

掲載内容 (サマリー):

ISTEC 通常理事会開催
超電導関連 7 月- 8 月の催し物案内
超電導標準化戦略とは
高温超電導バルク・線材の展望
超電導 SFQ 素子技術の展望
超電導特性向上基盤技術の展望
超電導関連製品ガイド - 核磁気共鳴関連製品 (MRI, NMR) -
新聞ヘッドライン (5/21-6/18)
超電導速報 世界の動き (2002 年 5 月)
標準化活動 今月のトピックス
低温工学協会主催材料研究会より
厳しさ増す経済情勢と超電導研究状況: 2002 年低温工学・超電導学会春季大会
の報告
特許情報
EPAC2002 報告
米国・ドイツの超電導関連研究開発状況
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 4)
読者の広場(Q&A) - MgB₂はその後どのようなようになっているのでしょうか?
第 15 回国際超電導シンポジウム (ISS2002) の開催案内

[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



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。

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 14 年 6 月 6 日、経団連会館において第 30 回通常理事会及び第 20 回評議員会を開催した。平成 13 年度事業報告並びに収支決算（13 年度支出:約 50 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、近内俊伸常務理事の辞任（平成 14 年 6 月 30 日付）に伴い、後任には内藤修（前 東京電力(株)栃木支店副支店長）が常務理事に選任された（平成 14 年 7 月 1 日就任）。

（ISTEC 総務部 安住光弘）

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 7月-8月の催し物案内

6/29-7/4

Future Perspectives of Superconducting Josephson Devices EuroConference on the Physics and Applications of the Intrinsic Josephson Effect

場所：Pommersfelden, Germany

<http://www.esf.org/euresco/02/pc02147>

7/7-12

Part of SPIE's 47th Annual Meeting

場所：Seattle, Washington

(主催：Society of Photo-Optical

Instrumentation Engineers (SPIE))

<http://www.spie.org/info/am/nano>

e-mail:spie@spie.org

7/11-12

低温工学サマーセミナー(第67回)

場所：サンレイク土浦(土浦市)

(主催：低温工学協会)

7/14-19

4th International Conference Science and Engineering of HTC Superconductivity

場所：Florence, Italy

(主催：CIMTEC2002)

<http://www.dinamica.it/cimtec>

7/15-17

2002 Superconductivity Peer Review

場所：Washington, D.C.

(主催：DOE)

7/22-26

19th International Cryogenic Engineering Conference and Industrial Exhibition

場所：Grenoble, France

(主催：ICEC)

<http://crtbt.polycnrs-gre.fr/icec/>

8/1-2

International Workshop on Processing and Applications of Superconductors

場所：Gatlinburg, Tennessee, USA

(主催：MRS)

8/4-9

Applied Superconductivity Conference 2002

場所：Houston, Texas, USA

(主催：ASC, Inc.)

<http://www.ascinc.org>

8/20-27

LT23 / 23rd International Conference on Low Temperature Physics

場所：広島

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/lt23/>

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導標準化戦略とは

日本工業標準調査会(JISC)は、平成 13 年の中央省庁再編に伴う組織再編により、国内及び国際標準化に係わる基本的な指針及び計画の作成を任務とする標準部会を設置しました。同部会によって平成 13 年 8 月に総論と分野別の 2 つのパートからなる「標準化戦略」がまとめられました。この戦略の最大の特徴は、工業標準化法第 12 条を重視し、企業が主体的に標準化に取り組むことによってわが国の国際競争力の強化を図ろうとする点にあります。

この戦略に則して、わが国の超電導標準審議団体である IEC/TC90 超電導委員会では、これまで 12 年間進められてきた超電導標準化活動を平成 13 年 11 月に見直し、つぎに示す 3 項目の「超電導標準化戦略」のもとで新生活動することとなりました。

超電導分野の共通市場適合性の確保

IEC/TC90 (超電導) を機軸とした国際標準化活動の推進

標準化活動と研究開発プロジェクトとの一体的な推進

この超電導標準化戦略の特徴は、(1) 標準化ニーズと市場適合性を重視した標準化活動を実施すること、(2) IEC/TC90 (超電導) 幹事国として主体的に国際標準化活動すること及び(3) 現行の研究開発プロジェクトとの一体的な推進を図ることです。この戦略に沿った標準化活動を実行することは、わが国が保有する国際的に優位な超電導技術をタイムリーに国際規格にすることによって工業所有権などの知的財産との相乗効果によって超電導産業の国際競争力強化に寄与出来ることを意味します。

この戦略に基づく標準化活動の実効を挙げるためには、(1) 超電導関連産業界からの強い標準化ニーズ要請、技術開示と財政的支援が、(2) わが国が IEC/TC90 (超電導) の国際幹事国である立場を最大限に発揮することが、並びに(3) 超電導関連国家プロジェクトの研究開発成果から標準化要素を抽出できる体制を整備することが不可欠です。また、標準化活動に不可欠となる財政は、(1) すでに超電導関連産業界等 12 の関連団体からの貴重な財政支援、(2) 国が公募する標準化関連政策事業や補助事業への応募並びに(3) 超電導関連国家プロジェクトでの標準化作業などによって賄われており、超電導関連各位の継続的かつ一層のご支援とご指導が不可欠です。

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

高温超電導バルク・線材の展望

- バルクは実用化、線材は長尺化に向け要素技術の着実な進展 -

(財)国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) は、平成 10 年度から実施している「超電導応用基盤技術開発」プロジェクトの中で、高温超電導バルク並びに超電導線材化のための技術開発を実施しており、平成 14 年度を目途に要素技術開発に関する当初の目標を達成できる見通しを得ている。

超電導バルクの要素技術開発の当初目標は、大型超電導バルク磁石を作成し、(1) 77K で 3T の捕捉磁場を得ること及び(2) 77K、3T における臨界電流密度 10 万 A/cm² を達成することである。(1) の目標に対して、ガドリニウム系 123 バルク超電導体で 2.7T の表面磁場を達成している。また、(2) の目標に対して、ネオジウム、ユーロピウム、ガドリニウム系バルク超電導体において 77K、3T で 7 万 A/cm² の臨界電流密度を達成している。これらの要素技術の進展は、磁場誘起型ピン止めセンターの導入と RE-211 析出物の微細化、エポキシ樹脂含浸技術による機械的特性の改善、結晶接合技術によるバルクの大型化などによるもので、平成 14 年度には当初の目標の達成は十分可能とされている。従って、これらの超電導バルク要素技術は、超電導モータ、磁気分離装置、磁気ベアリングなどの実用化に向けて着実に進展を示している。

一方、超電導線材の要素技術開発の当初目標は、(1) いわゆる次世代線材において短尺線 (L=20cm)、77K、5T で臨界電流密度 30 万 A/cm² を、長尺線 (L=50m)、77K、0T で 1 万 A/cm² の臨界電流密度を達成すること及び(2) 短尺 (L=20cm)、2mm の次世代大電流超電導体において、77K、3T で 1 千 A 以上の臨界電流を達成することである。(1) の目標に対して、短尺線では IBAD 法による YSZ 中間層を金属基板に介した基板上に、TFA-MOD 成膜法により YBCO 膜を積層し、77K、5T で 17 万 A/cm² (c)、77K、3T で 10 万 A/cm² (//c) の臨界電流密度を、長尺線では 30m 長の IBAD 法金属基板を用いた PLD 成膜法において 77K、0T で 78 万 A/cm² の臨界電流密度と 39A の臨界電流を達成している。また、(2) の目標に対して、イットリウム系材料において長さ 20cm の一方向凝固材 (77K、0T での臨界電流 2000A、2.8mm) の製作に成功している。このように線材化に関しては引き続き各要素プロセスの最適化の検討及び長尺線材プロセスを急ピッチで進めており平成 14 年度中には当初目的が達成できるものと思われる。

このように超電導バルク材の要素技術開発は、その実用化展開が期待できるが、線材化に関してはある程度の時間を掛けた各要素技術の複合化プロセスの見極めと長尺線材プロセスでの実証が必要と考えられる。

