

掲載内容 (サマリー):

トピックス

名古屋大、横国大、超電導工学研究所、通信総合研究所、単一磁束量子マイクロプロセッサの開発に成功

特集：超電導マイクロ波デバイス

超電導マイクロ波デバイスの技術動向
チューナブルフィルタ技術開発の現状
マイクロストリップ型バンドパスフィルタ技術開発の状況
超電導マイクロ波パワーデバイスの技術開発状況
超電導関連製品ガイド - 超電導マイクロ波デバイス関連製品 -

超電導関連 3 - 4 月の催し物案内

新聞ヘッドライン (1/21-2/19)

超電導速報 - 世界の動き (2004 年 1 月)

第 4 回低温工学・超電導応用研究会シンポジウム報告

未踏科学国際ワ - クショップ報告

「International Cryogenic Materials Conference (ICMC) 2004」参加報告

隔月連載記事 - やさしい超電導エレクトロニクスのおはなし (その 1)

読者の広場(Q&A) - 超電導フィルタはなぜ米国で多く使われているのですか?

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

発行者

財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導 Web21 編集局

〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-3 栄進開発ビル 6F

Tel (03) 3431-4002 Fax(03) 3431-4044

超電導 Web21 トップページ: <http://www.istec.or.jp/Web21/index-J.html>



この「超電導 Web21」は、競輪の補助金を受けて作成したものです。

単一磁束量子マイクロプロセッサの開発に成功

名古屋大学
大学院工学研究科
助教授 藤巻 朗

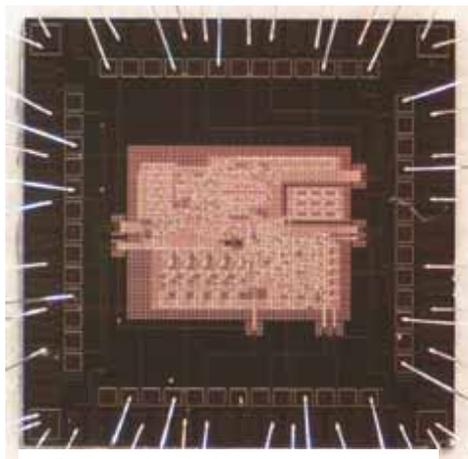
名古屋大学と横浜国立大学は、超電導工学研究所、通信総合研究所と協力して、単一磁束量子 (SFQ) 回路によるマイクロプロセッサ (MPU) の高速動作実証に世界で初めて成功し、その成果を 2004 年 2 月 15 日から 19 日にかけてサンフランシスコで開催された ISSCC2004 (国際固体回路会議) で発表した。

SFQ 回路は、半導体 LSI が直面しているチップの発熱や長い配線での遅延時間といった高性能化に対する障害を同時に克服し得る有望な回路として研究されている。その特徴は、波高値数百 μV 、幅数ピコ秒のインパルス状の電圧波形にあり、この特徴から現在の半導体と比べ 1 桁以上高速で、3 桁以上低消費電力な LSI を構築することが可能と考えられている。

しかしながら、インパルス状でしか電圧が発生しないため、2 つの信号の相互演算を行おうとするとパルス幅の精度、すなわちピコ秒の精度でゲートに到来する信号のタイミングを制御する必要がある。ところが、製造時の回路パラメータのばらつきやゲートの組み合わせ、さらには回路に供給する電流自身が作る磁場によって、タイミングがずれてしまうことが明らかになった。この問題をある程度克服し、大規模回路の設計を可能にしたものが CONNECT 設計ツールである。これは、超電導工学研究所、通信総合研究所、名古屋大学、横浜国立大学が共同で開発したもので、現在は 5000 個程度のジョセフソン接合からなる回路であればほぼ完全に動作させることができる。

MPU は、デジタル回路の中でも最も複雑な回路であり、CONNECT 設計ツールを用いても高速性を発揮する設計は容易ではない。特にクロック信号の供給方法と実際のコンポーネントの配置 (フロアプラン) は性能に直接影響する。今回は、コントローラに二分決定グラフ、レジスタや ALU には新たに考案したブランチクロッキングといったように、各コンポーネントに適したクロック供給法を採用し、またフロアプランも何度となく修正することで動作実証に至った。

今回の MPU では、筑波にある超電導工学研究所のニオブ系プロセスライン (NEC 標準プロセス) を用いて約 5000 個のジョセフソン接合を $1.8 \times 2.8 \text{mm}^2$ の面積に集積化した。また、RISC アーキテクチャに基づく必要最小限の 7 つの命令を実行することができる。今回は 8 ビット長のビットシリアル演算を採用したが、これは単に接合数の抑制という意味だけでなく、将来のさらなる高速演算への布石ともなっている。ビット演算に関しては最高で 15.2GHz で動作し、その際の消費電力は 1.6mW であった。今回の動作実証は、SFQ 回路の設計技術が成熟してきたことを意味しており、数十 GHz 以上で動作する超高速大規模集積回路の実用化へ向けた大きな一歩となると考えている。



動作に成功した SFQ マイクロプロセッサの顕微鏡写真

本研究は、「低消費電力型超電導ネットワークデバイスの開発」事業として、(財)国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) を通じて、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託を受けて実施したものである。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導マイクロ波デバイス 「超電導マイクロ波デバイスの技術動向」

山形大学
工学部 電気情報工学科
教授 大嶋 重利

1. 超電導フィルタサブシステム

高温超電導薄膜を用いたマイクロ波デバイスの最近の技術動向では、まず米国で展開されている携帯電話の基地局用受信フィルタサブシステムを紹介しなければならないであろう。ご存知のように、現在 STI (Superconductor Technologies Inc.) が独占的に超電導フィルタサブシステムを生産、販売をしており、SuperLinkRx850 (第2世代の携帯電話 850MHz 帯に対応したフィルタシステム) という商品名で売り出している。2003 年末には販売台数が 3800 台を越えたと報道している。SuperLinkRx850 の性能は STI のホームページ(<http://www.suptech.com>) に詳しく載っているので参照していただきたい。超電導フィルタシステムを実用化する場合、ユーザーが最も懸念していたことは故障率の問題である。5 年間無故障が要求されているとも聞いているが、STI は、「現在までの実績を評価すると、MTBF (システムの平均故障間隔) は 57 年以上となるので全く問題ない」と報道している。

STI は最近中国市場に進出を狙っているという情報もある。中国はご存知のように、現在急激に携帯電話の市場が伸びている。広大な領土全体を携帯電話の通話可能地域にするためには、基地局のカバーエリアを出来るだけ伸ばせるシステムが要求されており、超電導フィルタサブシステムが有効であると判断されている。現在超電導に関する大型プロジェクトが幾つか推進されているが、その中でも、超電導フィルタサブシステムの開発プロジェクトが入っている。プロジェクトの中心的な役割を担っているのは、精華大学の Prof.Cao のグループである。図 1 にそのシステムの外観写真を示す。



図1 精華大学のProf.Caoグループが試作した超電導フィルタシステムの外観写真

このシステムは、China Mobile 社の GSM1800 用に試作したものである。超電導フィルタは、挿入損失 0.27dB、帯域外遮断特性 70dB 以上、ステープネスが 15dB/MHz 以上となっている。また、冷凍機はドイツのライボルト社製のスターリング型冷凍機を使用している。彼らは、このシステムを用いてフィールド試験を行い、通話品質の向上を実証している。

韓国でも超電導フィルタシステムの開発が行われている。数年前までは、LG 電子が精力的にシステムの開発を行っていたが、現在は休止している。代わりに、RFTRON というベンチャー企業が冷凍機を含めたサブシステムを開発している。開発責任者は Dr. Seok Kil Han で、建国大学の Prof. Sang Yong Lee がサポートしている。超電導フィルタ及びサブシステムの写真を図 2、図 3 に示す。詳細は RFTRON のホームページ(<http://www.rftron.com>)を参照して下さい。

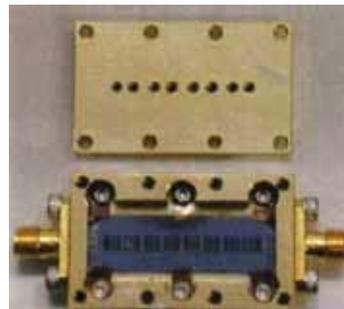


図2 RFTRON のフィルタ外観写真

日本でも幾つかの企業が超電導フィルタサブシステムの開発を継続しているが、以前と比較してその勢いが無いのは残念である。最近、日立国際電気、NTTDoCoMo、STI、アイシン精機の共同で、超電導フィルタサブシステムを用いたブースタが提案されている。電波の弱い地域や不感地域での通話品質を向上させる目的で、ブースタを開発しようというものである。その基本構成図を図4に示す。Up Link、Down Link、の2系等の前段に超電導フィルタサブシステムを配置し、S/Nを向上させるものである。



