

# 超電導Web21

超電導 Web21  
Superconductivity

2001年7月号

< 発行者 > 財団法人 国際超電導産業技術研究センター

〒105-0004 港区新橋5-34-3 栄進開発ビル6F Tel(03)-3431-4002/Fax(03)-3431-4044

## 21世紀の キーテクノロジー 急浮上する超電導技術

- 超電導技術動向報告会開催 -

(財)国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) は第3回超電導技術動向報告会を6月5日(火)都市センターホテルで開催した。政府、企業、大学、研究機関、報道関係など約250名の参加があり、「21世紀のキーテクノロジー - 急浮上する超電導技術」をテーマとして、11件の熱のこもった報告と質疑があった。

超電導工学研究所田中所長による「実用化に向かう超電導技術」と題する基調講演では、ITの急速な発展による電力消費の増大への対策として超電導デバイスによるサーバーの省電力化とケーブルなど超電導電力機器の導入が極めて重要であることが強調された。



(SRL/ISTEC 田中所長 講演風景)

材料・プロセス技術分野では、Bi2223単結晶で10万A/cm<sup>2</sup>以上のJ<sub>c</sub>が得られたこと、大サイズMgB<sub>2</sub>単結晶育成に成功したこと、樹脂含浸法Y系バルクで補足磁場が30Kで15Tを達成したこと、10m長の次世代線材で、J<sub>c</sub>10万A/cm<sup>2</sup>、I<sub>c</sub>=50Aを達成したこと、ばらつき6.6%の100接合多層構造試作や190GHzコンパレータ回路等が試作実証されたことなどの報告があった。

応用分野では、バルクHTSを用いた膜磁気分離浄化装置では処理速度の向上とコンパクト化が可能になり水浄化への応用が期待できること、磁気浮上式鉄道ではHTSを利用することで、建設、運転コストダウン、マグネット信頼性向上のメリットが期待できること、携帯電話基地局用受信フロントエンドは超電導フィル



(SMES)で超電導コイル部分のコスト低減技術開発により、系統安定化用15kWh級及び負荷変動補償用500kWh級それぞれ従来の28%、16%のコストが達成できること、フライホイール電力貯蔵用超電導軸受プロジェクトでは180mm(10kWh)級軸受け用Y系やSm系バルクなど積載力向上、回転損失低減の要素技術や応用技術開発で着実な成果が得られたこと等が発表された。

最後に東京理科大学正田教授が「超電導技術の産業応用への期待」と題し、次のようにまとめられた。「5つの国家プロジェクトをわが国の超電導開発のコアとして、HTS要素技術開発が順調に進展している。超電導が世の動きに乗り遅れないためにも、実用できる製品は小規模、試用の段階から市場に投入すること、実用化へのデモンストレーションの役割が特に重要である。」

(ISTEC 調査・企画部長 上羽良信)



(ISTEC/SRL 腰塚副所長 講演風景)

## ISTEC 通常理事会開催

財団法人国際超電導産業技術研究センター(略称ISTEC:理事長 荒木浩)は、平成13年6月14日、経団連会館において第28回通常理事会及び第18回評議員会を開催した。平成12年度事業報告並びに収支決算(12年度支出:約45億円)補助事業の実施、役員・評議員の選任等について報告があり、審議後、満場一致で承認された。なお、菊田滋常務理事の辞任に伴い、後任には辰田昌功が常務理事兼事務局長に選任された。

(ISTEC 総務部 安住光弘)

ターの利用により高感度、高選択性が実現でき、高速、エリア拡大、端末の長時間利用など全体として効率化が可能になること、超電導電力貯蔵システム

## 超電導関連7-8月の 催し物案内

7/1-6

International Conference on Materials for Advanced Technologies Symposium P:Superconducting Thin Film and Devices.

<http://www.mrs.org.sg/icmat2001>

場所:Singapore, (主催MRS/Singapore)

7/12

第1回超電導応用研究会

場所:湘南工大東京キャンパス、三田 (主催:低温工学協会)

7/16-20

CEC/ICMC2001

<http://www.cec-icmc.org>

場所:Madison,WI (主催:CEC/ICMC)

7/30-8/4

第13回結晶成長国際会議

(ICCG-13/ICVGE-11)

<http://iccg.gakushuin.ac.jp>

場所:同志社大学今出川キャンパス、京都 (主催:応用物理学会他)

8/27-30

5th EUCAS2001

<http://www.eucas2001.dk>

場所:Copenhagen, Denmark

(主催:EUCAS)

8/31-9/3

SQUID2001

<http://www.squid2001.org>

場所:Stenungsbaden, Sweden

## 目次

21世紀のキーテクノロジー - 急浮上する超電導技術 - 超電導技術動向報告会開催 - 1	
ISTEC通常理事会開催	1
超電導関連7月-8月の催し物案内	1
NMRとは	2
1GHzNMRの需要	2
NMRマグネットへの高温超電導体の適用	2
ビジネスの鼓動	3
世界の動き	4
特許情報	4
科学・研究の先端	5
新聞ヘッドライン	5
高温超電導SQUID(その2)	6
国際会議報告	7
読者の広場(Q&A)	7



