

超電導Web21

超電導 Web21
Superconductivity

2001年4月創刊号

< 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

“超電導Web21”

によせて



経済産業省
大臣官房審議官
(産業技術担当)
吉海 正憲

「超電導Web21」の開設を歓迎申し上げ、企画と実施にご尽力なされた方々に敬意を表する次第です。

昨今のダイナミックな技術革新は、21世紀を展望するにふさわしい新天地を切り開きつつあります。IT、バイオ、ナノテクノロジーそして超電導の新材料や用途開拓など日々紙面を覆い尽くす勢いの新情報が流れています。こうした情報の発信、入手、データ化などの情報マネジメントの重要性が増大してきました。「超電導Web21」の開設はその一つの試みであり、受信発信双方向活用の新しいコミュニケーションと言えましょう。

“超電導Web21”によせて



東京理科大学
理工学部 教授
正田 英介

21世紀に入ってエネルギー資源の有効利用と地球環境の保全という二つの側面から超電導技術の実用化に対する期待は益々高まっている。新しい超電導物質である「ニホウ化マグネシウム」に対する世界の関心もそれを反映しているものであろう。しかし、グローバルな景気後退の流れの中で、長期的なロードマップに沿って着実な技術の開発を続けることは中々難しい状況にある。

このような環境の下にあって超電導技術開発を目標に向かって推進するには、産業界をはじめ広い範囲の支持を受けることが不可欠であり、そのためにはこれらの方々を理解を進めるために材料から応用や周辺技

術にいたるまで幅広く超電導技術について正確でよく整理された情報をタイムリーに提供することが重要である。

ISTECはわが国の超電導技術開発の中心として多くの研究者の努力によって優れた研究・調査活動を続けてきたが、今後はスピーディで付加価値の高い広報活動の充実も望まれる。その意味でWeb21の開設は時宜を得ており、印刷形態では不可能な、速応性がありアクセスの範囲が広い情報メディアとして、新しい活動の場を拓くことを大いに期待したい。

超電導関連4月・5月の 催し物案内

4/21-26

44th SVC Technical Conference
http://www.svc.org/TC_pl.html
場所: Philadelphia, Penn., USA

4/23-25

First International Workshop
on Thermoacoustics
<http://www.phys.tue.nl/lt/workshop/home.html>
場所: S-Hertogenbosch, The Netherlands Göttingen, Germany

4/24-26

2001 磁気応用技術シンポジウム
場所: 幕張メッセ日本コンベンションセンター
国際会議場(主催: 日本能率協会)

5/13-17

Spectroscopies of Superconductors
<http://www.uic.edu/orgs/sns>
場所: Chicago, Illinois, USA

5/15

先端超電導材料の現状(仮)
場所: 電力中央研究所
(主催: 材料研究会)

5/15-18

High Speed Ground Transportation
Association(HSGTA)Annual Conference
<http://www.hsgt.org>
場所: Milwaukee, Wisc., USA

5/16-18

第64回春季低温工学・超電導学会
場所: 明星大学(日野市)
(主催: 低温工学会)

5/20-25

IEEE MTT-S International Microwave
Symposium 2001 (INS2001)
<http://ims2001.org/index.htm>
場所: Phoenix, Arizona, USA
(主催: IEEE MTT-S)

超電導Web21の利用方法

< はじめてご利用になる皆様へ >

- (1) 毎月発行予定ですので、「最新号」のお知らせを致しますので、ご希望の方は、編集局までお問い合わせください。
- (2) 「超電導Web21」は、ISTECのホームページにリンクしております。「最新号」、「バックナンバーを見る」、「よくある質問等」、「ご意見・ご質問」の項目で構成されております。「最新号」は、最新の情報(超電導Web21)のみをPDFファイル形式で掲載しています。「アクロバット・リーダー」(Acrobat Reader4.0以上)をご用意ください。「バックナンバーを見る」では、最近半年の間に発行された「超電導Web21」を発行号順にタイトルを掲載しております。「よくある質問」では、皆様から寄せられた質問のうち、よくある質問とその回答を掲載致します。「ご意見・ご質問」では、超電導に関する素朴な疑問、調査して欲しい事項、「超電導Web21」に掲載して欲しい記事や企画等をメールにて、募集しております。
- (3) バックナンバーは、近刊数ヶ月以前のものと及び「ISTECジャーナル」については、CD-ROMによるコピーサービス(有料)で対応致します。ご希望の方は、編集局までお問い合わせ下さい。