図3 RFRONが試作したフィルタサブシステムの外観写真

現在、超電導フィルタサブシステムを実用化、市販しているのは米国のSTIだけである。STIと同等な技術力を持つ企業は、残念ながら日本も含めて、世界中どこにもない。超電導フィルタサブシステムの継続的な研究開発が日本の企業で行われることを切に願っている。

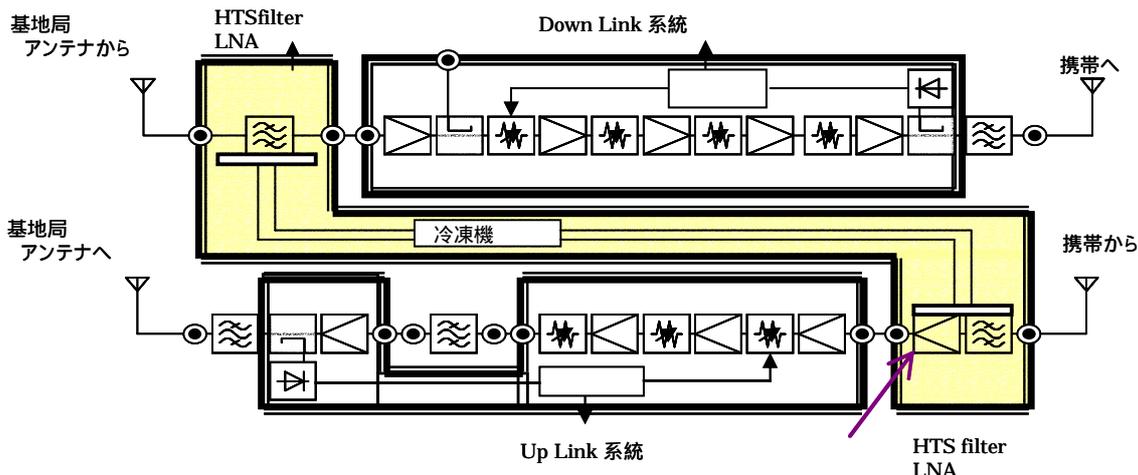


図4 超電導フィルタサブシステムを用いたブースタのブロックダイアグラム

2. 超電導フィルタを用いた新たな応用の展開

超電導バンドパスフィルタは、低損失で極めて周波数選択性の高い、理想的なフィルタ特性を示すことが知られている。その特徴を生かせば、新たな応用が展開できるものと思われる。そのような検討をしている日本の企業があるので紹介する。

2.1 都市ノイズ低減用フィルタ

電波天文や地球環境の監視に、ミリ波帯の電波が利用されているが、この電波は都市ノイズと比較して極めて微弱である。パラボラアンテナで受けた宇宙からの信号を超電導バンドパスフィルタを用いてノイズを除去し、S/Nを上げるといった試みが提案されている。図5にその

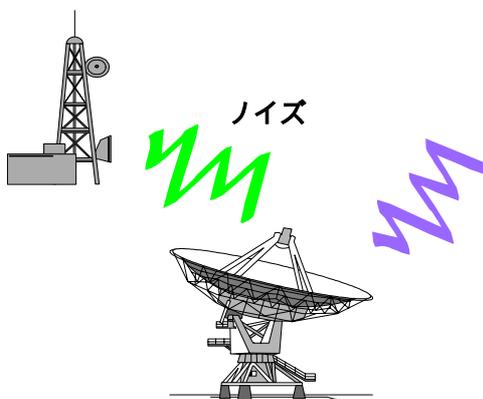


図5 宇宙観測用パラボラアンテナの模式図

模式図、図 6 に用いたフィルタの特性を示す。(株)クライオデバイスの技術を受け継いでいるデンソー(株)の榊原グループが開発したものであり、実際に使用されて高い評価を得ている。

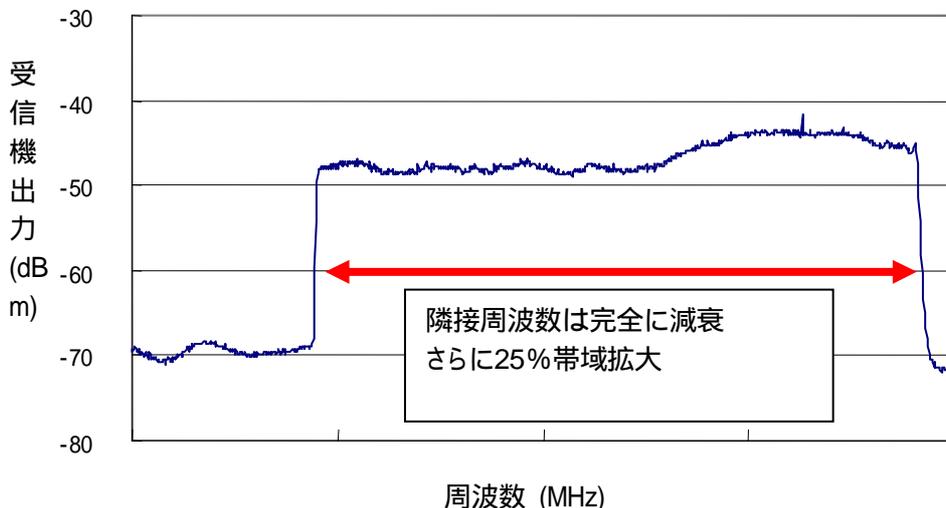


図 6 パラボラアンテナ前段に挿入されるバンドパスフィルタの特性

2.2 パワースペクトラム観測システム

計測器の感度を向上させるシステムに、超電導バンドパスフィルタの利用が検討されている。(株)クライオデバイスの技術を引き継いでいるアルプス電気(株)の岡崎らは、スペクトルアナライザの感度を向上させる手法として、超電導バンドパスフィルタの利用を提案している。図 7 にそのシステムの系統写真を、図 8 に実際の測定結果を示す。HTSfilter を用いないと、測定したい周波数帯に大きなノイズが現われているのに対して、HTSfilter を用いると完全に除去できることがわかる。

以上のように、超電導バンドパスフィルタは、基地局用の受信システム以外にも応用できる分野がある。今後の広がりを期待したい。

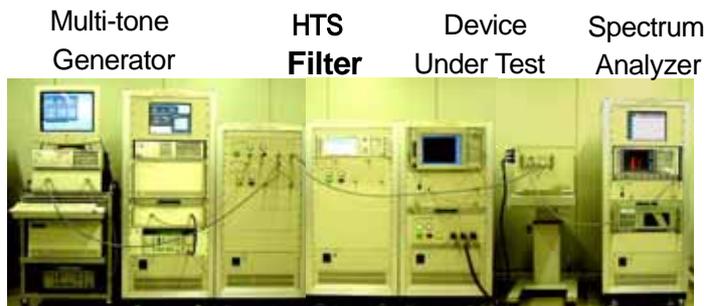
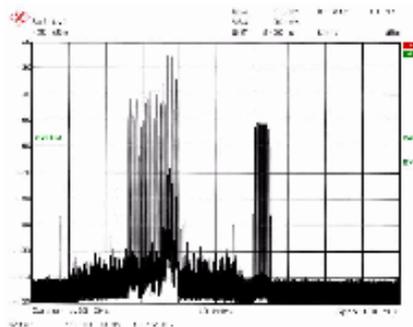
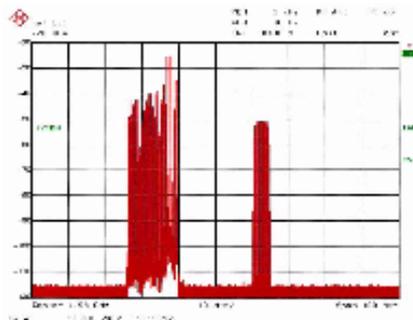


図 7 スペクトラム可視化システムの概要写真



(a)通常のシステム



(b)HTSfilter を使用したシステム

図 8 インターモジュール観察用システムの周波数特性

3. Duplexer

Duplexer は、携帯から基地局、基地局から携帯への信号を分離するためにはなくてはならない機器である。STI も超電導フィルタを用いた Duplexer の検討を始めていると報道しているが、まだその実態は明らかではない。STI のホームページには、SuperLinkRx85 と併用して使われる Duplexer の特性が載っているが、超電導フィルタの利点を完全には生かし切れていないように見える。山形大学工学部の大嶋グループでは、超電導フィルタを利用した Duplexer の試作を行っている。バンドパスフィルタを並列接続するだけの極めてシンプルな構造であるが、信号を完全に分離できることを確認している。今後の進展を期待したい。

