

ビジネスとして見た高温超電導フィルタ

高温超電導フィルタ・ビジネスが大きな一歩を踏み出そうとしている。携帯電話基地局に用いられる超電導フィルタは、感度がよい、干渉に強いという大きな特徴を持つ。人口過疎地域では大きな領域をカバーできるため基地局の数が減らせるという効果がある。都市部では、回線容量を増加させることができる。携帯電話にありがちなドロップ・コールやブロック・コールの数も激減する。一方で、超電導フィルタは高価である、冷凍機を使用しなければならないので信頼性に不安があるなどの声があった。

しかし、2001年11月、米国のスーパーコンダクター・テクノロジー社が累積1000台の超電導フィルタを販売という大きなマイルストーンを達成、同時に、同社の超電導フィルタ・システムの延べ運転時間が1000万時間に達したと発表した。同社は、引き続き12月には1000台の超電導フィルタを新規受注したと発表した。コンダクタス社、イリノイ・スーパーコンダクター社も健闘している。市場は超電導フィルタの経済的、実用的価値をようやく認め始めたようだ。

とはいえこれは米国での話。日本国内では、いくつかのメーカーが開発に凌ぎを削っている。NTTD、TEやKDDIは、超電導フィルタのフィールド・テストを実施、その優れた性能を確認しているが、実用目的の導入にまでは進んでいないというのが現状のようだ。

超電導フィルタの位置付けについても日米間で温度差がある。日本国内では超電導フィルタは第3世代携帯電話への適用が念頭に置かれているように見受けられるが、米国内では、現行の第2世代、第2.5世代に既に適用され始めている。米国内でどのような地域に超電導フィルタが開発されているのかという点については断片的な情報しかないが、敢えて推測すればユーザーが多く大きな収益の期待できる都市部への展開に重点を置いているように思える。米国の通信事業者は、高価な超電導フィ

ルタでも都市部なら十分ペイするという確信を持ち始めているというのは言い過ぎだろうか。

米CTIA(Cellular Telecommunications & Internet Association)の調査によれば、2001年6月現在、米国内には11万4千の携帯端末用無線基地局が存在する。しかも、毎年2万の基地局が新設されている。全てが超電導フィルタに置き換わるかどうかは別にしても膨大な潜在マーケットである。また、スーパーコンダクター・テクノロジー社幹部は、2001年6月、中国科学アカデミー等の招待を受け訪中し、その際同社が中国とのパートナーシップに強い関心を持っていると語っている。米国メーカーは日本、欧州のみならず、年率20%以上の成長力を持ち2007年には3億を超える携帯電話加入者が見込まれると言われている中国マーケットも視野に入れているようだ。

(ISTEC国際部長 津田井 昭彦)

超電導関連3 - 4月の催し物案内

3/4-6

メゾソコピック超伝導とスピンに関する国際シンポジウム

場所：NTT厚木研究開発センター 講堂

(主催：NTT物性科学基礎研究所)

3/8

第10回冷凍部会例会「先進核融合実験装置」・総会

場所：東京(詳細未定)

(主催：低温工学協会)

3/14-16

ISIS-10(第10回国際超電導産業サミット)

場所：Santa Fe, New Mexico, USA

(主催：CSAC, CONECTUS, ISTEC)

3/18-22

Annual APS March Meeting 2002

場所：Indianapolis, Indiana, USA

(主催：APS)

4/1-5

2002 MRS Spring Meeting/
Materials Research Society,
Spring Meeting

<http://www.mrs.org/meetings/spring2002/>

場所：San Francisco, USA
(主催：MRS)

4/2

低温工学会 九州・西日本支部設立
総会・講演会

場所：九州大学ベンチャービジネス
ラボラトリー(福岡市)

(主催：低温工学協会)

目次

ビジネスとして見た高温超電導
フィルタ 1

超電導関連3 - 4月の

催し物案内 1

移動体通信基地局とは 2

米国知財権問題の発端 2

通信分野での超電導技術の役割
2

超電導フィルタサブシステム

開発の現状 3

超電導関連製品ガイド 3

超電導速報 世界の動き 3

標準化活動 今月のトピックス

6

特許情報 6

「超電導エネルギー貯蔵シンポジ
ウム2002」から 6

温室効果ガス(GHG)対策に挑む

新超電導構想 EPRI Grant氏の

講演より 7

- BNL 末永氏の講演より - 7

【隔月連載記事】 超電導量子コン
ピュータの実現に向けて

(その2) 8

読者の広場(Q&A) 9

新聞ヘッドライン 9

移動体通信基地局とは

移動体通信とは、端末(送受信機など)にケーブルがつながっていない通信形態(いわゆるワイヤレス)である。このワイヤレスの部分は電波で信号を伝える。私たちに身近でいちばん分かりやすい移動体通信の例が、今流行りの携帯電話である。以下、携帯電話の例で説明すると、我々が手にしている携帯電話(端末)から送り出された電波は、基地局のアンテナで受信されて、ここからは通常の通信ケーブルを使って別の(話したい相手につながる)基地局まで伝えられる。(この間、通信衛星を使ったり、マイクロ波回線を使って電波で信号を伝える場合もある。しかしこれは固定局間での電波通信なので、移動体通信ではない。)

携帯電話から送信された電波の届く範囲はごく限られていて、半径数百メートルから数キロメートル以内である。この範囲をセル(細胞という意味)という。このセルの中にはひとつの基地局があり、ここで、このセル内にいる携帯電話からの電波を受信して通常の(固定の)通信網に接続している。これが移動体通信基地局であり、移動体通信端末と固定通信網との接続点の役割を担っている。このセルは面積が小さいので、携帯電話をもって移動すると携帯電話の居場所が、セルの外へはみ出してしまふことがある。その場合は、その携帯電話の電波の受信先を移動した先(隣接したとなり)のセルの基地局に移してやる必要がある。携帯電話からは、ときどき電波が発信されて、今その携帯電話がどのセル(したがってどの基地局)に所属しているかを把握できるようになっている。このセルの配置に際しては、となりあったセルでは必ず異なる周波数の電波を使用する。さもないとひとつの携帯電話が複数のセル(基地局)に所属することになって混乱する。また電波の干渉が生じてしまう。ただし隣り合わないセル間では、同じ周波数の電波を使っても電波の干渉やセル重複の問題を生じないので、同じ周波数の電波を使用することができる。ひとつのセル内には、いくつもの携帯電話があり、これらがその基地局の電波の周波数帯域(バンド幅)を分割して使用している。したがってひとつのセルに収容できる携帯電話の数は限られている。もし携帯電話の数が増えれば、ひとつのセルでは収容しきれなくなり、セルを分割しなければならぬ。こうして携帯電話の普及に伴い、セルの数はどんどん増加し、それにもなって移動体基地局の数も急激に増加している。