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 SFQ 素子技術の展望

- HTS の SFQ 素子はまず中規模実用化か -

超電導単一磁束量子 (SFQ) 素子を Si-CMOS に代わるデジタルデバイス素子とする超電導デバイス技術開発は、2つの流れを形成して進展している。

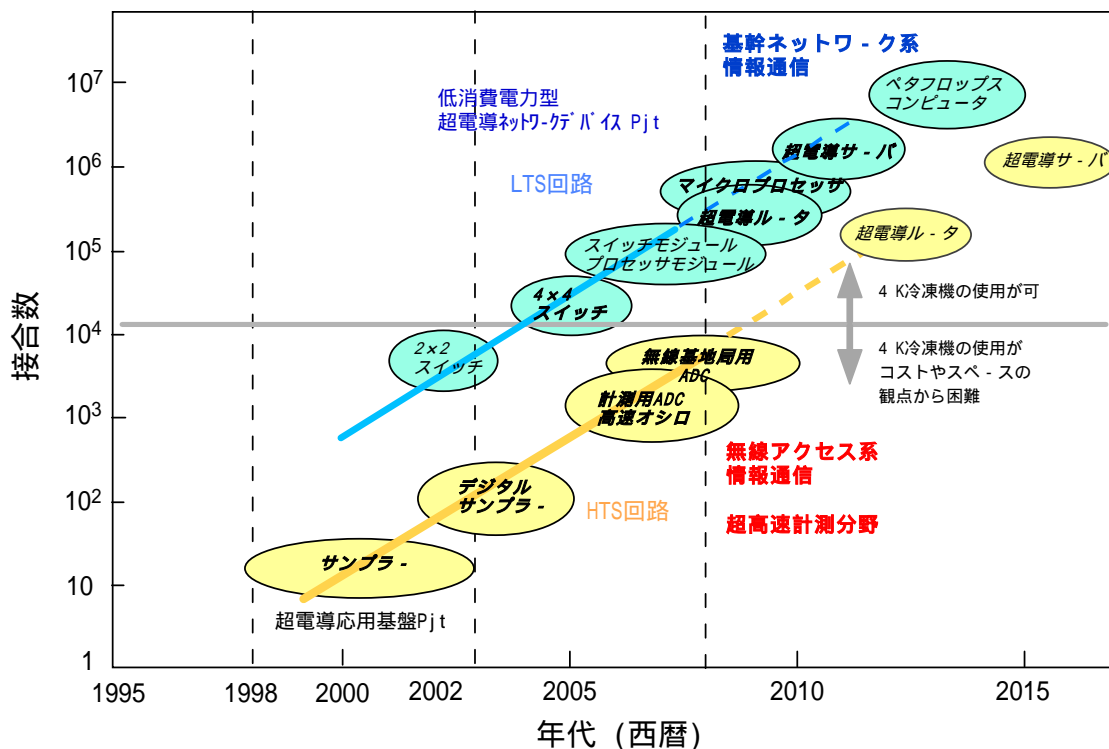
すなわち、1つは、アクセス系情報通信分野における無線基地局用アナログ - デジタル変換器・レシーバや計測分野における超高速オシロスコープ、波形発生装置など中小規模のスタンドアロンタイプのシステム実用化を当面のターゲットとする流れ(A)である。もう一つは、基幹ネットワーク系情報通信分野への適用を目指したデジタルシグナルプロセッサ、超電導ルータ、超電導サーバなど大規模実用システム研究開発をターゲットとする流れ(B)である。前者の流れ(A)に、平成10年度から実施されている「超電導応用基盤技術研究開発」プロジェクトにおいて扱われている研究開発が包含される。後者の流れ(B)は、平成14年度から開始予定の「低消費電力型超電導ネットワークデバイスの開発」プロジェクトにおいて扱われようとしている。

これまで超電導 SFQ 素子は、Si-CMOS の 1/100 の低消費電力で LSI レベルの集積度で 100GHz 級超高速クロック特性を可能にするといわれている。すなわち、超電導 SFQ 素子が Si 系デジタルデバイスの次世代を担うデバイスとして期待されている。この SFQ 素子を用いるデバイスの実現は、接合・薄膜プロセスなど集積化技術、回路設計技術及び冷却技術も含めた低温高速実装技術の開発に大きく依存する。当面流れ(A)に属する高温超電導体を用いる SFQ デバイスは、中規模の集積化(数千接合以下)技術と低コストの 20K-40K の動作温度を採用する計画である。一方、流れ(B)に属する低温超電導体を用いるデバイスは、4K の冷却技術でのコスト分岐点といわれている 1 万接合以上の大規模集積化デバイスの実証を目指したニオブ系高集積プロセス技術、10 万接合規模の回路設計技術及び低温高速実装技術の開発を通じて、ルータ用スイッチモジュールなどのプロトタイプの実証を目指している。

最近、「超電導応用基盤技術研究開発」プロジェクトでは、その中間評価を終え、高温超電導体を用いたデジタルデバイスに関する接合技術と回路試作技術の着実な進展を明らかにしている。まず、接合技術では、YBCO の LPE 膜グランドプレーン上に界面改質バリアランプエッジ接合で $I_c R_n$ 積 $1.1\text{mV}@40\text{K}$ 、 I_c 均一性は 100 接合で I_c のばらつきの標準偏差 $\sigma = 8.1\%$ を達成した。

一方、高速回路試作技術では、9 接合を有し $I_c R_n$ 積が 1.7mV のトグルフリップフロップ回路において 270GHz 動作 ($@4.2\text{K}$) を、13 接合を有する AD 変換器フロントエンド回路において 100GHz 動作 ($@20\text{K}$) をそれぞれ確認した。また、グランドプレーン上の 21 接合を用いたリング

オシレータ回路において 30 GHz 発振(@30K)を確認した。これらの成果は、当面のプロジェクト目標である超電導 3 層薄膜積層技術、Ic のばらつきの標準偏差 < 8% (@GP 付 1000 接合)、小規模回路における数 10GHz 動作、100nW/接合の低電力消費などに向けた順調な進捗を示すもので、当面のプロジェクト目標は十分達成できる見通しであり、流れ (A) の数千接合の中規模実用化に向けて着実に進展している。



引用文献：「超電導技術動向報告会 2002 省エネルギー・環境・産業応用 動き出した超電導技術」
平成 14 年 5 月 15 日 (水) 財団法人 国際超電導産業技術研究センター

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導特性向上基盤技術の展望

- RE 系 123、Bi 系 2223、MgB₂ など実用特性への指針を提言 -

(財)国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) は、平成 10 年度から実施している「超電導応用基盤技術開発」プロジェクトの一環として、- RE 系 123、Bi 系 2223、MgB₂ など超電導材料における (1) 高温超電導発現メカニズム、(2) 臨界電流メカニズム、(3) 新材料探索並びに (4) 実用材料の特性向上に対する提言を行っており、次のように着実な成果を収めている。

高温超電導発現メカニズムに関して、La214 系超電導体の光学スペクトルで特殊な対形成を示唆する超電導応答を観測した。Bi-2223 のラマン散乱分光で単位胞中に CuO 面が 3 枚あることに起因する共鳴効果を観測した。新超電導物質 MgB₂ の単結晶を作製し構造解析、輸送特性、ラマン分光、光電子分光測定などから BCS 超電導体であることを明らかにした。

臨界電流メカニズムに関して、ネオジウムをカルシウムで 2%置換した Nd-123 結晶でキャリア導入による異方性低下によって不可逆磁界を 77K で 12T まで向上した。MgB₂ 多結晶体にチタン添加すると 5K、自己磁界における臨界電流密度が 2 百万 A/cm² に向上することを見出した。MgB₂ 単結晶の異方性を臨界磁界、不可逆磁界及び電気抵抗率から求めた結果 3-4.5 であった。Bi-2212 単結晶において Bi、Sr、Ca の組成比を 2:2:1 から僅かにずらすことで不可逆磁界が飛躍的に向上することなどを明らかにした。