目次

超電導Web21によせて	1
超電導関連4月5月の催し物案内	1
超電導Web21の利用方法	1
IT革命とは	2
単一磁束量子素子(SFQ)のデジタル分野における役割	2
超電導フィルタはアナログ分野におけるエース	2
ビジネスの鼓動	3
世界の動き	3
平成13年度ISTEC事業計画纏まる	4
科学・研究の先端	4
特許情報	4
超電導「レキ」ギャップの神秘	5
読者の広場	6



IT革命とは

「現代用語の基礎知識 2001」(自由国民社)によると、IT(Information Technology)革命は「情報技術分野の急速な進展にともなう人間関係、経済、行政・政治・ライフスタイルなどが多様化し、国家・社会・企業の組織までも変えていく現象」と定義されている。

情報処理技術史を紐解いてみよう。そろばんと計算尺はデジタルとアナログの代表的な古典的計算器である。17世紀になってパスカルの加算器、ライプニッツの乗算器などの機械変位型計算器が誕生した。20世紀中葉に画期的なノイマン型計数型計算機が登場した。いわゆるコンピュータの普及は1980年代になってからで、インターネットの普及は1992年以降である。

「IT革命に生き残る知的仕事術」児玉光雄著(成美文庫)によると、IT普及は地域差、メディアの種類、世代などによる格差がある。1990年代後半のアメリカのパソコン世帯普及率は50%、インターネットの接続率は30%であるに対して、日本はそれぞれ20%と15%である。また、情報通信メディアの10%達成までの世帯普及速度は、電話が75年間であったのに対して携帯自動車電話が15年間、インターネットが5年間と加速している。

一方、IT自体は、移動体通信の大容量化及び高速化とコンピュータの高性能化及び高速化という2つの柱の凌ぎ合いで発展してものの、一部ではこの分野で日本の立ち遅れが危惧されている。

このような情報通信産業の展開は、一層グローバル化とボーダレス化を遂げるものと考えられ、第三次産業革命と呼ぶこともある。

(編集局 田中靖三)

単一磁束量子素子(SFQ)のデジタル分野における役割

- まずAD変換器の実現と実用が先決 -

次々世代の情報処理技術のタ-ゲットは、ベタフロップスコンピュータと言われている。

現在の最高性能であるテラFLPOS級スーパーコンピュータのプロセッサ単体の性能が1ギガFLOPS程度であるので、単純計算すると必要なプロセッサ数は100万個に及ぶ。プロセッサの性能は向上するとしても、その延長技術では総消費電力が100MWにも及ぶ。すなわち、抜本的な省エネルギー型デバイス開発の必要性は誰しも認めるところである。

超電導SFQ回路は、その高速性と低消費電力性を特徴とするもので、将来の情報処理技術の有力な候補である。

SFQ論理回路作製に必要なジョセフソン接合アレイ作製などの微細加工技術開発は、すでにNb超電導体やYBCO酸化物超電導体を用いて進められている。

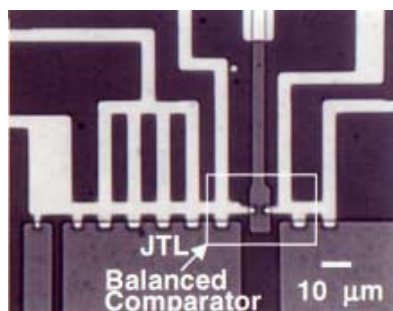
株式会社日立製作所では、当面、通信用AD変換器をターゲットとしてSFQ回路の研究開発を推進している。

この成果として世界最高水準の接合作製技術を駆使して、写真に示すコンパレータの100GHz動作(30K)を達成した。(同基礎研究所高木一正主任研究員)