## NMR とは

原子に磁界が作用すると、原子核のスピン方向が量子化されエネルギー準位の分裂が起こる。

いま、この定常磁界と垂直に、分裂した準位間のエネルギー差  $E$  に相当する周波数 ( $E = h\nu$ ;  $h$  はプランク定数) の振動磁界を高周波コイルによりかけると、核磁気共鳴(Nuclear Magnetic Resonance: NMR)と呼ばれるエネルギー共鳴吸収現象(核スピンの反転)が起こる。

同じ原子でも、分子内の磁場環境の違いにより共鳴周波数がシフトしスペクトル線の位置が違ったり、吸収エネルギーの周囲への散逸過程の違い(緩和時間に表れる)により吸収スペクトル線幅が異なるなどの情報が得られ、分子の構造を決定する有力な手段となっている。また、プロトンを対象とする人体のNMRイメージング装置(MRI)も普及している。

NMR スペクトロメータの構成は、定常磁界を発生する**マグネット**、高周波(RF)送信・受信コイルがあり測定試料が納められる**プローブ**、測定シーケンス制御・データ処理のためのエレクトロニクスやソフトウェアを含む**コンソール**からなる。

1960年代半ばには、NMR用マグネットに対する超電導の本格的な応用が開始され、特に永久電流モードでの高安定な高磁界が利用できるようになり現在主流となっている。

NMR では、プロトン共鳴周波数で 600 MHz (14.1T の定常磁界に相当) の装置が普及している。世界市場では、800 MHz (18.8T) 装置が既に 100 台程度販売されている。

MRI においては、磁界 0.4T 以上の装置で超電導が利用され 1.5T 機が普及している。

(編集局 田中靖三)

## 1GHz NMR の需要

たんぱく質の構造決定、疾病発症や生命活動のメカニズム解明などには高分解能 NMR スペクトロメータが必要であり、この研究分野で 1GHz NMR の需要がある。特に、X 線結晶構造解析手法を利用できない結晶化しにくいたんぱく質の研究には威力を発揮する。

本号の記事にもあるように、日本は線材技術をベースとしたマグネット技術で世界をリードしており、プローブ技術とコンソール技術を合わせて、1GHz NMR 開発の先頭を進むと見られている。

現在は、市販最高性能の 800MHz NMR 装置を可能な限り多く保有して、ポストゲノムのたんぱく質構造解析の研究が強力に推進されようとしている。既に 900MHz (21.1T) NMR 装置はメーカーが受注しており、各研究機関は装置の納入を今か今かと待っている。

理化学研究所横浜研究所ゲノム科学総合研究センター及び横浜市立大学大学院兼務の前田秀明氏によれば、10万種とも言われる膨大な数のたんぱく質分子の構造に関するライブラリを国際協力で戦略的に構築する計画がある。これにより、新薬開発などが一気に加速されるであろう。これらの実現のためには、設置場所の問題が無ければ、GHz 級 NMR 装置が何台あっても良い状況なのである。

(ISTEC 国際部 吉田政次)



理化学研究所横浜研究所 NMR 施設棟(計画の半分が完成) 横浜市鶴見区の横浜サイエンスフロンティア(仮称)地区に建設された。銀色に輝く巨大な帽子状の建物は外壁はアルミ、内壁と骨組みは木材でできている。800 MHz 以上の NMR 装置は、磁場の関係で各建物に 1 台の設置となる。

## NMR マグネットへの高温超電導体の適用

NMR の定常磁界を大きくすると検出感度と分解能が磁界に対して 1 次以上の関係で向上するので、高磁界化が進められてきた。検出感度が上がれば、測定(診断)時間の短縮や微量試料の測定が可能となる。また、分解能が上がれば、緩和時間が短くスペクトル線幅が大きくなる巨大分子試料が解析対象となり得る。現在、NMR 装置では 1GHz (23.5T; プロトン共鳴周波数を、磁界を  $B$  として、 $(\text{MHz}) = 42.577B(\text{T})$  の関係がある。) から 1.05GHz (24.7T) が、MRI 装置では 10T が、開発目標として掲げられている。20T 以上の開発の先端では、高磁界での臨界電流特性に優れた酸化物高温超電導体を内挿コイルとして適用することが検討されている。別の動向としては、MRI 装置の 0.2T 機においてマグネットの運転を簡便にすることを目的として、水冷常伝導コイルを冷凍機冷却 Bi 系酸化物超電導体コイルに置き換えた試み(常時電源に接続)がある。

6/14 付業界新聞および 6/15 付一般新聞で、920MHz NMR 装置用の 21.6T 超電導マグネットが物質・材料研究機構材料研究所と神戸製鋼所のグループにより開発されたことが報道された。このマグネットには、Nb-Ti 合金超電導線材と高磁界用 Ti 添加 Nb<sub>3</sub>Sn 化合物超電導線材が組み合わせて適用された。線材は 1.6K に冷却された。永久電流モードで、100 年間に 0.3% 以下の減衰という極めて高い安定性にも言及されている。換算すれば、3 Hz/hr 以下の減衰に収まっている(高分解能 NMR 計測には 10 Hz/hr 以下が必要)。

物質・材料研究機構材料研究所強磁場研究グループの和田仁リーダーによれば、金属系線材技術の開発により 950 MHz (22.3T) を達成し、さらに、酸化物高温超電導体線材の内挿コイルを開発して、1GHz (23.5T) 超の安定高磁界を達成する計画である。ニーズ(ポストゲノムのたんぱく質構造・機能解析)が開発(線材・マグネット)を後押しする良い例となる。また、この成果は物性研究用に提供される高磁界設備にも還元されることである。

