

高温超電導材料の開発現状

Present Status of R & D in High-Tc Superconductors

腰塚直己*

Naoki Koshizuka

1. はじめに

酸化物高温超電導体が1986年に発見されてから10年が経過した。この間多くの新物質が見つかるとともに、物性研究や材料開発が進み、電力機器等への応用に向けて実証モデル機器の試作、検討も活発になってきた¹⁻³⁾。

液体ヘリウム温度で使用する金属系超電導体の場合、超電導の破れによるクエンチが大きな問題であり、安定化銅との複合材である線材のような形態を採る必要があるが、高温超電導体は、これを77Kで使用する場合、比熱が液体ヘリウム温度の場合と比べて2桁も大きいので、バルク体としての使用が可能である。溶融法で作られるY系バルク材は、ピン止め力の増大と弱結合の低減により、磁石に対する反発力や吸引力の大幅増加がもたらされ、磁気ベアリングや電力貯蔵用フライホイール、超電導磁石等の試作や大型化への検討が始まった⁴⁾。

また、銀シース法で作製されるBi系テープ材は20K程度以下の低温では優れた臨界電流特性を有しており、損失の少ない電力ケーブルや電流リード、高磁界発生用コイル等の開発研究が急速に進んでいる^{3, 5, 6)}。Bi系材料は、しかし液体窒素温度では、その大きな異方性に起因して、高磁界で高い J_c を得ることが困難であり、異方性が比較的小さいY系やHg系等のいわゆる次世代線材の研究が注目されている⁶⁾。特に、高温、高磁界における応用上、Y系123材料の線材化がプロセス技術上の大きな課題となっている。

高温超電導材料技術として、本稿では、酸化物超電導体の分類をした後、単結晶、バルク、線材技術の開発および電力やエネルギー機器への応用に関する最近の状況を紹介する。

2. 高温超電導体の分類

$La_{2-x}Ba_xCuO_4$ (La214) 超電導体の発見の後、Y系、Bi系、Tl系、Pb系、Hg系と数多くの高温超電導体が見いだされ、 T_c はHg1223において134K⁷⁾、高圧力下では160K⁸⁾に達している。特に、高圧合成法を用いてホモログシリーズとよぶ電荷供給層が同一で、超電導電流が流れる銅酸素面(CuO_2 面)の層数が異なる一連の物質群が発見されたことが注目される⁹⁾。

このホモログシリーズを基礎とする銅酸化物超電導体の分類法が提案された。これは、MをBiやTlのような電荷供給層の種類、mをこの層の数(実際には1層か2層)としたとき、超電導体を $M-m2(n-1)n$ により表記する方法である。ここで、mの次の2は電荷供給層を挟むBaO、SrOなどのアルカリ土類元素酸化物の層数、nは CuO_2 面の層数で、(n-1)は CuO_2 面に挟まれるCaやY層の数である。表1は、超電導工研が提案した銅酸化物超電導体の分類を示す。この中で同研究所により発見された物質あるいは達成された T_c を*で示した。この分類に従えば、La214は0201、Y123は、Cu1212に属することになる。

3. 単結晶作製

物性研究やエレクトロニクス用の高品質基板として、YBaCuOの大型単結晶の開発が期待されている。1992年に超電導工研はY123の大型単結晶を育成する手法として、Y211沈殿物とBaCuO溶媒を用いた改良引き上げ(SRL-CP)法を開発した¹⁰⁾。これは、液相から初晶としてY123が成長することから、結晶中にY211相が取り込まれないので欠陥の少ない結晶を連続的に成長させることができる。BaCuO溶媒とるつぼの間の高い化学的反応性や核生成の制御等の問題をクリアすることにより、試料サイズが20mm角程度的大型単