この技術を、AD変換器に必要な数千接合に展開することは可能である。

しかし、スーパーコンピュータを完成するとすると、まず、新しいアーキテクチャの開発が必要不可欠であり、さらに、光や半導体素子との融合、一層の超電導集積回路作製技術の向上を図るなど、厳しい技術課題を解決しなければならない。(同斎藤和夫主任研究員)

(編集局 田中靖三)



100GHz動作を達成したコンパレータ
(株)日立製作所提供

超電導フィルタはアナログ分野におけるエース

- 通信分野における日本の対応がなぜ遅れたか -

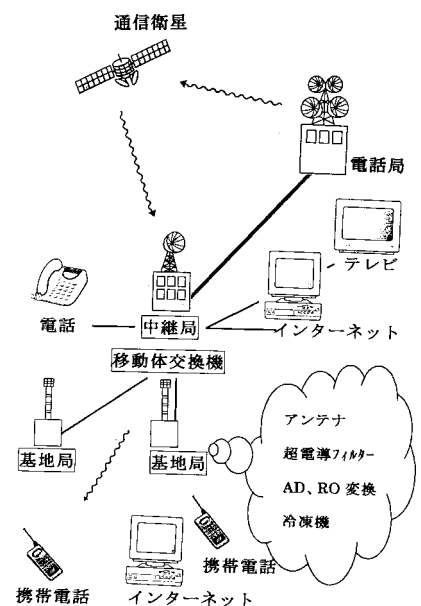
NTTドコモ株式会社は、FOMAを愛称として2001年5月から第3世代移動体通信IMT2000(国際標準名称)のサービスを開始する。

このIMT2000対応の中核機器である移動体通信基地用受信フロントエンドには通常の常電導フィルタが適用される予定。

「同社では外国製高温超電導フィルタと低温受信低雑音増幅器(CLNA)を小型冷凍機によって冷却する移動体通信基地局用低温受信フロントエンドシステムの試作評価をすでに終了しているが、日本における実用化は5年先になる」という(株)NTTドコモ電波環境特別研究室野島俊雄氏)。

対照的に、米国では同サービス帯域において超電導フィルタが適用されている。この理由は2つある。1つは、日本では米国に比較してWRC-2000で承認されたIMT-2000周波数配分帯域(800MHz、1.7GHz及び2.5GHz)の周辺帯域に十分ゆとりがあり、挿入損失の周波数特性に優れる高温超電導フィルタをすぐに適用する必要がない。今ひとつは、高温超電導フィルタを適用したシステムのコストが現状システムより5倍*から10倍高価であるため、ニーズの高い地域でのみ実用されるのが実情である。*(SRL/ISTEC鈴木克巳主任研究員コメント)

(編集局 田中靖三)



第3・第4世代情報通信システム

ビジネスの鼓動

SQUID 応用の先駆的役割を果たす セイコーインスツルメンツ株式 会社

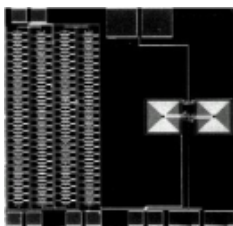
- 半導体産業への応用に意欲

セイコーインスツルメンツ株式会社は、超電導を応用した高感度磁気センサである SQUID(超電導量子干渉素子)磁束計と超電導分析機器の商品化並びに応用分野の開拓で先駆的役割を果たしている。生体磁気計測(1992年脳磁気計測九州大学)、非破壊検査、環境計測、分析機器(SQUID顕微鏡 SRL/ISTEC 納入)など幅広い分野に進出している。

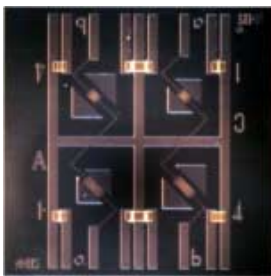
これらに共通した特長は、 μm 級の高分解能、液体ヘリウムフロー冷却方式による被検体温度可変制御、卓越した磁気・電流・組成分析技術にある。特に、「SQUIDとCAD技術との組合せによる回路検査に加えX線検出用高速 TES(Transition Edge Sensor)による不純物組成分析を融合させることによって半導体集積回路の効率的オンライン検査も可能」という(同科学機器事業部開発部開発一課茅根一夫課長)。

