

掲載内容 (サマリー):

トピックス

超電導工学研、大容量ルータへの道を拓く超高速超電導スイッチを開発

特集：小型冷凍機とその超電導機器への適用

我が国の冷凍機技術のこれまでとこれから - 小型冷凍機を中心に

小型冷凍機技術の最前線

医療・理化学機器への適用状況

環境機器への適用状況

超電導フィルタへの適用状況

地球・宇宙観測機器への適用状況

超電導関連製品ガイド - 小型冷凍機 -

超電導関連 5 - 6 月の催し物案内

第 6 回 (2004 年度) サ・マ・ティン・ウッド賞受賞候補者推薦要項

新聞ヘッドライン (3/19- 4/19)

超電導速報 - 世界の動き (2004 年 3 月)

標準化活動 - TC90、米国アルゴンヌにて第 9 回 TC90 会議開催告示 -

特許情報

低温工学協会新磁気科学調査研究会第 2 回研究会報告

日本物理学会 2004 年年次大会報告 - 量子計算機を巡る動き

APS March Meeting 2004 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 2)

読者の広場(Q&A) - 小型冷凍機ってどれくらいの大きさなのでしょう?

[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。

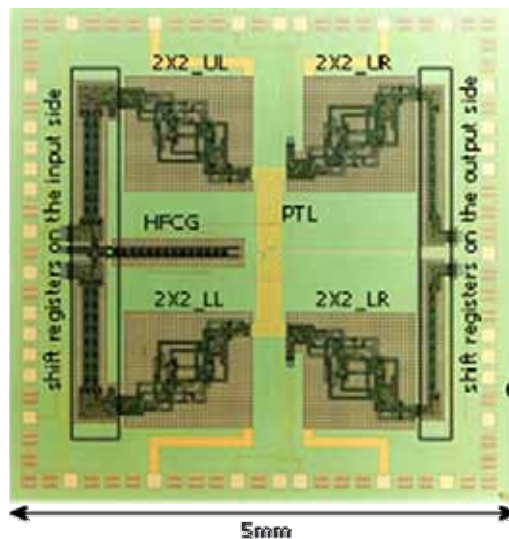
トピックス：超電導工学研、大容量ルータへの道を拓く超高速超電導スイッチを開発

(財)国際超電導産業技術研究センター(理事長：荒木 浩)の超電導工学研究所(所長 田中昭二)は、現行の半導体に比べ約100倍高速の40GHzで動作する4x4超電導パケットスイッチを開発した。スイッチ容量は、5mm角のチップ上で毎秒160ギガビット(Gbps)を達成しており、数十センチ大の市販ハイエンドルータ用スイッチとすでに同等の水準にある。今後規模を拡大することによって、半導体の技術限界をブレイクスルーする大容量パケットスイッチの実用化が可能である。

この超高速超電導ルータスイッチ開発の技術背景はつぎの点にある。すなわち、情報通信トラフィックが年率2倍から3倍の猛烈な勢いで増加すれば、2010年には基幹系のルータ容量は現行の数百倍の数十Tbpsが必要になる。しかし、半導体ではルータ容量をこの水準まで高めることが難しいことが開発の動機となっている。また、超電導スイッチには半導体とは異なる原理で動作するSFQとよばれる回路の適用が有力視されており、近年その作製技術及び回路設計技術が飛躍的に向上したことが技術開発の大きな原動力ともなっている。

このSFQ回路は、磁束の最小単位である単一磁束量子SFQ(英語名Single Flux Quantumの頭文字をとった)一個一個を操作して情報を処理するデバイス技術で、半導体に比べ高速動作であるにもかかわらず、低消費電力であるため、発熱の少ない高度集積が可能なものである。今回開発したスイッチ回路には、ニオブ系超電導ジョセフソン接合4,200個が使用されており、大規模に拡張可能な4x4(4入力4出力)スイッチ機能を備えている。

なお、今回の成果について、米国アリゾナ州フェニックスで開催されたルータ関係の国際会議HPSR(IEEE Workshop on High Performance Switching and Routing)において、2004年4月19日に発表した。



4x4超電導SFQパケットスイッチ

(SRL/ISTEC デバイス研究開発部 低温デバイス開発室長 日高睦夫、編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：小型冷凍機とその超電導機器への適用

「我が国の冷凍機技術のこれまでとこれから - 小型冷凍機を中心に」

産業技術総合研究所
電力エネルギー研究部門 超電導応用グループ
我妻 洸

物質・材料研究機構
強磁場研究センター 低温発生技術グループ
佐藤明男

我が国へのヘリウム冷凍機の導入は 1953 年に ADL 社が東北大金研に納入した 8 L/h のコリンズ式ヘリウム液化機に始まる。翌年電気試験所（電総研、現産総研）にも納入された。これらは物性研究のために輸入されたものであった。その後、コリンズ式ヘリウム液化機は三菱電機などで国産化（1961 年）され、市販されるようになった。冷凍機としての研究が本格化したのは、1966 年に電気試験所で始まった通産省のナショナルプロジェクト「MHD 発電」の研究開発によってである。このプロジェクトにより大型の超電導マグネットと大型のヘリウム液化冷凍機を国産化する研究が三菱電機と日本酸素、日立製作所、東芝などで開始された。この流れはその後核融合や加速器などの大型冷凍機の開発へと受け継がれていった。

一方、小型冷凍機は、当初、スターリング式が主で、宇宙通信用や軍用機搭載の通信用アンプ、および赤外線センサーの冷却用として使われていた。世界中にあった多数の軍事基地や宇宙通信基地の熱雑音除去に使用され、大きく進歩した。しかし、これらはすべて軍事技術的色彩が濃く、米国の独壇場であった。産業用小型冷凍機の開発が本格化したのは、1964 年に米国で Gifford と McMahon により蓄冷器を利用した GM 冷凍機が発明されてからである。我国の小型冷凍機の開発は、それに遅れること 6 年、1970 年代初頭の大阪酸素（現岩谷）の柳井氏等によるクライオミニの開発と市販に始まる。当時は到達温度がまだ 40 K 程度で、軍需産業を持たない我が国では市場は限られていた。超電導マグネットの予冷却などに細々と利用されただけである。磁気浮上式列車用の車載冷凍機としてスターリング式の小型軽量化の研究が JR 総研を中心に始まったのもこの頃のことである。

その後、半導体産業、特にパソコン用メモリ製造部門の隆盛とともに、小型冷凍機技術がクライオポンプなどの民需産業用に大きく発展して行くことになる。80 年代は、我国の汎用半導体メモリ産業が、アメリカのインテル、テキサスインスツルメンツ、モトローラ社を汎用半導体メモリ産業から撤退に追い込んだ時期でもある。汎用半導体メモリの製造ラインでは、安定した高真空が不可欠である。このためにクライオポンプが油拡散ポンプに替わって使われるようになり、一気にクライオポンプ用 GM 小型冷凍機が量産されることとなった。しかし、当時は米国の CTI 社が世界シェアの大半を握っていた。日本では主に鈴木商館が、CTI 社の日本総代理店をしていた伊藤忠を通じてクライオポンプを半導体産業に提供していた。しかし、クライオポンプがこれだけ大規模に使用されるようになると、日本企業の中にも住友重機、ダイキン、アイシンなど小型冷凍機に本格参入する企業が相次いだ。

一方で当時米国では、超低温の生成に使われていた磁気冷凍をエネルギー貯蔵 SMES の冷凍に応用することが提案された。我国でもこれを承けて、東工大の橋本氏等と東芝、あるいは日立のグループが磁性作業物質として GGG（ガドリウム・ガリウム・ガーネット）を用いた磁気冷凍サイクルの研究を行った。この磁気冷凍のための磁性体の研究が、10K 以下でも比熱が大きい蓄冷材とし

て開花し、小型冷凍機のブレークスルーをもたらすことになる。1988年には、東芝と三菱が相次いで鉛の代わりに希土類元素の蓄冷材を用いた GM 小型冷凍機でヘリウム温度 (4 K) を実現した。それはちょうど高温超電導体が発見された時代でもある。さらに、東芝が磁性蓄冷材 (Er_3Ni) の粒状加工品を製品として売り出し始めてからは、各社とも 4 K レベルの冷凍機を商品化した。

4.2 K あるいはそれ以下の温度まで冷やせる冷凍機の出現により小型冷凍機の応用範囲は一気に拡大した。4K 冷凍機は当初 MRI などで蒸発したヘリウムを再液化する凝縮冷凍機として使われた。1993 年には超電導マグネットを小型冷凍機との間の熱伝導だけで冷却するいわゆる伝導冷却マグネットが出現した。これにより、液体ヘリウムのハンドリングや極低温を全く知らない人達にも簡単に超電導マグネットを利用することができるようになった。伝導冷却マグネットは、液体ヘリウム資源をもたない日本で特に発展し、低温工学協会冷凍部会の調査によると、2003 年度までで 289 台のマグネットが出荷されている。2003 年度の出荷台数は 48 台に及ぶ。最近では低磁場大口径の産業応用マグネットが増えてきている。この他に数字には現れないものかなりの台数の伝導冷却によるオープン型 MRI が米国を中心として市場に出回っていると聞く。2003 年には 1.8 K で 1 W の冷凍能力をもつ GM-JT 冷凍機が NIMS により開発された。超流動ヘリウムの領域まで小型冷凍機の性能が伸びてきたことにより、今後は 20 T を超す NMR マグネットでも小型冷凍機が使われるようになるだろう。

90 年代にはパルス管冷凍機の研究も盛んに行われた。この原理は 1963 年に Gifford らが発見したものである。1983 年に Mikulin によりこれを改良したオリフィス型のパルス管冷凍機が発表された。この改良で到達温度も下がり、パルス管冷凍機は、低温に可動部を持たない、振動の少ない、信頼性の高い理想的な冷凍機として一躍脚光を浴び、実用化に向けた研究が始まった。我が国では、筑波大の富永氏らが主宰する熱音響冷凍研究会でパルス管冷凍機を理論的に理解しようとする研究が盛んに行われた。1990 年代初頭には、日大の松原氏によりパルス管冷凍機で 4.2 K 以下の温度も実現可能になった。現在では冷凍能力も GM 並になり、主に低振動を要請される応用分野で使われている。