* ISTECC 超電導工学研究所 副所長兼第一研究部長
〒135 東京都江東区東雲1-10-13

表1 “M-m 2(n-1)n” 分類法による酸化物超電導材料のTc

M-m	n	1	2	3	4	5	6	H.S	備 考
Hg-1 (Ba)		96*	127	136*	125	110	107	○	水銀系 (新構造)
Hg-1 (Sr)		75	(100)	123				○	
Hg-2 (Ba)		△*	(90)*	85*	114*			○	
Tl-1 (Ba)		(40)	109	120	122	117	108	○	タリウム系
Tl-1 (Sr)		(40)	(108)	123*				○	
Tl-2 (Ba)		90	110	127*	120*			○	
Pb-1		36	70*	115*	107*			○	鉛系
(PbCuPb)-3		(32)	(84)						
Bi-2		(26)	90	115*	106			○	ビスマス系 (Sr-Ca-Cu-O)系
“Zero”		80?*	79*	109*	86*	△		○	
C-1		40	105	115				○	炭酸系
Cu-1		50	(96)*	70*	117*	100*		○	銅系(Ba-Ca-Cu-O)
(CuBaCu)-3					91	113		○	
Ca-1		△	70?	70	107			○	ガリウム系
Al-1		△	△		110	83		○	アルミ系

○: ホモログスシリーズの存在が確認されている材料

△: 結晶構造は確認されているが超電導にならない材料

○: B原子面にY等の3価陽イオンを含む材料

*: 超電導工研が発見した材料あるいは達成したTc

結晶が得られている。また、この単結晶を切断研磨することにより、Y系薄膜のホモエピタキシー用基板として使用する試みも始まっている。

引き上げ法だけでなく、溶媒移動型フローティングゾーン (TSFZ) 法によるY系123単結晶の育成も注目されている¹¹⁾。るつばからの不純物の混入がなく、高品質単結晶が得られる可能性がある。現在、大きさとしては径が数mm、長さ数cm程度の単結晶が得られているが、完全な単一相ではなく、溶媒組成、成長条件等の最適化を図ることにより、高品質化する必要がある。

4. バルク超電導体

高温超電導体の電磁気的な応用の一つにバルク超電導体の磁石に対する反発力などの電磁力を利用する方法がある。反発力や吸引力の増大は、ピン止め力を強めて見かけのH_{c1}を増大することにより達成できる。これは、また臨界電流密度J_cの増大を図ることと同じ意味である。磁石を超電導体に近付けたとき、ピン止め力が強ければ、表面から侵入した磁束がピン止め点に捕捉されて、内部に侵入できず、超電導体の表面近傍での磁束密度の勾配すなわちJ_cが大きくなるからである。

磁石に対する反発力を強めるには、ピン止め力の向上に加えて、材料内に存在する磁力線の侵入路となる超電導結合が弱い領域(弱結合)をできるだけ少なくすればよい。特に、高温超電導体のコヒーレンス長が10Å程度と短いため、通常のセラミックスのように結晶

粒界を多く含む系では、この粒界弱結合は大きな問題である。また、超電導電流は結晶のab面内にあるCuO₂面を流れやすいが、c軸方向には流れにくいという強い2次元異方性があるので、結晶粒のab面が揃った配向性の高い材料を実現する必要がある。

4.1 溶融バルク材料⁴⁾

(1) Y系材料-MPMG法-

Y系材料は、Bi系と比べて3次元性が強いいため、液体窒素温度において高磁界でも使える材料として有望である。焼結材料には粒界による弱結合という弱点があるが、弱結合が少なく配向性の高い材料を作製する方法として溶融法が開発されている。これは、Y₂BaCuO₈ (Y211相) が液相と包晶反応により、YBa₂Cu₃O₇ (Y123) を生成する過程で、ピン止め力として働く211粒子を母相のY123のなかに細かく分散させ、高い臨界電流密度を得るプロセスである。

超電導工研は、211相を試料全体にわたって均一かつ微細に分散させる手法としてMPMG (Melt-Powder-Melt-Growth) 法を開発した¹²⁾。この方法の利点の一つは、成型の過程で任意の形状、大きさの試料の製造が可能なことである。また、溶融・急冷した試料を微細に粉砕することにより、Y₂O₃の均一分散化がなされ、次のステップでY₂O₃を核として生成する211相が微細かつ均一に分散する。211相の平均粒径は2μm程度であるが、この粒径が小さいほどピン止めにも有効に働くことが最近分かってきた。これは211相と123母相の界面がピン止めにも寄与することを示唆するものである。