新材料探索に関して、MgB₂ の良質な単結晶の作製を世界に先駆けて成功し、諸物性解明に寄与した。また、Bi-2223 単結晶の育成条件の最適化を行い、亜鉛置換効果を検討した。

実用材料の特性向上に対する提言として、(1)異方性制御(キャリアドーブや不純物置換などで異方性を低減しピンニング力を高める)(2)結晶軸配向制御(異方的超電導体から最大の能力を引き出す)(3)キャリア濃度制御(高キャリア濃度組成にしてピンニング力を高める)(4)銅サイト不純物や結晶歪み制御(d波対称特有の不安定性を除く)などの重要性が強調されている。

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連製品ガイド

- 核磁気共鳴関連製品 (MRI, NMR) -
『社名五十音順表示』

MRI

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

MRI Magnets

Tel: 03-5245-3261、Fax: 03-5245-4472/4466、

e-mail: michio.shimizu@oxinst.co.jp

担当：清水道夫

株式会社島津製作所

MRI システム (MAGNEX ECLIPSE/POLARIS, MAGNEX EPIOS)

Tel: 075-823-1271、Fax: 075-811-8185、

e-mail: medical@shimadzu.co.jp

ジーイー横河メディカルシステム株式会社
営業本部 MR セールス&マーケティング部
医療用 MRI 装置 (医療用磁気共鳴画像装置)

Tel: 042-585-9360、Fax: 042-585-3601、

<http://www.gemedical.co.jp/>

東芝メディカル株式会社 MR 営業部

MRI システム (EXCELART シリーズ - XG, AG, VG, OPART Paragon Version)

Tel: 03-3818-2091、Fax: 03-3813-7625

日立メディコ株式会社

MRI システム (Altaire)

Tel: 03-3800-8864、Fax: 03-3800-8258

ブルカー・バイオスピン株式会社

小動物用 MRI 装置

Tel: 0298-52-1234、Fax: 0298-58-0322、

e-mail: info@bruker-biospin.jp

担当：堂本竹雄；e-mail:td@bruker.co.jp

NMR

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

NMR Magnets

Tel: 03-5245-3261、Fax: 03-5245-4472/4466、

e-mail:michio.shimizu@oxinst.co.jp

担当：清水道夫

ジャパン・スーパーコンダクタ・テクノロジー株式会社 営業グループ

NMR 用超電導マグネット

Tel: 03-5739-5210、Fax: 03-5739-5211、

e-mail:shibutani-jastec@kobelco.jp

担当：渋谷和幸

日本電子株式会社 分析機器営業本部
核磁気共鳴装置

(JNM-ECA300,400,500,600,700,800)

Tel: 042-528-3340、Fax:042-528-3385

担当：島田計雄

ブルカー・バイオスピン株式会社

核磁気共鳴装置、電子常磁性共鳴装置、QC/QA
卓上核磁気共鳴装置

Tel: 0298-52-1234、Fax: 0298-58-0322、

e-mail: info@bruker-biospin.jp

担当：堂本竹雄；e-mail:td@bruker.co.jp

バリアンテクノロジーズジャパンリミテッド

NMR 営業部

NMR 分析システム

Tel:03-5232-1236、Fax:03-5232-1264、

e-mail:mitsuo.seki@varianinc.com

担当：関充男

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (5/21-6/18)

プラズマ電子温度 1 億 2000 万度 C 達成
核融合研 5/21 日刊工業新聞

ITER 日本誘致 正式提案へ 5/22 日刊
工業新聞

極低温で巨大原子誕生 超高速計算や超微細
加工に道 5/26 日本経済新聞

ノベル賞受賞過去 11 人の名門 米ベル研で
論文捏造? 5/27 朝日新聞(夕)

熱核融合炉、EU も 2 候補地 5/28 日本経
済新聞(夕)

ITER の国内候補地 青森・六ヶ所村に 4 極
政府間協議で表明へ 5/29 朝日新聞、読売新
聞、電気新聞、5/30 日本経済新聞

ITER 誘致ハードル高く 資金分担問題、無
名の六ヶ所村に足かせ 折半回避に EU 反発?
5/31 日刊工業新聞

核融合実験炉 国内誘致合戦は終わった 必
要性と安全性理解に知恵を 6/3 読売新聞

山梨リニア実験ルート発表 実用化へコスト
減が課題 6/3 読売新聞

原子力の今を考える ITER 国内誘致候補地
に六ヶ所村 今後は外国勢との競争に 6/3
電気新聞

ITER 六ヶ所村誘致 あす正式提案 6/3 電
気新聞

理研 産学から有力研究者 量子研究プロジ
ェクト発足 6/4 日経産業新聞

ベル研、論文ねつ造疑惑 6/4 読売新聞

核融合研の本島教授 スエーデンのアルベン
賞受賞 6/5 日刊工業新聞

広さと発展性で六ヶ所村 国際熱核融合実験
炉・日本の候補地 自党内議論で決着 6/5
朝日新聞

メビウスの輪 結晶で実現 6/5 朝日新聞
高温超電導 JJ リング発信器 3.3 ピコ秒の超
高速スイッチ 東芝 新構造で低消費電力
6/6 日刊工業新聞

窒化ニオブジョセフソン素子利用 電圧標準
システム試作 産総研 6/6 日刊工業新聞、日
経産業新聞、日本工業新聞

IT 時代を拓く東芝 医師の声を独自技術に
画像系機器で世界最高水準 6/6 日本工業新
聞

やはり新技術必要 田中さん 6/6 日刊工
業新聞

ITER 誘致 資金調達などに課題 6/7 日経
産業新聞

超電導線材の合成に成功 中部電とフジクラ
世界最速・最良 6/7 日刊工業新聞、電気新聞

ニホウ化マグネシウム メッキで超電導薄膜
物材研と原研 低コスト、広い応用 6/7 日刊
工業新聞、日本工業新聞、日経産業新聞、日本
経済新聞

核融合発電への道のり 今世紀後半に実現へ
6/11 日刊工業新聞

中部電力など 3 社 安定高速回転を実現 超
電導フライホイールで 要素技術を確立 6/18
電気新聞

文科省 次世代計測装置開発へ 来年度から
5 年計画・195 億円投入 6/18 日刊工業新聞

生活習慣病 C(炭素)検出が診断のポイント
超電導 MRI 開発へ 6/18 日刊工業新聞

[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(2002年5月)

電力応用

American Superconductor Corporation (2002年5月14日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、2002年度(2002年3月31日で終了)の収支を発表した。2001年度の1680万ドルに対し、2002年度の純収入は、1170万ドル。純損失は、5700万ドル(1株当たり2.79ドル)、前年度純損失は2170万ドル(1株当たり1.08ドル)。2002年度の純損失には、2002年3月に実施したリストラ費用及びピレリ社へ支払ったライセンス費用の1390万ドル(1株当たり0.68ドル)が含まれる。これらは一時的費用である。同社の2002年度末の現金並びに現金等価物及び長期投資額は総額で6820万ドルであり、長期負債はない。これは当初の予想通りである。2002年度の支出の主要な用途は新たなHTSワイヤーの製造設備に対する投資である。

同社社長 Greg Yurek は次のように語った。「昨年度、当社は研究指向型から顧客オリエンティッドの製造会社に変身してきた。2002年3月31日における受注及び契約は1100万ドルに上る。この内820万ドルは本年度に受け取りが期待できる。受注残、既に機能し始めている新しい組織、それに強いキャッシュ・ポジションにより我々の技術や製品の商品化に向けた次の一步を踏み出すことが出来るだろう。また、3月に実施したリストラ、統廃合、コスト低減化の諸施策により年間支出を約900万ドル低減させることができるだろう。」

(出典)

“American Superconductor Reports Fiscal 2002 Year-end Results” (American Superconductor Press Release; May 14, 2002)

<http://www.amsuper.com>

American Superconductor Corporation and GE Industrial Systems (2002年5月21日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、新製品の電圧調整システム D-VAR™を AMSC と GE Industrial Systems (GE)の製品群に加えたことと発表した。これにより共同で米国電力市場への売り込みをかけていく計画。また、両社は、D-VAR™の1号機を PacifiCorp 社に販売、同社はワイオミング風力計画(ワイオミング州で最も大きな風力発電所)に適用の見込み。