移動体通信用ミキサーあるいは高周波フィルターなどに代表される高温超電導デバイスを実用化するために、小型冷凍機の利用は不可欠である。低温デバイスが産業として発展するためには、信頼性がより高く、振動が限りなく小さく、しかも価格が安い小型冷凍機が囑望されている。さらに大事な技術課題は、低温デバイスと室温の機器あるいは冷凍機を結ぶインターフェースにあることを忘れてはならない。

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：小型冷凍機とその超電導機器への適用「小型冷凍機技術の最前線」

住友重機械工業株式会社
CU 事業センタ - 技術部
佐藤敏美

小型冷凍機分野ではパルス管冷凍機が、多くの冷凍機メーカーおよびユーザの強い関心を集めている。ここではパルス管冷凍機の最近の技術開発動向について述べる。

パルス管冷凍機では GM 冷凍機などと異なり固体ディスプレイが動かないため、機械振動が小さいという特徴がある。使用温度 70K レベルの単段 GM 型パルス管冷凍機では冷却ステージの振動振幅 $\sim \pm 1\mu\text{m}$ が報告されており、振動をきらう分析装置の試料冷却や NMR 装置の窒素再凝縮などに利用されている。

一方複数段の冷却ステージを持つ GM 型パルス管冷凍機は、4K で利用できるものが製品化されている。図に 4K パルス管冷凍機の例を示す。超電導マグネット冷却、ヘリウム再凝縮装置のほか、磁気冷凍機と組み合わせた X 線分析装置などの応用開発が進められている。4K 冷凍機の最大の応用分野は MRI 装置である。現在は 4K-GM 冷凍機の独占状態であるが、4K パルス管冷凍機による置き換えを目指した開発が進められている。目安となる冷凍能力 $1\text{W}@4.2\text{K}$ は、新たな磁性蓄冷材 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ の利用などもあり、製品レベルで達成できる段階に到っている。4K パルス管冷凍機に替えることで振動低減による MRI 画像の質の向上が期待されている。

小型スタ - リング冷凍機で使われる圧縮機と組み合わせた、いわゆる ST 型パルス管冷凍機は、宇宙用の冷凍機開発で長寿命化、高効率化が大きく進んだ。その技術が地上用に転用され、移動体通信用高温超電導フィルタ冷却などに利用されている。長寿命化の決め手は、圧縮機ピストンの支持に板バネを用いることにより、ピストンとシリンダの間を非接触にしたことである。一方高効率化はイナ - タンス式の位相制御機構による所が大きい。

これまでの ST 型パルス管冷凍機開発は、液体窒素温度レベルで冷凍能力数 W までの比較的小型の機種が中心であった。しかし最近ガスの液化や高温超電導大型機器応用などを意識した大容量の ST 型パルス管冷凍機が開発されている。独自の板バネ設計により大容量化を可能としており、下は 77K の冷凍能力数 W から上は数百 W までの機種が開発されている。GM 型より高効率が見込めるため、特に大型の機種では省エネ効果大きい。ST 型パルス管冷凍機の別の試みとして多段化による低温化がある。3 段 ST 型パルス管冷凍機で、最低温度 5K 台が報告されている。

パルス管冷凍機の開発は引き続き活発に続けられており、今後の進展が注目される。



図 冷凍能力 $0.5\text{W}@4.2\text{K}$ のパルス管冷凍機

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：小型冷凍機とその超電導機器への適用「医療・理化学機器への適用状況」

ジャパンスーパーコンダクタテクノロジー株式会社
営業部
小坂研一

最近、小型冷凍機の高性能化、信頼性の向上により医療・理化学機器分野への利用が広がりつつある。

冷凍機が使用されている主な機器として、無冷媒マグネット、各種低温物性測定時の検出器やサンプルの冷却、更に NMR 検出器のコイルを 20K 程度に冷却し高感度化したもの等がある。最も広範に普及しているのが MRI や NMR への付属機器で、冷媒の蒸発量低減に利用されているものである。冷凍機を使わない NMR 装置を例にとると、液体窒素は約 2 週間に一回、液体ヘリウムは数ヶ月に一回の充填が必要であり、作業が煩雑な上に熟練を要する。一方冷凍機使用によってこの作業が大幅に軽減されるので、近年この目的の利用が急速に進みつつある。

ここでは、この冷媒蒸発低減を目的とした、小型冷凍機の使用例を紹介する。

1. 7T/400SS(セルフシールド) 実験動物 MRI 用横型超電導磁石

7T ボア径 400mm のセルフシールド(漏洩磁場が少ない)型のマグネットで、液体窒素を使用せず、シールド槽を冷凍機の 1st stage で直接冷却し、2nd stage で蒸発ヘリウムガスを凝縮して消費量を低減している。(人体用の 7T/600 等で冷凍機を使用したものは製作されているが、SS 型ではない。)

7T/400SS は平成 14 年から 4 年計画で始まった、独法成果事業「多核種多次元 NMR の臨床測定法の開発」で独立行政法人放射線医学総合研究所と(株)神戸製鋼所 技術開発本部 電子技術研究所が共同開発を行い、マグネット製作は JASTEC が担当した。同型の一号機は滋賀医科大学に納入されている。7T/400SS は世界でも初めての大口径、高磁場で冷凍機を使用した SS 型の装置となっている。

使用している冷凍機の冷凍能力は、1st stage 31W@40K, 2nd stage 1.0W@4.2K(50Hz)で液体ヘリウムの供給間隔は 365 日(冷凍機のメンテナンス間隔)である。



図 1 7T/400SS(セルフシールド) 実験動物 MRI 用横型超電導磁石

2. 液体窒素再凝縮装置

高分解能 NMR 装置(縦型 SCM)のメンテナンスで一番手間の掛かるのが、液体窒素の充填で、SCM にもよるが実質 7 日から 10 日に一回の充填をしている、最近の SCM でも長くて 14 日の充

充填間隔となっている。液体窒素を使用している MRI 装置も同様の作業を行っている。再凝縮装置は冷凍機をクライオスタット上部の窒素排出ポートに取り付け、蒸発して来る窒素ガスを再凝縮してタンクに戻し、充填間隔を大幅に長くしている。高分解能 NMR 測定では振動がスペクトルの質に影響を与えるため、振動の少ないパルスチューブ冷凍機を使用している。液体窒素再凝縮能力は 170cc/hr(liq) でこの再凝縮装置を取り付けた時の充填間隔の変化は
300MHz/400MHz-SCM : 2 週間毎の充填 充填不要に。
500MHz-SCM : 18 日 120 日となり、メンテナンス間隔が大幅に延長される。



図2 液体窒素再凝縮装置

[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：小型冷凍機とその超電導機器への適用「環境機器への適用状況」

九州電力株式会社
総合研究所 電力貯蔵技術グループ
林 秀美

地球環境を保全し、資源のリサイクルを図るには、水の汚染対策は不可欠である。九州電力では、「水の命を取り戻す、環境にやさしい身近な超電導技術の実用化」にチャレンジしている。超電導を利用して排水や有価物を分離除去する「超電導磁気分離装置」の初の実用化を目指したモデル機を開発した。

この磁気分離装置は小型で運用性に優れた GM 冷凍機を用いて冷却したバルク超電導体の高磁場特性および回転膜技術を効果的に適用して実現した。磁気分離装置は超電導体の高い吸着力を利用して流体中の磁性粒子を分離・除去する方法であり、開発コンセプトを、湖沼のアオコ等に柔軟に対応可能な移動型とする、バルク超電導体の強い磁気力により高濃度浄化を行なう、回転膜の組み合わせにより連続浄化を可能とする、伝導冷却冷凍機を用いた簡素な構成で小型化を図る、として開発した。

磁気分離装置のシステム構成を図 1 に示す。原水中の懸濁物を磁性フロック化する前処理部、磁性フロックを膜で濾過し浄化水を得る膜分離部、膜面に蓄積した磁性フロックをバルク超電導体の磁気力で剥離、捕集し、高濃度の汚泥として回収する磁気分離部から構成されている。また、磁気分離部を図 2 に示す。超電導工学研究所で開発された樹脂含浸型のバルク超電導体 (YBaCuO) 7 個を真空容器に格納し GM 冷凍機 (15W@77K) を用いて 45K 程度に冷却し、最大 2T の磁場を保持している。

磁気分離装置の概観を図 3 に示す。装置の浄化能力は汎用的な 100t/day で、浄化時間は 5 分以内、不純物除去率 90%以上として開発した。

磁気分離装置による湖沼でのアオコ浄化試験結果を図 4 に示す。アオコの主成分であるクロロフィル a の除去率は 97.8%、リンが 64.8%、COD は 70%で、処理時間は殆んどフロック形成時間に要し、全体としては 5 分程度であった。また、調整池の水に含まれている鉄分を 97%除去、浮遊物質量 90%浄化でき、良好な性能を確認できた。

これらの成果により先駆的で環境に調和した身近な超電導技術の実現に貢献できたと考えている。今後、環境のニーズが一層高揚する中で、更なる性能向上と用途の拡大を図る予定である。なお、装置は㈱日立製作所の協力を得て開発した。

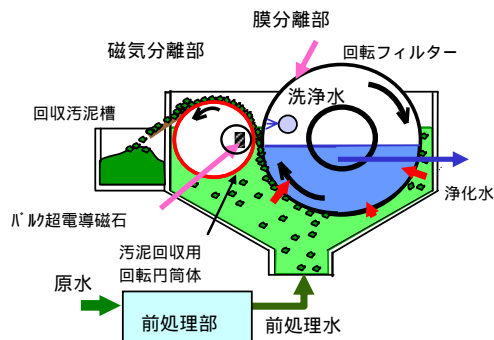


図 1 磁気分離装置のシステム構成

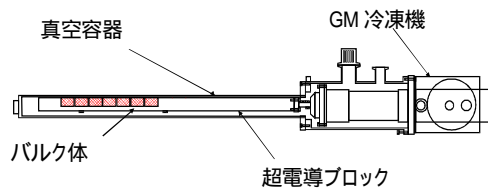


図 2 磁気分離部



図 3 磁気分離装置の概観



図 4 アオコ浄化試験結果

特集：小型冷凍機とその超電導機器への適用「超電導フィルタへの適用状況」

アルプス電気株式会社
事業開発本部 開発統括部
徳地直之、岡崎三也

超電導フィルタのアプリケーションとしては、よく知られている携帯電話基地局用、現在検討が進められている地上デジタル放送中継用、また我々が提案している電波干渉測定用等がある。更にデモンストレーションや試験用としての用途も含めて、これらに使用される小型冷却装置について以下に述べる。