(ISTEC 国際部 吉田政次)

### ちょっと便利なお知らせ

この PDF 「超電導 Web21」に記載の [URL](#) は、すべてリンクするように設定されております。

この PDF ファイルをブラウザ上でお読みの方は、[URL](#) にカーソルを合わせて左クリックしていただければ、ジャンプして目的の HP を見ることができます。

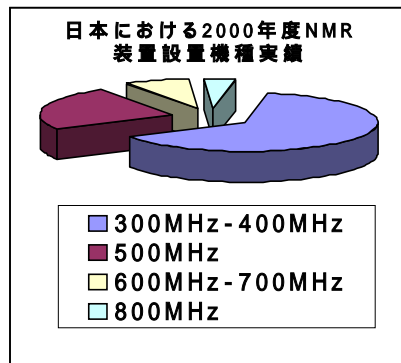
## ビジネスの鼓動

### NMR スペクトロメータ 9100 台稼働

NMR スペクトロメータは、全世界で 9,100 台以上がすでに設置されている。これらは、有機化合物、生体高分子、DNA、たんぱく質などの構造解析や立体構造の研究に不可欠な装置として利用されている。この NMR スペクトロメータの世界市場は、少なくとも 6.8 億ドル/年 (570 億円/年) が見込まれている。また、日本市場の 2000 年度実績は、約 125 億円と推計される。

このように拡大する NMR 市場の背景には、ヒトゲノム解析ブームに加え、一刻を争うバイオサイエンスとこれに続く創薬のビジネス戦略があるものと思われる。従来、DNA の構造解析やたんぱく質の立体構造の研究には、理化学研究所の大型放射光施設スプリング 8 に代表されるような X 線解析装置が専ら利用されていた。しかし、研究が進展するに伴って、DNA のように試験試料自体の量が少ない場合、結晶化に長時間を要する場合、結晶化自体が困難な場合、たんぱく質の分子量が多いなど X 線解析装置による解析限界が顕著になっている。すなわち、固体結晶試料に加えて液体試料が適用可能なことと補完的かつ効率的な立体構造の解析手段として NMR スペクトロメータが不可欠になっている。

NMR スペクトロメータ市場の最大の特徴は、強固な系列化にある。300MHz から 800MHz の既設 NMR スペクトロメータは、ブルカー (Bruker) 系 36%、バリアン (Varian) 系 45% 及び日本電子 (JEOL) 系 19% の 3 系列に分割構成されており、バリアン系が優勢である。



また、日本では、ブルカー (Bruker) 系 20%、バリアン (Varian) 系 25% 及び日本電子 (JEOL) 系 55% と JEOL 系が押さえている。元々、NMR スペクトロメータ市場には、Oxford、JEOL、Bruker の順で事業参入した経緯があるが、最近では後発メーカーである Bruker ブランドが躍進している。Bruker 系では、技術開発、超電導線材調達、コイル製作、システム化及びメンテナンスの各商品化段階における統制が行き届いており、ユーザーの意向を最大限に取り入れるなど高く評価されている。また、Varian 系は、協力メーカーの個性の尊重と設置地域性の把握による市場展開を目指している。

一方、稼働中 9,100 台の NMR スペクトロメータの設置分布を見ると、ヨーロッパ、米国及び日本においてそれぞれ 1,600 台、5,400 台及び 2,100 台であり、米国が半数以上を保有していることがわかる。国内関連企業の調査によると、2000 年度の日本の導入実績 125 台についていえば、300MHz から 400MHz が 80 台、500MHz が 30 台、600MHz から 700MHz が 10 台及び 800MHz が 5 台で、大半は 500MHz 以下の機種である。すなわち、日本における 600MHz 以上の導入台数は比較的少なかったことがわかる。

(編集局 田中靖三)