このような移動体通信基地局としては、ひとつのセルで多くの携帯電話を収容するために、使用する電波の周波数バンド幅を広くとれること(広いバンド幅)が必要である。またこのバンド幅を有効に使うために、フィルタ特性が急峻で周波数の帯域分離が良い高周波フィルタが必要である。このような要求を満たすために、挿入損失が小さく、フィルタ特性が急峻な超電導フィルタの採用が有望視されている。米国ではすでに超電導フィルタの導入が進められていて商用サービスが開始されている。また携帯電話の使用時間を長くするためには、携帯電話から発信する電波のパワーを下げる必要がある。このためには、基地局の電波受信感度が高いことが重要であり、感度の高い超電導アンテナや低挿入損失の超電導フィルタの採用が有効であると考えられている。また急激に変動する携帯電話などの需要に対応するためには、移動体基地局をソフトウェア無線方式で構成し、ソフトを入れ替えることで、ハードの変更なしで通信市場の需要や技術革新に対応していく工夫も重要と考えられる。このためには超電導ADコンバータを用いたソフトウェア通信方式の移動体基地局の実現が望まれている。

(SRL/ISTEC第7研究部 宮原一紀)

米国知財権問題の発端

自由主義経済のルール下での個々の主体(例えば株式会社)は資本金を根源として活動するが、情報化と技術革新が急速に加速している今日において、知的財産は主体が主体的に活動する一つの根源としてクローズアップされている。資本金で知的財産を買うのではなく、知的財産で資本金を集める傾向が出てきたのである。

さて、超電導高周波デバイスはご存知のように、米国において移動体通信基地局用のフィルタとして実用化期に入った。そこで、特定の特許を対象に米国内で知的財産権問題が発生しているという認識のもとで、その特許がどのような内容であるかを説明したい。その特許は、一般に「ISCOの215特許」といわれ、U.S. Patent -No. 6,263,215 のことである。その請求項1を分かりやすく一部簡略して翻訳すると以下の通りである。

請求項1. RF信号の周波数を選別する複数のフィルタを有し、その選別されたRF信号を増幅する複数

の増幅器を有し、そのフィルタと増幅器を冷凍する冷凍器を有し、フィルタは増幅器よりもより低温側に位置していることを特徴とする、無線受信機のフロントエンド・レシーバー。

さらに請求項2から請求項19までは、フィルタの個数、冷凍能力、そしてフィルタ動作温度として90K以下などを規定している。

以下に、私の意見を述べるが、関係者からの叱正を得ることができれば幸いである。

(1) 特定の超電導材料とか、フィルタデザインについて述べていない。

(2) システムとしては、この請求内容が及ぼす産業用の利用分野は、単に移動体通信基地局用の超電導フィルタに限定されていないので、有線のルータなど広範囲の影響があると考えられる。

(SRL/ISTEC第7研究部 鈴木克己)

通信分野での超電導技術の役割

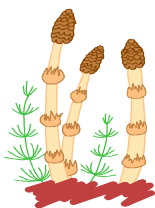
通信分野における構造改革を示して、最近いくつかの指標で逆転が見られている。例えば携帯電話の加入者数が固定電話を越え、信号の中身ではデータ量が音声信号量を越えた。これはパーソナル化とインテリジェント化が進んだことを表している。また第3世代携帯電話やメガビット級ADSLの導入等、動画像サービスを軸とした更なる通信のブロードバンド化が期待されている。そこでは、帯域圧縮ソフト等の開発よりもむしろハードの大容量化の方がはるかに必要であり、半導体集積回路では多層化、高速化、低消費電力化が進められている。しかし、発熱あるいは配線遅延が問題で、要求性能とチップ性能の乖離は開く一方である。そこで、新材料、特に低損失、高速、高感度の特徴をもつ素子が作製できる超電導への期待は大きい。電子部品では性能、価格、信頼性が要求を満足して初めて実用化される。超電導で高性能を実現することは当然で、性能向上に見合う残りの2者(価格と信頼性)をいかに満足させるかが勝負になる。信頼性についてはパルスチューブ冷凍機の開発により可能性が見えた。通信分野での変革はチップ等が安くなったことで起った現象であることに留意すると、低価格化がはかれる製造技術の開発が今後鍵になると思う。

(SRL/ISTEC第7研究部長 榎本陽一)

超電導フィルタサブシステム開発の現状

山形大学 工学部
教授 大嶋重利

移動体通信の基地局用超電導フィルタサブシステムは既にアメリカで実用化され、市場に出回っている。超電導フィルタサブシステムの持つ、高い周波数選択性と低損失性が従来のシステムより極めて高性能であったこと、更にアメリカの周波数割り当ての「イカゲン」さが超電導フィルタの実用化を促進した。アメリカでは、STI社、ISCO社、コンダクタス社の3社が開発に凌ぎを削っていたが、どうやらSTI社が市場を制したようである。2001年12月には、無線通信会社の大手と「2003年4月までに1000台以上納入する契約を結んだ」という新聞発表をしている。ただし、現在ISCO社がSTI社とコンダクタス社を相手に特許侵害を提訴しており、その行方も気になることである(USA特許No.6,263,215、冷凍機による超電導フィルタ、アンプ等を冷却する手法。日本では特許申請をしていない)。日本では、PHSとIMT-2000用携帯電話の混信を解消するために、超電導フィルタシステムの開発が進められている。超電導フィルタの有効性はすでに実証されているので、何時、何処で実用化するかが次の問題となっている。アメリカと同様に、まず地方の基地局かサブシステムでの実用化が検討されるであろう。(それを可能にする日本経済の早期回復を期待したい)また、中国では携帯電話の普及は急速に伸びている。2001年末で1億2千万台を超え、世界1の普及台数になったといわれている。広大な領土をカバーするためには、基地局の受信感度を向上させる必要があり、超電導フィルタの開発が急ピッチで進められている。精華大学のCao教授がそのためのベンチャー企業を起こしたと伝え聞いている。日本よりも先に超電導フィルタサブシステムが実用化されるかもしれない。



超電導関連製品ガイド

- 社名五十音順表示 -

大面積超電導薄膜と応用製品

1. 大面積超電導薄膜
住友電気工業株式会社 エネルギー環境技術研究所 超電導研究部
3インチ、丸、HoBCO レーザーアブレーション膜
Tel: 06-6466-6539
Fax: 06-6466-5705
大松一也

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. 超電導フィルタ(試作開発中)
株式会社クライオデバイス
移動体通信基地局受信用HTSフィルタ
Tel: 05617-2-5573
Fax: 05617-2-5575
榊原伸義
株式会社富士通研究所
高温超電導フィルタ
Tel: 046-250-8261
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
Tel: 0238-26-3286
Fax: 0238-26-3293
大嶋重利