表1 小型冷却装置の用途例

用途	動作環境	運転モード	フィルタ交換
携帯電話基地局	屋外	連続運転	-
地上デジタル放送中継	屋外	連続運転	-
電波干渉測定	屋内	間欠運転	-
デモンストレーション、試験	屋内	間欠運転	可能

1. 携帯電話基地局用は、低雑音特性を特徴とするために、タワートップに設置されることが多い。そこに使用する冷却装置は小型軽量のみならず、防水構造、広い温度範囲で連続運転の動作保証等が要求される。この用途については、既に米国において約 3800 台が販売され、実用化されている。¹⁾
2. 地上デジタル放送中継用は、シャープなスカート特性を特徴として隣接チャンネルの周波数分離に用いられる。²⁾ 冷却装置の動作条件については携帯電話基地局用と同様であると考えられる。
3. 電波干渉測定用としては、低雑音とシャープなスカート特性のみならず広帯域に亘りスプリアスの無い高減衰特性が求められる。その為、装置内に実装する回路構成について、高周波信号の漏洩及び結合に細心の注意が必要である。図 1 に開発した超電導フィルタの減衰特性を示す。このフィルタは広帯域に高減衰量（約 160dB）を実現できている。冷却装置については可搬型で間欠運転を考慮した、短時間で所定温度に達するという立ち上がり特性が必要である。

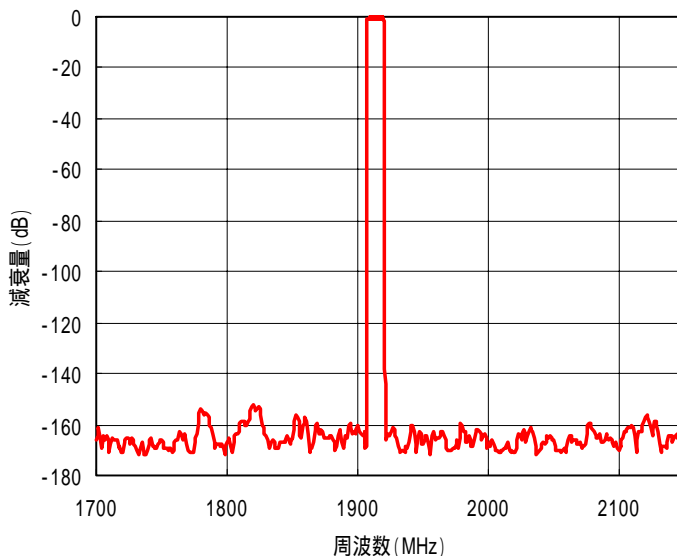


図1 超電導フィルタ減衰特性

4. デモンストレーション・試験用に開発した小型冷却装置の外観を図 2 に示す。外形寸法は高さ 400mm、幅 280mm、奥行き 240mm であり、質量は約 19kg、電源は AC100V、消費電力は 90W である。図 3 に内部構造を示す。この装置は、可搬型であり真空容器を脱着して超電導フィルタを交換できるように設計されている。容器の真空を維持する為に容器の封じ切り方法、容器内で発生するガスの処理、ベーキング方法等の工夫を行い、数ヶ月間の連続運転を可能としている。



図 2 小型冷却装置

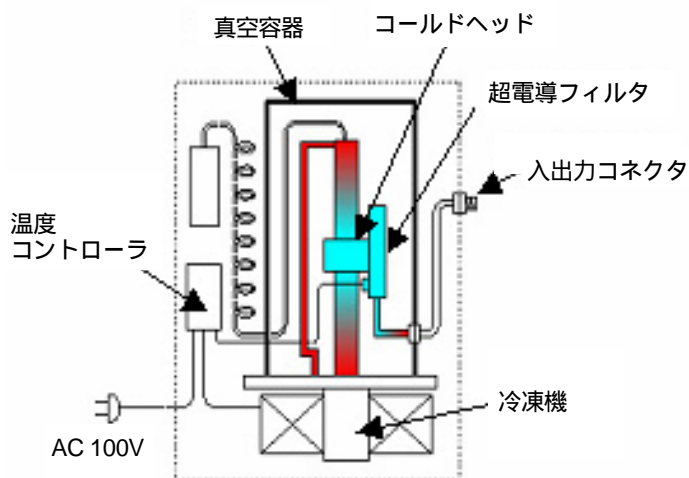


図 3 内部構造

参考文献

- 1) 大嶋重利 超電導 Web21 2004 年 3 月号「超電導マイクロ波デバイスの技術動向」
- 2) 金森 他 映像情報メディア学会冬季大会 2 - 9、2003

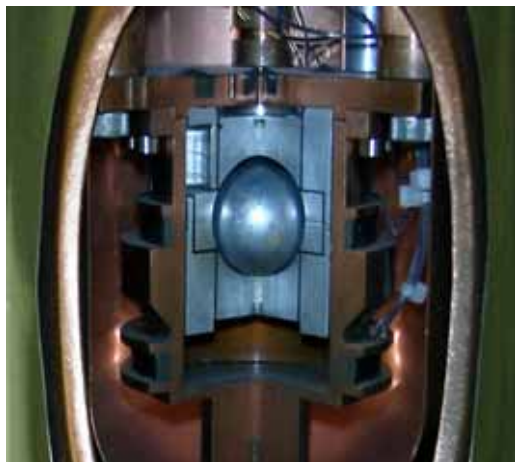
[超電導 Web21 トップページ](#)

特集：小型冷凍機とその超電導機器への適用「地球・宇宙観測機器への適用状況」

高エネルギー加速器研究機構
素粒子原子核研究所
春山富義

宇宙からのミリ波・サブミリ波には初期宇宙や銀河形成に関する多くの情報が含まれている。野辺山天文台の 45m ミリ波パラボラアンテナで受けたミリ波を小型冷凍機によって冷却された超電導ミキサ（SIS）を用いて識別している。超電導体は Nb なので 4K 冷却が必要であり、また受信機の熱雑音を抑えるため 20K 冷却も必要である。冷凍機は大きな冷凍能力が得られる GM 冷凍機が使用され、低温端の振動は熱リンクによって低減されている。現在、さらに大規模なミリ波・サブミリ波検出を行う ALMA 計画が進められている。チリのアタカマ砂漠に直径 12m のアンテナ 64 基、7m のアンテナを 16 基設置し、超電導ヘテロダイン受信機で検出したサブミリ波から原始銀河の研究を進める国際プロジェクトである。¹⁾ 必要な温度は超電導ミキサ冷却に 4K、アンプや局部発信器等冷却に 12K、シールド等冷却に 90K で、要求冷凍能力はそれぞれ、1W、10W、40W である。使用される小型冷凍機はアンテナの動きとの関係でほぼ水平方向に設置されること、温度レベルが 3 点あるということ等から、三段 GM 冷凍機や GM+JT 冷凍機が検討されている。GM 冷凍機で問題となる振動は特殊な熱リンクによって低減する技術が確立されつつある。計画では 2007 年部分運用、2012 年本格運用される予定である。

地球観測では、小型冷凍機を装備した超伝導重力計が興味深い。Nb 超伝導中空球を超伝導コイルによる磁場で浮上させておき、重力の相対変化を検出する。二段の小型 GM 冷凍機によって液体ヘリウムの再凝縮とシールド冷却を行う。各段の冷凍能力はそれぞれ 4.2K0.2W、60K4W 程度である。最新の装置ではクライオスタットはゼロボイルオフなので、液体ヘリウムの補充は不要である。1 ナノ Gal という高感度を持ち、気圧による重力変化（1 hPa あたり -0.42 μ Gal）や海洋の波による重力変化（1m あたり -300 μ Gal）を十分に検出できる。最新の装置が設置された南極昭和基地²⁾をはじめ、地球上の 18 カ所で地球規模の重力ネットワーク観測が行われている。高感度、長期安定性という特徴を生かし、地球の自由振動の研究、内部流体核の運動解明などが進められている。



南極昭和基地に設置された超伝導重力計素子部のカットモデル
[第 44 次南極地域観測隊 池田博氏提供]

参考資料

- 1) 自然科学研究機構国立天文台ホームページ <http://www.nro.nao.ac.jp/~lmsa/>
- 2) 低温工学協会冷凍部会 2004.2.26 講演会資料

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連製品ガイド - 小型冷凍機 - (社名五十音順表示)

スターリング小型冷凍機

アイシン精機株式会社 エネルギーシステム部
真空・低温グループ
- パルス管冷凍機
- スターリング冷凍機
Tel:0566-24-8805
Fax:0566-24-8859
担当：近藤
富士電機システムズ株式会社
- スターリング冷凍機
- パルス管冷凍機
Tel:03-5435-7086
Fax:03-5435-7440
担当：竹内孝行

ギフォード・マクマホン(GM)小型冷凍機

アイシン精機株式会社 エネルギーシステム部
真空・低温グループ
- パルス管冷凍機
- GM 冷凍機
Tel:0566-24-8805
Fax:0566-24-8859
担当：近藤
岩谷瓦斯株式会社 営業本部 低温機器
- 4KGM 小型冷凍機
- 1K 冷凍機 (Lhe フリータイプ)
- パルスチューブ小型冷凍機
Tel:06-6303-1165
Fax:06-6304-2170
担当：越智靖司
住友重機械工業株式会社 精密機械事業本部
クライオユニット事業センター 営業課
- 4KGM 冷凍機
- 10KGM 冷凍機
- 80K パルスチューブ冷凍機
- 4K パルスチューブ冷凍機
Tel:03-5488-8412
Fax:03-5488-8302
e-mail:cryo@shi.co.jp
担当：坂島、紫村