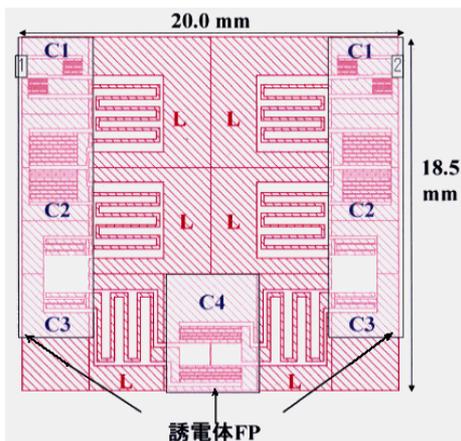
[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：超電導マイクロ波デバイス 「チューナブルフィルタ技術開発の現状」

近畿大学 生物理工学部
教授 本津 茂樹

地上波デジタルテレビ放送が開始され、今後ワイヤレスシステムへの依存が一層高まるとともに、通信量・通信速度の増大に伴いシステムも複雑化していくことが予想される。これまで、周波数資源の有効利用・移動体通信のブロードバンド化を目的に、低挿入損失と急峻な遮断特性を特徴とした超電導フィルタの開発が精力的に行われ、その技術も成熟してきた。近年は、たとえばソフトウェア無線に代表されるような複雑なシステムにも柔軟に対応できる、超電導チューナブルフィルタの開発へと移行し始めている。ここで言うチューナブルフィルタとは、中心周波数・帯域幅・遮断特性等を自由に可変できるフィルタで、構造によっては特性補正(トリミング)の機能を持つものも実現できる。

初期に行われたチューニングの手法として、フィルタを構成する超電導体に誘電体や磁性体を組み合わせ、これらに外部から電界・磁界を印加することにより共振器の実効比誘電率 ϵ_{eff} ・透磁率 μ_{eff} を変化させるものが主流であったが、誘電体や磁性体により挿入損失が増加することや、可変範囲が狭いことが大きな問題であった。これに対して、我々は共振器直上に誘電体、または磁性体のプレート(FP)を設け、アクチュエータを用いてこれを移動させることにより、 ϵ_{eff} または μ_{eff} を制御するメカニカルチューニングの手法を提案し、低挿入損失と大きな中心周波数の変化を得ることに成功した。東芝のグループではIMT-2000用の23段のバンドパスフィルタにこの方法を適用し、10MHzという大きな中心周波数の変化を得ている。¹⁾ しかしながら、この方法を用いたとしても、分布定数型フィルタではその構造上、中心周波数、帯域幅、遮断特性を独立に制御することは非常に困難である。我々は図のようなインターデジタル構造のC素子とメアング構造のL素子で集中定数型フィルタを構成し、個々のC素子にメカニカルチューニングの手法を適用することにより、上記フィルタ特性の独立な制御を実現するとともに、フィルタの小型化にも成功した。²⁾ 最近では、ジョセフソン接合アレイのカイネティックインダクタンスの電流による変化を利用したチューナブルフィルタも提案されているが、³⁾ このフィルタを実現するためにはイントリニック接合による数千個のジョセフソン接合アレイ作製技術を確立する必要がある。



集中定数型チューナブル6段BPFのレイアウト

今後、マルチバンドソフトウェア無線や MIMO 通信等、新しい移動通信システムへの適用を視野に入れた高機能な超電導チューナブルフィルタの開発が望まれる。

参考文献

- 1) H.Fuke, T.Terashima et.al. Physica C 378-381 (2002) 1408-1413
- 2) S.Hontsu, S.Mine et.al. IEEE Trans. Appl. Supercond.13 (2003) 720-723
- 3) V.Kaplunenko, G.M.Fischer, EUCAS-2003 Book of Abst.(2003) 55

特集：超電導マイクロ波デバイス

「マイクロストリップ型バンドパスフィルタ技術開発の状況」

株式会社 富士通研究所
材料・環境技術研究所 物質研究部
山中 一典

無線受信装置において、アンテナで捉えられた電波は、高周波電気信号を誘起しますが、希望信号を含んだ周波数成分を取り出すために、所用の周波数帯域を通過させるバンドパスフィルタ回路が用いられます。同調回路もその一種です。このフィルタの構成法には複数の共振回路を通過させる方法がありますが、この場合、通過損失が小さく周波数選択性を向上させるためには、共振回路の抵抗成分を小さくし高Q化するのが、重要な要素の一つです。¹⁾ところで、無線で使用される準マイクロ波、マイクロ波領域では、YBCO系などの酸化物高温超電導体では結晶性などの品質を向上させることにより、金、銀、銅などの電気良導体よりも桁違いに低い表面抵抗に対応した無負荷Qが得られます。²⁾

このため、このような超電導体を上記のフィルタに適用することで、周波数選択性の優れたフィルタを得ることが可能となります。通常（非超電導）型のものに比べ、通信性能の向上が期待されますが、この際、超電導を用いない通常の受信装置と同様のサイズや使い勝手などが望まれます。そのためには、超電導を用いた装置サイズ増大の大きな要因になりがちな冷却部分（冷凍機など）の小型化が望まれます。そこで、超電導フィルタなど被冷却物を小型化し、熱を考慮した実装の技術が重要です。この点で、例えば準マイクロ波では立体回路よりもマイクロストリップ型のような平面回路の方が小型化に有利であることが、容易に推定できます（ここで、マイクロストリップ型（マイクロストリップライン型）の回路は、誘電体基板の片面にベタのグランド導体、もう片側に回路パターンの導体膜を有した回路です）。

上記を踏まえ以下に、移動通信の基地局装置の高性能化に向け、高温超電導体を用いたIMT-2000(2GHz帯)のマイクロストリップ型バンドパスフィルタについて、当社で進めた研究開発の結果の一端を紹介します。³⁾⁻⁶⁾開発の一環として以下の検討を進めました。

- (1) 共振器の導体パターン形状を特殊な（ダブルスパイラル）形状に工夫。
- (2) フィルタのパッケージ材の改良、実装方法を工夫。

この結果、ヘアピン形状（U字形状）の通常の1/2波長型のパターンを用いたフィルタに比べ約50%の占有容積低減が図れました（15段バンドパスの場合）。この実装技術では、熱膨張係数は大きい軽量で熱特性の優れたアルミパッケージの使用を可能としました。また、YBCO膜を用いた場合、作製プロセス時の T_c 劣化をほとんど抑制することにも成功しました。試作したフィルタの概観と伝送特性例をそれぞれ図1、2に示します。

この開発した超電導フィルタを2個搭載しダイバシ



図1 開発フィルタのパッケージ³⁾

ティ受信機能もつ屋外仕様の 2GHz 帯受信増幅装置を試作しました。非超電導型の装置に比べて、優れた低雑音受信特性と周波数選択性を示し、通常型と同様のサイズ（約 15L）が得られました。

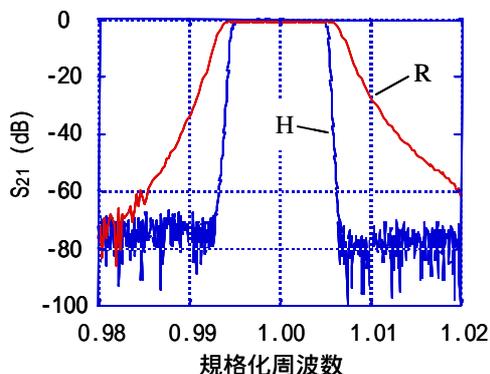


図2 H：開発した超電導フィルタ（実測値の一例）および
R：従来の常温フィルタ例（参照データ）の特性比較。¹⁾

参考文献

- 1) 山中一典、「読者の広場」、超電導 Web21、2003年3月号。
- 2) Akihiko Akasegawa, Kazunori Yamanaka, Teru Nakanishi, and Manabu Kai, FUJITSU Sci. Tech. J., 38,1, p31-38, June, 2002.
- 3) 富士通プレスリリース、<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2002/09/20.html>、2002.9.20 .
- 4) 甲斐学、中西輝、赤瀬川章彦、山中一典：電子情報通信学会ソサイエティ大会、SC5-3（9/13発表）2002年。
- 5) Kazunori Yamanaka, Manabu Kai, Teru Nakanishi, and Akihiko Akasegawa, ISS 2002, FD-9, Nov., 2002.
- 6) Manabu Kai, Teru Nakanishi, Akihiko Akasegawa, and Kazunori Yamanaka, IEICE Trans. ELECTRON., VOL.E8&-C, NO.12 DEC., p2417-2421, 2003.