写真に示す TES とその前段の SQUID アンブ(ASC:2000 発表)など主要な要素技術は順調に開発されているが、実用にはむしろ冷却システムなど周辺システムの開発がポイントとのこと。<http://www.sii.co.jp>

(編集局 田中靖三)



X線検出用 TES 回路
(株)セイコーインスツルメンツ提供



TES 前段 SQUID アンブ
(株)セイコーインスツルメンツ提供

高温 SQUID 開発で先行する住友電 工ハイテックス株式会社

- 磁気シールドレス心磁計測シ ステム開発に着手

住友電工ハイテックス株式会社は、住友電気工業株式会社からの全面的技術支援と大阪大学小林猛教授らの指導のもとに生体磁気計測の一分野である新しい SQUID 心磁計の開発に着手した。

すでに写真に示す 1 チャンネルデモ機を大阪大学に納入した。

「この装置の特徴は、4 個の高温超電導(HoBCO)SQUID を内蔵し、環境ノイズの除去のために電気的な X-Y-Z ベクトル差分グラジオメータの採用によって心臓が発する約 1000 億分の 1 テスラの微弱磁場を磁気シールドなしで計測できる点にある」という(住友電気工業株式会社伊丹研究所マシンング技術研究部系崎秀夫部長)。

この成果は、小林教授らが応用物理学学会(2001年3月28日)にて発表済である。<http://www.shs.co.jp/squid/>

(編集局 田中靖三)



磁気シールドなし SQUID 心磁計
大阪大学 小林猛教授提供

外国製多チャンネル SQUID 脳磁計 34 台稼働

月刊新医療 No.293(1999年5月号:エム・イー振興協会)によると、多チャンネル SQUID 脳磁計は 1999 年に累積 20 台が臨床試験用として稼働している。前出茅根一夫課長と系崎秀夫部長によると、現在日本で稼働中の SQUID 脳磁計はすでに 30-34 台に達しているが、すべて外国製とのことである。

(編集局 田中靖三)

世界の動き

イメージング

California 大学 Berkeley 校、Lawrence Berkeley National Laboratory (2001年2月8日)

California 大学 Berkeley 校と Lawrence Berkeley National Laboratory のチームは、SQUID 顕微鏡を用いて免疫検定を簡便、高速、高感度で行う新しい方法を開発した。

バクテリアや薬物、各種たんぱく質、化学物質の検査に使用できる。

この技術は従来の検定手法の欠点を克服したもので、従来 1 日がかりの検定をわずか数分で行える。

これにより、医師はその場で診断を下したり、食物の中のバクテリアのチェックがすぐにできるようになる。また、生物や化学物質を使ったテロ対策にも有効。SQUID 顕微鏡は、抗体を介して微小な磁性粒子でマーキングされたターゲット分子を識別する。

今後、このような免疫検定技術のさらなる感度向上が期待される。

(出典)

“Superconducting SQUID microscope makes immunoassays easier, faster and more sensitive, scientists at UC Berkeley and LBNL report” By Robert Sanders, Media Relations (08 Feb 2001 University of California, Berkley Press Release)

<http://www.berkeley.edu/news/>

詳細は出典を参照。

材料

American Superconductor 社

(2001年2月28日)

新しい超電導物質として報告された $T_c = 40\text{K}$ を持つ約化マグネシウムに関し、American Superconductor 社長 Yurek 氏は、この物質の発見はすばらしいものであるとしつつも、HTS 材料の経験に基づいてこの材料から線材を作る方法について検討に着手してはいるが、これを線材化するには相当の時間がかかるだろうとしている。

同社によれば、新材料の応用分野として MRI や SMES があげられ、Yurek 氏は、この 40K 材料によりこれら製品群の新たなライアップにつながっていく可能性はあるとしている。

(出典)

“American Superconductor Comments on New Superconducting Materials Sees Long Term Potential for Boron-Containing Superconductors Company On-Track to Commercialize High Temperature Superconductor Wires for Power Grid Applications”

(American Superconductor Corporation Press Release, February 28, 2001)