大陽東洋酸素株式会社 ガス事業本部
工業ガス事業部 超低温部 超低温課
Tel:03-3231-9845
Fax:03-3272-3270
三菱電機株式会社 電力・産業システム事業
所磁気応用先端システム部
- 4KGM 冷凍機(3 段型、2 段型)
Tel:0791-46-2140
Fax:0791-46-2222
e-mail:matumoto@ako.melco.co.jp
担当：松本隆博

モディファイドソルベイ小型冷凍機

岩谷瓦斯株式会社 営業本部 低温機器
Tel:06-6303-1165
Fax:06-6304-2170
担当：越智靖司

希釈冷凍機

オックスフォード・インストゥルメンツ株式会社
超電導事業本部
Tel:03-5245-3261
Fax:03-5245-4477
e-mail:supercon@oxinst.co.jp
大陽東洋酸素株式会社 ガス事業本部
工業ガス事業部 超低温部 超低温課
無冷媒希釈冷凍機
Tel:03-3231-9845
Fax:03-3272-3270
日本オートマチック・コントロール株式会社
理科学システム部
Tel:03-5434-1600
Fax:03-5434-1630
e-mail:nacc-c@naccjp.com

断熱消磁冷凍機

日本オートマチック・コントロール株式会社
理科学システム部
Tel:03-5434-1600
Fax:03-5434-1630
e-mail:nacc-c@naccjp.com

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 5 - 6月の催し物案内

5/11-14

ICEC20:20th International Cryogenic Engineering Conference

場所：Beijing, China

<http://WWW.icec20.org>

5/20

超電導技術動向報告会 - 黎明期を迎えた超電導産業

場所：都市センターホテル 3F コスモスホール

主催：財団法人国際超電導産業技術研究センター

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

5/24-26

第70回春季低温工学・超電導学会

場所：横浜国立大学（横浜市）

主催：低温工学協会

e-mail：LDJ04246@nifty.ne.jp

5/25-26

Third International Congress on Material Science and Engineering ICMSE'3

場所：Jijel, Algeria

e-mail：cisgm3@mail.univ-jijel.dz

5/27

第1回材料研究会「加速器用超伝導材料の開発と展望」

場所：成蹊大学 3号館 1階 3-101 教室

主催：(社)低温工学協会 材料研究会

Tel：018-889-2411

Fax：018-837-0403

e-mail：aknagata@ipc.akita-u.ac.jp (永田明彦)

5/27-30

International Symposium on High-Temperature Superconductors: Fundamentals and Applications (ISHTS-2004)

場所：Samarkand, Uzbekistan

e-mail：taylanov@yandex.ru

6/10-15

5th International Conference on New Theories, Discoveries and Applications of Superconductors and Related Materials (New3SC-5)

場所：Chongqing, China

e-mail: new3sc@phys.subr.edu

6/21

第30回超伝導シンポジウム

場所：科学未来館みらいCANホール(江東区)

主催：(社)未踏科学技術研究会 超伝導科学技術研究会

6/28

超伝導分科会第29回研究会「高温超伝導材料の高度化と強磁場応用」

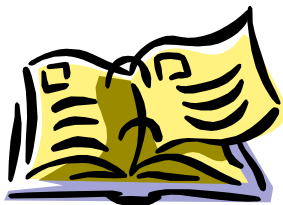
場所：東京海洋大学 越中島會館 セミナー室 3-4

主催：応用物理学会超伝導分科会

Tel：03-5245-7702

e-mail:nsakai@istec.or.jp (坂井直道)

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

第6回 (2004年度) サ・マ・ティン・ウッド賞受賞候補者推薦要項

凝縮系科学に関する日英の科学技術交流のための“ミレニアムサイエンスフォーラム”では、凝縮系科学に係わる若手研究者にインセンティブ、モチベーションを与えるため、1999年3月に“サ・マ・ティン・ウッド賞”を創設致しました。下記の要項により、第6回サ・マ・ティン・ウッド賞受賞候補者の推薦を募集します。

対象分野： 広い意味の凝縮系科学（例：固体物理学、固体化学、材料科学、表面物理等）
候補者： 日本における研究機関で、凝縮系科学における優れた業績をあげた40歳以下(2004年4月1日現在)の若手研究者1~2名。国籍は問わない。

応募書類は応募した年を含め3年間有効であり、応募の翌年及び翌々年もその年度の4月1日時点で40歳を越えていなければ自動的に審査の対象となる。
但し、応募後の新しい業績を加えて翌年度以降に改めて応募することも認められる。

賞の内容： 賞状、賞金50万円と英国大学への講演旅行

推薦依頼先： 関係専門分野の有識者、関連諸学会

推薦件数： 各推薦者（研究室）、推薦団体からそれぞれ一件

申込締切：**2004年8月2日(月)**

申込方法： 詳細は下記事務局までお問い合わせ、またはホームページをご参照下さい。

選考： ミレニアム・サイエンス・フォーラム実行委員会にて審査、選考する。

賞の決定： 2004年9月の予定 賞の贈呈： 2004年11月予定

推薦書提出先及び連絡先：

〒135-0047 東京都江東区富岡 2-11-6 オックスフォード・インストゥルメンツ株式会社内

ミレニアム・サイエンス・フォーラム事務局

TEL：03-5245-3261 FAX：03-5245-4472

E-mail：msf@oxinst.co.jp

<http://www.msforum.jp/>

[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (3/19- 4/19)

超電導マイクロプロセッサ 速度 10 倍 消費電力 1000 分の 1 名大が世界初、動作実証に成功 “超スパコン” に道 3/19 日刊工業新聞

NEDO 産総研 最高の分解能 10 ナノ 磁気力プローブ顕微鏡開発 3/20 フジサンケイビジネスアイ

ベンチャー・大学発ビジネス テクノエリア茨城 筑波大 MRI 小型化成功 3/22 日経産業新聞

ITER 誘致へ決議文 青森で総決起大会 3/22 電気新聞

地磁気で魚回帰証明? 京大グループ メバルで実験 3/22 毎日新聞(夕)

日欧 きょう次官会合 ITER 誘致、打開策探る 3/23 日経産業新聞

「今の枠組みを」 ITER 誘致 日本、EU に表明 3/24 日経産業新聞

社説 ITER 誘致に見えぬ熱意 3/25 日本経済新聞

韓国の核融合実験炉向け 大型シール材受注 パルカー工業 20 億円分 3/26 日経産業新聞

早期胃がん、つまみ上げ切除 国立がんセンター 磁石で 鉗子进行操作する 3/29 朝日新聞

低減衰の高温超電導コイル JR 東海と国際超電導研が開発 3/29 電気新聞

核融合炉を設計 電中研が模擬計算向け 「反応」データを蓄積 3/29 日経産業新聞

高温超電導モーター実用化 重さ 1/3、推進機関用に 北野精機、東京海洋大、福井大 3/30 日刊工業新聞

「反物質」消えた謎を探る「重いニュートリノ」に鍵 3/30 読売新聞

先端医療機器で健康サポート 関西メディアネット ヘルスケアと IT を融合 3/31 電気新聞

核融合試験装置 磁気の乱れ自動制御 原研 高密度のプラズマ維持 3/31 日経産業新聞

東京電機大 脊椎手術安全に MRI 使った支援装置 4/2 日経産業新聞

核融合でミニ太陽創造 無尽エネルギー 夢の発電へ一歩 4/4 日本経済新聞

影落とすイラク戦の対立 熱核融合炉誘致が過熱 4/5 毎日新聞

福井県共済会病院 PET センター 地域医療の中核目指す 4/6 日経産業新聞

超伝導で船モーター 産学で共同開発 4/7 朝日新聞

世界最高級の磁場力 岡崎の分子科学研 核磁気共鳴装置を導入 4/13 日経産業新聞

超電導マグネット 磁場強度 21.9 テスラ 物材機構と神戸製鋼所 世界最高を更新 4/14 日刊工業新聞、朝日新聞、日経産業新聞

40 ギガヘルツの超電導パケットスイッチ 半導体より 100 倍高速 超電導工学研が開発 4/14 日刊工業新聞、日経産業新聞

高真空下でプラズマ成膜 名大 超電導永久磁石を利用 4/14 日刊工業新聞

陽子加速器・中性子実験装置の開発 原研と米エネ省が協定 4/14 日刊工業新聞、日経産業新聞

イオン加熱装置 22 日に運転再開 核融合研 4/14 日経産業新聞

磁気使い水処理 ピュアドーラ販売 配管内の腐食防止 4/15 日刊工業新聞

出口見えぬ ITER 交渉 日仏双方主張譲らず 建設地決定 6 月以降も 4/19 日経産業新聞

[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3月)

電力

Intermagnetics General Corporation (2004年3月4日)

Intermagnetics General Corporation (IMGC)は、子会社の SuperPower がニューヨーク州 Schenectady のパイロット工場で世界最高性能を持つ次世代 HTS 線材の製造に成功したと発表した。SuperPower は 57m 長の HTS 線材で 6kAm (電流×線材長) の性能を達成した。これは昨年日本のメーカーが達成した記録を 60%上回るものである。同社社長 Glenn H. Epstein は、「これは軍用、民生用を問わず商業的に可能な HTS 線材をコスト・エフェクティブに製造することのできるプロセスを示すという SuperPower の目標の達成に向けた重要なマイルストーンである。SuperPower の近い将来の目標は従来と同様線材の性能を改善しかつこれを再現性よく製造することである。これによって、同社が次世代 HTS 線材のメーカーの中で世界のリーダー的地位を占めることができる。」と述べた。さらに、SuperPower 社長 Philip J. Pellegrino は付け加えて次のように述べた。「我々は 2005 年中には商業生産可能な状態にまで進むことを考えている。もちろん SuperPower が世界のトップということになる。これは、特許によって守られた技術と製造プロセスを使うということであり、これにより我々は市場の需要に妥当な経済性をもって応えていける。我々は、引き続き市場の力が古くなり能力の制約の多い送電グリッドが、環境にやさしい形で改善され、また、世代交代を促すであろうと期待している。航空機の発射や地雷探査のほか高エネルギー電磁波やパルス・レーザーを用いた武器、全電化戦艦、超音速での航空機応用といった HTS 技術特有の高エネルギー密度、軽量という特徴を生かした軍事応用を通じてナショナル・セキュリティの需要にも対応していけるものと考えている。」