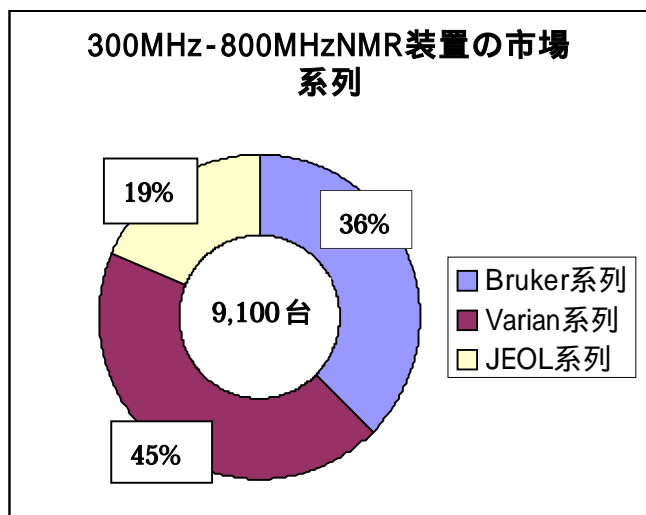
## 800MHz から 1GHz NMR の開発競争

いま、800MHz 以上の高分解能 NMR 市場では、販売競争と開発競争が繰り広げられている。

全世界の設置台数をみると、2001 年初めには 800MHz NMR が 100 台、900MHz 級が 8 台及び 1GHz 級が 0 台と報じられていた。しかし、最近の "Superconductor Week, May 28, 2001" によると、900MHz NMR について Bruker が 8 台受注し、Varian が近く数台を完成させるとしている。これらの主要なユーザーは、理化学研究所、米国ウイスコンシン大学 NMR 研究所及びドイツマックスプランク研究所である。また、両メーカーの製造能力は、それぞれ 6 台/年及び 4 台/年と報じている。800MHz 及び 900MHz 級 NMR の開発における技術上の課題は、Nb<sub>3</sub>Sn 線材の高磁界特性の向上、線材及びコイル強度の向上、1.8K 以下の低温操作技術及び漏れ磁束の低減である。現在は、これらのうちからの課題の進展が著しい。

一方、1GHz NMR は、現在、神戸製鋼所 / 物質・材料研究機構、米国の NHMFL、ドイツの Bruker / FZK 及び Oxford / Varian の 4 箇所で開催が進められている。いずれのプロジェクトも Nb<sub>3</sub>Sn 線材の改良に主眼は置きつつ、酸化物超電導線の適用も視野にいれている。すなわち、1GHz NMR に Nb<sub>3</sub>Sn が適合し得るか否かの見極めを延期している。逆にいえば、3Hz/hr の磁界安定性の要求に対応し得る酸化物超電導コイルの安定性向上が重要技術課題であるといえる。

(編集局 田中靖三)



物質・材料研究機構材料研究所・神戸製鋼所のグループで開発中の 1GHz NMR 装置

現在、920MHz (21.6T) まで達成し得る設備であるが、今年度中に筑波桜テクノパークにある物質・材料研究機構材料研究所に設置すべく急ピッチで開発が進められている。

## 世界の動き

### 超電導速報 世界の動き (2001年5月)

#### 電力応用

American Superconductor Corporation  
(2001年5月7日)

米国の電力大手である Entergy Corporation が American Superconductor Corporation と GE Industrial Systems に対し D-SMES を 2 基追加発注した。この D-SMES は 2002 年の夏、テキサス州ヒューストンで電力信頼性確保の目的で用いられることになる。Entergy Corporation は、2001年7月1日運転を開始する予定の 2 基の D-SMES をすでにヒューストンに設置している。

(出典)

“ American Superconductor and GE Industrial Systems Receive Follow-on D-SMES Order from Entergy: Entergy Chooses D-SMES to Assure Power Reliability in Summer of 2001 and 2002 ”

(American Superconductor Corporation Press Release; May 7, 2001)

<http://www.amsuper.com>

詳細は出典を参照。

American Superconductor Corporation  
(2001年5月7日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、2001年3月31日に終了する2001年度の収支結果を発表した。同社の収入は、前年度の1510万ドルに比べ1680万ドルと11%の増加。Net loss は前年度の1760万ドルに比して2170万ドルであった。また、同社の流動資金は、2001年3月31日現在で1億6020万ドル(前年2億1870万ドル)。Loss 及び流動資金の減少は、次世代電力応用研究への投資、線材製造及びパワーエレ部門の拡張によるもの。

同社 CEO Greg Yurek は、昨年度の活動についてコメント。同社は Detroit Edison 超電導ケーブルプロジェクト用の HTS ワイヤ 29 km を Pirelli Cables and Systems に納入、また、Rockwell Automation の世界初の1000馬力 HTS モーター実証実験に参画した。ワイヤについてはコストパフォーマンスを33%改善すると同時に、世界で初めての商用 HTS 製造プラントの建設に着手した。

(出典)

“ American Superconductor Reports Fiscal 2001 Year-End Results ”  
(American Superconductor Corporation Press Release; May 15, 2001)

<http://www.amsuper.com>

詳細は出典を参照。

#### エレクトロニクス

Atlantic Technology Ventures  
(2001年5月1日)

Atlantic Technology Ventures は、“CryoComm” と呼ばれる新たな投資プログラムを発表した。このプログラムでは、超電導技術を利用したテラビット・スイッチ及び通信への投資が行われる。この技術により、現在の技術に比べ格段にパフォーマンスが改善される。これは、アリゾナ州タスコで開催された Marcus Evans Optical Network Summit で発表されたもの。

(出典)

“ Atlantic Technology Ventures announces new program at optical networking summit ”  
(Atlantic Technology Ventures Press Release; May 1, 2001)

<http://www.atlan.com/press2001/05-01-2001.html>

詳細は出典を参照。

Atlantic Technology Ventures  
(2001年5月1日)

Atlantic Technology Ventures は、Rochester 大学から、超電導デジタルインターフェースのための磁気光学変調器に関する発明の排他的実施権を取得した。この技術は超電導電磁光学の権威である Dr. Roman Sobolewski によって開発されたもの。上記発明では、極低温環境下で、磁場を印加して光を変調することのできる磁気光学材料を使用する。この技術により超高速超電導回路出力を光学デジタル信号へ変換することが可能となる。同社はこの技術を CryoComm™ プロジェクト(前記事参照)で使用する計画。

(出典)