次号予定：超電導線材及び導体
(編集局 田中靖三)

【ビジネストレンド】 超電導速報 世界の動き (2002年1月)

電力応用

Intermagnetics General Corporation (2002年1月7日)
IGC-SuperPower, LLCは、2001年における主要成果の1つであるNY州スケネクタディのパイロット・プラントにおけるHTS次世代線材の連続生産について発表した。エネルギー技術セクター責任者、Phillip J. Pelegrinoによれば、HTS次世代線材の連続生産はその高性能化、長尺化、ひいてはその大量生産の目標に向け非常に重要な段階に来ているとのこと。同社の目標は、2002年には1m以上/100アンペア・メーター級線材であり、2003年には10m

以上/1000アンペア・メーター級線材製造技術確立に向け注力しているところ。連続生産技術の確立により、人件費の大幅削減が図れ、HTS技術実用化の主要課題である費用対効果の改善が期待できる。

(出典)
"Intermagnetics Achieves Key Milestone in Continuous Production of Second-generation High-Temperature Superconducting Tape"
(Intermagnetics General Corporation Press Release January 7, 2002)
<http://www.igc.com/>

Intermagnetics General Corporation (2002年1月8日)
Intermagnetics General Corporation (Nasdaq: IMGC)は、2001年11月25日締め第2四半期の(営業)利益が16%増の360万ドル、1株当たり利益は21セントであったと発表した。前年同期はそれぞれ、310万ドル、19セント。当期の純売上が20%増の3900万ドル(前年同期、3240万ドル)。また、経常純益は1040万ドル、1株当たり60セント。これは、同社LTS部門の売却益及び簿価見直しによる寄与が含まれている。
同社社長 Glenn H. Epsteinは、以下のトピックスも併せて報告した。

MRI 売上の堅調さ。
IGC-Polycold Systems Incが運営している複数のカリフォルニアの工場が統合され、より効率の高い工場に再編されていること。
エネルギー技術部門の投資が倍増、今期概ね170万ドルに達したこと。

LTS部門の売却など、経営体質の改善が着実に進んでいること。
将来の見通しは明るいこと。

(出典)
"Intermagnetics Q2 Net Income Increases 16% Before One-Time Items"
(Intermagnetics General Corporation Press Release January 8, 2002)
<http://www.igc.com>

American Superconductor Corporation (2002年1月16日)
American Superconductor Corporationは、5000馬力HTSモーター原型モデルの負荷試験を成功裏に完了したと発表した。この原型モデルは、ローターのHTS巻線、冷却システム及び水冷ステーターの設計確認のために製造されたもの。技術

情報は同社ウェブサイト(<http://www.amsuper.com/5000hparameters.htm>)で閲覧可能。同社が特許を保有する超小型HTSモーターは、高い効率を有し、大型工業用モーターや船舶用モーターの形状、重量、コストの低減を図ることができる。同社はさらに、この5000馬力モーターよりも高トルク、低速の船舶用第1号モーターを設計、製造、試験を行う計画を持っている。船舶推進の電動化により、今後10年で船舶用モーター及び発電機市場は現在の4億ドルから、20～40億ドルに拡大するものと期待されている。同社は、2004年までに船舶用HTSモーターを商品化したいとしている。

(出典)
"American Superconductor Issues Results for 5,000-horsepower HTS Electric Motor Prototype"
(American Superconductor Corporation Press Release January 16, 2002)
<http://www.amsuper.com/>

American Superconductor Corporation (2002年1月16日)
American Superconductor Corporationは、Pirelli Energy Cables and Systemsがデトロイト・エディソン施設に2001年夏設置したHTSケーブル実証試験が遅れていると発表した。真空システムに問題が起こったことがその原因。クライオスタットの到達真空度が不十分であった。ケーブル・システムの真空度を劣化させている要因を明確にするためには、システム・コンポーネントの更なる試験が必要になる。Pirelliは、2002年第2四半期に新しい試験スケジュールを発表する予定。ケーブルの部分的な試験の結果によれば、ケーブル中のHTSワイヤーは過酷なフィールド・テストに必要な性能要求を満たしている。本プロジェクトの詳細情報は、<http://www.detroitedison.com/htscable/index.html> 又は、<http://www.amsuper.com/detroit.htm> で見ることができる。

(出典)
"Delay Reported in Detroit HTS Cable Demonstration Project"
(American Superconductor Corporation Press Release January 16, 2002)
<http://www.amsuper.com/>

American Superconductor Corporation (2002年1月24日)
American Superconductor

Corporationは、HTS線材に関する開発状況について、一般に情報を公開する。当該情報は多芯の次世代複合HTS線材アーキテクチャー開発状況の概要とHTS線材商業化に至るロードマップの検討結果を含んでいる。報告書は、次世代線材とMgB₂の現在進行している製造及び応用研究についても述べている。これらの研究は、HTS線材のコスト低減や性能向上を目指すものである。報告書全文は、次のURLにて閲覧可能
(<http://www.amsuper.com/doewireworkshop.htm>)。この報告は、2002年1月22日、エネルギー省主催の2002 Wire Development Workshopで発表されたもの。

(出典)
"American Superconductor Updates HTS Wire Developments at Department of Energy's Wire Development Workshop"
American Superconductor Corporation Press Release January 24, 2002)
<http://www.amsuper.com>

American Superconductor Corporation (2002年1月29日)
American Superconductor Corporation (AMSC)は2002年度第3四半期の純収入が、353万ドルであったと発表した。前年同期は561万ドル。今期の純損失は、1088万ドル、1株当たりでは53セント。前年同期はそれぞれ413万ドル、1株当たり20セント。当該年度9ヶ月間の純収入は845万ドル、純損失は2904万ドル(1.42ドル/株)。前年同期はそれぞれ1425万ドル、1363万ドル(0.68ドル/株)。2001年12月31日現在の、流動資産及び固定資産は8660万ドル(2001年9月30日現在、1億640万ドル)。第3四半期の支出は、1980万ドルで予想を上回るものであったが、これは固定資産増加とSMES販売の不調によるもの。

同社社長Greg Yurekは、第3四半期のSMESの結果は予想外であったが、これは電力会社の意思決定が遅れているためであるとし、今後とも既存及び新しい顧客のD-SMESに対する期待に応えるよう積極的な努力を惜しまないと語った。昨今の経済情勢を考え、同社はSMESから得られる年間収入予測を800～1000万ドルから200～600万ドルに下方修正した。

