

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

特集：低温デジタルデバイス

「超伝導検出器と SFQ 回路のハイブリッドデバイス」

大阪府立大学
大学院工学研究科
教授 石田武和

電流バイアス状態の超伝導細線に対する外部刺激を、運動インダクタンスの時間微分を過渡電圧パルス信号として計測する方式は、大阪府大(石田)と名古屋大(藤巻)により基本原理が考案され、図1に原理図を示すが、電流バイアス運動インダクタンス検出器(CB-KID)と名付けた。いろいろな外部刺激検出に適用可能である。高品質のNb薄膜を微細加工して、Nb細線のつづら折りパターンを作成し、中央部分に超高真空分子線エピタキシー装置(MBE)で¹⁰B(200 nm)で積層する。これに、電流を流した状態で超伝導状態になっているNb細線があり、積層されたボロン膜で中性子とホウ素原子核が核反応を起こすと、2.3 MeVの大きな核反応熱が⁴He原子核と⁷Li原子核により反対方向に運び出されNb細線の超伝導クーパ対の一部が破壊され、運動インダクタンスが変化し、過渡電圧として中性子検出が検出できることを大阪府立大学チームが検証した。

従来の中性子検出器は大型で高電圧電源を必要としていたが、大阪府大が中性子検出に成功した新型中性子検出器は、小型軽量で、わずか数ボルトの電圧で動作する特徴がある。稀少核種である³Heを使う必要もない。運動インダクタンスの変化を検出することから4Kでも動作する。そのことを活かして、多チャンネル化した場合の読み出し回路に同じく4Kで動作する単一磁束量子(SFQ)回路が使えるのである。図2に示すように、我々は、22mm x 22mmのサイズで80ピン標準パッケージを規格化した。X方向のセンサーとY方向のセンサーを積層するので、ワンチップで、超伝導検出器(CB-KID)、中性子反応層(¹⁰B)、単一磁束量子(SFQ)読み出し回路をすべ

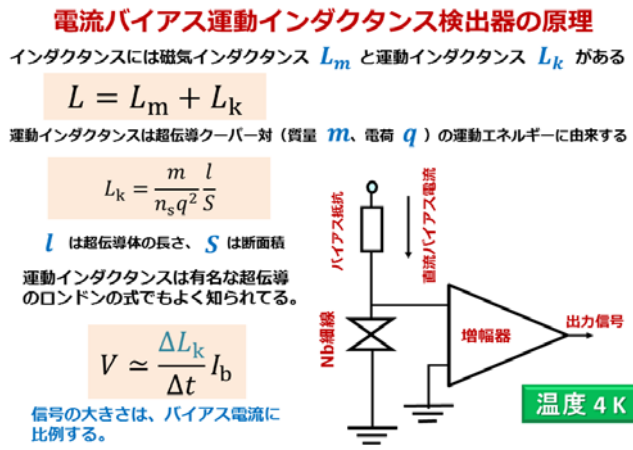


図1 電流バイアスインダクタンス検出器の原理を示す。

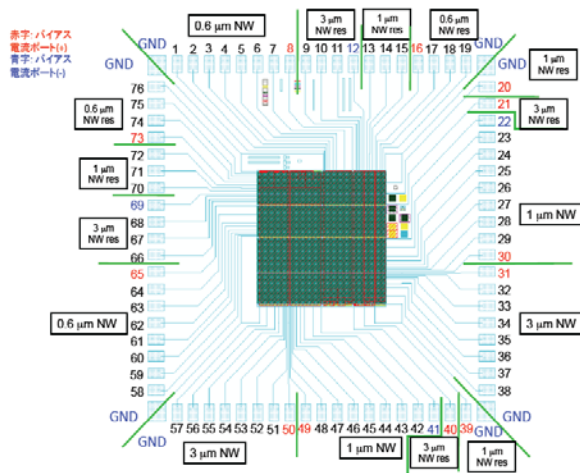


図2 22mmx22mm Si基板Nb細線による検出器部は中央、周辺にSFQ回路配置電極パッドは80個。

超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

て作り込むことができる。すなわち、半導体の CMOS のようなチップが超伝導で可能になるのである。Nb 細線の線幅も $0.6\ \mu\text{m}$ と微細化し、サブミクロンの空間分解能を持ち、百万画素のイメージングが近い将来実現することにつながる画期的な技術となっている。特に、SFQ 回路の読み出し回路としての性能を引き出すところが注目されている。

既に、大強度陽子加速器施設 J-PARC において、パルス中性子による中性子を検出できる実証実験は終えている。その時用いた実験装置の素子マウントの様子を図 3 に示す。この新しいイメージング装置が実用化されると、既存技術を革新し、原子炉などの中性子強度測定、非破壊検査、新材料の開発、スピントロニクスなどの局所磁場分布など、超高速、高感度、超高空間分解能の中性子検出器として利用され、物質科学、磁気科学の進展に寄与すると期待される。

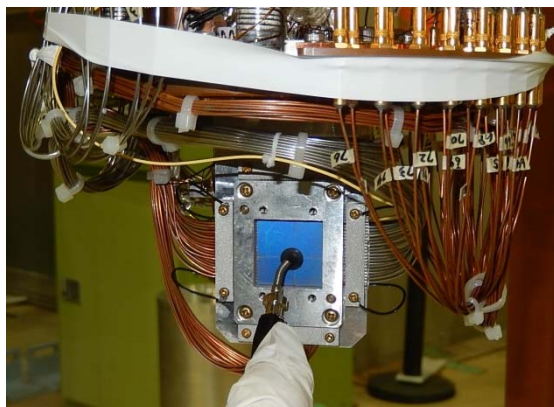


図 3 : 中央に CB-KID を設置の 4 K 冷凍機クライオスタットとセミリジッドケーブル 76 本。

この研究は、大阪府大 石田武和、宮嶋茂之、宍戸寛明、鳴神吉人、吉岡直人、中山弘貴、山口裕之、名古屋大学 藤巻 朗、産総研 日高 睦夫、J-PARC 及川 健一、原田 正英、奥 隆之、新井 正敏の各氏との共同研究である。基盤研究 (S) 「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」(代表 石田 武和) と課題番号 : 23226019、J-PARC 物質・生命科学実験施設 プロジェクト課題 2013P0800 「中性子光学デバイスおよび検出システムの開発と応用」(代表 奥 隆之) の支援を得ている。

[超電導 Web21 トップページ](#)