<http://www.amsuper.com/press.htm>

詳細は出典を参照。

(ISTEC 国際部 マナ・ヘッド)

平成 13 年度 ISTE C 事業計画 纏る

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 3 月 15 日、経団連会館において第 27 回通常理事会及び第 17 回評議委員会を開催し、平成 13 年度 ISTE C 事業計画案を審議し、次のように決定した。

平成 13 年度事業計画の特徴は、超電導に関する調査研究、具体的応用を目標においた基礎的な研究開発、国際交流の促進などを行うことにより、超電導研究の円滑な推進を図るとともに、超電導関連産業の健全な伸展に寄与するため、各般の事業を積極的に推進する点にある。

なお、平成 13 年度予算としては、受託事業・賛助会費等を含め、約 50 億円を見込んでいます。

1. 普及・啓発、国際交流事業

第 14 回国際超電導シンポジウム (ISS2001)開催【9 月 25 ~ 27 日、神戸市 神戸国際会議場】

技術動向報告会開催【6 月 5 日、東京都 都市センターホテル】

第 13 回国際超電導ワークショップ開催【6 月 24 ~ 27 日、米国ハワイ】
テーマ: 高温超電導導体・プロセス・応用

第 10 回国際超電導産業サミット開催【10 月 1 ~ 3 日、米国ワシントン DC】

“超電導 Web21” 発信(4 月~): 超電導技術開発や実用化等に関する情報をインターネットにより配信(和文 1 回/月および英文 1 回/3 ヶ月)。なお、ISTEC ジャーナルは廃刊。

SRL Technical Report 発行。
超電導に関する事業成果提供。
内外の超電導関連情報の収集と提供 (ISTEC NEWS、ISTEC 海外情報等)。

2. 研究開発・技術開発事業(受託研究)

超電導応用基盤技術研究開発(平成 10 ~ 14 年度)

超電導電力貯蔵システム技術開発(平成 11 ~ 15 年度)

フライホイール電力貯蔵用超電導軸受技術研究開発(平成 12 ~ 16 年度)

微小重力環境利用超電導材料製造技術開発(平成 7 ~ 15 年度)
応用研究: 単一磁束量子回路の LSI 化技術の研究(平成 12 ~ 13 年度)

3. 国際標準事業

IEC/TC90 超電導委員会活動: 韓国会議開催

JIS 規格原案作成活動

(ISTEC 総務部 安住光弘)



科学・研究の先端

「The 3rd Int. Conf. on New Theories, Discoveries and Applications of Superconductors and Related Materials (New3SC), Jan. 15 ~ 19, 2001, Honolulu, Hawaii (USA)」 帰朝報告

数ある高温超電導関連会議の中で、この会議が特徴とするところは、通常の学会であまり取り上げられない“新奇な”理論、物質、実験に関する発表の場を与えることを発足の趣旨としていることだ。

主催者の言い分では、研究キャリアや国籍や主義主張のあらゆる差別を撤廃した会議、ということであり、プロシーディングスの割り当てページ数などにもその姿勢の一端が伺われる。

当然の帰結として、いろいろな意味でのマイノリティ達の集まりとなり、プログラムの半分くらいをアジア系の研究者が占め、若手の発表者も多かった。しかしそれだけでは会議が盛り上がらないので、ビッグネームの研究者、マジョリティグループの研究者もかなり招待された。その結果、文字通り「玉石混交」のプログラムとなる。

玉と石の落差たるや相当なものであり、聴衆自らがそれを判断する力量を問われる。(感想: 大変疲れた。)

辛口の批評はさておき、「玉」の内容を少し紹介する。著者の聴講した中で充実していたのは、光電子分光やラマン・赤外分光のセッション

であった。特に光電子分光の 2 つのセッションでは、世界中の主だった研究グループがすべて集まり、フェルミ面の形、その組成依存性、超電導状態で現われるスペクトル構造の解釈、ギャップエネルギーの CuO₂ 面枚数依存性など、懸案となっている問題について、熱い議論が戦わされた。

会議の本領である「新超電導体」については、これといった発表はなかった。このハワイ会議の 3 日前、仙台での研究会で青山学院大の秋光教授が MgB₂ の 40K 超電導転移を報告しており、日本人参加者の(休憩時間の)専らの話題はこれに集中した。