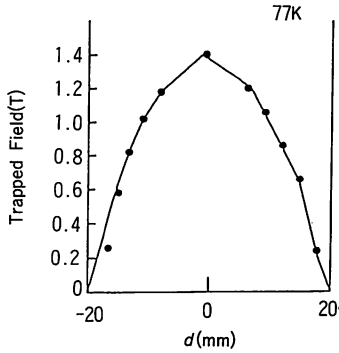


図-1 MPMG法で作製したY123バルク体の磁束密度分布¹³⁾。

MPMGバルク体を示す大きな磁化ヒステリシス曲線は、超電導体を一種の永久磁石として使える可能性を示す。図-1は、MPMGバルク体に3 Tの磁界を印加して、室温から77Kまで冷却した後、磁石を取り外して、磁束密度の分布をホール素子により測定した結果を示す¹³⁾。

(2) Nd系材料¹⁴⁾ -OCMG法-

これまでは、イオン半径の大きい軽希土類元素 (R: La, Nd, Sm など) を含む $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ は、RとBaが固溶 (相互置換) するために、 T_c も低く、余り注目されていなかった。最近、村上らは、このような軽希土類元素を含むR123のMPMGプロセスにおいて、低酸素分圧下で結晶化を行うと、固溶が抑制され、 T_c が96KとY123の92Kよりも高く、臨界電流密度も高磁界で高い材料が得られることを見いだした¹⁴⁾。 J_c が零となる不可逆線も、より高温、高磁界側にシフトすることが明らかにされた。この方法は、結晶化プロセスにおける酸素分圧の制御が重要であることから、OCMG法 (Oxygen-Control-Melt-Growth) 法と名付けられた。

図-2は、OCMG法で作製したNd123, Sm123 およびMPMG法で作製したY123の J_c の磁界依存性を示す¹⁵⁾。NdおよびSm123の J_c は、低磁界で最初減少した後増大し、ピークをつくり、高磁界領域では、Y123の J_c よりも大きくなるのが分かる。OCMG材料が、通常のMPMG法で合成したY123よりも高磁界で高い J_c をもつことは、強いピン止め力をもつ材料の新しい可能性を示すものであろう。

5. バルク超電導体の応用

5.1 磁気浮上への応用

超電導体に磁石を近づけると磁力線を排除する方向

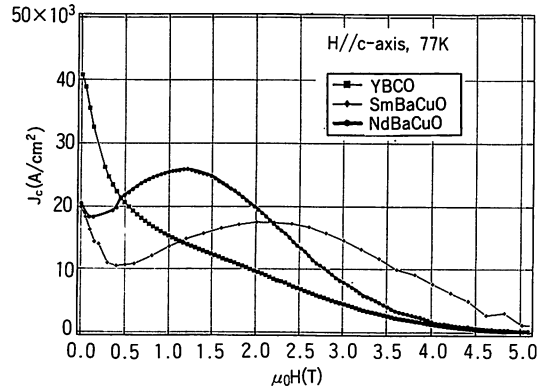


図-2 低酸素分圧溶融法 (OCMG法) で作製したNd123, Sm123およびMPMG法によるY123バルク体の臨界電流密度 J_c の磁界依存性¹⁵⁾。

に遮へい電流が流れ、反発力が生じて磁石が浮上する。これは、磁束線が表面近くでピン止め点に捕捉されるので、内部まで侵入できないことに起因する。

この磁気浮上のもう一つの興味ある振舞いは、浮上磁石が、風損や磁気損を除けば、回転体から生ずる磁界分布が同心円状で均一の場合、損失なく回転することである。回転体磁石を超電導体に近づけて、侵入した磁束が表面近くでピン止めされると、超電導体の外部に同心円状の磁気ポテンシャルが形成される。回転磁石も同心円状の均一な磁束分布をもつので、磁石と超電導体間の空間の磁束分布が、磁石の回転により変化しなければエネルギー損失が生じない。一方、磁石の回転軸を外そうとする動きについては磁束分布の変化による復元力が働くので、回転軸は固定される。