“ Atlantic Technology Ventures, Inc., Signs Option Agreement with the University of Rochester for a Superconducting Optical Modulator: Company Adds Critical Component to its New CryoComm Program ” (Atlantic Technology Ventures Press Release; May 24, 2001)

<http://www.atlan.com/press2001/05-31-2001.html>

詳細は出典を参照。

#### 通信

ISCO International  
(2001年5月14日)

ISCO International は、2001年3月31日に終了する2001年度第1四半期の収支を発表した。収入は512,000ドルで、前年同期に比べ198%の増加。2001年度第1四半期の収入のみで、2000年度の収入を上回っている。同社では、このような急激な伸びは HTS フィルターの売上増及び最近買収した ANF division からのものであるとしている。

(出典)

“ ISCO International Reports 198% Increase in First Quarter Revenues ”  
(ISCO International News; May 14, 2001)

<http://www.iscointl.com>

詳細は出典を参照。

#### 加速器

ACCEL (2001年5月4日)

Paul Scherrer Institute (PSI) は、ACCEL Instruments GmbH を “PROSCAN” という名前で知られている陽子治療システムの主要コンポーネントである 250MeV 超電導サイクロトロン の発注先に決定した。このサイクロトロンは、深部にある腫瘍治療のためのスポット・スキャンニング・ガントリー、新たな技術を盛り込んだガントリー(計画段階)及び目の腫瘍治療のための水平ビーム装置へ陽子を供給する。このサイクロトロンは超電導主コイルにより、適切な高電圧、高周波レベルが得られる。このシステムは、2004年半ばの運転開始を予定している。

(出典)

“ Superconducting Cyclotron Contract awarded by Paul Scherrer Institute (PSI), Villigen, Switzerland (ACCEL010504) ”  
(ACCEL News Release May 4, 2001)

[http://www.accel.de/\\_struktur/news.htm](http://www.accel.de/_struktur/news.htm)

詳細は出典を参照。

(ISTEC 国際部 マナ・ハット、津田井昭彦)

#### 特許情報

成立特許の紹介

最近成立した2件の特許を紹介します。  
(1) 「Sm 系 123 結晶の作製法」特開平 7-17790(平成5年度出願): 超電導工学研究所が開発した酸化物超電導の大型単結晶作製技術、SRL-CP(Solvent Rich Liquid Crystal Pulling)法による Sm123 単結晶の作製に関する特許である。発明のポイントは、Cu, Ba や BaCu 等の酸化物融液に、固相の Sm211 を徐々に溶かし込みながら、引上げ法で単結晶を作製すること。Y123 よりはるかに難しい融液の成分制御を克服した。  
(2) 「Bi-Sr-Ca-Cu-O 系超電導薄膜及びその製造方法」特開平 5-294798(平成4年度出願): 超電導電子デバイスなどの作製に使用する目的で、MgO 単結晶基板上へ Bi2212 や Bi2223 の高品質な配向薄膜の作製技術に関する特許である。発明のポイントは、Bi-Sr-Ca-Cu-O の 4 元系超薄膜を核生成し、続いて Bi-Sr-Ca-Cu-O の 5 元系の 110 面薄膜を作製する 2 ステップ MOCVD 技術である。

(SRL/ISTEC 開発研究部長 中里克雄)

## 科学・研究の先端

### SRL「TFA-MOD法によるY系線材の開発、推進」

TFA-MOD法は高い特性が再現性良く得られる低コストY系線材プロセスとして注目を浴びており、日米で開発競争が続いているが、(財)国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所(SRL/ISTEC)第5研究部では高純度の塗布溶液精製法(SIG法)を開発し、高特性のYBCO成膜を実証してきた。

これまで単結晶基板の膜として2インチ径のLaAlO<sub>3</sub>基板上に7.5 MA/cm<sup>2</sup>を超える高いJ<sub>c</sub>特性が得られており、金属基板上でも、フジクラ(株)の開発したIBAD基板上に短尺で2.5 MA/cm<sup>2</sup>(@77K, self-field)の特性が得られていた。

また最新の成果としては10cm長のIBAD基板に対しディップコートにより成膜した膜に関して、230nmの膜厚で1.3 MA/cm<sup>2</sup>(@77K, self-field)の特性が得られている。

今後関連企業等との広範な協力の下に本格実用線材開発を期待している。

(SRL/ISTEC 第5研究部長 平林泉)

### SRL「Bi2223単結晶作製に成功」

SRL第2研究部のLee等は、KClをフラックスとして用いることによってBi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>10+z</sub>(Bi2223)の単結晶を作製することに成功した。

Bi2223は超電導転移温度が100Kを超える有用な材料であるが、多結晶であっても単相の試料を作ることがむずかしく、相形成を促進するためにBiの一部をPbで置換したり、出発原料の組成比を2:2:2:3から少しずらしたりして作製されてきた。それは、Bi2212を経てBi2223へ変化するという固相反応過程に時間がかかり、通常のプロセス時間内では完結しないことが原因の一つであった。

今回の方法では、原料粉をKClに溶かし融液中で反応させるため、相形成が短時間(約15時間)で終了する。また化学量論比の原料粉をほぼ100%、目的のBi2223にすることができ、KClは後に水で洗い流せるため、不純物相の混入は殆どない。相形成のためのPb添加は必要ないが、従来通りBiの一部をPbで置換した組成のものも全く同様に作製できる。反応時間を多少長くすれば、0.5mm程度の大きさの単結晶が得られる。これを用いて、これまで測定できなかった様々な物性を研究中である。