この発表がもう一ヶ月早かったら、この会議は全く違う様相を呈していたらと思うと少し残念だった。

(SRL 第 2 研究部長 田島節子)

特許情報

高温超電導バルク材料樹脂含浸 特許次々と登録へ・・・

本コーナーでは、ISTEC/SRL の研究から得られた特許等の知的所有権について、公開、登録情報の他、お勤めの特許やトピックスをタイムリーにお知らせしてまいります。

NEDO からの受託研究である超電導応用基盤技術研究開発プロジェクトの成果である高温超電導バルク材料樹脂含浸に関する技術は、バルク高温超電導体の機械的特性を飛躍的に改善し、捕捉磁場を向上させ、強磁場応用に活路を開くものとして注目されておりましたが、その関連特許が次々と登録になりました(基本特許(1)の特許公報は H13.3.12 に発行されましたのでご覧下さい)。

(1) 特願平 10-361722 号(特許第 3,144,675 号)(1998.12.18 出願, 2001.1.5 登録)

(2) 同 11-61135 号(特許第 3,100,375 号)(1999.3.9 出願, 2000.8.18 登録)

(3) 同 11-175290 号(特許第 3,100,370 号)(1999.6.22 出願, 2000.8.18 登録) 他

(SRL 開発研究部長 林浩)

超電導エネルギーギャップの神秘

東京大学大学院
新領域創成科学研究科
教授 内田慎一

1. はじめに

超電導は、(1) ゼロ電気抵抗 (2) マイスナー効果 (3) 量子化磁束 という特異な現象を示す固体の状態である。これらは、それぞれ独立な現象ではなく、同一の状態 (超電導相) の電氣的・磁氣的応答を表わしている。一方、専門家 (理論家) の超電導に対する見方は次のようなものである:

超電導とは「超電導ギャップ」と呼ばれる秩序パラメーターで表される秩序相である。温度上昇とともに秩序が乱され、 T_c が小さくなり、超電導臨界温度 T_c で $T = 0$ となる。 $T > T_c$ の金属状態は正常相と呼ばれ、「秩序」を失った状態となる。この超電導ギャップこそが超電導を発現するミクロなメカニズムと上記の特異な超電導現象とを結ぶ要となるのである。逆に、超電導ギャップが存在するからこそ、(1) - (3) のような超電導現象が現れると言ってもよいであろう。

これから数回にわたって、超電導現象、超電導メカニズムにおける超電導ギャップの意味を解説する。超電導ギャップとは何か? に始まって、その存在がゼロ電気抵抗やマイスナー効果をどのように出現させるのか? そして、高温超電導体における超電導ギャップはどのようになっているのか? という基本的な疑問に、できる限り平易に答えてゆくつもりである。第1回の今回は、その概略を述べることにする。(以下の文で「 Δ 」のついた用語は、いずれ詳しく解説することになる専門用語である)。

2. 半導体のエネルギーギャップと超電導ギャップ

エネルギーギャップという量が物質の特性を決めている代表的な例は半導体である。半導体は、絶対零度 ($T=0K$) では、電場をかけても電流が流れない絶縁体である。しかし、温度を上げたり、光を照射すると電流を流すことができる。熱エネルギーや光のエネルギーをもらって「価電子帯」の電子が「伝導帯」に移るからである (図1(a))。

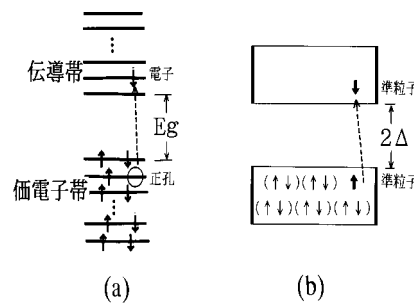


図1. (a) 半導体のエネルギーギャップと (b) 超電導ギャップ。

半導体では熱や光で電子は (矢印で示されている) 価電子帯から伝導帯へ励起される。超電導体では、電子対の破壊により準粒子 (太い矢印) が励起される。

この価電子帯と伝導帯を隔てているエネルギー障壁が半導体のエネルギーギャップ E_g である。半導体に電流を流すためには熱エネルギー ($k_B T$) や光のエネルギー ($h\nu$, ν は光の周波数) がギャップエネルギー E_g を超えなければならない。半導体の電気伝導度が指数関数的な (活性化型の) 温度変化、 $\sim \exp(-E_g/k_B T)$ を示したり、光が $h\nu = E_g$ から吸収され始めるのは、よく知られた特性であり、 E_g という量が特性を支配していることがわかる。