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集:超電導マイクロ波デバイス 「超電導マイクロ波パワーデバイスの技術開発状況」

産業技術総合研究所
電力エネルギー研究部門
小原 春彦

超電導マイクロ波デバイスに関しては、本特集で取り上げられているように、すでに一部は実用化が始まっている。しかし、超電導マイクロ波デバイスの中でいち早く実用化までこぎ着けた受信フィルタシステムは、優れた性能を持っているにもかかわらず、当初の期待に反して残念ながら日本においてはあまり普及していない。その原因についてはいくつか考えられるが、受信システムの高性能化のみでは、冷却が必要な超電導マイクロ波デバイスの導入効果としては十分でないことが挙げられる。そこで、送信システム、特に送信用フィルタへの超電導マイクロ波デバイスの応用が検討されている。

現在、携帯電話を中心とした移動体通信は、さまざまなシステムが隣接する周波数帯を使っているが、一つのシステムが発する帯域外への雑音しばしば他のシステムへ悪影響を及ぼしている。そこで、帯域外への雑音を除去する送信用フィルタに高性能な超電導マイクロ波デバイスを利用できれば、受信フィルタの高性能化だけでは対処しきれない、隣り合うシステム間の干渉を抑えることができる。また、超電導マイクロ波デバイスは一般的に低損失なので、送信用アンプの出力を下げることもできる。加えて、受信システムと冷凍機を共用できるので、コスト的にも優位である。しかし、現状では送信用フィルタに必要な大きな通過電力のマイクロ波に対して、耐電力特性が十分でないことや、非線形ひずみが生じてしまうことにより、超電導を利用した送信用フィルタは実現していない。

これらの課題を克服し、超電導マイクロ波パワーデバイスを実現するために、薄膜、デバイス、システムレベルでの研究開発が行われている。特に超電導マイクロ波パワーデバイスの性能を規定している三次相互変調ひずみの研究が欧米を中心に盛んに行われている。材料、薄膜レベルでは高温超電導体の結晶粒界や、d 波動的な特性が三次相互変調ひずみの要因となっているとの議論があり、またデバイス、システムレベルでは配線や実装の技術においても受信に比べて送信用の超電導マイクロ波パワーデバイスは解決しなければならない課題も多い。産総研では、薄膜レベルでの材料の高性能化を目指して、誘電体共振器法を用いた薄膜の耐電力特性の測定技術の開発を行っている(写真)。

超電導マイクロ波パワーデバイスが実現すると、移動体通信基地局の出入り口である、送受信システムに超電導デバイスが導入可能となる。これにより、トータルとしてのシステムメリットが生まれ、超電導マイクロ波デバイスの普及につながるものと考えている。超電導マイクロ波デバイスの普及は、ますます増大する携帯電話の情報量に対応できるばかりでなく、周波数資源の有効利用や環境電磁波の低減といった社会的な側面への寄与が期待できる。



薄膜の耐電力特性測定装置

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連製品ガイド - 超電導マイクロ波デバイス関連製品 - (社名五十音順表示)

1. 大面積超電導薄膜

住友電気工業株式会社、エレクトロニクス・材料研究所 エネルギー環境材料研究部
3 インチ、丸、HoBCO レーザーアブレーション膜
Tel:06-6466-5639、Fax:06-6466-6583、小西昌也
山形大学 工学部電気電子工学科 (フッ素フリースピンコート法による YBCO 薄膜の作製)
Tel:0238-26-3286、Fax:0238-26-3293、大嶋重利

2. 超電導アンテナ (試作開発中)

山形大学 工学部電気電子工学科、HTS アンテナ
Tel:0238-26-3286、Fax:0238-26-3293、大嶋重利

3. 超電導送受共有器 (Duplexer) (試作開発中)

山形大学 工学部電気電子工学科、超電導送受共有器
Tel:0238-26-3286、Fax:0238-26-3293、大嶋重利

4. 超電導フィルタ

(試作開発中)

アルプス電気株式会社、高温超電導フィルタ
Tel:045-544-6575、Fax:045-544-6585
事業開発本部 CDI プロジェクトマネージャー 岡崎三也
(株)デンソー基礎研究所、高周波 HTS フィルタ (移動体通信基地局用、放送中継用、電波天文用)
Tel:0561-75-1133、Fax:0561-75-1185、斎藤研志
株式会社富士通研究所、高温超電導フィルタ
Tel:046-250-8362 担当
山形大学 工学部電気電子工学科、HTS クロスカップル型フィルタ、サファイア
ロッドトリミング
Tel:0238-26-3286、Fax:0238-26-3293、大嶋重利
(サプライヤー)
理研電具製造株式会社、超電導フィルタ
Tel:03-5798-2396、Fax:03-5798-4316、岩脇良見

(編集局 田中靖三)



[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 3 - 4 月の催し物案内

3/3

第4回材料研究会「超電導磁気分離システム開発の現状と今後の展望」

場所：大阪大学附属図書館吹田分館 視聴覚ホール

主催：(社)低温工学協会 材料研究会

e-mail: matsu@hightc.mtl.kyoto-u.ac.jp

3/11

ISTEC「超電導電力貯蔵システム技術開発」報告会

場所：九段會館（東京）

主催：ISTEC

Fax: 03-3431-4044

<http://www.istec.or.jp/smes/index.html>

3/17

平成16年電気学会全国大会シンポジウム（新しい電気電子材料としてのカーボンナノチューブの魅力、超電導応用機器における最新の開発動向）

場所：青山学院大学相模キャンパス

主催：(社)電気学会

Tel:03-3221-7313, Fax:03-3221-3704

3/17-19

International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields

場所：Tallahassee, FL, USA

<http://www.magnet.fsu.edu/news/events/map.html>

3/22-26

APS March Meeting

場所：Montreal, Canada

主催：American Physical Society

3/29-4/1

ICC13(13th International Cryocooler Conference)

場所：Wyndham New Orleans-Canal Place, New Orleans, Louisiana, USA

<http://www.cryocooler.org/>

4/12-16

Materials Research Society Spring Meeting

場所：San Francisco, CA, USA

<http://www.mrs.org/meetings/spring2004/>

4/19-23

2004 IDW (2004 International DAPAS Workshop)

場所：Hyundai Hotel, Gyeongju, Republic of Korea

主催：Center for Applied Superconductivity Technology (CAST)

Tel:+822-421-9515, Fax:+822-421-9525, e-mail:eddy@b612pro.com

<http://cast.re.kr/2004idw/>

[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (1/21-2/19)

超高速の量子計算機 回路設計を自動化 NTT がソフト開発 1/21 日経産業新聞
日立 NMR 用高周波アンテナ 新超電導体(2 ホウ化マグネシウム)使い実用化 1/21 日刊工業新聞
ITER 誘致 関係国へ 説明団派遣 文科省が来月上旬にも 1/21 電気新聞
文科省 ITER の青森誘致 中国に理解求める 1/21 日本工業新聞
熱核融合炉誘致 仏「韓国が支持も」 1/21 日本経済新聞
韓国がフランス支持に方針転換も ITER 誘致 1/22 毎日新聞
国際熱核融合実験炉の誘致 本体を六ヶ所村? 駐仏日本大使がフランス政府非難 1/26 日本工業新聞
「地上の太陽」 ITER 誘致 交渉大詰め 青森・六ヶ所村 仏・カダラッシュ どっちに輝く? 1/29 読売新聞
日本原子力研究所 ITER 業務推進室 奥村義和室長に聞く 2100 年、発電の 3 割核融合で 1/29 読売新聞
ITER 日本誘致へ 河村文科相に要望書 核融合フォーラム 1/30 日刊工業新聞
熱核融合実験炉 誘致巡り賛否 仏で報道過熱 2/2 朝日新聞(夕)
熱核融合実験炉 誘致の支援要請 副文科相、訪露 2/3 毎日新聞(夕)
核融合の魅力と魔力 山地憲治 2/3 電気新聞
ITER 誘致で 露次官と会談 稲葉文科副大臣 2/4 電気新聞
コールド・トラップ 真空中水分を高速除去 2/4 日刊工業新聞
地上の“太陽” 誘致大詰め 国際熱核融合実験炉 日仏で綱引き 実現には技術の壁 六ヶ所村は海に近い利点も ロシア政府代表団メンバー ベリコフ氏 2/10 読売新聞
電中研 高温超電導の機構解明へ 奇妙な電子配列状態発見 2/13 日刊工業新聞、日経産業新聞、日本工業新聞
半導体より高速、低消費電力 超伝導性の新回路 名大・横国大開発 2/17 朝日新聞、毎日新聞、日刊工業新聞
来月にずれ込みか ITER 建設地決定 河村文科相が見解示す 2/18 電気新聞