しかしながら、第3四半期に同社の主力製品であるHTS線材の開発、スケール・アップされた製造技術に関して目覚ましい進展があり、発電機や輸送用途向けにHTS線材のOEM供給を行った。

同社は、世界有数の線材メーカーである韓国Kiswireとの間で韓国市場向けにHTS線材供給契約を締結した。
(出典)

"American Superconductor Reports Fiscal 2002 Third Quarter Results"
(American Superconductor Press Release, January 29, 2002)
<http://www.amsuper.com>

MRI

Intermagnetics General Corporation (2002年1月8日)
Intermagnetics General Corporation (Nasdaq: IMGC)は、ヘリウム技術関連子会社のIGC-APD Cryogenicsの事業を住友重機に1000万ドルで売却するための契約に調印したと発表した。

APD Cryogenicの残留部門は、IGC-Polycold Systemsのカリフォルニア・ベタチューラ事業場に統合されることになる。住友重機とIntermagneticsは6年間の供給契約を結び、IntermagneticsがMRI磁石システムに使用される冷凍機を購入する。

この事業売却は両社にとってメリットがある。Intermagnetics社長Glenn H. Epsteinはこの売却は昔から言われているwin-winである。この事業買収により住友重機はMRI冷凍機のマーケット・リーダーとなっていくであろうし、さらに強力な製造ラインに対する投資を継続していく力になるであろうとしている。この契約は、住友重機にとっては長期顧客を保証するものであり、Intermagneticsにとっては頼りがいのある冷凍機供給元を保証するものである。住友重機及びアレンタウンの子会社は、Intermagneticsの求める各種デザインの冷凍機を製造する能力を持つことになる。

住友重機の冷凍機部門責任者のOsamu Sekiyaは次のように語った。「住友重機は極低温技術及びその応用分野の強化に力を入れている。今回の事業買収によりMRI等のヘリウム関連製品の主要供給者かつ技術リーダーとしての地位を確固たるものにするのができ、半導体関連市場におけるクライオポンプ分野での成長が期待できる。さらには、次世代極低温技術開発の促進を図ることができるとともに、グローバルな販売、サポートを通じ顧客によりよいサービスを提供することができる。

また、IntermagneticsはDavid E. Thielmanが副社長兼Polycold Systems統括責任者に就任したと発表した。同氏は今後住友重機と協力して

いくことになる。

(出典)

"Intermagnetics Signs Definitive Agreement to Sell Helium Refrigeration Equipment Business"

(Intermagnetics General Corporation Press Release. January 8, 2002)

<http://www.igc.com>

エレクトロニクス

National Institute of Standards and Technology (2002年1月29日)

National Institute of Standards and Technology (NIST)の研究者は、Pd-Auバリアー接合を使った3つの超電導集積回路により正弦波を合成することに成功したと発表した。これは、ジョセフソン接合を用いた波形合成に向けた大きな1歩である。このような波形合成システムができれば、1Vまでの非常に正確な電圧と1GHzまでの非常に正確な周波数を持つ任意の波形を作り出すことが出来る。その応用としては高性能試験測定装置の校正用標準AC源などがあげられる。

(出典)

"Josephson synthesizer circuit demonstrated"

(National Institute of Standards and Technology Press Release January 29, 2002)

<http://www.nist.gov/>

[public_affairs/update/upd020122.htm#Etechnology](http://www.nist.gov/public_affairs/update/upd020122.htm#Etechnology)

通信

ISCO International, Inc. (2002年1月3日)

ISCO International, Inc. (ISCO)は、2000万ドルの資金調達のため、同社株主に対し譲渡不可能な株式購入権を与えると発表した。2002年1月7日現在の同社株主は、1株あたり50セントで新規株を購入する権利を持つ。権利行使に関しては別途新聞発表を行う予定。

(出典)

"ISCO International Announces Rights Offering"

(ISCO International, Inc. Press Release. January 3, 2002)

<http://www.iscointl.com>

Superconductor Technologies Inc. (2002年1月10日)

Superconductor Technologies

は、3G無線システムを採用する国際市場向けに設計された極低温フロント・エンド・システム、IMT-2000 SuperFilter(R) Tower Top Systemを発表した。HTS技術を採用したこのシステムにより、感度がよく、カバーエリアが広く、ドロップ・コールやブロック・コールの少ない携帯電話基地局が実現できる。新しいシステムは、1月15～18日東京で開催された3G Mobile World Summitで公開された。同社社長M. Peter Thomasは、「この製品の導入は製品開発とマーケティングの観点からわが社の国際プレゼンスを確固とするものであり、わが社にとって非常に重要なマイル・ストーンである。」と語った。IMT-2000 SuperFilter Tower Top Systemは日本通信事業者の厳しい環境仕様に適合するようデザインされており、日本の松下電器産業の関連会社である松下インターテクノ社から売り出される予定。Superconductor Technologiesは、日本の他3Gネットワークの展開を計画している他の事業者も視野に入れている。

(出典)

"Superconductor Technologies Inc. Introduces IMT-2000 SuperFilter(R) Tower Top System Designed Specifically for International 3G Development"

(Superconductor Technologies Inc. Press Release January 10, 2002)

<http://www.supotech.com>

Superconductor Technologies Inc. (2002年1月28日)

Superconductor Technologies Inc. (SCON) (STI)は、2002年の純収入が2800～3300万ドルの範囲であろうと予測している。その内、約90%が製品販売によるもの、残りが政府契約によるものである。2002年の支出については、R&Dに600万ドル、営業及び一般管理に1430～1490万ドルと予想している。2002年第1四半期の総収入は、400～450万ドル程度と見込まれ、2002年第2四半期には製品販売により収益が出るものと期待される。好調な製品販売と生産能力の増加を背景に、STIでは2002年第4四半期に25%の製品利益率を達成しようと考えている。

同社社長M. Peter Thomasは、「STIは2002年には、収入予測とその実現に向けた確固たる基盤を確立する。」と語った。さらに続けて、「我々は最近最低1000台のフィルタ・システムの発注を受けた。また主力製品のフィールド試験結果が良

好であることもありこれに対する顧客の認知度も上がり、当社のソリューションに対する関心は高まっている。すでにフィールドに展開されているSuperFilterは1000台にのぼり延べ運転時間は1200万時間に達している。このような進歩もあって2002年の投資者向け財政指針を改定することにしたものである。」と述べた。

STI社は2001年第4四半期の総営業収入(gross commercial revenues)が210万ドル(前年同期350万ドル)であり、製品販売純収入(net commercial product revenues)が180万ドル(前年同期240万ドル)と予測している。また、当期の総純収入(Total net revenues)は320万ドル(前年同期370万ドル)と見込んでいる。当期損失に関しては、510万ドル、1株当たり31～32セントと予測している。また第4四半期末現在、STIの受注残は2100万ドル、キャッシュ等の流動資産は1520万ドルである。

