

超伝導システム

課題名 高温超伝導 SQUID を用いた先端バイオ・非破壊センシング技術の開発
 研究期間 平成21(2009)年度～平成29(2017)年度

高感度 SQUID センサを開発、 迅速な免疫検査システムを実証

ポイント

- ・従来の低温超伝導を用いた SQUID センサを高温超伝導化して応用分野拡大の検証を行った。
- ・高温超伝導による SQUID センサを用いた、バイオセンシング技術の分析・評価技術を確立し実用に近づけた。
- ・将来的に、現在の光学的免疫検査に対して、検査の簡便化などの臨床有効性を示すことを目指していく。

- ◆プロジェクトマネージャー／研究リーダー
圓福 敬二(九州大学)
- ◆開発リーダー
神鳥 明彦(株式会社日立製作所)

課題と目指したこと

超伝導量子干渉素子(SQUID)センサは、微弱な磁気を検出できるため、心臓や脳から発せられる磁気を捉える非侵襲な医療検査、建造物内部の欠陥や食料品内の磁気不純物の検査を行う非破壊検査、地下資源の探査などに応用されています。このような微弱な磁気は、極低温で超伝導状態となる材料で作製された素子で検出することができます。しかし、極低温での超伝導状態を維持するためには、資源の枯渇が心配される液体ヘリウムを使用する必要があります。そこで、安価で入手しやすい液体窒素による冷却で超伝導状態を維持できる高温超伝導材料を使用した SQUID センサとそのアプリケーションの開発、実証試験を行いました。

アプリケーションの1つとして免疫検査システムを開発

液体ヘリウムを要する低温 SQUID センサの感度に匹敵する高温 SQUID センサを目標に研究を進めました。高温超伝導材料の薄膜を積層して SQUID センサを作製するプロセスを改良することでセンサの高感度化を図り、プロジェクトの序盤で目標の感度を達成しました。現在、銅酸化物の高温超伝導材料を用いた SQUID センサは研究用に販売されています。

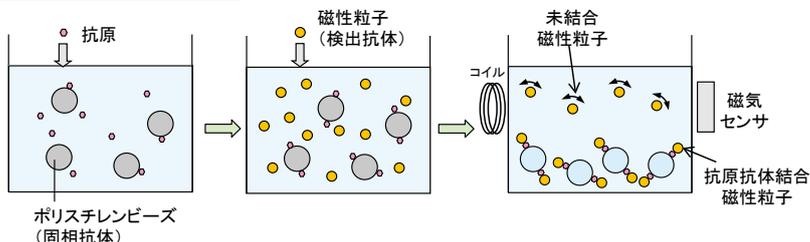
プロジェクト前半では、開発した高温 SQUID センサのアプリケーションとして、微小な金属片を検出する非破壊検査、磁気粒子を用いた免疫検査、再生医療のためのセンシング技術として培養心筋細胞の検出などを検討しました。プロジェクト後半からは磁気粒子を用いた免疫検査システムの開発を中心に、高温 SQUID センサの応用を検討しました。免疫検査システムの試作機を開発し、タンパク質の検出性能を評価した結果、現在主流の光学的免疫検査法(サンドイッチ ELISA 法)で必要とされている洗浄工程を省いた方法により、迅速に検査できることを実証しました。サンドイッチ ELISA 法では全反応時間は2時間程度を要しますが、開発した免疫検査システムでは30分程度です。更に磁気粒子による検査手法は、従来の検査法と比較して、廃液が少ない(環境にやさしい)、血液や糞便などの光を透過しにくい試料でも検査が可能というメリットもあります。

高温 SQUID センサの応用展開

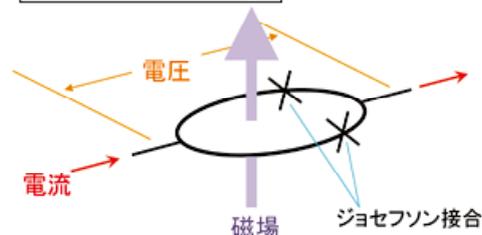
本プロジェクトで開発した免疫検査システムは、ユーザー評価を行い、磁気粒子や検査手法などの改良を加えながら、研究用途としての実用化、普及を目指し、将来的に医療機器としての応用を検討する計画です。開発した高感度 SQUID センサについては、非破壊検査や地下資源探査の研究者と共同研究を進め、用途拡大の可能性がります。高温 SQUID センサの応用展開に向けて継続した研究が行われています。

メリット (サンドイッチ ELISA 法との比較)

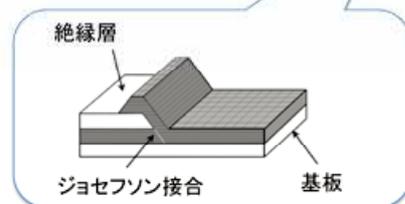
- ・洗浄工程が不要で、迅速・高感度
- ・廃液が少ない(環境にやさしい)
- ・光を透過しにくい試料も検査可



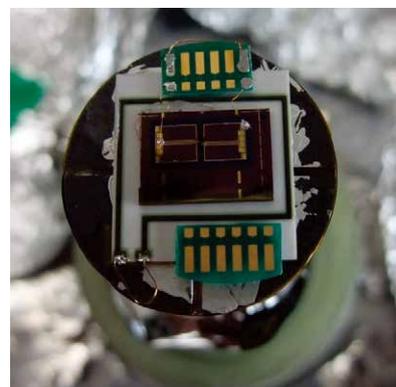
積層型 SQUID 素子



※ランプエッジ型と呼ばれる接合構造で、作製には薄膜積層技術が必要である。



開発した SQUID 素子の概略図

開発した検出コイル一体型 SQUID センサ
(研究用に販売中)

開発した磁気免疫技術による検査工程

結合・未結合マーカーを磁的に識別できるので、
試薬を混ぜるだけで洗浄工程が不要

↓
簡便・迅速化を実現
全反応時間は、30分程度