半導体のエネルギーギャップが、半導体に電流が流れるのを妨げるエネルギー障壁となっているのは対照的に、超電導ギャップは、それが存在するからこそ超電導電流が流れるのである。超電導体においては、熱や光は電流を流す助けになっていないどころか、超電導電流の妨げになる。

では超電導ギャップは何を妨げるエネルギー障壁であろうか? 答えは「準粒子」の励起である。準粒子の励起とは、クーパー対と呼ばれる電子対を壊すこと、すなわち対を組んでいる2つの電子を引き離すことである (図1(b))。超電導は、この電子対によってもたらされるので、準粒子の励起は、超電導にとって破壊的な作用となる。半導体の場合は、伝導帯に励起された電子はエネルギーギャップには殆ど影響を与えないが、準粒子の励起は超電導ギャップの大きさを縮小させることになる。超電

導ギャップは準粒子励起の障壁となっており、超電導状態を守っているのである。

光に対する超電導体の応答をみると、超電導ギャップも半導体ギャップと似たような役割も果していることがわかる。

図2は標準的な超電導体の光応答で、横軸は光の周波数 (エネルギー) 縦軸は電気伝導度である。電気伝導度は電流の流れ易さの尺度であるとともに光の吸収強度も表している。 $h\nu = 2\Delta$ までは0であり、 2Δ を超えると有限の値になる。この図で 2Δ を E_g に置き換えると半導体の光応答と定性的に同じものとなる。励起された準粒子も電流を運ぶのである。半導体との決定的な違いは、 $\Delta = 0$ である関数ピークが存在する。

関数というものは幅が0で高さが無限大のスパイク状の関数である。この関数のピークが超電導電流の起源であり、同時にマイスナー効果を表しているのである。

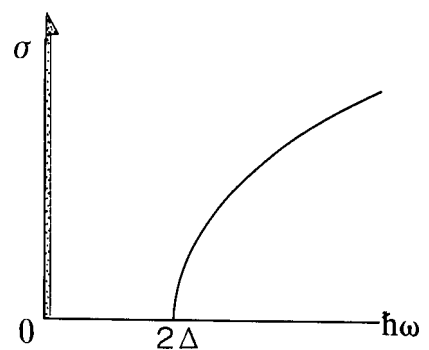


図2. 超電導体の光学伝導度スペクトル。 $\Delta = 0$ に関数ピーク (太い半矢印) が存在し、超電導電流を表している。 2Δ 以上の光に対して準粒子が励起される。

3. 超電導ギャップと超電導特性

はじめにも述べたように、ゼロ電気抵抗やマイスナー効果は超電導ギャップがあるからこそ生ずる現象であるが、その関係を説明するのは簡単ではない。むしろ超電導の応用にとって重要な3つの特性、() 臨界温度 T_c () 臨界磁場 H_c () 臨界電流 J_c の方が、より直接的に超電導ギャップと結びついている。

T_c は直接 とスケールする物理

量になっている。超電導の標準理論であるBCS理論では $2 = 3.5k_B T_c$ となり、実際、多くの超電導体で $2 = (3 \sim 5)k_B T_c$ であることが実験で確かめられている。ちなみに、ごく最近発見された超電導体 MgB_2 ($T_c = 40K$) でも、この関係式が成立している。

外部磁場を排除するというマイスナー効果は、超電導体の特異な磁場応答であるが、磁場の強さがある臨界値 H_c を超えると、磁場は超電導体内部に侵入し超電導状態を破壊する。臨界磁場の大きさもまた、近似的に J_c とスケールしている。 H_c の大きさは、実際には、超電導体の種類、第1種か第2種か、あるいは不純物による汚染度によって左右されるが、いずれの場合も、 H_c は概ね J_c に比例している。すなわち、大きなギャップ、従って高い T_c をもつ超電導体程、高い臨界磁場を示すのである。