2001年第4四半期の財務予測を前提に、STIでは2001年の総営業収入(gross commercial revenues)が約990万ドル(前年760万ドル)、製品販売純収入(net commercial product revenues)が760万ドル(前年530万ドル)、総純収入(Total net revenues)が1240万ドル(前年1000万ドル)と見込んでいる。また、2001年の損失は1700万ドル、1株当たり1ドル10セントないしは1ドル11セントの見込み。

(出典)

"Superconductor Technologies Inc. Anticipates 2002 Revenues of \$28 Million to \$33 Million" (Superconductor Technologies Inc. Press Release. January 28, 2002)

<http://www.supotech.com>

基礎物性

Lawrence Berkeley National Laboratory and University of California at Berkeley (2002年1月23日)

Lawrence Berkeley National LaboratoryとUniversity of California at BerkeleyのDr. J.C. Davisとそのグループは、透過型トンネル顕微鏡を用いて高温超電導体内のまだら状態の超電導状態をナノスケールで図示化することに成功した。これはNiをプローブに、Bi-2212内の超電導状態の領域と常電導状態の領域を識別したものである。研究者達は、アンダードープBi-2212試料を用い、超電導とは明確に異なる電子状態であって常電導状態と見られるマトリクス中に超電導状態であるグレインが存在す

ることを見出した。しかしながら、この試料はジョセフソン効果のためマクロには超電導状態にある。この知見が高温超電導を理解する上で画期的であるのは、超電導状態、絶縁体、その他の電子状態が同じ物質中で同時に起こっていること。粒状の超電導という概念は、それが完全結晶であったとしても超電導領域が空間的に各々分離しているということを示唆している。これらの結果は、Nature(2002年1月24日号)に掲載される。

(出典)
"Disorderly Superconductors Caught in the Act"
(Lawrence Berkeley National Laboratory News Release, January 23, 2002)
<http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/MSD-granular-superconductor.html>

Max-Planck-Institute for Solid State Research (2002年1月25日)

マックスプランク固体物理研究所(ドイツ)、フランス原子力庁及びロシア科学アカデミーは、異常なゆらぎを持つ磁気的なオーダーが高温超電導メカニズムの上で重要な役割を担っていることを見出した。その結果は、「サイエンスオンライン版」(Science EXPRESS 2002年1月24日号)に掲載された。研究者達は、高温超電導体中のクーパー対形成メカニズムに注目している。数百の $Tl_2Ba_2CuO_7$ 微結晶モザイクの中性子回折により磁気的なメカニズムがクーパー対形成に寄与していることを示唆するデータを得た。電子スピンの秩序パターンは高温超電導体中で揺らいでいるように見え、短時間の間に出現しては消滅している。ドイツ、フランス、ロシアの研究者達は電子対は、電子スピンの揺らぎのあるバックグラウンドを単電子よりも容易に移動でき、これにより磁気エネルギーがより低い状態で実現できているものと考えている。今後、 T_c が高く純度の高い他の高温超電導体を用いて磁気的揺らぎを調べていく予定。

(出典)
"Magnetic moments in a crystal mosaic"
(Max-Planck-Institute for Solid State Research Press Release January 25, 2002)
<http://www.mpg.de/news02/news0203.htm>

(ISTEC国際部長 津田井 昭彦)

標準化活動 今月のトピックス

国際規格 IEC61788-7「超電導体のマイクロ波表面抵抗試験方法」制定

2002年1月に次に示す国際規格IEC61788-7が制定された。本件は、超電導関連国際規格として 超電導関連用語、Nb-Ti線の I_c 、 Nb_3Sn 線の I_c 、酸化物線の I_c 、Nb-Ti線のRRR、Nb-Ti線の室温引張試験、Nb-Ti線の銅比に継ぐ8件目である。
INTERNATIONAL STANDARD, IEC 61788-7 First edition, 2002-01 Superconductivity-Part 7: Electronic characteristic measurements-Surface resistance of superconductors at microwave frequencies

この規格「通称:超電導体のマイクロ波表面抵抗試験方法」は、標準2共振器法を用いたマイクロ波帯における超電導体表面抵抗試験方法について規定したもので、共振周波数における表面抵抗 R_s の温度依存性を測定対象とする。また、適用する表面抵抗は、周波数: $8GHz < f < 30GHz$ 及び測定分解能: $0.01m$ at 10GHzを測定範囲とする。測定した周波数における表面抵抗値、並びに比較のための f^2 法則($f < 30GHz$)を用いて10GHzに換算した表面抵抗を報告することとなっている。

この規格は、国際規格として成立するまでにつぎに示すように7年余に及び関係各位の作業の賜物であり、関係各位の献身的な努力に感謝したい。

まず、1994年7月15日にWG8(Electronic characteristic measurements)提案、1997年4月22日にWG 8メンバー確定、コンビーナ:早川尚夫(名古屋大学 教授)、1998年4月24日に1stWD提出、1999年8月3日に1stCD提出、2000年に2回のRRT実施、2000年8月23日にCDV実施、2001年7月20日にFDIS段階へ移行し、2002年1月にIS制定した。

なお、この規格をご入用の方は、つぎにお申し込み下さい。

(財)国際超電導産業技術研究センター 標準部(田中靖三)

〒105-0004
東京都港区新橋5-34-3 栄進開発ビル6階

Tel: 03-3459-9872

Fax: 03-3459-9873

(ISTEC標準部長 田中靖三)

特許情報

最近成立した特許を紹介します。

「 $LnBa_2Cu_3O_{7-x}$ 単結晶基板の表面処理方法」特開平8-73298(平成6年度出願):

本特許は、 Ln ($Ln = Y, Pr, Sm$)系酸化物超電導体単結晶基板に超電導デバイス用の酸化物および超電導体エピタキシャル薄膜を形成する方法に関するものです。

PLDやスパッタ等でエピタキシャル薄膜を形成するには、基板の加熱処理が必須ですが、単結晶基板では、基板の昇温時および薄膜を成長させる際の加熱時に、基板表面に多数の突起物が発生します。本発明は、こうした基板表面の突起生成や荒れを著しく抑制する処理方法を提供しています。

なお、本発明の詳細は、特許庁のホームページから特許電子図書館(IPDL)をご利用下さい。

(SRL/ISTEC開発研究部長 中里克雄)