このように、ピン止めを利用した安定磁気浮上が可能となり、高温超電導体と磁石を組合せたいろいろな応用が提案され、モデル機器も現れてきた。高速回転が可能な非接触磁気ベアリング^{16~17)}や電力貯蔵用フライホイール^{18, 19)}、半導体製造クリーンルーム等で使用する磁気浮上搬送システム^{20, 21)}である。

5.2 超電導バルク磁石

強いピン止め力をもつ超電導体に磁束を導入して磁石を形成することを着磁というが、それには、高磁界を加えたまま常伝導状態から超電導状態まで冷却した後消磁する方法や超電導状態でパルス高磁界を印加する方法がある。このようにして、液体窒素温度で1.5 T程度の発生磁界をもつ永久磁石に類似の機能をもつ“超電導バルク磁石”と呼ぶものが実現している^{13, 22)}。これは、77Kという低温とはいえ、従来の永久磁石では出せない高い磁界を発生することから、モータや磁

気浮上列車への応用など様々な可能性が提案されている。

6. 線材, テープ

6.1 Bi系線材

高温超電導材料を送電ケーブルや様々なマグネット応用に使用することを目的として、線材やテープの開発も進んでいる^{2,6)}。Bi系線材は、Bi2212, Bi2223を用い、銀シース法あるいは銀被覆法 (Powder-in-Tube Method) とよぶ方法により主として作られている。Bi2212は部分熔融状態からの結晶成長を利用した結晶配向化が可能である。融点直上まで加熱して、部分熔融状態にした後、徐冷して結晶成長を行うと、Bi2212の板状結晶がc軸配向したテープ状線材ができる。このプロセスは熱処理プロセスが短時間で済むために低コスト化の面から注目されている。米国のIGCは銀合金基板を用いてBi2212テープを表面コート法により作製し、~500mの長尺化に成功した⁶⁾。このテープは、25K, 1 Tの印加磁界中でIcは100Aを示し、これを用いた1 MVA級の超電導トランス等への応用開発が進められている。また、金材研やウイスコンシン大は、部分熔融-徐冷プロセスを酸素雰囲気で行なうことにより粒界の改善がなされ、特性の向上があると報告している⁶⁾。Bi2223線材は、直接Bi2212相を結晶成長させることは困難であるので、部分熔融法を適用できないが、液相焼結で板状のBi2223相が生成されるため、機械的に圧縮応力を加えて配列させることにより作製する²⁾。銀シーステープの圧延工程において、圧縮応力が加わることを利用するが、配向をよくするために、圧延と中間熱処理を繰り返す。Jcの値は線材のソーセージング、熱処理時のバブリ

ング、不純物相の低減により年々増大しており、1996年の国際応用超電導会議においてASCはJc = 5.5 × 10⁴ A/cm² (短尺・85芯線)、313芯線ではIc = 125Aの値を報告した⁶⁾。また、IGCは1.26km長線材でJc = 1.2 × 10⁴ A/cm²、住友電工は1.2km線材でJc = 1.7 × 10⁴ A/cm²という高い臨界電流密度を得たと述べた⁶⁾。

銀シーステープの課題は、機械的特性の改善であるが、最近、多芯化や銀へのMg, Ni等の元素添加により、特性の改善が図られている。Jcは単芯線の場合0.1~0.2%程で劣化が始まるが、多芯線では0.3%程度まで向上する。このようなひずみ特性の改善により、熱処理してからコイル巻きするReact and Wind法の適用が可能であるという²⁾。

6.2 Y系線材

Bi系の材料はこのように高配向テープ材として実用化が進んでいるが、前述したようにその大きな異方性のために、磁束量子を77K, 高磁界下でピン止めすることが難しいという問題がある。したがって、高温、高磁界下では、異方性がより小さいY系123やT1系の1223相が有利となる。しかし、これらの物質の線材化では、Bi系のような強い異方性がないために、銀シース法のような配向方法が有効ではなく、いかに結晶粒の向きを揃え、粒間の弱結合をなくすかが最大の課題となっている。