D-VAR、即ちダイナミック VAR 電圧調整システムは、AMSC の電力変換システム(D-SMES にも使用)が組み込まれた可搬タイプの分散電源であり、連続または瞬時に正確な無効電力を送電グリッドに投入できる。これによりグリッドの電圧は調整され安定化される。D-VAR と D-SMES の違いは、前者が超電導電力貯蔵装置を用いていないことである。1台当たりの無効電力容量は連続運転の場合4~8メガ・バール、瞬時電力の場合18メガ・バールである。

風力の変動が電力グリッドの電圧変動に繋がり信頼性に問題を生じることから、電力調整システムは風力発電にとって必須である。風力発電システム自身も、キャパシタ・スイッチング等によって引き起こされる電圧の変動に対して敏感であり、電圧調整システムの必要性が増加してきている。キャパシタは経済的ではあるが、風力発電に必要な大容量スイッチングのために早期に故障が起こり、維持補修コストが増大する。AMSC の D-VAR をキャパシタとつないで使えば、必要なスイッチングの回数を激減させることができる。PacifiCorp 社は、この D-VAR システムを以上のような損傷を与える電圧変動の除去のほか、備え付けのキャパシタ・バンクのスイッチング制御にも使用する。同社伝送計画担当責任者の Craig Quist は、「AMSC の D-VAR は、風力発電所と地域の送電グリッドを結ぶのに最も経済的なソリューションである。最も助けになるのが、電圧制御問題に対する AMSC の積極的な取り組みである。」と語った。再生可能エネルギーとしての風力発電の米国内における重要性は増々高まるものと考えられる。

PacifiCorp 社は、2020 年までに米国国内で 10 万 MW の風力発電が実現するであろうと見ている。GE Power Systems は、GE Wind Energy を設立して、この市場に参入した。GE は今後数年でこの市場は大きく伸びると考えている。

(出典)

“American Superconductor and GE Receive Order for New Voltage Regulation System”,

“American Superconductor Announces New Transmission Grid Reliability Solution”

American Superconductor Corporation Press Releases (May 21, 2002)

<http://www.amsuper.com>

材料

Superconductive Components, Inc. (2002 年 5 月 10 日)

Superconductive Components, Inc は、3 月 31 日に終了する 2002 年最初の 3 ヶ月間の収入が 783,379 ドルであったと発表した。前年同期比で 26.1%の減少。金利及び税の支払い、時価評価、原価償却前の利益は 1,929 ドルで前年同期の 180,584 ドルから減少した。同社社長 Dan Rooney は、「この減少の主たる理由は、受注の大幅減と研究契約収入の大幅な落ち込みである。」と語った。販売収入は、前年同期と比べて 19.7%低下した。また、契約収入は 59.4%の減である。同社は、マーケティングに力をいれると同時に新しい市場への対応能力を高めていく考え。ビジネス環境は第 2 四半期には安定し、2002 年後半には上向くことが期待できる。

(出典)

“Superconductive Components, Inc. Announces First Quarter Results”

Superconductive Components, Inc. Press Release (May 10, 2002)

<http://www.superconductivecomp.com>

通信

Conductus, Inc. (2002 年 5 月 7 日)

Conductus, Inc.は、3 月 31 日に終了する 2002 年最初の 3 ヶ月間の収入が 55%増加したと発表した。2002 年第 1 四半期の収入は 1,967,000 万ドル。前年同期は 1,272,000 ドル。この増加の主な理由は、製品出荷の増加(今期は 1,024,000 ドル。前年同期は 542,000 ドル)と寄与度は低い政府契約の増加(今期は 943,000 ドル、前年同期は 730,000 ドルで 29%増)によるもの。ネット損失も前年同期\$ 3,870,000 ドルから 4,497,000 ドルへと増加した。

(出典)

“Conductus Reports First Quarter Financial Results”

Conductus, Inc. Press Release (May 7, 2002)

<http://www.conductus.com/>

ISCO International, Inc. (2002 年 5 月 8 日)

ISCO International, Inc. は、3 月 31 日に終了する 2002 年最初の 3 ヶ月間の全ネット収入が 1,563,000 ドルであったと発表した。前年同期は 512,000 ドルで、今期の結果は ISCO の記録を塗り替えるもの。全ネット損失は、前年同期の 4,747,000 ドルから 3,780,000 ドルへと減少した。このような改善の主た

る理由は、工場統廃合を含め、グロス収入の改善、製品の組み合わせ販売によるマージンの改善及びコスト低減によるもの。しかしながら、現在進行している訴訟のため、法的費用は増加した。

(出典)

“ISCO International Reports Record Financial Results During the First Quarter 2002”

ISCO International, Inc. Press Release (May 8, 2002)

<http://www.iscointl.com/>

(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 今月のトピックス

第 15 回 IEC/TC90 超電導委員会運営委員会開催

IEC/TC90 * 超電導委員会 (委員長 ; ISTE C 専務理事 : 斉藤茂樹) は、平成 14 年 6 月 3 日、森ビル新橋アネックス会議室において第 15 回 IEC/TC90 超電導委員会運営委員会を開催した。

* IEC/TC90 : 国際電気標準会議 / 第 90 番専門委員会 (超電導)

冒頭、経済産業省産業技術環境局基準認証ユニット標準課樺山貞治室長より、「標準化戦略」準拠と今後の標準化活動による産業競争力強化への寄与に期待する旨の挨拶があり、つぎの議題に関する審議並びに意見交換が行われた。

平成 13 年度事業報告書 (案) 及び平成 13 年度収支決算書 (案) について報告があり、原案通り承認された。なお、平成 13 年度における総事業支出は約 2,270 万円であった。平成 13 年度における主要な事業は、(1) 国際活動として、2001 年 9 月韓国ソウルにおいて IEC/TC90 超電導国際会議並びにワーキンググループ会議を開催したこと、(2) 国内活動として、基本問題検討委員会を開催し、超電導標準化活動とその運営について検討したこと、JIS 原案 1 件の作成と新たに 2 件の JIS 原案作成に着手したことなどであった。

平成 14 年度事業計画 (案) 並びに平成 14 年度収支予算書 (案) について説明があり、原案通り承認された。平成 14 年度における主要な事業は、(1) 国際活動として、2003 年 2 月のウイーン会議開催、現行規格のメンテナンス体制提案、製品規格構想提案などがあり、(2) 国内活動として、超電導標準化ロードマップの見直し、製品規格化業務項目の抽出、製品規格化作業の着手、試験方法等製品規格補完規格化項目の抽出とその作業実施、国家プロジェクトとの一体的活動開始、2 件の JIS 原案作成と 2 件の JIS 原案作成着手であった。なお、平成 14 年度の総事業予算は約 1,560 万円であった。

その他事務局より超電導標準化戦略と今後 20 年間の市場予測を背景とした超電導標準化ロードマップ (案) が紹介され、意見交換がなされた。

[超電導 Web21 トップページ](#)

低温工学協会主催材料研究会より

平成 14 年度第 1 回材料研究会(研究会委員長:田中靖三)が、2002 年 5 月 17 日(金)に横浜市立大学大学院講義室 2 において開催され、国内外から 29 名の参加があった。また、同時に理化学研究所横浜研究所の NMR 施設の見学会も行われた。