「超電導エネルギー貯蔵シンポジウム2002」から

平成14年2月15日(株)三菱総合研究所AVルームにおいて「超電導エネルギー貯蔵シンポジウム2002」が開催された。同シンポジウムは、超電導エネルギー貯蔵研究会(会長:梅澤邦臣)が主催し、(財)国際超電導産業技術研究センターの協賛と(社)電気学会、(社)低温工学協会及びエネルギー・資源学会の支援のもとで、約110名の学協会並びに産業界からの参加を得て、積極的な意見交換がなされた。

まず、(財)国際超電導産業技術研究センターの辰田昌功常務理事より「超電導電力貯蔵システム技術開発」の特別講演があった。現在わが国で実施中の超電導磁気エネルギー貯蔵装置(SMES)プロジェクトの具体的な技術開発成果とその展望が明らかになった。特に、プロジェクトの技術開発ターゲットを従来の負荷平準型等多目的SMESから電力利用ニーズ動態に即した系統安定化並びに負荷変動補償・周波数調整型へ絞り込み、同時に大幅なコスト低減を目指す技術開発に特化したことで、経済設計SMESの実現可能性が明らかとなった。さらに、分散電源急増、電力自由化、地球環境、IT急速展開などの経済環境の変化又は新たな機能発揮の可能性を踏まえたSMESの

重要性がますます増大するとの展望が示された。

一方、需要側からは、(1)電力系統に対して揚水発電のような巨大かつオーソドックスな利用よりも、米国で稼働している D-SMES 的な小型かつ瞬時的対応機器が有効であること(大阪大学の伊瀬敏史氏)(2)変動負荷に対しては余剰ガスを有効活用する鉄鋼分野(日本鋼管の福島信一郎氏)は別として、鉄道事業(東海旅客鉄道の平川正澄氏)やアーク炉、圧延などの個別企業では SMES の選択肢があり得ること、(3)核融合研究(日本原子力研究所の荏司昭朗氏、核融合研究所の山田修一氏)や加速器分野(高エネルギー加速器研究機構の佐藤皓氏)では、エネルギー投入装置としての SMES の優位性があること並びに瞬低対策としての自己エネルギー回生機能があればヘリウム液化冷凍機の維持電力を確保し得ること及び(4)情報通信分野におけるインターネットデータセンター(IDC)では、鹿島建設の市川孝誠氏)莫大な容量の UPS と信頼性向上のための冗長方式のニーズから SMES を含めた各種電力貯蔵装置を考慮した運用が重要であるとの報告がなされた。

このように SMES の持つ機能をどう活かすかについては需要側には実に多様な考え方がある。また、SMES の技術開発自体も、SMES の原点に立ち返り(東京大学の仁田旦三氏) SMES 本来の速応性、高効率などの特長を活かせる用途別の適用効果を十分考慮し(電力中央研究所の秋田調氏)社会システムのコスト低減を目指すべきではないかとの提言で締め括られた。

(編集局 田中靖三)

温室効果ガス(GHG)対策に挑む新超電導構想

- EPRI の Grant 氏の講演より -

(財)国際超電導産業技術研究センター超電導工学研究所(所長:田中昭二)は、米国 EPRI の P. Grant 氏を招いて 2002 年 1 月 7 日に講演会を開催した。P. Grant 氏は、米国における電力・エネルギー分野における最近の超電導技術成果、新しい SPI プロジェクトの概要並びに新超電導物質 MgB₂ に対する見解を述べ、これらの技術的ポテンシャルを将来の温室効果ガス(GHG)対策の候補技術として期待する旨の新しい超電導構想を明らかにした。

米国における高温超電導応用研究開発は、SPI (Superconductivity Partnership Initiatives)によ

って統括されている。2001 年度における SPI の研究開発規模は、\$101.2M (約 130 億円)であり、このうち約 50% (約 \$50M) がエネルギー省(DOE)から助成される政策費で賄われている。具体的な研究開発成果として、ピレリグループ(デトロイト、120m、24kV、2.4kA)並びにサウスワイヤグループ(11K 時間以上の送電)の電力ケーブル、ロックウエルオートメーション他の 1000hp モータ、デュボンの磁気分離装置、ワークシャ他の 5/10MVA 変圧器、ボーイングの 10kWh フライホイール電力システム、ジェネラル・アトミックス(GA)他の 15kV 限流器、ロスアラモス国立研究所(LANL)新研究施設などを挙げた。

新規 SPI プロジェクト予算として \$117M が 2001 年 9 月 25 日議会において裁定されたことを明らかにした。DOE 関連の主なテーマは、ピレリ他の 800m77MVA 電力ケーブル、サウスワイヤ他の 300m 同軸電力ケーブル、IGC とニューヨーク州の 400m44MVA 同軸電力ケーブル、デュボンのレシプロ型磁気分離装置、OST の開放型 MRI、ワークシャと IGC 他の 30MVA 変圧器、GE 他の 100MW 発電機、ボーイング他の 35kWh フライホイールシステムなどである。

また、1 年前に青山学院大学の秋光教授らによって発見された新超電導物質 MgB₂ に関して、色々な線材化技術が開発されていること、低いと危惧されている臨界電流密度も $J_c=0.5\text{MA}/\text{cm}^2$ (25K, 1T) を記録したこと、原料費は安価なことなどを考慮すると、NbTi 線材と同等特性である $J_c=0.1\text{MA}/\text{cm}^2$ (30K-70K, 1T) を達成することは可能であり、さらに液体水素の沸点である 20K 近傍に冷却すれば費用対効果(C/P)は十分期待できることから、新しい応用展開が可能であることを述べた。

最後に、P. Grant 氏はこれらの卓越した超電導技術を新しいエネルギーシステムと GHG 対策に展開する次のような新しい超電導構想を明らかにした。すなわち、(1)エネルギー源を化石エネルギーから核エネルギーと水素エネルギーに変え、(2)エネルギー輸送を地中洞道における液体水素供給ラインを兼ねた液体水素冷却 MgB₂ 電力ケーブルとし、(3)移動体機関の主流を燃料電池自動車とし、(4)最終ユーザーとして、リニアモータ、SMESなどを配備した超電導都市を想定するものである。この超電導構想は、化石エネルギーに大きく依存してきたこれまでの炭素文化から水素エネルギーを基調とした水素文化への転換を意味しており、新エネルギーシステムと GHG ゼロ放出を同時に達成可能とするもので、今後の超電導技術の展開

(c) ISTE 2002 All rights reserved.