(SRL/ISTEC第2研究部長 田島節子)

### SRL「MgB<sub>2</sub>単結晶作製と物性評価」

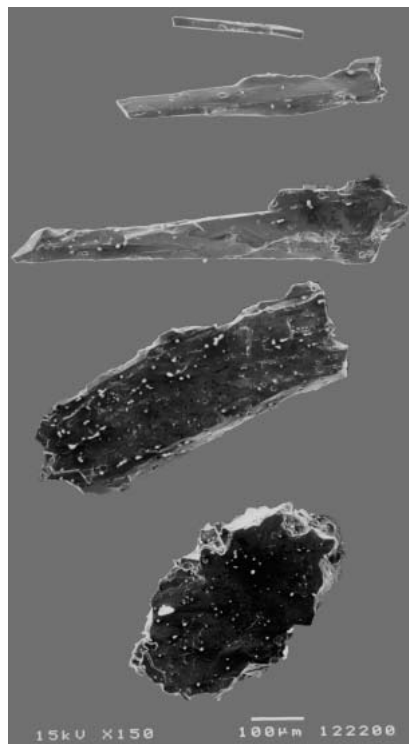
今年初めに発見された新超電導体MgB<sub>2</sub>(T<sub>c</sub>=39K)は、短期間に膨大な数の論文が発表され、研究の過熱ぶりが話題になっている。層状の結晶構造からは、超電導特性を含め物性値に異方性(2次元性)があることが予想されているが、それを調べるには単結晶を用いた測定が必須である。世界中で単結晶作製の競争が行われている中、ほぼ同時期にSRLを含む国内外の3グループが単結晶作製に成功した。

作製方法はそれぞれ異なるが、SRL第2研究部Lee等は高温高圧下でMg、B、Nの3元系から、0.6mm程度の大きさの結晶を作製した。

得られた結晶は、精密なX線回折構造解析から、高純度で結晶性の非常に高いものであることがわかった。電気抵抗率や帯磁率の測定では幅0.3Kという鋭い超電導転移が観測され、結晶の均質性も保証された。また、磁場下での電気抵抗測定から、第2(上部)臨界磁場の異方性が2.7程度と見積もられ、ホウ素面に平行に磁場をかけた場合の不可逆磁場は第2(上部)臨界磁場にほぼ等しいこともわかった。

このことから、実用化の際には、MgB<sub>2</sub>も高温超電導体と同様に結晶方位を揃えて用いる必要があると言える。

(SRL第2研究部長 田島節子)



(MgB<sub>2</sub>単結晶)

## 新聞ヘッドライン (5/19-6/19)

宇宙発電初めての一步 太陽光衛星で電気 マイクロ波に変換 地上にビーム伝送

5/19 読売新聞、日本経済新聞  
国内のIT機器 電力消費2010年に8倍 超電導研究センター予測

5/21 日本経済新聞  
性同一性障害者 健常者と脳梁の傾きに差 岐阜大などがMRIで定量診断

5/21 日本工業新聞  
超電導技術動向の報告会を開催 ISTEC, 来月5日

5/23 日刊工業新聞  
柔らかい頭で夢技術

5/24 読売新聞  
「人材の前向き評価を」白川筑波名誉教授が講演

5/24 日経産業新聞  
室温超電導 実現性、ナノテクが開く

5/24 日経産業新聞  
日立基礎研 超電導素子でAD変換

5/29 日経産業新聞  
ITER誘致 政府間協議 前倒しへ

5/30 日刊工業新聞  
きょうから試験サービス 次世代携帯電話波乱含みの船出

5/30 日経産業新聞  
超電導物質MgB<sub>2</sub> 産業界での実用の道

6/5 日本工業新聞  
核融合炉の誘致 原子力委が承認

6/6 朝日新聞  
IT化が進めば電力需要の急増必至

6/6 化学工業日報  
高温超電導ケーブル 通電試験を開始

6/12 電気新聞  
アルミ製真空低温容器 CERN向け 川崎重工が出荷

6/13 日本工業新聞  
産学交流拠点 超電導工学研究所

6/14 日経産業新聞  
NMR用の超電導磁石 世界最高21.6テスラ達成

6/14 日経産業新聞、日刊工業新聞、日本工業新聞  
磁場の世界記録を更新 たんぱく質構造解明へ

6/15 朝日新聞  
新超電導物質ワイヤに加工

6/15 日本経済新聞、日刊工業新聞、日本工業新聞、日経産業新聞  
汚濁4分で高速除去 日立など浄化槽小型化に道

6/15 日経産業新聞

【 隔月連載記事 】

高温超電導 SQUID (その2)

住友電気インテックス株式会社  
開発事業部 技師長 糸崎秀夫

SQUIDは超電導量子干渉素子の略称です。超電導体では、すべての超電導電子がコヒーレントな状態になります。そこで図1のような超電導リングをつくると、そのリングの中には、電子の位相をそろえるために、リングに流れる電流が飛び飛びの値しかもてなくなる量子化現象が起こり、リングの中に入る磁場を量子化することになります。この量子化した磁場を磁束とよびます。最小の磁束  $\Phi_0$  は  $2.07 \times 10^{-15}$  ウェーバです。この現象を利用した超電導デバイスがSQUIDです。今回は、SQUIDの基本構造、基本動作と磁気センサとして利用するために必要な電子回路について解説します。