[超電導 Web21 トップページ](#)

【ビジネストレンド】超電導速報 世界の動き (2004年1月)

電力

American Superconductor Corporation (2004年1月5日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、同社 HTS 船舶推進モーターが IEEE Spectrum 編集部から主要産業の変革をもたらす可能性のある世界 6 大製品 (プロジェクト) の 1 つとして、一流かつ影響力多大な技術に選ばれたと発表した。同社船舶用モーターは、編集部により選ばれた 6 つの産業部門の 1 つである輸送部門の最優秀製品である。IEEE Spectrum は、「HTS モーターの出現により、船舶推進機が再度、先端技術として位置付けられることになる。」と述べている。

(出典)

“IEEE Spectrum Selects American Superconductor’s Ship Propulsion Motors As A Winning Product for 2004”

American Superconductor Corporation press release (January 5, 2004)

<http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/10335061601741.html>

American Superconductor Corporation (2004年1月8日)

American Superconductor Corporation と General Electric は、American Transmission Company (ATC) が Wisconsin Public Service (WPS Resources Corporation の子会社) が以前所有していた Rhinelander Loop 送電グリッドで現在電圧安定化用として使われている 6 台の D-SMES を買い取ったと発表した。Wisconsin Public Service は、送電グリッドの所有権と運転を 2001 年に ATC に移管したが、今回 ATC が買い取った 6 台の D-SMES を含め一部資産は継続して保有していた。今回の取引の結果、AMSC 社に 2003 年 12 月 31 日に終了する四半期の追加収入 320 万ドルが計上された。3 年半の運転期間中、6 台の D-SMES は数回の送電事故を含む 2000 回以上の発送電系の電圧降下から Rhinelander Loop を保護してきた。

(出典)

Source:

“American Transmission Company Purchases From American Superconductor Six D-SMES Transmission Grid Reliability Systems Previously Owned By Wisconsin Public Service”

American Superconductor Corporation press release (January 8, 2004)

<http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/10335061601742.html>

American Superconductor Corporation (2004年1月14日)

American Superconductor Corporation は、カナダ最大の風力発電所開発事業者の Vision Quest Windelectric (TransAlta Corporation の子会社) に D-VAR[®] 無効電力補償システムを販売する。この D-VAR はアルバータ州カルガリーの Summerview 風力発電所に設置され、無効電力供給及び電圧調整に用いられる。D-VAR システムにより当該風力発電所と地域電力グリッドを接続するのに必要な電圧調整基準を満たすことができるようになる。完成すれば、同発電所のほぼ、7,000 エーカーの面積、発電規模 130MW となる。

(出典)

“American Superconductor’s D-VAR[®] System To Ensure Transmission Interconnection For Canadian Wind Farm”

American Superconductor Corporation press release (January 14, 2004)

<http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/10335061601743.html>

American Superconductor Corporation (2004年1月26日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、HTS 次世代線材の電流容量をたちどころに30%増加させることのできるナノ技術をベースとした製造技術に関する特許出願を行った。新しいナノ技術プロセスは、次世代 HTS 線材全体にナノドットを分散させる技術を含んでいる。Air Force Research Laboratory と Los Alamos National Laboratory の研究者の行った実験室規模での検討結果によれば、ナノドットのサイズ、分散、組成を最適化することにより、次世代線材の動作温度、商用超電導体が受けるであろう磁場の下で、電流容量を倍にすることも不可能ではない。このナノドットは現在世界で販売されている 10m 長さの次世代線材にも作りこまれる予定であり、このナノ技術は本年末に着工する予定の新しい製造プラントにも組み込まれる予定。AMSC 社の次世代線材は、形状・機能の点で第1世代線材をすぐにでも置き換えられるように設計されており、さらにコストは 1/2 ~ 1/5 になる見込み。このような価格の低減により、HTS 応用市場は拡大していくものと期待している。

(出典)

“American Superconductor’s Nanotechnology Breakthrough Significantly Increases Performance of Superconductor Wire”

American Superconductor Corporation press release (January 26, 2004)

<http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/10335061601745.html>

Intermagnetics General Corporation (2004年1月28日)

Intermagnetics General Corporation は、従来のコア事業のパフォーマンス及び1月27日に完了した Invivo Corporation の買収による事業への寄与について、2005年5月に終了する2005年会計年度に向けた展望を発表した。2005年度には全収入は50%増加して2億5000万ドルに達する見込みである。Invivo Corporation の買収に関し、同社社長 Glenn H. Epstein は、「これは、Intermagnetics にとって非常に魅力的な戦略的買収である。これまでコア事業であったビジネスにとっては、高度な技術を持ち、尊敬を勝ち得ている営業チームが戦列に加わったことに留まらず、新しいマーケットや新しい顧客へもアプローチしていけることを意味している。」と述べた。同社のMRI部門は、新製品の投入もあり過去3四半期連続で高い成長を示している。機器部門は、第3四半期には過去の記録から見てやや低調であったが、強い受注の傾向から見て第4四半期には再度成長軌道に乗れるものと期待される。エネルギー技術部門については、SuperPower が主要プロジェクトに支払いが始まることもあって、収入の急激な増加が期待できる。しかしながら、米国エネルギー政策に関する議会でのコンセンサスがないために、エネルギー・プロジェクトに対する連邦予算が大幅に減額された。この予算削減は SuperPower を含め全産業に影響を与えるであろうし、2004年9月に終了する今連邦予算年度内にその再修正は考えられない。このため、Intermagnetics 社では SuperPower に対して第4四半期は当初予定よりも約100万ドルの追加予算を組むことにしている。

(出典)

“Intermagnetics Comments on Contribution of Invivo Acquisition, Provides Update on Core Business Operations”

Intermagnetics General Corporation press release (January 28, 2004)

<http://ir.thomsonfn.com/InvestorRelations/PubNewsStory.aspx?partner=10215&storyId=104696>

通信

Superconductor Technologies Inc. (2004年1月9日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)は、証券取引委員会(SEC)にシェルフ・レジストレーション・ステートメント(S-3)の申請を行った。これにより SEC がこのステートメントが有効であるとした時点から 8,000 万ドルを上限として新規株式の発行が可能となる。STI は未だその時期、規模、どのような形で公募するかなどを決めてはいない。同社社長 M. Peter Thomas は次のように述べた。「シェルフ・レジストレーション・ステートメントの申請により、STI が資金調達をしようとしたときに、そのフレキシビリティが増し、規制に係るコスト(時間と資金)を低減できると考えている。STI は急速に成長している。我々は成長持続に必要な資金調達の道を決かなものにしておきたい。資金需要としては、製造設備の拡大、流動資本に対する需要、新製品、マーケット開発、企業買収等が想定される。現時点では、具体的な計画はなく、またそのための手も打っていない。」(出典)

“Superconductor Technologies Announces Filing of Shelf Registration Statement”

Superconductor Technologies Inc. press release (January 9, 2004)

<http://ir.thomsonfn.com/InvestorRelations/PubNewsStory.aspx?partner=5951&storyId=101025>

加速器

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (2004年1月20日)

Large Hadron Collider (LHC)のコンパクトミュオンソレノイド(CMS)超電導磁石コンポーネントを構成する最初の5台のソレノイドがジェノバ港から1月21日 CERNの加速器建設サイトに向けて出荷された。研究者達は、CMS実験により、予言されてはいるが、実測されていない素粒子、幻のヒッグス・ボゾンに関わるなんらかの情報が得られるのではないかと期待している。CMS実験により、LHCで加速された陽子ビームの衝突生成物を解析し、その軌跡を再構成したり、そのエネルギーを評価したりする。CMS実験の中心をなす CMS 磁石は、衝突によって生成された粒子を見分けるのに必要な非常に強い磁場を発生する。この CMS 磁石は研究機関の国際協力の下に製造されており、その参加機関は、Italian National Institute for Physics (INFN)、CERN、the Commissariat pour l'Energie Atomique (CEA)、the Polytechnic of Zurich (ETH-Z) 及び Ansaldo Superconductors である。

(出典)

“The first module of CMS superconducting magnet is leaving towards CERN”

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare press release (January 20, 2004)