フジクラは配向性に優れたY123テープの開発において、先駆的な研究を行った²³⁾。ハステロイ基板上にイオンビームアシスト蒸着法で面内配向をもつYSZを形成し、レーザ蒸着法により1~2 μmの厚みでJcが77K, 0 Tで5 × 10⁵ A/cm²、8 Tでも5.5 × 10⁴ A/cm²のテープ開発に成功した²³⁾。中間層の形成に

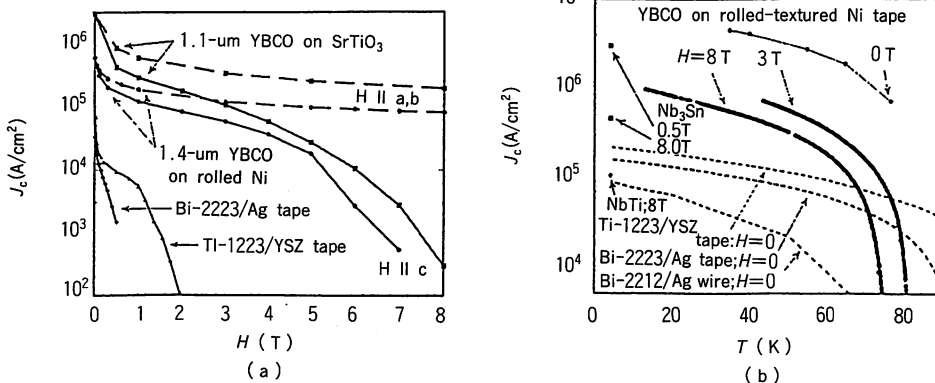


図-3 RABiTS法で作製されたYBCO/YSZ/CeO₂/圧延配向Ni(001)テープおよび種々の方法で作製されたテープのJcの(a)磁界依存性および(b)0, 3, 8Tにおける温度依存性²³⁾。

関するこの方法はIBAD (Ion Beam Assist Deposition)法とよばれる。Los Alamos研もこの開発を進め、中間層にYSZあるいはYSZ/CeO₂を使用し、1.5 μmのYBCOテープにおいて $1 \times 10^8 \text{ A/cm}^2$ (75K, 0T)のJc値を報告している²⁴⁾。この方法は、イオンビームを用いた中間層テープの作製速度が0.1cm/min程度と遅いことが難点であり、高速プロセスの開発が期待されている。

住友電工は、最近、 Hastelloy基板上に配向YSZを形成し、レーザ蒸着法によりY123を作製するプロセスを開発した²⁵⁾。本プロセスは、基板傾斜法を用いたレーザ蒸着により、比較的速い成膜速度(0.5 μm/min)、また1.5~5 cm/minと速いテープ作製速度を実現し、1mのテープにおいて $Jc = 1.5 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ を達成したことから、注目されている。

金属基板上に超電導体を作製する技術としては、日立研による、配向銀テープ上にTl系材料をスプレー蒸着法により作製する方法が先駆的研究としてある。Oak Ridge研は、Niテープ上に中間層を介し、Y123を成膜するRABiTS法という方法を開発した²⁶⁾。これは、圧延、熱処理でNiテープを集合組織化して配向基板を作る技術であり、RABiTSの名はRolling Assisted Biaxially Textured Substrateから来たものである。この基板に、レーザ蒸着によりCeO₂、YSZを形成する。図-3(a)は、YBCO/YSZ/CeO₂/Ni基板の77KにおけるJcの磁界依存性、図-3(b)は、種々のテープのJcの温度依存性を示す。RABiTS法で作製したテープのJcは高磁界でも 10^4 A/cm^2 (77K)を保つことが分かる²⁶⁾。