SQUIDは図1のように超電導リングにジョセフソン素子を2つ組み合わせた構造です。

この素子にバイアス電流を流すと図2のような電流 - 電圧特性を示します。

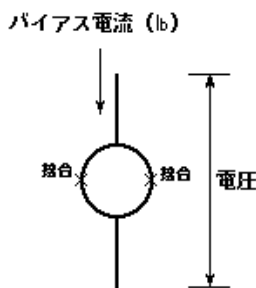


図1

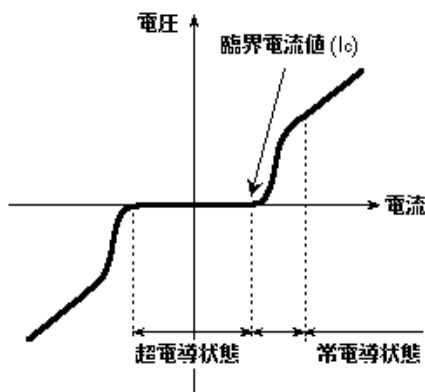


図2

中心部の水平な部分は、電流が流れているにもかかわらず電圧が発生していない超電導状態を示す領域です。電流をそれ以上流すと、ジョセフソン接合部の超電導が破れはじめ、電圧を発生します。SQUIDを磁気センサとして利用するには、外部からの磁気信号に反応してSQUIDに電圧を発生させる必要があるため、このジョセフソン接合の臨界電流値をわずかに超えたバイアス電流を素子に加えた状態でSQUIDの出力電圧を計測します。

SQUIDは図3に示すように磁場を加えることにより、SQUIDの電圧が正弦波状に変化しているのがわかります。この1周期が最初に述べた量子化磁束  $\Phi_0$  に相当します。このようにSQUIDは磁場に対して非線形な動作をします。

しかしSQUIDを磁気センサとして利用するためには、磁気に対して線形な応答が必要となります。

そこで、図4に示すようにSQUID素子に外部からの磁場を相殺する磁気を与えるフィードバックコイルとその電子回路を設けます。するとコイルに流れる電流を計測すると、外部磁場とコイルの電流は比例することになり、外部磁場を計測することができるようになります。磁場を固定することから、この電子回路をFLL(Flux locked loop)回路と呼びます。磁場によるSQUID出力電圧の変化は大変小さいので、超低ノイズのアンプを用いたり、商用の

50Hzまたは60Hzのノイズまたは環境のノイズを除去するためにノイズフィルタをいれるなどの工夫をして用いる必要があります。この電子回路は実際には特殊な回路をいろいろ組み合わせることで、SQUIDの超高感度な磁気センサとしての能力を發揮するようにできます。現在では、ニオブ系や高温超電導系などそれぞれのSQUID素子に対応した電子回路が市販されるようになり、簡単にSQUIDを磁気センサとして利用できるようになっています。

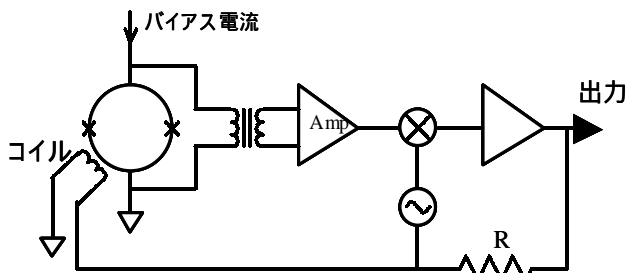


図4 SQUIDの駆動電子回路ブロック図 (FLL回路)

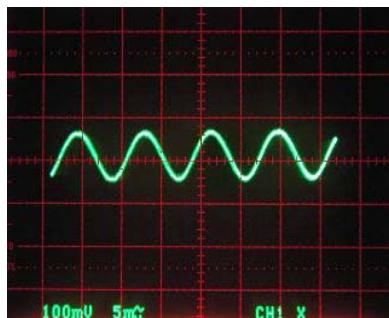


図3 SQUIDの磁場 - 電圧特性 (X : 0.68  $\Phi_0$ /div. Y: 5  $\mu$ V/div.)

第三回 (2001年度) サー・マーティン・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、凝縮系科学に関わる若手研究者にインセンティブとモチベーションを与えるため、1999年3月に“サー・マーティン・ウッド賞”を創設致しました。下記の要領により、第三回サー・マーティン・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(固体物理学、固体化学、材料科学、表面物理学等) 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(2001年4月1日現在)の若手研究者1~2名、国籍は問わない。

賞の内容：賞状、賞金50万円、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、推薦団体からそれぞれ一件

申込締切：2001年8月1日(水)

申込方法：詳細は、下記事務局までお問い合わせください。

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：2001年9月予定

賞の贈呈：2001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:03-5245-3251, FAX : 03-5245-4472