超電導電流は、クーパー対の重心運動に伴うものである。その運動エネルギーが増加してエネルギーギャップの大きさ (2Δ) に達したとき、クーパー対が解離して超電導性が失われる。従って、このような臨界電流 J_c も J_c に比例することになる。但し、現実の超電導体の J_c は、不純物による磁束のピン止めの強弱など外部要因で決まっている。

4. 高温超電導体のギャップ

これは未だ完全な理解に至っていない問題である。高温超電導体でも、従来の(低温)超電導体と同じく、ゼロ抵抗、マイスナー効果を示す。超電導の担い手はクーパー対であり、超電導ギャップの存在が、これらの現象をもたらしていることは疑いない。種々の実験で、ギャップの存在が検証されている。しかしながら、高温超電導体のギャップは低温超電導体のギャップと比べると異常な振舞を示している。その異常さを以下に3例掲げておく。

- (1)ギャップの大きさが対を組む電子の運動方向によって大きく違う。ある方向に対してはギャップがゼロになり(ギャップノード(節)方向という)、別の方向で最大値をとる(「d波ギャップ」)。
- (2)ギャップの大きさが(例えば最大値 2Δ) 以上でもゼロにならないという「擬ギャップ」現象が観測

される。

T_c よりも数倍高い、常温を超える温度でもギャップが有限に残る場合がある。しかしながら、 $T < T_c$ の超電導相と $T > T_c$ の正常相は厳然と区別される。正常相はギャップが有限でも、ゼロ抵抗もマイスナー効果も示さない。

(3)ギャップの大きさは T_c の高低と殆ど相関しない。

T_c が低くなる程、ギャップが大きくなるという傾向すらみられる。 T_c はギャップの大きさより、むしろ超電導に参加している電子密度(超流動密度) n_s とスケールしている。

高温超電導体でも、ギャップの存在は超電導現象の本質である。しかし、超電導特性におけるギャップの役割は従来の超電導体とはかなり違ったものになっている。

更に、クーパー対を形成する仕組みも、多分異なっているであろう。この問題については連載の後半で議論することになる。



読者の広場

「読者の広場」は、読者のみなさんが作っていくコーナーです。

超電導に関して、さまざまな立場や角度から見た意見の投稿等を掲載するなど、情報の一方通行や偏った(誤った)認識を避けるべく、コミュニケーションの場として活用することを目的としております。

超電導を学術・専門的だけでなく、ビジネス分野から未来の世界まで夢を語れるようなそんなコーナーにできればと考えます。

*編集局ではみなさんの投稿をお待ちしております。



e-mail to:
web21@istec.or.jp

- 超電導 Web21 への期待 -

株式会社ケイパ 特命プロジェクト
担当部長 奥村嘉賀男

超電導通信基地ができる。世界各国の超電導に関する情報がISTECのホームページにアクセスすれば得られる。情報の迅速性、広汎性、双方向性、社会性をモットーにした電子情報機関を目指す。

この基地の役割への要望は大きい。超電導初心者から専門家まで、新分野へのネットワーク拡大による関心度向上、超電導技術者達に希望を、特に、産・官・学の交流の場としたい。更に、企業の為の、相談所となり、仲間を増やす基地の役割となる。超電導 Web21 に期待する一人の願望である。

- 超電導 Web21 に期待すること -

昭和電線電纜株式会社
無機・金属材料開発室
超電導グループ長 長谷川隆代

ISTECの情報機関紙が新たな形で出発することは、21世紀という節目にあたり、とても象徴的な出来事のような気がします。今、情報は様々な形で、信じがたいスピードで伝わります。超電導のような先端研究では、なおさらです。だからこそ正確な情報を、タイムリーに...これが超電導Web21に期待することです。

超電導 Web21 創刊号

2001年4月発行

<発行者>

(財)国際超電導産業技術研究センター
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。