材料研究会は、「超高磁場 NMR に用いる超電導材料」をテーマとしてつぎの報告があった。

- (1) 理研/横浜市立大 前田秀明氏による「高磁場 NMR 装置の現状」では、タンパク質の構造解析の自動化と高速度化のためには、1GHzNMR 装置の実現が待たれるとの報告がなされた。
- (2) 理研/横浜市立大 菊地 淳氏による「高磁場化への期待・生体系 NMR の視点」では、生命の神秘に迫るタンパク質の NMR 解析のためには、ハードの整備に併行して伊能忠敬の地図作りにも似た手法による 2 次元的な解析に加えて 3 次元的な立体解析手法の開発が必要との報告があった。
- (3) 物質・材料研究機構 竹内孝夫氏による「Nb₃Al 線材の現状」では、1GHzNMR 装置に不可欠な 23.5T(1.8K)超電導マグネット用線材として、急熱急冷変態(RHQT)法による Nb₃Al 線材は有望候補であるが、RHQT 条件を満たす長尺化(現状 300m)が課題であるとの報告があった。
- (4) 神戸製鋼所 宮崎隆好氏による「先端 Nb₃Sn 線材」では、高すず濃度化などの特性改良によるブロンズ法 Nb₃Sn 線材を適用して 920MHz(21.6T)が達成できたこと、ポスト・ブロンズ法として溶融粉末法による改善 Nb₃Sn 線材は高磁場特性が期待できるとのことであった。
- (5) 物質・材料研究機構 熊倉浩明氏による「Bi-2212 高温超電導線材」では、Bi-2212 線材を用いたコイルによる永久電流モード運転では低 n 値や Jc 値のバラツキに起因して目標(減衰値 0.2ppm/h)に未達であり、材料科学的な基礎に立脚した研究開発が必要であるとの報告があった。
- (6) 昭和電線 引地康雄氏による「丸線の高温超電導線材」では、直径 0.8mm から 1.0mm の Bi-2212 丸線を開発中であるが、短尺線では金属系線材の特性を凌駕できるものの、長尺線材や燃線などの大容量導体においてはさらなる研究開発が必要との報告がなされた。

見学会場は、横浜市鶴見区の横浜サイエンスフロンティア地区に建設中(計画のおよそ半分が稼働)の理化学研究所横浜研究所のゲノム科学総合研究センターの NMR 施設棟であった。南北ユニット施設棟の周囲におのおの 5 個づつ銀色の巨大なドーム状建物が配置されている。建物の外壁はアルミニウム、内壁と骨組みはすべて木材でできていた。

各ユニット施設棟の一階にはそれぞれ 5 台ずつ 600MHz のシールド付き NMR 装置が設置されており、フル稼働していた。ユニット施設棟の 2 階は、ガスヘリウム回収バルーン、真空排気装置、非常電源装置などがコンパクトに配置されていた。また、各ドームには 800MHz から 900MHz の NMR 装置がシールド無しであることから 5 ガウス規制に則り各 1 台ずつ設置することになっており、入荷待機、設置工事、調整試運転中、稼働中のものなど着々と研究施設を整えつつあった。さらに、これらの施設の隣では、600MHz から 800MHz の NMR 装置約 20 台が収容できるという直径約 60m のドーナツ状施設棟が建設中であった。

理化学研究所は、この地域の NMR 装置による結晶化できないたんぱく質の立体構造解析を担当し、同所播磨研究所の大型放射光施設スプリング 8 における結晶構造解析と連携し効率的な機能分担研究体制を構築しつつある。

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

厳しさ増す経済情勢と超電導研究状況：2002年低温工学・超電導学会春季大会の報告

小雨降る 2002年5月18日から20日の3日間、東京新宿の工学院大学で2002年低温工学・超電導学会が開催された。当大学は至極交通至便であり、新宿駅西口から地下通路で雨にぬれずに到着できた。今回の参加者総数は、461人であった。このうち、学生会員の参加も100名と中々多かった。以下、主に線材関係について、報告する。

YBCO 線材

今回の学会では、特に応用基盤プロジェクトに関連した各機関から、着実な進展の報告が見られた。例えば、以下の発表はその代表である。

- ・フジクラのIBAD法による30m線材化

いよいよコイル応用が近づいてきたと思わせる。

- ・SRLによる $J_c > 10\text{MA/cm}^2$ と100Aの高 I_c 化

TFA-MOD法による結果であるが、従来にない高特性がSRLから報告され、線材化への高いポテンシャルが示された。 10MA/cm^2 の J_c は金属系線材では達成されたことのない特性であり、また、100Aの I_c 達成は、座長からもコイル応用の高い可能性を示唆する結果であるとの感想があった。同時に、PLD法線材では、九大グループにより詳細な臨界電流密度特性が調べられており、コイルなどへの実用展開にも役立つ結果が続々と報告されている。

MgB₂線材、Bi系線材

他方、MgB₂では発生磁場は低い今回、NIMS、日立のグループでコイル作製報告がなされ、早くも1年で長尺線材作製とコイル化が達成されたことで、関係者には驚きの声もあったようである。特に、熱処理なし、すなわち「金属管に粉を詰めるだけで、あとは線引きするのみ」の単純工程のために、コスト面でNbTiをしのぐ可能性もあり、会場は満杯の会員であふれていた。Y系線材もうかうかできないなど感じさせるものであった。発生磁場は低くても低磁場MRIなど実用機器への展開を早期に開くことができれば、大いに評価される。

Bi系線材では、今回、発表は1セッションのみであり、すでに基礎的な研究は収束している様子うかがわせた。他方、応用面が注目されており、住友電工、東京電力、電中研の発表であるケーブル試験は、100m長ケーブルによる2150時間試験運転クリアという、満杯の聴衆を活気づけるものであった。

ロビーおよび懇親会では、益々厳しい経済情勢を反映した業界の情報が聞かれた。最近も多くの超電導関係者が他の方面へ移った由とのこと。今回の学会でも、その辺を色濃く反映して、線材化、コイル化に直結した実験報告に多くの聴衆が集まっていたように感じた。米国のPeer Reviewでは毎年厳しい報告会がなされており、基礎的研究でも応用とのリンクが明確である。本学会の発表でも、研究のモチベーションを、 J_c 特性や応用との結びつきに明確に示したのが、聴衆の評判が良いと感じた。

(SRL/ISTEC 第5研究部 山田 穣)

特許情報

平成 13 年 成立特許一覧 - その 2 -

平成 13 年に成立した ISTEK 出願の特許を引き続きお知らせします。詳しい内容は特許庁の特許電子図書館等のデータベースをご利用下さい。また、実施等のご相談もお寄せ下さい。

- 1) 特許第 3205646 号「Sm 系 123 結晶の作製法」: るつぼ内の Ba と Cu の酸化物混合粉の溶液中に沈めた Sm211 の固相を徐々に溶かしながら、結晶引上法により Sm123 単結晶を作製。
- 2) 特許第 3207058 号「超電導体薄膜及びその製造方法」: Nd と Ba が置換した Tc が 77-96K の Nd123 超電導体薄膜とその PLD およびスパッタによる製造方法。
- 3) 特許第 3207066 号「酸化物結晶の製造方法」: 原料融液表面の高さ位置の経時的測定から得られた融液面の移動速度に合わせて結晶引上軸の上昇速度を調整する単結晶の製造方法。
- 4) 特許第 3208849 号「Bi-Sr-Ca-Cu-O 系超電導薄膜及びその製造方法」: MgO[110]単結晶基板に CVD 法により作製した(110)面の Bi-Sr-Ca-Cu-O 系超電導薄膜と製造方法。
- 5) 特許第 3222353 号「酸化物超電導膜の結晶配向性変更方法」: MOCVD 等で作製した c 軸が基板に平行な超電導薄膜を非酸化性雰囲気と酸化性雰囲気の 2 回の熱処理により、a 軸または b 軸配向膜を作製。
- 6) 特許第 3234711 号「酸化物の融液保持方法および酸化物結晶の作製方法」: 結晶引上法による RE123 系(RE:イットリウムおよびランタノイド元素)単結晶の作製において、RE, Ba 及び Cu の酸化物るつぼを内側に、酸化マグネシウム等のるつぼを外側に配置した 2 重るつぼにより、溶液の不純物による汚染を防止。
- 7) 特許第 3244391 号「複合基板及びそれを用いた単結晶基板の製造方法」: 基板の研磨傷などを除去するために、酸化物単結晶基板(STO など)上に基板と同一組成のアモルファス層をエピタキシャル成長させた複合基板とその製法。
- 8) 特許第 3245506 号「LnBa₂Cu₃O_{7-x} 単結晶基板の表面処理方法」: 表面にダメージを有する銅酸化物超電導体を 50-200mTorr の酸素分圧雰囲気中で加熱処理し、ダメージを除去する処理方法。
- 9) 特許第 3257000 号「銅酸化物超電導体及びその製造方法」: 線状又はテープ状の Y124 系及び Y123 系酸化物超電導体の作製に関し、超電導体の組成と、原料金属のアルコキシド混合溶液を加水分解でゲル化し乾燥整形後焼成する製法。