E-mail : oikk-hr@oxford-instruments.ne.jp

## 国際会議報告

### IWCC から

九州工業大学情報工学部  
教授 松下照男

第10回 International Workshop on Critical Currents (IWCC)は、2001年6月4~7日にドイツのほぼ中央にある大学町のGoettingenで開催された。1974年に同地で第1回目が開催されてから今回で10回目を数え、世界を回って発祥の地に戻ってきた形である。参加者は110人で、この内日本人は11人であった。金属系超電導体に加えて80年代に高温超電導体で、そして今年になってMgB<sub>2</sub>が発見され、それに伴って対象も少しずつ変化してきたが、本会議における主要テーマは一貫して磁束ピンニング機構、臨界電流密度、電流-電圧特性などの電磁現象である。磁束ピンニング、結晶界面、Y系線材、Bi系線材などのセッションがあり、全員が議論に参加できるようにパラレル・セッションなしで、みっちり鍛えられた会議である。今回も論文は希望者がSupercond. Sci. Tech. 誌に投稿することとなった。次回は2、3年後に開催される予定で、候補地の筆頭が日本である。

### ISEC-01 と SFQ ワークショップに参加して

移動体通信用フィルターおよび超電導デバイスの高速性について報告したい。すでに米国にて年商11M\$の売上になっている米国STI社の発表は、次の3点において意義深いものであった。

- (1)信頼性：液体窒素温度に冷却する部分が公衆通信ネットワークシステムにおいて存在しえたという実績。
- (2)安定供給性：3年に亘り供給し、要望の性能を維持しえたという実績。
- (3)高性能性：サービスにおいて、通話遮断などの頻度が低減できたという実績である。

1番目は、大衆を顧客とするエレクトロニクス全体にとって朗報であり、将来への影響は計り知れないものがある。2番目は、高温超電導薄膜が酸素離脱などで不安定なのではないかという一部の不安を払拭しえたことである。3番目は、実利を証明できたことである。

高速超電導デバイスはサンプラーなどの計測器が最初に登場し、ADCそしてルータ・サーバなどに展開していくものと大方の関係者は考えている。40Gb/sを一つの束とする光通信のサンプラー計測器として利用するためには3倍の120GHzの性能をもつ必要があると NEC の日高氏は講演された。

温度30Kで100GHz級の高速度動作をコン

パレータで実現した日立の齊藤氏は、熱雑音対策が重要であることを強調した。さらに高集積な SFQ 回路の動作温度としては20K程度になるのではないかという見通しを述べた。

39Kの臨界温度をもつ MgB<sub>2</sub> 薄膜の SQUID の成果をトゥエンテ大のグループが発表し、いよいよ MgB<sub>2</sub> も薄膜デバイス応用の段階に入った。熱雑音を考慮すると、100GHz 以上の高速デバイスに対して、LTS と HTS の中間に位置する MgB<sub>2</sub> による試作が急務といえよう。

(ISTEC/SRL 第7研究部 鈴木克己)



I  
W  
S  
会  
場  
風  
景

### 2001 年国際超電導ワークショップ(速報)

平成13年6月24日(日)~27日(水)の間、米国ハワイ州ホノルルにおいて第13回国際超電導ワークショップ(第5回 ISTEC/MRS ジョイント・ワークショップ)が開催された。参加者は、6カ国から、約100名。

今回のワークショップ(IWS: International Workshop on Superconductivity)のメイン・テーマは、“HTS Conductors, Processing and Applications”であり、高温超電導線材の実用化に向けた活発な議論が展開された。

今回のワークショップは、特別講演、基調講演、ポスターセッション、ランブセッションを含め10のセッションから構成されている。高温超電導も実用化時期を迎え、今回のワークショップにおいても、実用線材とその応用面で非常に真剣な議論が行われていたことが特に印象に残る。

(ISTEC国際部 津田井昭彦)

\*\* 詳細は8月号で特集予定です。 \*\*



SRL/ISTEC 田中所長 講演風景

## 読者の広場

### Q&A

<質問>

「超伝導」で検索すると、「超電導 Web21」にアクセス出来ないヒトがいます。また、授業、参考書、新聞などでも用語の統一がなされていないように感じます。一体、「超電導」と「超伝導」のどちらを使えばよいのでしょうか? (- S大学生 -)

<回答>

わが国に超電導が紹介されたのは、超電導現象発見の1911年にすでにおこなわれています。「超電導」なる専門用語は、1925年(大正14年)の欧米物理学実験室視察談として文献\*に使用されていることが確認されています。

\*長岡半太郎:理研彙報、第5巻(1926)p.214-236

また、日本工業規格:超電導関連用語 JIS H 7005(1999)にもすべて

「超電導」が採用されています。一方、工業誌、工業新聞や産業界では「超電導」が常用され、学術誌では「超伝導」が多用されています。したがって、歴史的背景、常用、多用のいずれを優先させるかの決定がなされていないため、「超電導」とするか「超伝導」とするかは使用する側の判断にゆだねられているのが現状です。

(編集局)

「読者の広場」へのご意見ご質問等みなさんの投稿をお待ちしております。



e-mail to:  
[web21@istec.or.jp](mailto:web21@istec.or.jp)

### 超電導 Web21 7月号

2001年7月発行

<発行者>

(財)国際超電導産業技術研究所内  
超電導 Web21 編集局  
〒105-0004  
港区新橋5-34-3 栄進開発ビル6F  
Tel 03-3431-4002  
Fax 03-3431-4044

### ホームページへのリンク

<http://www.istec.or.jp>



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。