shimakage, S. Miki, Z. Wang, M. Machida, T. Kano, M. Kato, "Superconducting MgB₂ thin film detector for neutrons", J. Low Temp. Phys. **151**, 1074-1079 (2008).
2. M. Machida, T. Kano, T. Koyama, M. Kato, T. Ishida, "Direct numerical simulations for non-equilibrium superconducting dynamics at the transition edge: Simulation for MgB₂ neutron detectors", J. Low Temp. Phys., **152**, 58-63 (2008).
3. Y. Fujita, K. Arai, M. Nishikawa, K. Satoh, T. Yotsuya, H. Shimakage, S. Miki, Z. Wang, M. Machida, M. Kato, T. Ishida, "Nonequilibrium response of a meandered MgB₂ sensor by the irradiation of a pulsed laser", Physica C **468**, 1995-1997 (2008).
4. Y. Yamanashi, T. Kainuma, N. Yoshikawa, I. Kataeva, H. Akaike, A. Fujimaki, M. Tanaka, N. Takagi, S. Nagasawa, and M. Hidaka, "100 GHz Demonstrations Based on the Single-Flux-Quantum Cell Library for the 10 kA/cm² Nb Multi-Layer Process," IEICE Trans. Electron., **E93-C**, 440-444, (2010).

【研究期間と研究経費】

平成23年度-27年度
165,100千円

【ホームページ等】

<http://www.pe.osakafu-u.ac.jp/pe1/>