超電導工研では、液相エピタキシー法(LPE)により、酸化物単結晶ファイバーや金属基板上にY系123材料を成膜する技術を開発している²⁷⁾。LPEは、速い成膜速度(数μm/min)が利点であり、5 μm程度の厚膜を高速で作製できる。問題は、結晶成長温度が1000℃と高いことが難点であったが、最近、溶媒にBaF₂を添加することにより、成長温度を900℃まで下げることに成功した²⁸⁾。また、YSZ単結晶状ファイバーの上にLPE法により成膜したY123のJcが、短尺テープではあるが 10^5 A/cm^2 (77K, 0T)と比較的高くなることを明らかにしている。気相法だけでなくLPE等の液相法による、テープ線材作製技術の発展が望まれる。

7. 線材の応用

1 km級の長さを有し、Jcも 10^4 A/cm^2 級のBi系銀シース線材が得られるようになり、これらの線材を用いた、実証モデル機器の開発が進んでいる。電力ケーブルや変圧器、限流器等の電力機器、モータ等の産業機器、磁気分離装置等である。

7.1 電力ケーブル

今後の電力需要の増加に伴い、大容量化を目指した超電導ケーブルの開発プロジェクトが増加している。日本では大都市中心部の地下空間に断面の小さい管路に設置できるような高温超電導ケーブルの開発が進められている³⁾。

ケーブルなどの電力応用では交流での使用が一般的であり、Jcとともに線材に発生する交流損失が問題となる。交流損失の原因には三つの要因が考えられている。超電導体と常伝導金属から発生する磁気ヒステリシス損失と渦電流損失および結合損失とよぶ多芯構造に起因するものである³⁾。東京電力・住友電工は、多層導体の交流損失は層間絶縁により大幅に低減できるが、実用化のレベルを考えると、なお一層の低減が必要であり、具体的には、Jcの一桁の増大、交流損失の一桁低減が要するという。また、古河電工・東京電力は、50m長のケーブルの通電実験で偏流防止対策を施すことにより、交流損失を1/10に低減できることを、ISS'96(札幌)において発表した²⁹⁾。

7.2 変圧器

変圧器については、九大・富士電機がBi系銀シース線材を用いて、500kVA級の液体窒素で動作するトランスを試作した。これは、過冷却窒素を用い66Kにおいて800kVAの性能を発揮した⁶⁾。液体窒素の使用は、液体ヘリウムに比べて、取り扱いがはるかに容易であるだけでなく、油を冷却に使用する機器に対して、廃棄物処理の点からも将来的に有利という予測がある。

7.3 モータ

小型化や低消費電力が期待されるモータの開発も米国を中心に研究開発が進んでいる。Naval Surface Water CenterはReliance Electricと共同でBi系線材を用いた回転磁界巻線型のモータを開発し、28Kで91kW (122hP)の性能を得ている。

7.4 超電導コイル

従来の金属系超電導マグネットは、1.8Kまで冷却しても21T程度を発生することが限界であったが、高磁界ハイブリッドマグネットとBi系超電導マグネッ

ト (1.46T, 4.2K) を組み合わせて4.2Kで24.0Tの磁界発生が可能となった³⁰⁾。超電導マグネットにおける最近の大きな進展は、液体ヘリウムを使用しない冷凍機冷却型マグネットの実用化であろう³¹⁾。酸化物超電導体は高い電気伝導性をもつが、熱伝導性は悪いので理想的な電流リード材となる。NbTiやNb₃Sn等の金属系超電導体と酸化物超電導体の電流リードを用いた液体ヘリウムフリーの超電導マグネットが商用化し、5~10T程度の室温空間が容易に得られるようになった。

8. おわりに

酸化物高温超電導材料の最近の開発動向と実用化への動きを紹介した。高温超電導バルク体と磁石の間に働く電磁力を利用した様々な応用が提案、試作されており、液体窒素を用いた電力貯蔵用フライホイールや磁気浮上輸送システムの実現可能性の検討が始まっている。線材、テープもケーブルなどの電力機器実証モデルや超電導マグネットの開発が進んでいる。また、高性能の電流リードの開発により液体ヘリウムを使用しない冷凍機冷却型超電導マグネットが実用化し、物性だけでなく化学や生体等への磁界の影響を研究する新しい学問分野が産まれつつある。