<http://www.infn.it/>

(ISTEC 国際部長 津田井 昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

第4回低温工学・超電導応用研究会シンポジウム報告

日本原子力研究所
ITER 開発室 ITER 協力調整室
高橋良和

第4回低温工学・超電導応用研究会シンポジウム「国際熱核融合実験炉(ITER)計画と超電導マグネット開発」は、2004年1月22日(木)に、日本原子力研究所・那珂研究所で開催され、48名が参加した。ITER計画の現状、超電導マグネットの設計、R&Dの成果、Nb₃Sn素線、マグネットの構造材料についての講演とITERモデル・コイルと臨界プラズマ試験装置(JT-60)の見学会が行われた。

まず、常松俊秀氏(日本原子力研究所)は「国際熱核融合実験炉(ITER)計画の現状」について講演した。ITER計画のこれまでの経緯とこれからの予定、および六ヶ所村建設予定地の検討結果、安全に対する技術的検討結果等が紹介された。現在、政府間交渉によりサイトの絞込みを行っているところであるが、建設においては、参加極による貢献は物品を納入するものが大部分で、一部拠出金で運営されることが共通認識になっていることが報告された。超電導マグネットは、建設サイトに依らず、そのほとんどを日本と欧州と米国が製作する予定であることが紹介された。

次に、奥野清氏(日本原子力研究所)は図1で示すような「超電導マグネットの概念設計」について講演した。特に、核融合装置特有の中性子環境下において、核加熱によるコイルの温度上昇や中性子照射による絶縁材の強度劣化が報告された。しかし、現在の設計の妥当性は、次に報告されるモデル・コイル等の成果により検証されていることが報告された。講演者は、超電導マグネットにおいて、日本の果たすべき役割は大きく、大学、産業界を含めた協力体制の構築が不可欠であると締めくくった。

磯野高明氏(日本原子力研究所)は「モデル・コイルを中心とした開発成果」について講演した。モデル・コイルの実験は、導体の超電導特性測定、交流損失測定、コイルのパルス運転、ヒータによるクエンチ実験、繰り

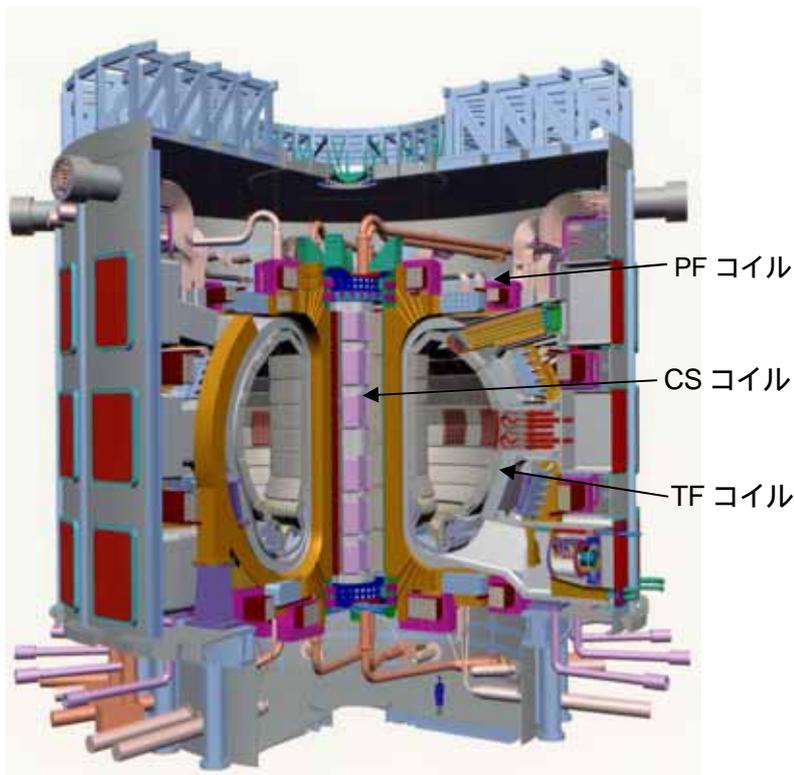


図1 超電導マグネットの概念設計図

返し通電が行われ、これらの結果により見直されたコイルの設計基準が紹介された。特に、 Nb_3Sn 超電導体において、実験前の予測より低い超電導特性を示したので、素線の臨界電流密度 $J_c(12\text{T}, 4.2\text{K})$ の仕様は、 $650\text{A}/\text{mm}^2$ から $800\text{A}/\text{mm}^2$ に引き上げられたことが紹介された。また、これを説明するために、撚線の中において素線に加わる局所的な曲げ歪を新たに補正歪として導入したことが報告された。

休憩を挟んで、三好一富氏(古河電工)は「 Nb_3Sn 素線の性能と製造」と題して、ブロンズ法の J_c の向上と量産技術について講演した。ブロンズ中の Sn 濃度を 14.2wt% から 16wt% に増加させたことと、熱処理温度の最適化により、 J_c が向上し、上記の仕様アップに対応できたことが報告された。量産技術においては、断面のレイアウトを工夫し、量産実績をかさねることにより、工程が安定化され、ITER 用 Nb_3Sn 素線の製造に目処が付いたことが示された。

最後に、石尾光太郎氏(日本製鋼所)は「超電導マグネット用構造材料」と題して、高強度ステンレス鋼について講演した。開発された高強度ステンレス鋼の強度および靱性は、ITER の要求仕様を満足しているが、約 60 トンの大型鋼塊が必要であり、現在の技術では R&D を行う必要のあることが報告された。

講演後の見学会において、図 2 の写真のように、モデル・コイルの真空容器が開いたので、組み込まれたコイル自身を直接見る事ができた。

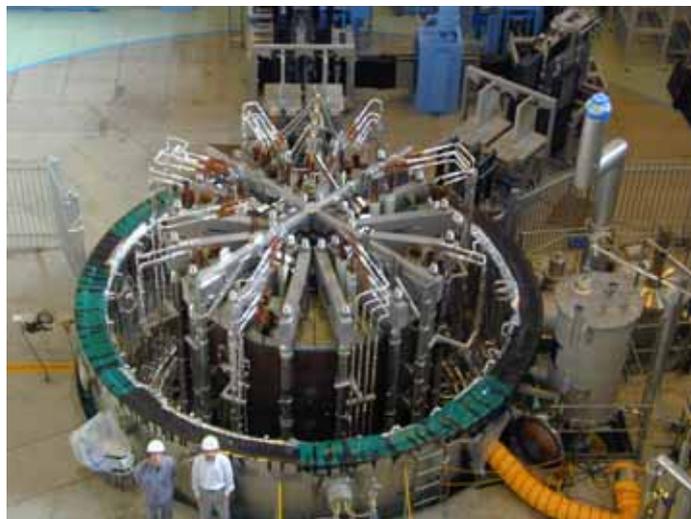


図 2 装置に組み込まれたモデル・コイル

[超電導 Web21 トップページ](#)

未踏科学国際ワ - クシヨップ報告

物質・材料研究機構
超伝導材料研究センター
副センター長 井上 廉

2004年2月1~2日にかけて、物質・材料研究機構の第1会議室、第2会議室において、上記の未踏科学国際ワ - クシヨップ「Nb 基超伝導材料の進展」が、同機構主催で行われた。出席者は延べ、70名であり、海外からの出席者は、米国(7名)、英国(2名)、スイス(2名)、韓国(1名)、中国(2名)、ドイツ(1名)、ロシア(1名)であった。2日間にわたり、この狭い分野に集中して、熱心に討論が行われ、大変有意義な会議であったと、参加者からは絶賛の声がよせられた。

現在、実用超電導線材と真の意味で呼べるのは、Nb-Ti 合金線材と Nb₃Sn 化合物線材だけである。ところが、MgB₂ 線材や酸化物系高 T_c 超電導線材に関係した国際会議は近年、数多く行われているが、Nb 基超伝導材料に関する国際会議は、全くと言って良いほど行われて来なかった。それでは、近年この分野での研究の進展や特性の向上はなかったかと言うと、そんなことはなく、逆に連続的あるいはドラスティックな特性向上が、この分野でも進んでいる。このような現状を考慮し、物質・材料研究機構ではこのワ - クシヨップの開催を計画した。

ワ - クシヨップで注目を集めたのは、強磁性人工ピン導入による Nb-Ti 合金の特性向上、内部錫拡散法及び MJR 法 Nb₃Sn 線材における Sn 比増加による overall J_c の 4~5 倍増の実現、Sn 比の最適化による Nb₃Sn 線材の H_{c2} を 2T 程度向上、Ta-Sn を出発原料とする新製法 Nb₃Sn 線材における高磁場中 overall J_c の向上と H_{c2} を 2 T 程度向上、過剰に Sn を含んだブロンズを使う事による Nb₃Sn 線材の特性向上、Nb₃Sn 線材より耐歪み特性が 5 倍程度優れ、overall J_c も 2 T 程度優れている RHQT 法 Nb₃Al 線材の長尺化製造技術の進展、改良型 RHQT 法の提案による Nb₃Al 線材の更なる特性向上、RHQ 法を適用した Nb₃Ga 線材や Nb₃(Al,Ge)線材作製の試み等である。これらの特性向上は、全て、最近得られ始めたものばかりであり、この趨勢が、今後も続くと、全く異なった実用超電導線材の世界が実現する可能性があり、この分野の今後の進展には目が離せない。