(出典)

“SUPERPOWER, INC. ACHIEVES WORLD-RECORD PERFORMANCE IN SECOND-GENERATION HTS WIRE”

Intermagnetics General Corporation press release (March 4, 2004)

<http://www.intermagnetics.com/superpower/news/IGCSP030404.pdf>

American Superconductor Corporation (2004年3月9日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、次世代 HTS 線材性能の世界最高記録を達成したと発表した。エネルギー省、国防省、NIST、医療イメージング・バイオ工学局向けの説明会において、AMSC は同社の次世代 HTS 線材は世界中のメーカーのいずれのものより 2 倍電流を輸送でき、AMSC 社の以前の記録よりも 50%高性能であると報告した。AMSC 社は、多層 10m 線材を使い 250A/m 若しくはそれ以上の性能を実現した。これは、商用として要求されるレベルに非常に近い。この発表の場では、最近の結果をまとめた次世代 HTS 線材技術のホワイト・ペーパーも配布された。このホワイト・ペーパーは、他の関連資料とともに AMSC 社のウェブサイト (<http://www.amsuper.com>) で閲覧することができる。

(出典)

“American Superconductor Reports World-Record Performance for Second Generation HTS Wire”

American Superconductor Corporation press release (March 9, 2004)

<http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/10335061601756.html>

Intermagnetics General Corporation (2004年3月18日)

Intermagnetics General Corporation (IMGC)は、2004年2月22日に終了する第3四半期の収支を発表した。Invivo Corporation の買収費用を除く当期の純利益は、510万ドルで、前年同期430万ドルの20%増。Invivo Corporation の買収費用を含む当期純利益は430万ドルであった。当期収入は、4,310万ドルで前年同期比14%増。Invivo Corporation の直近4週間の収入に対する寄与は470万ドルである。IMGC 社長 Glenn H. Epstein は、「当期は当社の全ての部門で堅調な業績であった。」と述べた。特に、エネルギー事業部では、政府及びサード・パーティーとの既存の契約により多くの利益が得られた。当期はこれが150万ドルであり、前年同期比3倍にもなっている。

(出典)

“Intermagnetics Reports Third-Quarter EPS Before Acquisition-Related Charges Up 20%”

Intermagnetics General Corporation press release (March 18, 2004)

<http://ir.thomsonfn.com/InvestorRelations/PubNewsStory.aspx?partner=10215&storyId=109715>

American Superconductor Corporation (2004年3月29日)

American Superconductor Corporation (AMSC)及び General Electric Company の子会社である GE Energy は、Long Island Power Authority (LIPA)に無効電力補償システム D-VAR (Dynamic Volt-Ampere-Reactive)を販売したと発表した。East Hampton 変電所に設置される予定の D-VAR は、送電網の信頼性の向上及び電力ピーク時の送電網運用に関わる環境負荷や経費削減を目的としている。このシステムにより絶対必要時に発電機の運転に柔軟性を持たせることができるため、経済的にも環境面でも利益は大きい。これは北アメリカに設置される AMSC 社の22台目のシステムである。

(出典)

“American Superconductor and GE Energy Announce Sale of D-VAR Transmission Grid Reliability System to Long Island Power Authority”

American Superconductor Corporation press release (March 29, 2004)

<http://www.amsuper.com/html/newsEvents/news/10335061601759.html>

通信

Superconductor Technologies Inc. (2004年3月1日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)は、2003年12月31日に終了する第4四半期の収支を発表した。当期の収入は1,640万ドルで、第3四半期の1,420万ドルと比べて16%増、前年同期700万ドルと比べ135%増であった。製品売り上げは1,290万ドルで、第3四半期の1,160万ドルに対し12%増。また、前年同期430万ドルに対し200%増。政府や他の契約収入は、当期340万ドル(前年同期270万ドル)。この内、旧 Conductus からの寄与は約120万ドル。前年同期は290万ドル(716,000ドルの訴訟費用を含む)。前期は851,000ドルの赤字であったが、当期は910,000ドルの黒字である。同社社長 M. Peter Thomas は、「2003年第4四半期は、初めて黒字化した四半期である。これは、本年を通じ追及してきた目標である。我々の製品利益率は32%に達し、2003年の早い時期から実施してきた製造インフラ改善計画が結実したものである。2004、2005年も引き続きこの計画を着実に実行して、コスト、生産能力両面で成果を挙げていく考えである。」と述べた。2003年通年の収入は、前年の2,240万ドルに比べ121%増の4,940万ドルであった。この内、製品売り上げは対前年比119%増の3,860万ドルである。また、2003年の政府及びその他契約収入も、前年の480万ドルから、1,080万ドルへと記録を塗り替えた。この内、旧 Conductus からの寄与は

約 460 万ドル。2003 年の損失は、1,130 万ドル（訴訟費用 480 万ドルを含む）。一方 2002 年の損失は訴訟費用 320 万ドルを含め、2,230 万ドルであった。

（出典）

“Superconductor Technologies Inc. Announces Fourth Quarter And Year-End 2003 Results”

Superconductor Technologies Inc. press release (March 1, 2004)

<http://ir.thomsonfn.com/InvestorRelations/PubNewsStory.aspx?partner=5951&storyId=108650>

Superconductor Technologies Inc. (2004 年 3 月 22 日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)は、現行の PCS のカバレッジを改善し、増加する干渉問題に独特のソリューションを提供する AmpLink™ Rx 1900 の販売を開始した。同社社長 M. Peter Thomas は、「AmpLink は PCS ネットワークに関し将来の問題解決にも役立つ。顧客は、1900MHz 帯域の干渉問題は現在ほとんど HTS ソリューションを必要としていないと言っているが、将来この帯域でも干渉問題が起こることは間違いないと見ている。」と語った。AmpLink™ Rx 1900 は高性能アンプ及び 6 つまでのデュアル・デュプレクサから構成される地上設置ユニットである。アップリンクが強化されることによりカバレッジが拡大し、携帯電話の送信出力を落としても、建物の中での通信能力を高めることができる。ネットワークの干渉が増加すれば、AmpLink™ Rx 1900 は、HTS 技術によりネットワーク・パフォーマンスの改善された SuperLink Rx フロントエンド・システムに容易かつ速やかにアップ・グレードすることができる。いったんアップグレードすれば、受信に起因する雑音をなくし、高い選択性と感度を持つシステムとして運用ができる。競合製品としては、従来型フィルターやタワーマウント型アンプなどがあるが、高選択性と高感度を両立することはできない。専門家は、1900MHz 帯における干渉は通信事業者及びユーザーにとってますます厳しいものになっていくであろうと予測している。

（出典）

“Superconductor Technologies Inc. Introduces AmpLink(TM) Rx 1900 to Enhance PCS Networks”

Superconductor Technologies Inc. press release (March 22, 2004)

<http://ir.thomsonfn.com/InvestorRelations/PubNewsStory.aspx?partner=5951&storyId=109940>

(ISTEC 国際部長 津田井 昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

標準化活動 5月のトピックス

- TC90、米国アルゴンヌにて第9回TC90会議開催告示 -

IEC/TC90（超電導）は、平成16年4月2日、第9回TC90会議を米国アルゴンヌにて開催することを公式に発表し、同会議場所、会議日程、同会議への登録、宿泊申請書など総合案内を同時に回付した。

第9回TC90会議の総合案内はつぎの各項である。

専門委員会(TC)名：IEC/TC90（超電導）

会議場所：シカゴオヘア(O'Hare)国際空港の南西40km

ARGONNE NATIONAL LABORATORY

9700 South Cass Avenue

Argonne, Illinois, USA

Tel: +1-630-252-2000

Web site : <http://www.anl.gov>

会議期間：2004年9月1日から9月3日

会議日程：

2004-09-01 WG10、WG8、WG3、WG4 会議

2004-09-02 WG5、WG7、WG2、WG11 会議

2004-09-03 TC90 Plenary 総会

会議登録締切り：2004年7月15日

宿泊場所：アルゴンヌ国立研究所ゲストハウス

Argonne Guest House

9700 South Cass Avenue, Bldg. 460

Argonne, Illinois 60439, USA

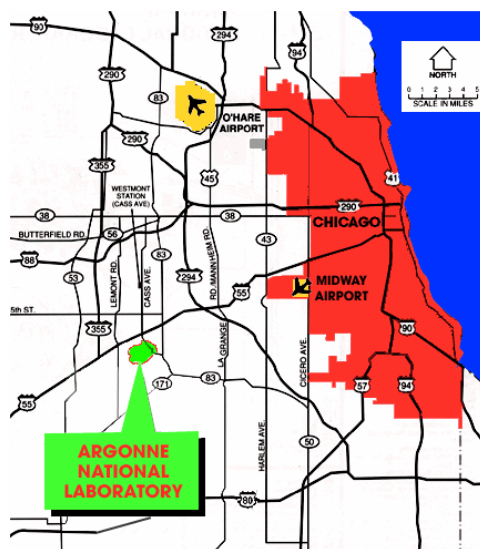
Reservations: 800-632-8990(within USA) or +1-630-739-6000

Fax: +1-630-739-1000

E-mail: argonne-guest-house@anl.gov

Web site : <http://www.aps.anl.gov/travel/anlghome.html>

宿泊予約締切り：2004年8月13日（利用者直接予約）



(ISTEC標準部長 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

特許情報

平成 15 年度第 4 四半期の公開特許

平成 16 年 1 月 - 3 月に公開された ISTEK 出願の特許をお知らせします。詳しい内容は特許庁のホームページ内の特許電子図書館等の特許データベースをご利用下さい。