(SRL/ISTEK 開発研究部長 中里克雄)

[超電導 Web21 トップページ](#)

EPAC2002 報告

高エネルギー加速器研究機構
加速器研究施設
助手 大内 徳人

EPAC は 2 年に一度欧州で開催される素粒子加速器の国際会議で、今年(2002 年)はパリで開かれた。参加者も多く、リストに登録された人数は 922 人であるが、実際には更に多くの研究者が参加していたと思われる。

超電導機器の開発に携わっている者にとって、超電導機器の大きな受け口である加速器の国際会議での発表の傾向は興味がある。この点について、超電導磁石に関連した発表件数は全部で 31 件(口頭 5 件、ポスター 26 件)であったのに対し、超電導空洞に関連した発表件数は口頭だけで 11 件、ポスターでは空洞本体の区画が設けられ 36 件の報告があった。超電導空洞の使用を予定している加速器施設の報告も含めると磁石関連の発表の 2 倍以上あったように思える。

トピック的な発表としては、CERN の T. Taylor による LHC 加速器の後継器を見据えた検討項目の報告があった。この中で、Taylor は NbTi 以外の Nb₃Sn、BSCCO 或は MgB₂ 材料による磁石開発の必要性を強調しており、現在の NbTi と He II の組み合わせにより芸術的と言えるまで高められた磁石技術であるが、将来の高エネルギー加速器に対してはその変換点に来ている印象を受けた。超電導空洞に於いては、これ迄の空洞とは形の大きく異なる spoke 空洞の報告が数件あった。現状の空洞では対応の難しかったエネルギーの低い領域に使用出来ることから、実用化すれば更に超電導空洞の使用範囲が広がるものと考えられる。又、米国 LANL の T. Tajima による MgB₂ を用いた超電導空洞に関する報告があった。その中で、MgB₂ を空洞として用いた場合、潜在的には Nb 空洞を超える能力を持つことが述べられている。これら 2 つの空洞は開発要素が大きく今後注目していきたい機器である。

以上、簡略であるが EPAC の超電導関連の紹介を行った。

[超電導 Web21 トップページ](#)

米国・ドイツの超電導関連研究開発状況

京都大学 工学研究科
教授 長村 光造

去る平成 14 年 4 月 2 日-14 日にかけてアルゴンヌ国立研(ANL)、アメリカスーパーコンダクター (AMSC)、メルク、THEVA、ドレスデンの IFW、ジーメンスの研究機関を訪問したのでその全体の印象を報告することにしたい。

AMSC は Bi 系線材の開発に主力を置き、その性能 $I_c=150A$, $J_e=15kA/cm^2$ は世界最高水準であるが、IFW も $I_c=100A$, $J_e=10kA/cm^2$ の長尺線材を得ておりその研究能力の高さは注目に値する。メルクは原料の供給メーカーであり今後の前駆体粉末の多量需要に対応した製造設備の強化を行っていた。PIT 法で作製した Bi 系線材では超電導相の体積分率、配向性、コア密度、非超電導相の分散、炭素等の組織制御に限界があり性能は飽和してしまう。筆者はこれを打開していわゆる $I_c=300A$ クラスの第 3 世代の線材開発の必要性を説いたが、大方の賛同が得られたようである。

交流損失の低減にバリアーを入れる、ツイストをかけるの 2 方法があるが、IFW やジーメンス及び欧州の研究者はツイストをかける方法に傾いている印象を受けた。しかし ANL の A.Wolsky の見解では損失のレベルを $0.25 W/kAm$ に、さらに $0.15 W/kAm$ が望ましいとしており、いずれの方法にとってもさらに厳しい改良が必要と考えられる。

Bi 系線材を用いたケーブル、車載変圧器、発電機等の機器開発が行われているが、最近ジーメンスが発表した定格 $380kW$ のモーターでは Ne を用いた GM 冷凍機を用いており非常にコンパクトですっきりしているのが見学の印象であった。

ANL は Bi 系線材から YBCO 導体にシフトし、主として配向 MgO 層を利用した ISD+IBAD 法の研究を、AMSC は TFA-RABiTS 法、THEVA は Ni-W 合金基板を用いた共蒸着-RABiTS 法、IFW は MOCVD+PLD-RABiTS 法の開発研究を行っている。YBCO 導体の開発には過電流やクラックに対する安定性、機械的性質、交流損失に対する見通し等が共通した問題点として挙げられていた。

さて AMSC の Bi 系線材のコストは現在 $200\$/kAm$ であるが $50\$/kAm$ にまでコストを下げたい。Bi 系線材は将来 $20\$/kAm$ まで下がるだろうが、IGC の試算では $10\$/kAm$ にならないとマーケットは広がらないと考えられている。一方 YBCO 導体について IBAD 基板 + PLD-YBCO 法導体は $100\$/kA-m$ と割高になり、RABiTS 基板 + MOD-YBCO 法導体で $10\$/kA-m$ が可能と AMSC は主張している。このように YBCO 導体にもコストによる選別の時代が来たと予感させるものがあった。

[超電導 Web21 トップページ](#)

【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4）

NEC 基礎研究所
主席研究員 蔡 兆申

超電導量子ビット

これまで解説してきたように、量子平行状態（Quantum parallelism）を利用する量子情報処理技術は多くの素晴らしい技術革新性を備えている。その実現のためにある物理系を選択して量子コンピュータを構成しようとする場合、その物理系が次のような課題をクリアできるかが系の選択の鍵となる。¹⁾ すなわち、(1)量子ビットの操作方法を確立し、(2)その状態の初期化が可能で、(3)デコヒーレンス時間が計算時間と比べ十分長く、(4)複数の量子ビットを結合しコヒーレントなゲート操作が可能で、(5)量子ビットの状態を観測し、(6)正確に読み出せること等が条件である。

まず、コヒーレンスを保持できる物理系の選択についてであるが、量子波の収束する前の非局在的なコヒーレント量子状態を利用するので、既に述べているように、これまでは量子コヒーレンスが保ちやすい原子や分子などの微視的な物理系が、量子ビットの研究対象になっていた。²⁾ しかし原子や分子内の量子状態を使うこれらの物理系は、次の課題であるデバイス・装置としての設計性、小型化して取り扱い易くしたり、さらに大規模集積化やシステム化などへの技術的見通しを立てにくいという問題がある。これらの多くの技術障壁を打破でき、指数関数的な拡張性（cf. Moore の法則、「超電導Web21」2002年1月号参照）も期待できる固体電子素子による量子ビットが特に望まれている。

量子ビットを構成する物理系として、固体中の巨視的量子状態である超電導状態を利用しようとするのは、極めて自然である。巨視的量子効果がマクロなレベルで実現しているジョセフソン接合は、多くの内部散逸機構を伴っている巨視的な実体であるにも関わらず、二つの全く材料・種類の異なるジョセフソン接合間のジョセフソン電圧を比較すると、 10^{16} 分の一という驚くべき精度で接合の特性が一致していることが分かっている。³⁾ すなわち超電導状態は、内部及び外部の摂動や散逸に対し素晴らしく孤立している状態で、従ってジョセフソン接合が、弱いデコヒーレンスが要求される量子ビットを構成するのに大変向いていることを示唆している。

ジョセフソン接合を使って量子ビットを作製する方法は表1（「超電導Web21」2002年5月号参照）のように幾つか考えられている。超電導状態を利用する素子は、大きく単純化すると、電荷量子ビットと磁束量子ビットに分類できる。すなわち単一クーパー対電荷量子ビットと、^{4), 5)} RF SQUID 磁束量子ビットである。(図6) 現在のところ、電荷量子ビットがNakamura, Pashkin, Tsai によって実現できたことは報告されている。^{6), 7)}