[超電導 Web21 トップページ](#)

「International Cryogenic Materials Conference (ICMC) 2004」参加報告

本学会は2004年2月10～13日にかけて、オーストラリアのシドニーから電車で南に2時間程かけ、約50 km行ったところにあるWollongong大学で開催された。29件の招待講演、13件の一般講演、70件のポスター発表が行われた。内容的にはMgB₂関係が28件、ピンニング関係が24件、超電導線材関係が21件、超電導応用関係が14件、ビスマス関係が17件、交流損失関係が4件、組成合成関係が4件であった。

学会全体を通して感じたことは、臨界温度が高いことの他に、高温酸化物超電導体で問題になるような結晶粒間の弱結合が存在しないことから比較的容易に超電導を作製することができ、コストも低く押さえることが期待されているという利点からMgB₂関係の発表が目立つようであった。MgB₂はY系超電導体と比較すると臨界温度、臨界電流密度(J_c)の値は共に低いが、線材化へ向けた動きは早い印象を受けた。

また超電導線材に関しては、金属基板面内配向度の向上に向けた取り組みとして、MgOを用いたISD (inclined substrate deposition)法やRABiTS (rolling assisted biaxially textured substrates)法の作製技術向上の報告があった。面内配向度はそれぞれ10°以下であった。ISD法については1 m長の超電導線材を作製し、面内配向度は16°、 J_c は0.3 MA/cm²という結果であった。Y系線材に関しては、ハステロイ上にGd₂Zr₂O₇ (GZO)を用いたIBAD (ion beam assisted deposition)法で作製した金属基板上における報告がされていた。そして金属基板の面内配向度の向上を得るためには、GZO膜上にPLD法にてCeO₂膜を成膜する事により達成し、更にその上にPLD法にてYBCOを成膜する事により高い面内配向度を得た報告がされていた。これはCeO₂膜が高い配向度を得ているために、YBCOの成長も高い面内配向を保ちながらエピタキシャル成長をした結果であり、 J_c 値も最大で4.4 MA/cm²と高い結果が得られていた。さらに1 μm成膜時には幅1 cmあたり276 Aと高い臨界電流(I_c)も報告されていた。長尺化の報告ではPLD法による多層成膜方法において、膜厚増加に伴いヒーター温度を増加させると、ヒーター温度を増加させないときに比べ、 I_c 、 J_c 共に増加するという線材化に役立つ情報が得られた。実際にこの手法で0.9 m長、膜厚0.5 μmの線材作製を行っており、end-to-endにて I_c は36.4 A、 J_c は0.73 MA/cm²の値も得られた報告があった。

(SRL/ISTEC 名古屋高温超電導線材開発センター 岩井博幸)

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

やさしい超電導エレクトロニクスのおはなし(その1)

SRL/ISTEC

特別研究員 蓮尾信也

その1: 超電導エレクトロニクス概論

1. はじめに

超電導現象を応用したエレクトロニクスを総称して超電導エレクトロニクスという。その応用分野は半導体エレクトロニクスにも匹敵するほど多くの種類がある。しかし、その多くが現在開発中あるいは研究中のものが多く、日常生活の中でお目にかかることはまだ少ない。

半導体エレクトロニクスが使われるようになってから、人々の生活様式は大きく変わった。これと同じように、超電導エレクトロニクスが日常生活で使われるようになれば、情報通信技術、医療技術、環境技術、そして宇宙技術などの分野が、これまでと大きく変わるものと期待される。この解説記事では、超電導エレクトロニクスの現状を紹介するとともに、将来どのように発展するかを述べる。

2. 超電導現象のエレクトロニクスへの応用

超電導現象をエレクトロニクスへ応用しようという試みは、1950年代中期のクライオトロンに端を発する。¹⁾ 超電導材料で薄膜を作り、その膜が超電導状態にある時は電圧を発生しないが、常電導状態に移った後は電圧が発生する性質を利用してスイッチとして使うというものである。当時としてはリレーや真空管に比べるとその切り替え速度が格段に速いものであった。世界で初めての真空管式コンピュータ ENIAC が 1946 年に登場してから 10 年もしない時期に、クライオトロンを使ってコンピュータを作る試みがなされていることは驚くべきことである。ENIAC ができた当初から、人類はもっと速いコンピュータを作ろうと考えていたことの証だからである。

しかし、クライオトロンはトランジスタの進歩に押されて滅び去り、その後に超電導電子のトンネル効果を利用したジョセフソン素子が現れる。1963年のことである。ジョセフソン素子はこれから述べる超電導エレクトロニクスになくはならない主役である。また、超電導材料としては、1980年代末まではほとんどニオブ(Nb)が用いられていた。このため動作温度は液体ヘリウム温度(4.2K)程度の低温に限定されていた。しかし、1986年に高温超電導体が発見されたことにより、素子の動作温度が液体窒素温度(77K)で実現できる可能性が生まれた。超電導エレクトロニクスへの期待がいつそう高まっていった。

ジョセフソン素子とは何かについては後ほど述べるとして、超電導エレクトロニクスで何ができるのかを述べておこう。

それをまとめたのが図1である。基本となる素子は大きく二種類に分けることができる。受動素子と能動素子である。

受動素子

受動素子というのは、外部からエネルギーを与えなくても必要な役割を果たすことのできる素子をいう。抵抗器やコンデンサーなどはその典型である。超電導受動素子は超電導体そのものが素子としての役割を果たす。形状は超電導体のバルク、厚膜(厚さ数 μm ~数 mm 程度)あるいは薄膜(厚さ0.1~1 μm 程度)などがある。超電導体の表面抵抗が小さいことから、銅や金を用いたマイクロ波部品よりも優れた性能を発揮する周波数領域(数GHz~100GHz程度)で用いられること

が多い。超電導アンテナやマイクロ波共振器などへの応用が研究されているが、現在すでに実用化されているのは超電導フィルタである。携帯電話基地局でほかの電波帯域との区切りを明確にする目的で超電導フィルタが使われる。米国では実際に数千箇所の基地局に超電導フィルタが導入されている。

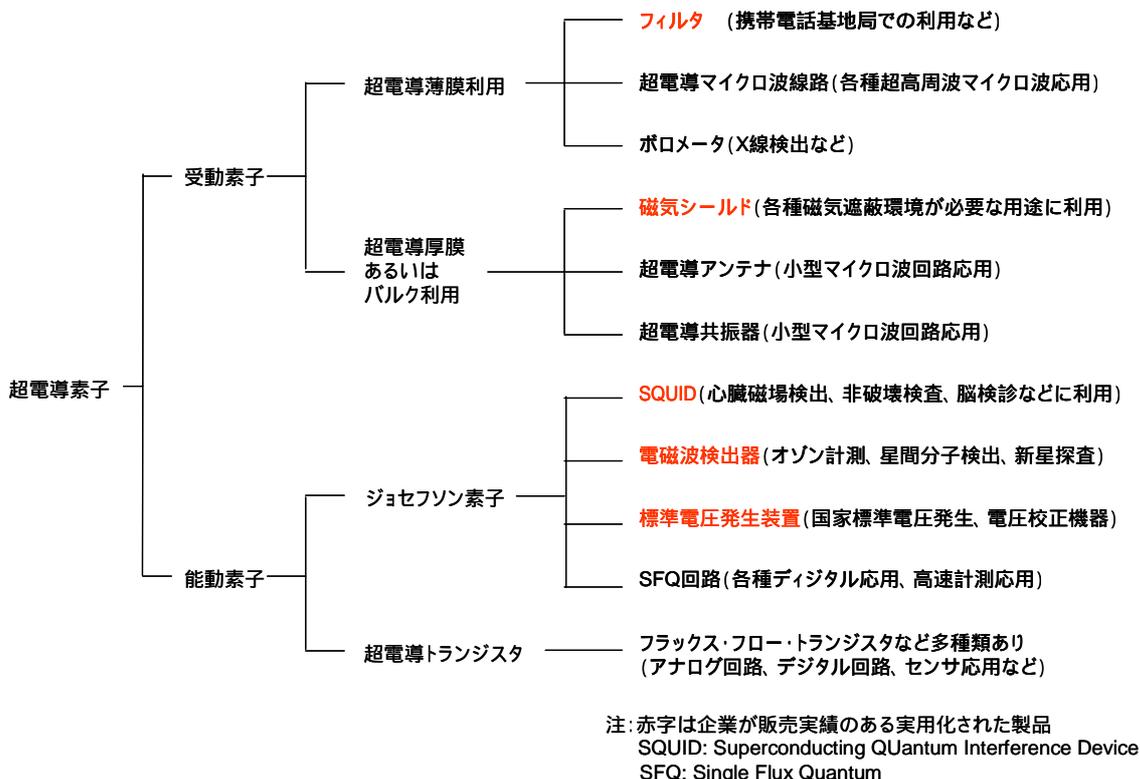


図1 超電導素子のエレクトロニクスへの応用

能動素子

能動素子というのは、外部からエネルギーを供給することにより信号を増幅したり、新しい信号を作り出したりするもので、トランジスタがその典型である。超電導体の場合はジョセフソン素子が能動素子の典型といえる。