1) 特開 2004-22576 「高温超電導バルク材製超電導磁石及びその製造方法」：

本発明は、容易にかつ安定して高い磁場を捕捉することができる高温超電導バルク磁石を提供するものである。本発明による高温超電導バルク磁石は、人工孔を設けた高温超電導バルク材に低融点金属を含浸充填させ、かつその低融点金属の含浸充填部に熱伝導用金属材を接合した構成を採用している。この結果、高温超電導バルク材の捕捉磁場が 10 テスラ以上に達するバルク磁石を作製することが可能となった。

2) 特開 2004-35371 「臨界電流密度の高い酸化物超電導体」：

本発明は、不可逆磁場が高く、比較的高い温度でも高臨界電流密度を有する RE123 系酸化物超電導体を提供するものである。本発明は、OCMG 法による RE-Ba-Cu-O 系酸化物超電導体 (RE は La、Nd、Sm、Eu、Gd のうちの 2 種以上) であって、 $RE_{1+x}Ba_{2-x}Cu_3O_y$ (RE は La、Nd、Sm、Eu、Gd のうちの 2 種以上) の組成からなる母相中に、母相組成と異なる $RE_{1+z}Ba_{2-z}Cu_3O_w$ の組成で、かつ、径が 20nm 以下の領域である組成ゆらぎ領域が分散した微細構造を形成する。この組成揺らぎ領域が優れたピン止め中心として機能し、77K、10 テスラでも大きな臨界電流密度が得られる。

3) 特開 2004-43251 「ペロブスカイト型酸化膜を含む酸化物積層膜」：

本発明は、絶縁膜上への超電導層の積層のような異なるアルカリ土類金属元素を含む上層 / 下層ペロブスカイト型酸化膜の積層において、層間における原子拡散を防止し、かつ上層ペロブスカイト型酸化膜の成長を阻害しないような酸化物積層膜を提供している。すなわち、下層ペロブスカイト型酸化膜に含まれるアルカリ土類金属元素 A の単元素酸化膜を、下層ペロブスカイト型酸化膜の直上に配置することにより、上層から下層へのアルカリ土類金属元素の拡散を防止する。また、上層ペロブスカイト型酸化膜に含まれるアルカリ土類金属元素 A' (A' ≠ A) の単元素酸化膜を、上層ペロブスカイト型酸化膜の直下に配置することにより、下層から上層へのアルカリ土類金属元素の拡散を防止する。さらに、2 種類の単元素酸化膜の合計膜厚を厚くし、上層ペロブスカイト型酸化膜の成長を阻害せずに、上下のペロブスカイト型酸化膜間におけるアルカリ土類以外の金属元素の拡散も防止することができる。

4) 特開 2004-71359 「酸化物超電導線材」：

本発明は、低コストでかつ高い臨界電流密度を有する超電導線材を提供するものである。本発明は、「ハステロイなどの金属基板」 / 「イオンビームアシスト法 (IBAD 法) により蒸着した配向性中間層」 / 「PLD 法等によりエピタキシャル成膜した CeO_2 からなるキャップ層」 / 「酸化物超電導体層」から成る層状構造の酸化物超電導線材である。 CeO_2 キャップ層は、膜厚が薄くても、IBAD 中間層のもつ結晶配向性を大幅に改善する機能を持ち、高い臨界電流密度の超電導層の形成が容易になった。さらに、IBAD 中間層の厚さを大幅に薄くすることが可能になり、IBAD 中間層の形成時間が短縮された。

5) 特開 2004-71923 「高温超電導装置」:

ジョセフソン接合デバイスの作製において、酸化物基板領域と超電導グランドプレーン(GP)領域に堆積された薄膜あるいは作製された超電導接合は、成膜時の両領域の表面温度の違いから薄膜特性や接合特性に差が発生する。本発明では、基板上に設けた GP 酸化物超電導体の周囲に GP 酸化物超電導体と同じ結晶構造で、基板の熱吸収率より GP 酸化物超電導体の熱吸収率に近い熱吸収率を有する絶縁体膜を設け、絶縁体膜により GP を埋め込むことにより、その上に堆積する薄膜或いは作製する超電導接合の物理的特性或いは電気的特性のばらつきを低減するものである。

6) 特開 2004-72023 「磁束トラップ機能を有するグランドプレーン付き超電導回路装置」:

本発明は、グランドプレーン膜に貫通孔を設けることなく、超電導回路素子への磁束トラップを防ぐことを可能にした超電導集積回路デバイスを提供することが目的である。本発明では、磁束トラップを防ぐためのモート(溝)形成において、従来の超電導グランドプレーン膜を除去する方法に代わり、モート形成パターン領域の超電導グランドプレーン膜を非超電導膜化する方法を採用している。非超電導化する方法は、FIB加工(Gaイオン照射)によるグランドプレーン膜の薄膜化法、ドーパ剤の拡散法、イオン照射によるイオン注入法等がある。

7) 特開 2004-72305 「超電導ドライバ回路」:

本発明は、直流電源で、占有面積が小さく、数ミリボルト以上の出力電圧を得る超電導ドライバ回路を提供するものである。本発明による超電導ドライバ回路は、2個の超電導接合とインダクタを構成要素とし、これらによって閉じたループを構成する超電導磁束量子干渉素子(スクイッド)を複数個直列接続し、直流電源で動作する。各スクイッドはインダクタを共有して、3段以上直列に接続するもので、占有面積が小さくてすむ。さらに、超電導グランドプレーン膜を排した領域に本ドライバ回路を形成することにより、グランドプレーンとの間の容量を排除し、高速動作が実現する。

(SRL/ISTEC 開発研究部長 中里克雄)

[超電導 Web21 トップページ](#)

低温工学協会新磁気科学調査研究会第2回研究会報告

- 磁場を用いた反磁性セラミックスの異方性制御 -

物質・材料研究機構

強磁場研究センター 材料・プロセスグループ

廣田 憲之

近年、「新磁気科学」と呼ばれる分野が急速に発展してきている。このきっかけとなったのは、冷凍機冷却超電導磁石の登場をはじめとする、磁場発生技術の進展であった。反応プロセスや生体工学など、低温工学・超電導とは直接関係の無い分野へ超電導磁石が普及するにつれ、これまでにない磁場発生技術への要求が高まってくるなど、低温工学・超電導技術と新磁気科学の相乗効果が見られ始めている。低温工学協会では、このような状況を鑑み、新磁気科学分野の最新の状況を調査することにより、それらの知見・要望の低温工学・超電導分野への還元を促すことを目的として、2001年度から「新磁気科学調査研究会」を組織している。2004年3月13日に2003年度第2回研究会が東京大学本郷キャンパスにて開催されたので、その内容を報告する。

今回の研究会では、物質・材料研究機構の鈴木 達 主任研究員をお招きし、コロイドプロセスを用いたセラミックス材料のプロセッシングに対する磁場効果に関してご紹介いただいた。セラミックスのコロイドプロセスで重要なのは、いかに粒子を微細分散させるか、である。例えば、粒子の磁気的な異方性を利用して磁場配向させようとしても、粒子が凝集しては、配向度の高い試料は得られない。数 μm 程度の微粒子を分散させたスラリーの pH を制御により、表面の電位を調節することで微細分散を実現しているという。これによって、大きな細孔や残留欠陥が減少し、小さな細孔はあるものの緻密な成形体の作製が可能となる。このようにして作製されたアルミナは 1500 において 550% を超える超塑性を示すなど、特異な機能を付与することが可能であるという。組成を制御すればアルミナ系の試料で 1000% に近い超塑性を示す試料を発見しているという。現在のところ、作動温度が高いという問題もあるが、これが解決されれば、このような機能はセラミックスの加工を容易にするものであり、工学的に意義の深いことと考えられる。

コロイドプロセスにおいて、磁場により粒子を配向させるためには、微細分散のほか、スラリーの粘度が小さい必要がある。粒子の体積分率の大きなスラリーの場合、緻密な試料が得られるが、大きすぎると粘度が高くなってしまふ。粒子の体積分率には最適範囲が存在し、紹介された実験に用いられていたアルミナの場合、30 vol%程度にするという。スリップキャスト法で成型した後、1200~2000 において 2 時間空气中で焼成した試料の配向度を X 線によって評価したところ、焼成温度の高い試料ほど配向度が向上し、相対密度も 100% に近づくという。スリップキャスト後の成型体ではわずかに配向する程度だが、粒成長させることで磁場方向に配向した粒子が支配的になるということを意味しており、工学的観点から非常に興味深い。

最後に磁場中電気泳動堆積 (EPD) 法についての紹介があった。多孔体の型を用いてスラリー中の分散液を一方向から取り除き、成型体を得るスリップキャストとは異なり、この方法は、液中に分散している微粒子を磁場印加により配向させた後、特定の方向に電場を与えることで、電極上に方向を制御した粒子を堆積させる方法である。磁場方向と電場方向の制御で、電極板に対し任意の向きに配向した試料を作製することができ、周期構造材料が得られるなど、高次の組織制御が可能になるという。

磁場を用いた材料作製プロセスとしての様々な可能性が示され、今後の研究進展、応用への展開が期待される内容で、大変興味深い講演であった。

[超電導 Web21 トップページ](#)

日本物理学会 2004 年年次大会報告 - 量子計算機を巡る動き

2004年3月27日～30日、九州大学箱崎キャンパスで、日本物理学会2004年年次大会が開催された。ここでは、今次物理学会での量子計算機の発表を中心に報告する。量子計算機は領域1-量子エレクトロニクス及び領域4-メソスコピック系の中のセッションとして発表、講演が行われた。本分野における企業からの発表はNEC、東芝、NTTの3社。大学、公的研究機関の発表が圧倒的である。