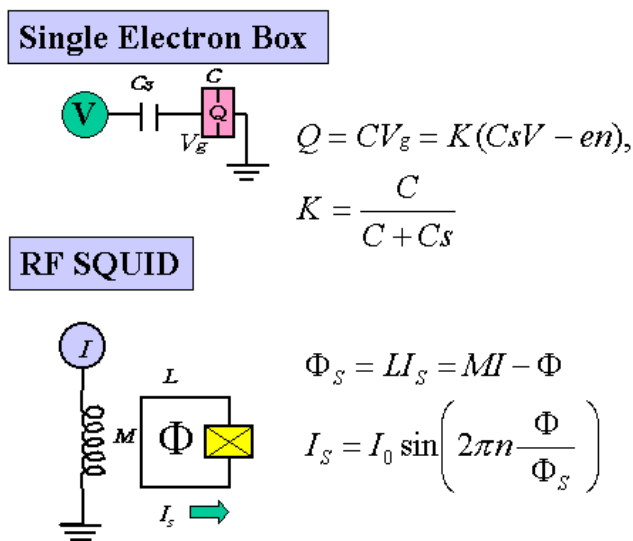


図6 ジョセフソン接合電荷量子ビットと磁束量子ビット

同じく固体量子ビット素子として提案されている半導体量子ドットと比べ、超電導状態にある巨視的量子系を使った超電導量子ビットは素子パラメータであるジョセフソンエネルギーや静電エネルギーが、技術的に作製容易な巨視的サイズや構造で制御できる点は比較にならない優位性であると思われる。

超電導クーパー対電荷量子ビット

超電導電荷量子ビットは図7に示すように単一電子対箱として超電導の島電極と、そこに外部から、ジョセフソントンネル接合と静電容量により接続している二つの電極、すなわちトンネル電極とゲート電極、から構成されている。この素子の重要なパラメータはトンネル接合のジョセフソンエネルギー E_J とトンネル抵抗 R 、そして島に電子をひとつ注入する時に必要な単一電子電荷エネルギー

$E_{es} \cong e^2 / 2C_\Sigma$ である。

C_Σ はトンネル接合容

量 C_t とゲート容量 C_g

の和で、島の総静電容量

である。素子の微細化に

より島の容量 C_Σ が十

分小さく ($E_c \cong e^2 / 2C_\Sigma \gg k_B T$) トンネル抵抗 R が十分大きい ($R > h/4e^2$) という条件が満た

されると、島の中の余剰電子数 n は静電効果によりトンネル電極・ゲート電極間の電圧 V に対して離散的な値を取り、電子は一つずつトンネルする。これがよく知られた単一電子効果であり、この場合電子はある電圧で一つだけ島に移動できる。

超電導状態では島への電荷の出入りは電子対(クーパー対と呼ばれる超電導電流キャリア)のトンネルのみに制限することが出来る。この状況では $V = \frac{e}{C_g}(n+1)$ の電圧で電子対がひとつ島に出入りする

るので、この条件を共鳴条件と呼ぶ(この場合電荷数 n は偶数)。我々が量子ビットとして利用するのは島における二つの隣り合った電荷状態、つまり n と $n+2$ という電荷数が電子対一個分だけ異なった量子

状態である。この二つの状態は共鳴条件 $V = \frac{e}{C_g}(n+1)$ 近傍でジョセフソントンネル現象によりコヒ

ーレントに強く混合し、図8のようにエネルギーバンド図にジョセフソンエネルギー E_J に相当するギャップを生じる。 $E_c > E_J$ の場合、共鳴条件で隣接した二つの電荷状態のみが結合するので、量子力学的二準位系が準備されたことになり、これを量子ビットとして利用できる。

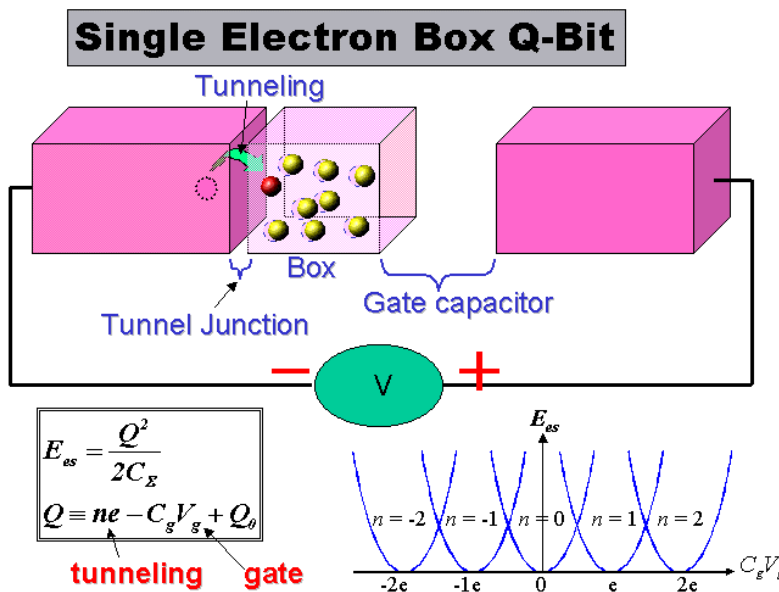


図7 単一電子箱による量子ビットの動作原理

この二準位系をコヒーレントに結合するのに基本的には二つの方法がある。一つ目の方法は多くの量子ビットでしばしば使われている図 9(a)で示したような適当なエネルギーの光子を使う方法である。実際この方法で我々は量子ビット操作の実験に成功している。しかし完全に電氣的な量子ビット操作を目指して、我々は図 9(b)に示した実験を行った。これは共鳴状態から十分離れたバイアス点で初期状態を準備し、その後パルス状の高速ゲート電

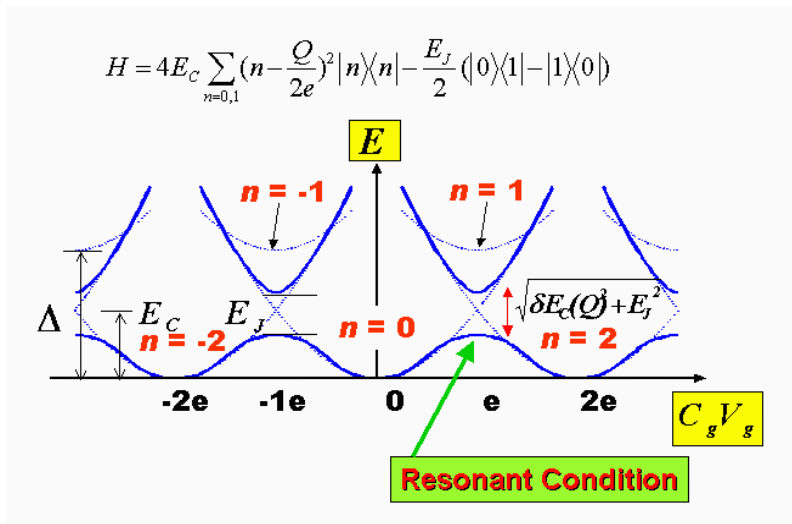


図8 コヒーレントな超電導状態にある単一電子箱中の電子数とエネルギー準位図

圧を印加して急速に系を共鳴状態に移行させる。このとき電圧パルスの立ち上がりバンド間トンネルを引き起こすくらいに十分早いと、系はギャップ下の下部エネルギーバンドに沿って発展せず、バンドギャップの中間で n 電荷数状態と n+2 電荷数状態が縮退した状態が実現する。この時点で縮退した二つの量子状態は、量子力学に従いコヒーレントな量子振動をはじめ。この時の振動の角周波数は E_J/h (結合エネルギー) である。