ジョセフソン素子は今後もこの解説の中でよく登場するので、少し詳しく述べておこう。

図2(a)に示すように二つの超電導体の間に数 nm (1nm は 10 億分の 1m) の絶縁層を挟んだ構造の素子である。このような構造をジョセフソン接合という。この接合の間を超電導電子 (二つの電子が対を作っており、クーパー対と呼ばれる) が壊れる (普通の電子にもどる) ことなく流れることができるというのがジョセフソン効果である。これは超電導電子のトンネル効果とよばれ、1962年にケンブリッジ大学の B.D. Josephson によって理論的に予測された現象である。²⁾ 翌 1963年にベル研究所の P.W. Anderson と J.M. Rowell によって実験で確かめられた。³⁾

図2(b)にジョセフソン素子の電流 - 電圧特性を示す。(b)で縦にまっすぐな青線は超電導電子が流れることによる電流である。この超電導電流はいくらでも流れるというわけには行かない。最大流し得る電流値を臨界電流という。臨界電流は超電導体の間に挟む絶縁膜の厚みに依存する。厚いほど流れられる電流値は小さくなる。それ以上の電流を流すと超電導電子は普通の電子に変わってしまうので、接合の両端には電圧が発生する。その結果(b)に示すような電流 - 電圧特性になる。

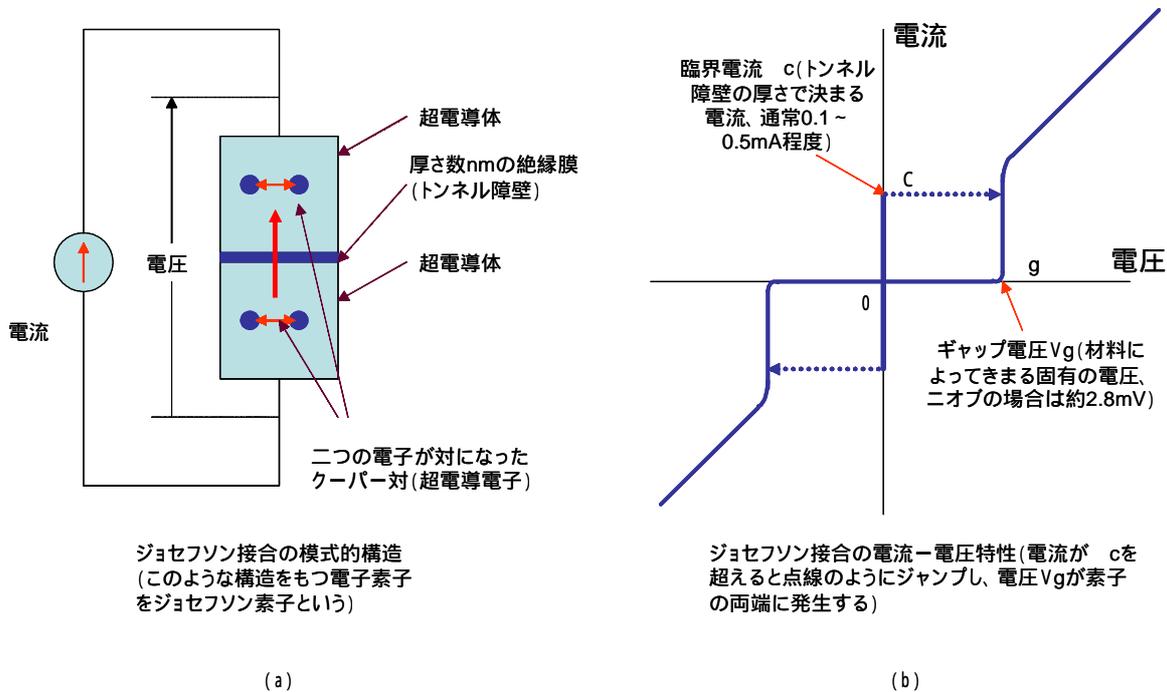


図2 ジョセフソン素子の構造とその電流 - 電圧特性

ジョセフソン素子の臨界電流が外部の磁界に敏感に反応する性質を用いれば、人体に触れないで心臓の鼓動が作る磁界を計測したり、脳に電流が流れることによって発生する磁界を検出したりすることができる。心臓疾患の検査や脳機能の研究などに用いられる。電磁波のセンサーとしても非常に高感度であり、大気中の中層圏に存在するオゾンからのわずかな電磁波も捕らえることができる。また、正確な電圧を発生することも可能であり、日本など先進諸国では電圧の国家標準にジョセフソン素子を用いたシステムを採用しているところが多い。各種デジタル回路への応用も可能である。半導体に比べ数十倍の高速で動作し、電力も一桁以上少なくすむからである。

そのほかに超電導体を用いてトランジスタを作る試みもある。まだ複数個の超電導トランジスタを組み合わせ動作させた例はないが、センサーなどへの応用が考えられている。

ここで述べたフィルタ、磁界検出、電磁波検出、電圧標準、デジタル応用などの詳細については次回以降述べることにする。

参考文献

最近の解説記事として、応用物理学会誌 2004年1月号の超電導特集号が参考になる。

- 1) D.A.Buck: Proc. IRE 44, 482 (1956)
- 2) B.D.Josephson: Phys. Lett., 1, 251 (1962)
- 3) P.W.Anderson and J.M.Rowell: Phys. Rev. Lett., 10, 230 (1963)

読者の広場

Q&A

Q：超電導フィルタはなぜ米国で多く使われているのですか？

A：日米で異なった要因として4つあります。

超電導フィルタのような新技術導入にあたり、(1) 新技術の適用分野の広がり、(2) 従来技術との格差による導入効果、(3) 新技術を採用する企業の経営形態、そして(4) その経営環境です。

(1) 新技術適用分野の広がり； 超電導フィルタの材料・部品レベルでの用途は民生用通信機器と戦闘機やミサイルなどの軍用通信機器とに分けることができます。米国では軍需と民需の両がらみであったため、多くの資金、人材、組織が動き、通信分野の立ち上がりが速かったのです。

(2) 新技術導入効果； 米国では従来のフィルタ搭載システムがアンテナ部と離れた床置型であったため、低損失の超電導フィルタは高い導入効果が達成されました。一方、我が国では塔頂受信機と呼ばれる装置が広く導入されて受信感度が常温での限界まで高められているため、感度改善の余地が小さかったのです。

(3) 新技術導入を促す経営形態； 米国では大きな企業規模の会社でも、街や郡などの地域毎に小規模なオペレータが存在し、補助的な装置等の自主購入について、新技術を試験的に導入する柔軟性があります。さらに基地局を管理する担当者が、その基地局に関わる営業収益にも責任を持たされているため、その基地局での接続品質（送受信の高信頼性が必要となる）の向上に意欲的です。

(4) 新技術導入を促す経営環境； 米国では通話中に電波干渉等で回線が切断されると（ドロップコールと呼ばれる）通話料金を削減するような料金制度を採用していることも干渉に強い技術導入を積極的に推進する大きな動機となっています。

現在、我が国の超電導フィルタの技術開発水準は小型低消費電力の冷凍機を含め米国に劣っていません。そして、動画像まで携帯電話で送受信している世界で一番進んだサービスを行っている我が国です。米国以上に高度な電波利用が要求され、米国以上に超電導フィルタが必要になることは必至です。その時、経営形態のところで述べましたように、我が国では一挙に大きな市場が開けると予想されます。

回答者：北海道大学電子情報工学

教授 野島俊雄

超電導工学研究所

主管研究員 鈴木克己

[超電導 Web21 トップページ](#)