今次物理学会では、「固体量子情報操作」と題したシンポジウムが開催された。その中で超電導素子をベースとした2量子ビットを用いた制御NOTの動作確認の報告(NEC)は超電導量子計算機研究の重要な一歩である。任意のユニタリー変換が1量子ビットのユニタリー変換とCNOTの組み合わせで実現できることから、超電導素子を用いた量子計算機も基本単位の動作が実験的に実証される段階にまでできていると言っていい。本シンポジウムでは、この他、SQUIDをベースとした磁束量子ビット(NTT他)や量子ドットによる量子ビット(NTT他)等の素子化に向けた取り組みが紹介された。

一方、量子計算手法に向けた取り組みとしては、多量子ビットを一度に計算し、アイドリング状態を極小化して演算効率を上げる検討(東京理科大学、近畿大/ヘルシンキ工科大、近畿大)が興味を引く。東京理科大学ではイジングスピン鎖をベースに効率的な多量子ビット演算実行方法を検討、また、近畿大、ヘルシンキ工科大のグループはハミルトニアンで記述されるユニタリー行列と実現したい量子ゲートとのフロベニウス距離を最小化することにより最適な多量子ゲートを構成する方法を検討、同時にNMR量子計算機において、ドイチュ・ジョサアルゴリズムをいかに実現するかを示してみせた。

デコヒーレンス対策は量子計算機実用化に向けては避けて通れない。多ビット演算により効率を上げて演算時間を短縮することはデコヒーレンス対策の1つであるが、その他の取り組みとして、「アディアバティック・パッセージを用いた多制御ユニタリーゲート(東芝)」、NMR量子計算機での「量子ビットにおけるパルス制御を用いた縦横緩和抑制の理論的研究(広大)」が挙げられる。また、演算の本質的な安定性に着目した「量子計算機におけるAdditive Operatorの最大ゆらぎ(東大)」は重要な研究である。

素子の具体的な構成を検討した「シリコンベース核スピン量子コンピューターにおける量子演算の可能性(早稲田)」は、 ^{31}P をドーパした量子コンピューターにおいてドーパントの電子と原子核の超微細相互作用及び隣接ドーパント電子スピンの交換相互作用を電圧制御することによる量子演算の検討を行っており、これも固体素子による量子計算機実現の可能性を示すものである。「SQUIDのプラズマ振動数測定による磁束量子ビットの読み出しメカニズム(NTT、CREST)」は磁束量子ビットが読み出し用のSQUIDにおけるジョセフソン・プラズマ周波数に与える影響を利用した新しい量子ビット読み出し方法として興味深い。

以上のほか、任意の量子ゲートを制御多様体の最適ループを選択することにより構成する「ホロノミック量子計算の幾何学的最適化(大阪市大、京大、近畿大)」は量子ゲートの構成方法として非常に面白い。また、密度行列繰り込み群を利用して量子回路のシミュレーションを行った「波動関数のテンソル積分解を用いた量子計算機シミュレーター(NTT、総研大)」については、今後規模の大きな量子計算機の動作をチェックする上で必要となる技術かもしれない。

他にも興味深い発表は多数あったが、とても書ききれない。量子計算機はこれからの技術であり、課題は非常に多い。今後、デバイス面での研究と併行してアルゴリズムの面でも豊かな成果が挙げられ、量子計算機の有効性がより広く認知されるようにと願っている。

(ISTEC 国際部長 津田井 昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

APS March Meeting 2004 報告

平成 16 年 3 月 22 日(月)～26 日(金)、カナダ・モンリオール・Palais des Congres de Montreal において開催された APS (American Physics Society) March Meeting 2004 に参加した。本学会で扱うテーマは、超電導や半導体材料、化学物理、生物物理、流体力学、コンピュータ等に関する分野である。大規模な学会であり、参加者数が 6,000 名以上におよび、発表件数は口頭発表が約 5,500 件、ポスター発表が約 700 件であった。また、企業展示会も併催されており、約 70 の団体が出展していた。

全発表約 6,200 件に対し、超電導に関する発表数は約 1 割（口頭約 530 件、ポスター約 30 件、合計 560 件）であった。主な発表は以下の通りである。

Oxford University の Bella Lake 氏が、Hi-Tc $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ において超電導と競合する反磁性相が磁場で誘起されることを報告した。

University of Maryland の F. C. Wellstood 氏によると、量子コンピュータの bit “Qubit” を Nb/AlO_x/Nb ジョセフソン結合で構成し、2 個が結合した状態をマイクロ波スペクトルを用いて観測したとのことである。

Helsinki University of Technology の Pertti Hakonen 氏の報告では、ジョセフソン接合を用いたトランジスタに似た構成の低雑音アンプを作り、電流利得 30、電圧利得 5 を計測したとのこと。超電導電流の制御は常電導ベース電流で行うそうである。

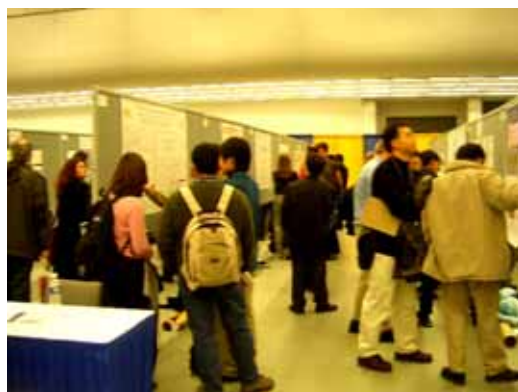
University of Maryland の Richard L. Greene 氏は、銅酸化物における Hi-Tc 超電導性のメカニズムを解明するために、電子ドーブ、正孔ドーブした試料に対して種々の測定を実施したとのこと。特に、ドーブキャリアに依存する“量子相転移”(QPT)の理論的予想に対する検証が注目される。

University of Tuebingen の Thomas Dahm 氏は、 MgB_2 におけるマイクロ波の電導性に異常を観測したが、これを MgO_2 が 2 種類の超電導ギャップを持つためと解釈した。

自由闊達な雰囲気の中、活発な議論が交わされ、充実した 5 日間であった。



口頭発表の様子



ポスター発表の様子

(ISTEC 調査・企画部 清水延彦)

[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2)

SRL/ISTEC
特別研究員 蓮尾信也

その2: 超電導エレクトロニクスの具体例(その1)

3. 超電導エレクトロニクスの具体例

前回、超電導エレクトロニクスの分野にはいろいろな応用があることを示した。そのすべてを詳細に述べることは紙面の都合上できないが、その中のいくつかを取り上げて具体的に示そう。

超電導フィルタ

超電導 Web21 の 2004 年 3 月号に「超電導マイクロ波デバイス」の特集が組まれており、その中で超電導フィルタについても解説されているのでここでは簡単に紹介しておく。一言でいえば、超電導薄膜を用いてフィルタを設計すれば理想的な特性のものが得られることである。ここでいう理想的とは、通過させたい周波数の電波は完全に通り、遮断したい周波数は完全にさえぎることができるという意味である。高温超電導薄膜を用いて実際に作られているフィルタでは、通過域での挿入損失が 0.3db (約 7%) 以下であり、遮断域では 80db 以上減衰する(1億分の 1 以下になる)⁴⁾超電導フィルタをたとえば携帯電話の基地局の電波の送受信に用いると、電波の混信を防ぐために非常に有効である。

超電導フィルタを用いた小型受信増幅装置の例を図 3 に示す。⁵⁾ 第三世代通信システムである IMT2000 用に設計されており、冷凍機まで含めて容積 15 リットルの中に組み込まれている。日本ではまだ実際の基地局に採用された例はないが、米国では数千箇所の基地局の受信システムにすでに導入されている。



図 3 超電導フィルタを用いた小型受信増幅装置の試作例⁵⁾

磁界センサー

ジョセフソン素子は磁界に非常に敏感な素子である。その敏感な素子を組み合わせるとさらに敏感なセンサーができる。前回述べたジョセフソン素子を 2 個使って、図 4(a)に示すように超電導線で作ったループに挿入する。その結果、このループに流すことのできる電流の最大値(臨界電流)は図 4(b)に示すように、周期的に小さくなったり大きくなったりする。これは(a)の超電導ループの中に単一磁束量子(Single Flux Quantum: SFQ)と呼ばれる磁束の最小単位が 1 個入る毎に周期が 1 つずつずれるためである。磁束量子の値 Φ_0 は物理定数 $h/2e$ (h : プランク定数、 e : 電子電荷) で表すことができ、この値は 2×10^{-15} Weber という小さな値である。しかも、計測のための周辺回路を工夫することにより、 Φ_0 の百万分の 1 程度まで識別することができる。このため非常に高感度に磁界計測ができるのである。

このように超電導ループの中にジョセフソン素子を組み込んだ回路を SQUID(スクイッド)という。辞書を引くと“すみいか”と書いてあるが、これとは全く関係ない。Superconducting QUantum

Interference Device (超電導量子干渉素子) という長い名前を縮めたものである。超電導 Web21 の 2003 年 7 月号に SQUID の特集が組まれており、いろいろな応用例が示されているので参考にして頂きたい。

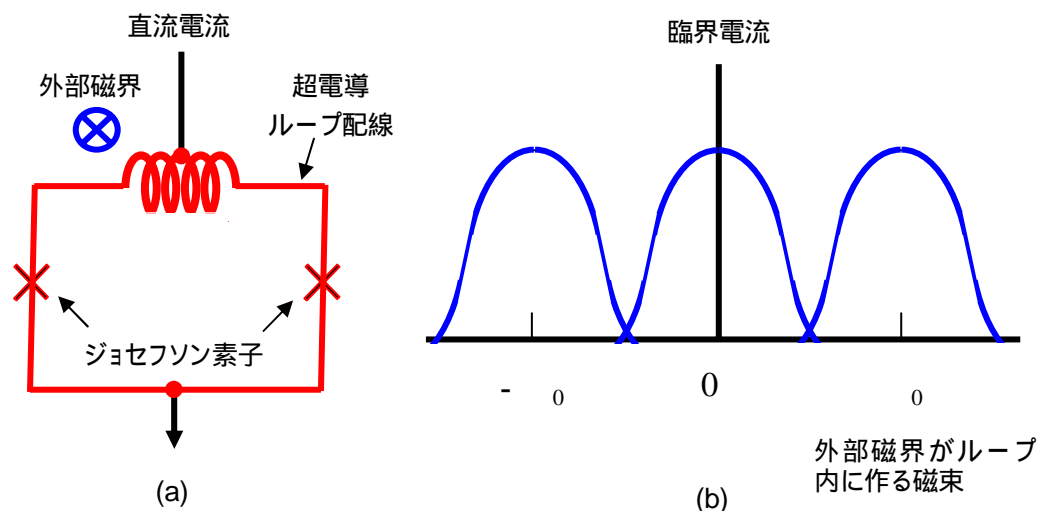


図 4 SQUID の等価回路(a) とその臨界電流の外部磁界依存性(b)