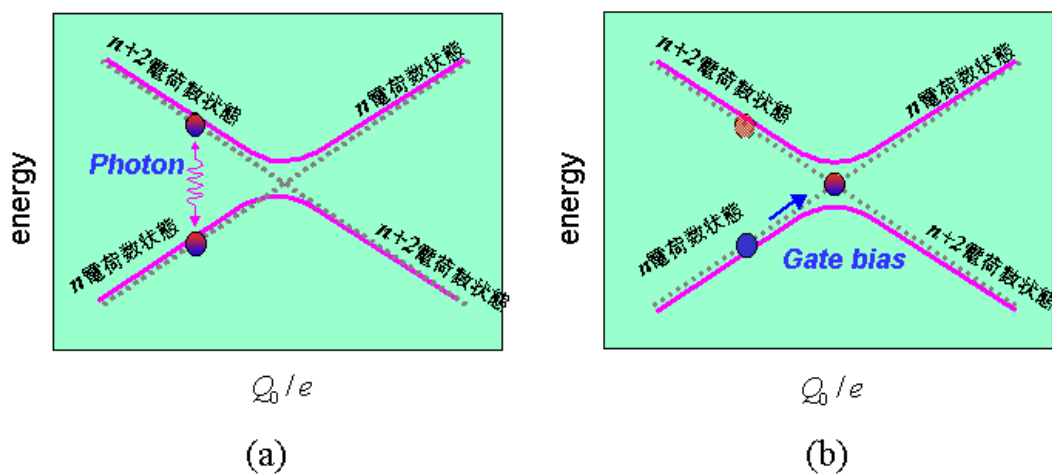


図9 量子ビットの状態操作

この系は電圧パルスの幅 Δt の間、量子振動を伴った時間発展を続け、パルスの終了により量子振動は止まり、バイアス点は初期状態にもどる。パルス終了後、系はまだ重ね合わせ状態にあり、その重ね合わせ係数は Δt の時間発展の最後状態を反映する。従って Δt を変化させることにより任意の二量子状態の線形重ね合わせが実現できる。これが正に量子ビット操作に相当するオペレーションとなっている。

次回は以上説明してきた超電導電荷量子ビットの構造とその試作実験結果について解説する。

参考文献

- 1) D.P. DiVincenzo, Topics in Quantum Computers, in: Mesoscopic Electron Transport, L. Kowenhoven, G. Schoen and L. Sohn (eds.), NATO ASI Series E (Kluwer Academic, Dordrecht, 1997)
- 2) 例えば, L. Chuang, N. A. Gershenfeld, and M. Kubinec, Phys. Rev. Lett, 80, 3408, 1998 ; C. Monroe, D. M. Meekhof, B. E. King, W. M. Itano, and D. J. Wineland, Phys. Rev. Lett., 75, 4714, 1995
- 3) J. S. Tsai, A. K. Jain, and J. E. Lukens, Phys. Rev. Lett., 51, 316, 1983
- 4) Yu. Mukhlin, G. Schon, and A. Shnirman, Nature, 398, 305, 1999
- 5) D. V. Averin, Solid State Commun., 105, 659, 1998
- 6) Y. Nakamura, Yu. A. Pashkin, and J. S. Tsai, Nature, 398, 786, 1999
- 7) Y. Nakamura, Yu. A. Pashkin, and J. S. Tsai, Proceeding to the "International Workshop on Macroscopic Quantum Coherence and Computing (MQC2)", in press

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

(Q&A)

Q: 「MgB₂はその後どのようなになっているのでしょうか？」

A: 超電導体 MgB₂は、青山学院大学の秋光教授グループによって発見されてから約1年半が経過しました。この間精力的に進められた電子状態や臨界温度、臨界磁界などの諸物性研究など新物質としての基礎的研究は一段落しました。現在は、この物質を超電導エレクトロニクスデバイスへの応用に不可欠な薄膜化や超電導マグネットへの応用に不可欠な線材化の研究開発段階にあります。

基礎物性研究に関して、(財)国際超電導産業技術研究センターの超電導工学研究所における研究によりますと、MgB₂は常電導状態では電子相関の弱い典型的な金属であり、超電導状態ではs波BCS超電導体であるため、不純物に強く、粒間の結合性も良好なことなどから電流密度を向上させるためのプロセス制御の裕度が酸化物超電導体の場合より大きいことが示唆されています。

薄膜化に関して、(独)物質・材料研究機構における研究によりますと、単結晶基板やハステロイ金属基板上にPLD法によって成膜できることが明らかにされています。ハステロイ金属基板上に形成されたMgB₂薄膜(約1 μm)では、臨界温度30K、不可逆磁界18Tおよび上部臨界磁界33Tであることが明らかになっています。また、5T、4.2Kにおける臨界電流密度J_cは、つぎに説明しますPIT(パウダ・イン・チューブ)法によるよりも約1桁大きい15万A/cm²を、10Tにおいても10万A/cm²以上を達成したとの結果が報告されています。

一方、線材化の研究に関して、(独)物質・材料研究機構などの研究によりますと、PIT法により様々な金属シースにMgB₂の粉末を埋め込み、圧延するだけで超電導電流を流すことも出来ませんが、やはり高臨界電流密度J_cを達成するための添加元素と加工熱処理の手法が研究されています。銅、アルミニウム、インジウムなどの添加元素によってJ_cが倍増し、加工後の熱処理によってJ_cが3倍に増大するとの報告もあります。また、同研究機構は、(株)日立製作所と共同でPIT法による10m長のニッケルシースのMgB₂テープ線材を用いた小型コイルを作成し、通電試験に成功したことを報告しています。

(編集局 田中靖三)

[超電導 Web21 トップページ](#)

第15回国際超電導シンポジウム (ISS2002) の開催案内

開催日: 2002年11月11日(月)~13日(水)(3日間)

開催場所: パシフィコ横浜 会議センター (横浜市西区みなとみらい1-1-1)

〔交通〕 J・R・東急 桜木町駅より動く歩道で徒歩約12分

内容: 超電導に関する物理・化学、理論、超電導材料の諸性質、材料評価、薄膜、線材、バルク材、プロセス、システム応用 (エレクトロニクス、エネルギー、輸送、医療、磁気分離など)

スケジュール: 11/11(月) 登録、開会式、基調講演、バンケット

11/12(火) 一般講演、ポスターセッション、企業展示会

11/13(水) 一般講演、ポスターセッション、企業展示会、閉会式

ISS2002 ホームページ: <http://www.istec.or.jp/ISS/ISS.html>

発表申込とアブストラクトの提出:

ISS2002 のホームページからダウンロードしたアブストラクト・フォームに基づき作成し、7月15日までに事務局宛へ送付又はISS2002のホームページ宛に投稿して下さい。

参加費: ISTE C 賛助会員 38,000円 (10/1以降の申込は40,000円)

* 1名はご招待致します。2名以上参加される場合は、1名につき上記料金をお支払い下さい。

大学・国公立研究所 29,000円 (10/1以降の申込は30,000円)

一般 47,000円 (10/1以降の申込は50,000円)

学生 9,000円 (10/1以降の申込は10,000円)

バンケット: 5,000円 (10/1以降の申込は7,000円)

Proceedings (会議後に発行の予定): 13,000円 (10/1以降の申込は15,000円)

参加申込方法: ISS2002 のホームページ上で登録、又は登録フォームをダウンロードして必要事項をご記入の上、9月末日までに事務局宛にお送りください。

企業展示の内容:

- ・超電導材料、線材、バルク材、デバイス、回路、システム応用などの製品や技術の展示と紹介。
- ・超電導に関する研究、開発および製品の製造に供する測定器、評価装置、製造装置などの展示と紹介。
- ・超電導に関する基礎および応用研究、製品開発の現状の展示、紹介など。

企業展示の申込方法:

ISS2002 のホームページから、「出展案内」、「出展申込書」をダウンロードして必要事項をご記入の上、7月31日までにISTEC 調査企画部宛にお送りください。

連絡先: 財団法人 国際超電導産業技術研究センター 調査企画部

〒105-0004 東京都港区新橋5丁目3番3号 栄進開発ビル6階

電話(03)3431-4002 FAX(03)3431-4044

事務代行: 日本コンベンションサービス(株)内 ISS2002 事務局

〒140-0013 東京都品川区南大井6-12-13 浅川ビル10階

電話(03)5767-2653 FAX(03)5767-2655