にとっても極めて有効であることを強調した。

(編集局 田中靖三)

- BNL 末永氏の講演より -

2002 年 1 月 16 日午後、ブルックヘブン国立研究所の末永氏に SRL 大会議室にて「Overview of Superconductivity Program for Electric Power US Department of Energy」と題して約 1.5 時間ご講演して頂いた。以下その要約を紹介する。

2001 年の MRS 秋の会議で、ORNL の Hawsey 氏が発表した内容を基に末永氏が最新の情報を加えた。

2001 年、米国はエネルギー政策(President's National Energy Policy)を発表した。この中で電力送電網の信頼性と超電導の開発が重要と指摘されている。これを受けて DOE は次世代線材(米国では coated conductor と呼んでいる)の開発を加速することを決めた。

そのプロジェクトを ACCI (Accelerated Coated Conductor Initiative)と呼んでいる。

DOE 管轄の 7 国立研究所(ANL, BNL, LANL, LBNL, NREL, ORNL, SNL) + NIST と民間企業(IGC, Oxford Supercon, MicroCoating Tech, ASC, Neocera Corp)及び大学、電力会社、ユーティリティグループの共同体(Public-Private Partnership)で構成するこのプロジェクトに要求されている導体仕様は、臨界電流密度(J_c^*): 100A/mm-幅(YBCO 層厚はテープ両面 5 μm 以上で臨界電流密度(J_c): 1MA/mm²程度) 導体長: 1km 以上 テープ幅: 50 ~ 100mm で、これを 2005 年までに達成する計画である。

米国のプロジェクトと日本のプロジェクトの目標値に対する考え方の相違はあるにしても、大変意欲的な目標設定である。余談ではあるが、米国が Accelerate とか Initiative と銘打ったプロジェクトは大変重みのあるものであると日本の方から聞いたことがある。

末永氏のご講演は上記の他に、各研究機関での開発進捗状況及び SPI プロジェクトについての紹介があったが紙面の都合で省略する。但し、SPI での新規テーマとして(契約は未だ終わっていないが)Bi 系線材を用いた、電力ケーブル(800m, 77MVA) 電力ケーブル(300m) 電力ケーブル(400m, 35kV, 1250A) 発電機(100MW) フライホイール・リスク・マネジメント(35kWh)があることが紹介された。

(SRL/ISTEC 特別研究員 堀上 徹)

**【隔月連載記事】
超電導量子コンピュータの
実現に向けて(その2)**

NEC 基礎研究所
主席研究員 蔡 兆申

量子情報処理の特徴

80年代の初頭にファインマンは量子力学を使った情報処理の可能性、特に効率的な量子系のシミュレーターなどについてのアイデアを公にしている。その後ドイチェやジョサらの量子チューリング機械や量子アルゴリズムの提案により量子情報処理の概念が確立した。

古典情報処理の情報単位、古典ビットでは、二つの古典的物理状態(電圧状態や電流状態)を利用して0と1を構成する。一方、量子情報処理では量子ビットと言う情報の単位を使う。これは二つの量子的物理状態を利用する。量子ビットの最大の特徴は二つの状態を量子論的に重ね合わせ出来ることである。量子的重ね合わせ状態はコヒーレント状態とも呼ばれ、古典物理には類似の状態は存在せず、量子系特有の状態である。左右二つのスリットを通過する電子の干渉現象はよく知られた量子現象である。電子の数がたとえ1個であっても、右のスリットを通過する電子状態と左のスリットを通過する電子状態が干渉を起こすが、これがまさに二つの状態の重ね合わせ現象である。量子力学の確率的解釈によると、スリットを通過する時点で一つの電子は同時に右のスリットと左のスリットで存在すると言う日常的常識では全く考

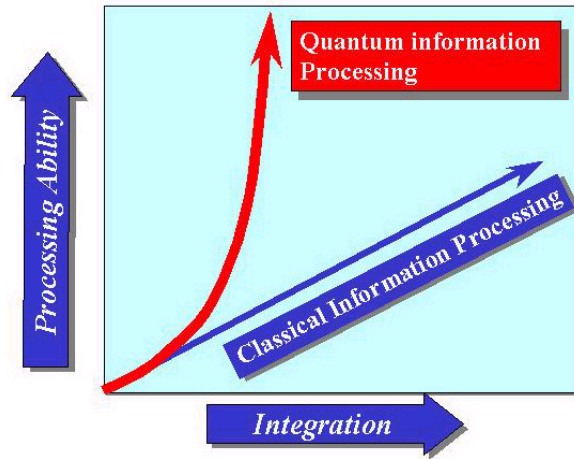


図3 古典情報処理と量子情報処理:集積度と情報処理量関係

えられないことが起こる。同じように量子ビットでは0と1に対応する二つの量子状態を重ね合わせ、0と1が同時に存在する状態を作り出すことが出来る(図2参照)。1ビットでは古典計算機と量子計算機では特に実質的には大きな違いは無いが、ビット数が増えた場合目覚ましい違いが出現する。図2で示すようにビット数がNの場合、古典計算機ではNビットの情報が入力され、それが演算中に変換される。その情報量は演算中、出力を通して常にNビットである。一方、量子計算機ではNビットの入力情報は演算中に、量子絡み合い状態と呼ぶ複数個の量子ビットのコヒーレントな量子重ね合わせ状態を形成し、同時に 2^N の情報量として扱うことが出来る。最後に読み出

しに、コヒーレント状態の観測を行うが、観測によりコヒーレントな重ね合わせ状態は壊されNビットの基底状態が観測結果として出力される。このように演算時に指数関数的に増加する情報量を扱えるのが量子計算の特徴で、大規模並列演算との表面的類似性が指摘されている。

実際N量子ビットの計算機を実現するために、N個の量子状態(量子準位)を一つのデバイス内で準備する必要はない。Nビットのシステムは1量子ビットと2量子ビットの量子ゲートの組み合わせで構成できる。これはちょうど古典計算機の全ての動作がORゲートとANDゲートで構成できるのと同じである。

量子情報処理力と回路集積度

しかし、量子計算機は大規模並列演算と本質的に違い、特に小規模な回路で膨大な情報空間の創出が可能なのが大きな違いだ。全ての演算に対してこのような指数関数的に増える情報空間で有効に機能するアルゴリズムはまだ提案されていないが、実際に演算を指数関数的に早くするアルゴリズムの存在は、すでに報告されている。その代表例がShurの素因数分解アルゴリズムと呼ばれ、RSA公開鍵暗号を完全に無力化する強力なものである。一般的に言って量子計算はこの素因数分解問題や「トラベリングセールスマン問題」、「地図色分け問題」等の、問題の要素の大きさに対して指数関数的に計算量が増える問題に適し、演算は難しいが検算は一瞬にして出来るような問題で有効性が判定しやすい。これらの問題の多くは「NP完全問題」と呼ばれ、古典計算機の最も苦手とする問題である。また、一つのNP完全問題が解けると

