

位相エンジニアリングに基づく低温エレクトロニクス調査専門委員会 設置趣意書

金属・セラミックス技術委員会

1. 目的

ジョセフソン接合をベースとした超電導エレクトロニクスは、高感度性、高速応答性、低消費電力性などの特長を有している。この特長を生かし、これまで磁束や電流の高感度検出を利用したさまざまな最先端計測システムや、高性能計算機をはじめとする情報機器の実現を目指し、精力的に研究開発が進められてきた。一方、銅酸化物超電導体ジョセフソン接合において半磁束量子の存在が確認されて以降、接合の両電極間の超電導波動関数の位相差に発生するオフセットに関心が集まった。最近では、位相差オフセットを積極的に作り出す超電導体／磁性体／超電導体構造ジョセフソン接合が見出されたり、位相差の変化をより厳密に制御する回路方式が提案されたりするなど、位相エンジニアリングと呼ぶべき新たな流れが起きている。これらは、スピン記憶によるメモリなど、従来の超電導エレクトロニクスにはない機能を新たに生み出す可能性を秘めており、新しい低温エレクトロニクスとして大きな潮流を作ろうとしている。

本委員会は、先端的分野である位相エンジニアリングに基づく低温エレクトロニクスに関する調査を行い、発展の可能性や適した応用分野を明らかにすることで、今後の更なる研究開発の進歩を目指すことを目的として設置する。

2. 背景及び内外機関における調査活動

デジタルエレクトロニクス応用では、米国ならびに我が国において、Nb系超電導体材料を用いた通常のジョセフソン接合の大規模集積回路技術の開発が進んでいる。すでに、超高速アナログーデジタル変換器をもとにしたコグニティブ無線機はフィールドテストの段階に入っているほか、データセンタやエクサフロップス計算機をターゲットとした計算機システムの構築に向け、研究開発が進められている。また、この集積化技術は、SQUIDなどのアナログデバイスの集積化にも寄与し、SQUIDを用いた超電導検出器の出力の多重化などへも展開が図られている。

こういった状況の下、米国が超電導デバイスを中心とした低温デバイスによるスーパーコンピュータプロジェクトを立ち上げた。そこでは、冷却コストを含めても低温デバイスが優位となるように、論理演算方式の低消費電力化や、超電導デバイスが不得手としている高速大容量メモリに対し、抜本的な改革が問われている。その解に対して鍵となる考え方が「位相エンジニアリング」である。ジョセフソン接合の位相差の変化率を外から制御し、ほとんど電圧発生のない論理演算回路や、磁性体中のスピンの向きで記憶を行う微小メモリセルなどが可能となる。

以上のように、磁性材料や新しい制御方式の導入によって、超電導波動関数の位

相をより積極的に、そしてより厳密に制御する新たな低温エレクトロニクスが始まろうとしている。特に超電導体と磁性体の組合せは、発展著しいスピントロニクスを超電導エレクトロニクスに取り入れることを意味しており、新しい機能デバイスの具現化など大きな可能性を秘めている。反面、実績のあるデバイス、回路はほとんどなく、未検討の事項も多い。したがって、材料、回路、応用など、あらゆる観点から位相エンジニアリングの可能性を検討することが求められている。

3. 調査検討項目

上述のように、位相エンジニアリングに基づく低温電子デバイスや回路は、さまざまな観点から、その可能性や特徴を検討し、研究の方向性を見出していく必要がある。そこで、本調査委員会では、以下の項目の調査・検討を行う。

- ・超電導体／磁性体／超電導体構造を基本とする新しいジョセフソン接合の特徴と開発の動向及び展望
- ・スピン注入デバイスを始めとする低温での磁性-超電導ハイブリッドデバイス・回路の開発の動向と展望
- ・位相制御型超電導回路方式に関する動向と展望
- ・位相エンジニアリング技術の検出器や計測システムへの応用の可能性
- ・位相エンジニアリング技術の量子情報処理技術への応用の可能性

4. 予想される効果

本委員会は、調査活動を通して多方面から技術的課題を抽出し、今後の研究開発指針を明らかにする場を提供するものであり、低温材料ならびにそれらを用いる電子デバイスの研究分野に大きな役割を果たすものと期待される。

5. 調査期間

平成 25 年 10 月（2013 年）～平成 28 年 9 月（2014 年）（3 年間）

6. 委員構成（仮）

役割	氏名（所属）	会員／非会員
委員長	藤巻朗（名古屋大学）	会員
	浅井哲也（北海道大）	非会員
	入江晃亘（宇都宮大）	非会員
	仙場浩一（NTT）	非会員
	高木直史（京都大）	非会員
	中島康治（東北大）	会員
	中村泰信（東大）	非会員
	新見康洋（東京大）	非会員
	日高睦夫（産総研）	非会員
	水柿義直（電気通信大）	検討中

	明連広昭 (埼玉大)	会員
	山下 茂 (立命館大)	非会員
	山下太郎 (情報通信機構)	非会員
	吉川信行 (横浜国大)	会員
幹事	田中雅光 (名大)	会員
幹事	山梨裕希 (横浜国大)	会員

7. 活動予定

委員会 4回/年、研究会 1回/年

8. 報告形態

本調査専門委員会の調査によって得られた成果は、電気学会技術報告書としてまとめる予定である。