高温超電導体のより大きな産業応用を図るためには、液体窒素温度で高磁界を発生するマグネットの開発を必要とする。現状のBi系材料でこの課題に応えることはかなり難しく、Y系やHg系材料を用いたいわゆる次世代線材の開発が今後の大きな課題であろう。

参考文献

1) 高温超電導研究のレビューとしては、例えば、応用物理64, No. 4 (1996), ISTEJジャーナル編集委員会編: 超電導技術とその応用 (丸善, 1996)。

2) 戸叶一正; 応用物理64, No.4, 356 (1996).
 3) 原築志, 石井英雄: 応用物理64, No. 4, 401 (1996).
 4) 村上雅人; 日本応用磁気学会誌16, 732 (1992).
 5) 荻原宏康; 応用物理63, 362 (1994).
 6) 長谷川隆代; NSMF NEWS (新超電導材料研究会) No. 58, 16 (1996).
 7) A.Schilling et al.: Nature 363, 56 (1993).
 8) C.W.Chu et al.: Nature 365, 323 (1993).
 9) 室町英治: 応用物理64, No. 4 325 (1995).
 10) 山田容土, 塩原融: 応用物理62, No. 5 459 (1993).
 11) K.Oka and T.Ito: Physica C, 227, 77 (1994).
 12) H.Fujimoto et al.: Proc. ISS '89, p285 (Springer Verlag, 1990).
 13) M.Murakami: Progress in Materials Science 38, 311 (1994).
 14) 村上雅人, 坂井直道, 劉相任: 応用物理64, 368 (1995).
 15) F. C. Moon and P. Z. Chang: Appl. Phys. Lett. 56, 22 (1990).
 16) H. Takaichi et al.: Proc. 3rd. Int. Symp. Magnetic Bearings (1992) p307.
 17) H. Fukuyama et al.: Proc. ISS '93, p1341 (Springer Verlag, 1994).
 18) T. Suzuki et al.: Proc. ISS '93, p1237 (Springer Verlag, 1994).
 19) H. Higasa et al.: Proc. ISS '93, p1249 (Springer Verlag, 1994).
 20) 荻原宏康: 第39回応用物理学関係連合講演会予稿集1992, p1288.
 21) 超電導コミュニケーションズ 3巻 No. 5, p 6 (超電導情報研究会, 1995).
 22) S. Gotoh et al.: Physica B 165, 166, 1379 (1990).
 23) Y. Iijima et al.: Proc. ISS '92, p661 (Springer Verlag, 1993).
 24) X.D. Wu et al.: Appl. Phys. Lett. 67, 2397 (1995).
 25) K. Hasegawa et al.: Proc. ISS '96 (札幌) 発表予定.
 26) D. P. Norton et al.: SCIENCE 274, 755 (1996).
 27) T. Kitamura et al.: Proc. ISS '96 (札幌) 発表予定.
 28) Y. Yamada et al.: Proc. ISS '96 (札幌) 発表予定.
 29) 超電導コミュニケーションズ 5巻 No. 5, p 1 (超電導情報研究会, 1996).
 30) 超電導コミュニケーションズ 4巻 No. 2, p 2 (超電導情報研究会, 1995).
 31) K.Watanabe et al.: Jpn.J.Appl.Phys. 32, L488 (1993).

協賛行事ごあんない

「テクテキスタイル・アジア'98」について

〔主催〕 社団法人大阪国際見本市委員会
 〔後援〕 通商産業省, 外務省, 厚生省 他 (予定)
 〔協賛〕 (株)大阪工業会, (株)関西経済連合会他
 〔会期〕 1998年10月14日 (水) ~ 16日 (金)
 〔会場〕 インテックス大阪 (大阪市住之江区)

〔問い合わせ先〕

社団法人大阪国際見本市委員会 業務2部
 〒559 大阪市住之江区南港北1-5-102
 Tel 06-612-1042, Fax 06-612-8585