Quantum parallelism

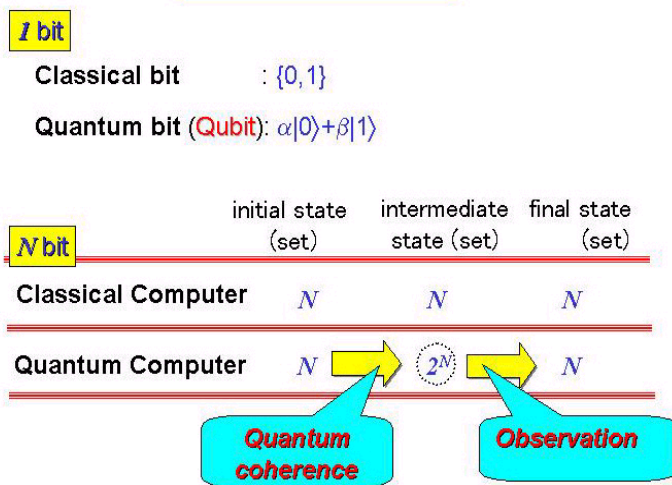


図2 古典計算機と量子計算機での情報処理プロセスの違い

全てのNP完全問題が解けることが知られているので、このような問題に対応する量子計算アルゴリズムを開発することが今後期待されている。¹⁾

このように最大で指数関数的に計算能力が増える(または計算速度が速くなる)量子情報処理を今までの古典情報処理と比較すると図3のようになる。古典情報処理では計算機の集積規模に線形に比例して計算能力が増えるが、量子情報処理では集積規模に対して情報処理能力は非線型に(最大では指数関数的に)増加する。このような可能性をフルに生かせれば、図1(その1(「超電導Web21」2002年1月号掲載))に赤色の矢印で示した新たな電子情報処理のパラダイムの創出が期待される。

またよく誤解を招く量子計算機の確率的出力の有効性について一言。確かに量子系の記述は本質的には確率的な扱いをするので(アインシュタインの異議にもかかわらず)、その出力は確率的要素が介在する。量子アルゴリズムは複数量子の干渉実験ととらえることができ、その結果としてよく知られているように干渉パターンが得られる。量子アルゴリズムの有用な情報としての解は、このような複雑な干渉実験において、極端に高い確率の出力(データ検索)や干渉パターンの周期(素因数分解)などに求められるよう設計されている。また、量子アルゴリズムが得意とするのは検算が簡単な問題であるので、正しい解が得られるまで数回計算を繰り返せばよい。²⁾したがって確率的な出力においても有用な解が得られるのである。

次回から、このような量子ビットを実現する試みと、量子ビットを固体電子素子で実現する手法について述べる。

1) 素因数分解はNP完全問題ではない。

2) 素因数分解の検算は一回の割り算である。

読者の広場 (Q & A)

Q:「室温超電導体が見つかった」といわれていますが、どのようなものですか?

A:

2000年にクロアチアのジュレック氏がAg-Pb-C-O化合物で室温超電導が実現したと発表、また、2001年はカーボンナノチューブが室温超

電導を示すという報告がありました。が、未だ追試も無く、真偽のほどはわかりません。

室温超電導体の存在は現在のところ推論の域を出ませんが、その存在の可能性がいよいよ高まったという研究論文が英国科学誌「ネイチャー」の1月24日号(2002年)に掲載されて話題になっています。

この論文は、カリフォルニア大学バークレイ校デービス氏らグループ、ラング氏、ハドソン氏(現マサチューセッツ工科大学)、東京大学内田慎一教授グループの共著です。

アンダーロープ状態(これまで均一で最も特性の優れているとされていた状態に至る手前の状態)のビスマス系酸化物超電導体(Bi-2212)を走査型トンネル顕微分光で詳しく観察したところ、その構造が島状の超電導体の部分と超電導体でない部分とがジョセフソン接合で繋がったものであることが判明しました。また、ニッケル不純物原子を目印として局部的超電導エネルギーギャップを精密に見積ると50ミリ電子ボルトと従来の測定結果の2倍程度にもなる部分が存在することが判明しました。これらの結果をもとに微細な超電導体の部分の臨界温度を計算すると、300K(室温)になったということです。

この微細な島状超電導体は、なんと約3ナノメートル(10億分の3メートル)の寸法です。したがって、この室温超電導体が存在するとしても、すぐに大きなリニアモーターカー、長い送電線、医療診断用MRIなどに利用することは難しとしても、いわゆるナノテクノロジー分野のエレクトロニクス回路に利用することは夢ではないと想われています。

(監修 東京大学 教授 内田慎一 / 編集局 田中靖三)

新聞ヘッドライン

(1/19-2/19)

核融合実用化を検討 原子力委専門部会が初会合 ITER誘致前向き 1/21 電気新聞

ナノチューブとフラレンの市場規模予測 新たな「黒いダイヤモンド」量産体制を整備 1/21 日経産業新聞
ITER 東京で政府間協議 1/22 電気新聞

超伝導、室温でも可能性 電子結ぶ引に強弱 1/24 朝日新聞

岡崎国立共同研究機構分子科学研究所 ナノテックで新産業革命 1/24 日刊工業新聞

MRIなどの医療診断画像 携帯にデジタル転送 J-フォンなど3社 1/25 日刊工業新聞

環境ホルモン「ノニルフェノール」超電導磁石で除去 「BPA」にも有効性確認 物材機構が共同で 1/28 日本工業新聞

用途広がる 高性能・高機能センサー 1/28 日刊工業新聞

医療機器 保守サービス体制強化 シーメンス旭 売上高1.5倍計画 1/29 日経産業新聞

臨界電流値5倍に 金属超電導体 東海大学が成功 1/29 日経産業新聞、日刊工業新聞

創造技術でリードする中部電力技術開発本部 電力技術研究所 超電導など次世代技術の研究も 1/31 日本工業新聞

JST 超電導材料の製造技術 車いす用舌圧制御装置 神鋼、ニッタに開発委託 2/1 日本工業新聞、日刊工業新聞

ナノカーボン革命 球状の炭素分子 日本人が貢献 2/4 日経産業新聞

脳の活動 磁気のみでクリアに 高出力MRIで精度10倍 理研と科技事業団 2/5 日刊工業新聞

「風まかせ」克服の新兵器 2/12 読売新聞(夕)

ITER誘致で3大臣に要望 2/15 電気新聞

原子力機関統合協議スタート もんじゅ・核融合炉が焦点 2/18 日本経済新聞

超電導Web21 2002年3月号

2002年3月発行

<発行者>

財団法人

国際超電導産業技術研究センター内

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

ISTECのホームページ

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



e-mail to:

web21@istec.or.jp

超電導関連ホームページへのリンク

超電導情報研究会(スーパーコム)

<http://www.appchem.t.u-tokyo.ac.jp/appchem/labs/kitazawa/SUPERCOM/>



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。