この SQUID は非常に高感度である。地磁気(約 50 μ T)の 1 億分の 1 以下の磁界まで検出できる。非常に高感度に磁界が検出されるようになると、これまでのセンサーでは不可能であったさまざまな微小磁界を検出できる。顕微鏡の下で蝶の鱗粉の構造を生まれて初めて見た時の感激は多くの人が経験していると思う。これまで肉眼では 1 ミリ程度の大きさのものしか識別できなかったものが、0.1 ミリあるいは 0.01 ミリという小さな世界が見えた時の感動である。それと同じように、磁界の世界においてもこれまで見えなかったもの(認識できなかったもの)を見ることによって、世界が変わる可能性がある。磁界計測の分野でそのような手段を提供してくれるのが SQUID である。

たとえば、人体から発生する磁界(生体磁気という)を検出することができる。人体に触れないで心臓の電気活動によって作られる磁界を検出し、心電図と似た信号である心磁図を計測することが出来る。とくに多数個の SQUID を並べることにより心臓周辺の磁界の空間的な分布を測定することが出来る。このマルチチャンネル SQUID システムで計測された磁界分布から、計算によって心臓内部の電流分布を知ることができる。これまでの医療機器では発見の難しい虚血性心疾患などの診断に有効であると期待されている。また、人体に非接触で計測できるので胎児の心臓疾患の診断にも有効である。すでに 64 チャンネルの SQUID システムが医療機器として認可されており、⁶⁾ 今後病院での検査に広く使われるようになるであろう。

心臓の磁界だけでなく、さらに高感度検出を行うと脳内電流の作る磁界を検出することも出来る。将来は脳疾患診断用の医療機器として SQUID が使われるようになるだろう。高感度な SQUID を用いた脳機能解明の研究も行われている。SF 小説の世界のことが現実になる日がくるかも知れない。

航空機や高速道路の橋脚などの構造物の劣化(内部亀裂など)を非破壊で検査することもできる。ドイツでは実用テストが行われている。5 μ m 程度の空間分解能を有する SQUID 顕微鏡も開発され実用されている。磁性インクで印刷されたお札の像を観察したり、⁷⁾ 超電導回路の中に捕捉された磁束を観察することが出来る。⁸⁾ 作製途中の半導体 LSI 回路や完成した回路に細いレーザー光を当て

ることによって、発生した電子・正孔対の作る電流を SQUID で検出し、LSI の欠陥や故障診断に用いるシステムも作られている。⁹⁾ 牛や豚の育成段階で予防注射やホルモン注射を行った際に、誤って注射針が折れて体内に残留することがある。このような食肉が消費者に購入される以前に、食肉の形に加工された段階で検出するシステムも作られている。¹⁰⁾ 免疫診断にも SQUID が使われる。磁性微粒子を抗体に付着させたマーカーを作り、抗原と結合した抗体の磁気モーメントを計測することによって抗原の量を計測するシステムである。¹¹⁾

大規模な応用としては地下埋蔵物の磁気探査がある。電線で地表面を数キロメートル四方にわたって取り囲み、そこにパルス電流を流した時の応答磁界を SQUID で検出し、地下に埋蔵されている金属鉱床などを発見する方法である。¹²⁾

以上のように様々な分野で SQUID を利用することができ、その特徴は非破壊・非接触で超高感度に磁界を検出できることであるといえる。新たなアイデアの創出により、今後さらに SQUID の応用範囲は拡大されていくであろう。

また、ここで述べた SQUID を構成するためのジョセフソン素子は、ニオブなどの低温超電導材料で作ることもできるが、構造が簡単なので YBCO などの高温超電導材料を用いて作ることもできる。一般に低温超電導材料で作った SQUID のほうが感度がよく、より微弱な磁界を検出できる。一方、高温超電導材料で作った SQUID は冷却が簡便であることから、簡易測定や戸外での測定に用いられることが多い。

今回はフィルタ応用と SQUID について述べたが、次回は引き続いてその他のエレクトロニクス応用について紹介する。

参考文献

- 4) 榊原伸義：応用物理学会誌 2003 年 1 月号 p.21
- 5) 富士通プレスリリース、<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2002/09/20.html>、2002.9.20.
- 6) 塚田啓二：超電導 Web21、2003 年 7 月号、p8
- 7) 糸崎秀夫：NIMS NOW <http://www.nims.go.jp/jpn/news/nimsnow/2003-07/08.html>
- 8) 鈴木宏治ほか：2004 年春季応用物理学会関係連合講演会 29a-YF-11
- 9) 二川清ほか：LSI テスティングシンポジウム 2002 講演番号 39
- 10) 工藤正義ほか：2004 年春季応用物理学会関係連合講演会 29a-YD-9
- 11) 円福敬二：応用物理学会誌 2004 年 1 月号 p.28
- 12) 太田肇ほか：2004 年春季応用物理学会関係連合講演会 29a-YD-3

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q：小型冷凍機ってどれくらいの大きさなのでしょう？

A：手のひらに収まる大きさから、お湯のポット2つ分程度の大きさまで有ります。

小型冷凍機はヘリウムガスを作動ガスとして、断熱膨張による冷却を原理とした冷凍機です。元々赤外線追尾型の兵器の重要なコンポーネントとして開発されました。これが宇宙通信機器の冷却に使用され、さらに半導体工業で使用される低温吸着型の真空ポンプであるクライオポンプとして急速に普及しました。温度としては液体窒素温度（77K）程度から液体ヘリウム温度（4.2K）領域まで冷却できるものがあります。

小型冷凍機の種類には、スターリング型冷凍機、ギフォード・マクマホン型冷凍機、パルス管型冷凍機があります。冷凍機の原型がスターリング型で、バルブにより作動ガスの移動をコントロールして圧縮機を小型化したものがギフォード・マクマホン型です。パルス管型は最近実用化されたもので、冷凍機本体に稼働部が無くパイプ中の作動ガスの出入りだけで冷却が起こるものです。

冷凍機は基本的に、圧縮機と冷凍機本体に分けられます。冷凍機本体は低温になるコールドヘッド部とバルブモーター部に分けられます。スターリング型にはバルブモーター部はありません。

小型冷凍機の大きさは、その用途によって異なります。赤外線検出器では冷凍能力が小さく温度も液体窒素温度程度で良いので手のひらサイズのもので使用されます。これはスターリング型のもので、圧縮機が一体となっています（図1）。同じくスターリング型で圧縮機が別になったものを図2（寸法単位はインチ）に示します。上に突き出た部分がコールドヘッドで、下部のタンク状の部分が圧縮機です。その間はパイプで接続されています。通信用の超電導フィルタ冷却にはこの冷凍機が使用されています。図3はギフォード・マクマホン型 4K 冷凍機です。上部がバルブモーターで下部がコールドヘッドです。重量は 18kg、全長 560mm です。圧縮機は別になっていて、重量 120kg、大きさは



図1 圧縮機一体型小型スターリング型冷凍機

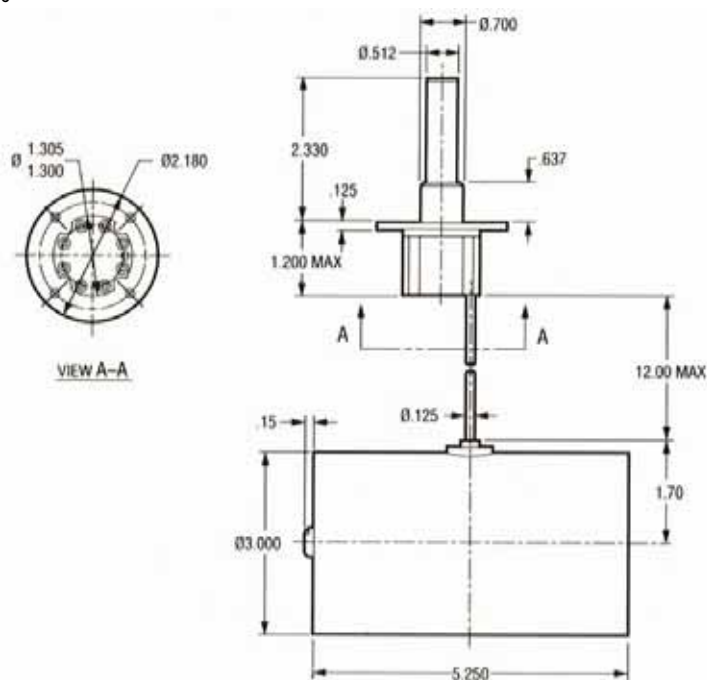


図2 小型スターリング型冷凍機

W500mm×H690mm×D450mm あります。4K 冷凍機は 8 年ほど前に開発され、現在では超電導マグネットの冷却、液体ヘリウム温度での実験や計測などに使用されています。図 4 は温度領域の異なる小型冷凍機を 2 台使用した小型ヘリウム液化機の写真です。1 日に 6L～36L のヘリウムを液化できます。図 5 のパルス管型冷凍機は稼働部が無いので故障が少なく、メンテナンスインターバルが長い上、振動が小さい特徴があります。人工衛星に乗せての利用や、SQUID 磁気計測などの振動を嫌う用途に使用されます。



図 3 4K-ギフォード・マクマホン型冷凍機



図 4 小型冷凍機を使用したヘリウム液化機



図 5 パルス管型冷凍機

回答者：大陽東洋酸素株式会社
ガス事業本部
超低温部長 上岡泰晴

[超電導 Web21 トップページ](#)