

NRIM NEWS



科学技術庁 金属材料技術研究所

National Research Institute for Metals

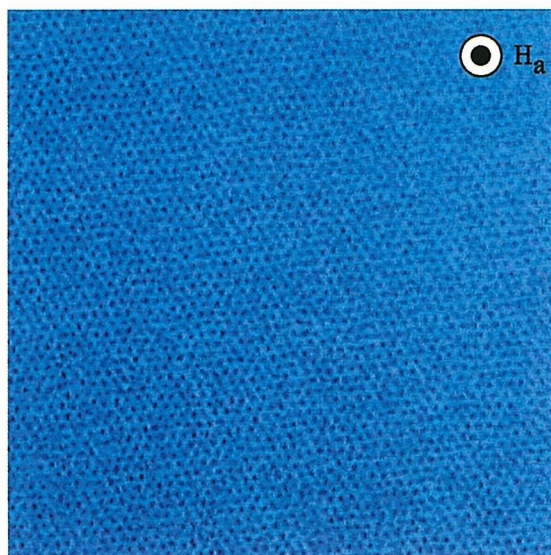
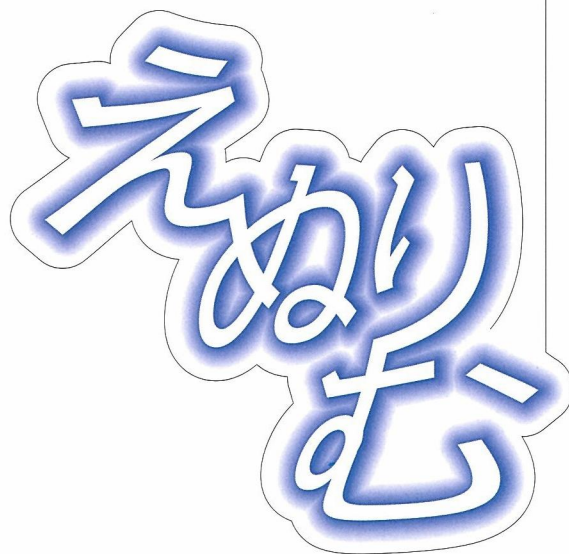


“進む高温超伝導材料の研究”

- 金材技研における高温超伝導研究の現状
- 磁界中の特異なふるまいを解明
- 実用化が近い高磁界発生用ビスマス系線材
- 素子開発を目指した薄膜高品質化への挑戦
- 高周波応用を目指す超伝導体
- Bi-2212/Ag線材の臨界電流密度が飛躍的に向上

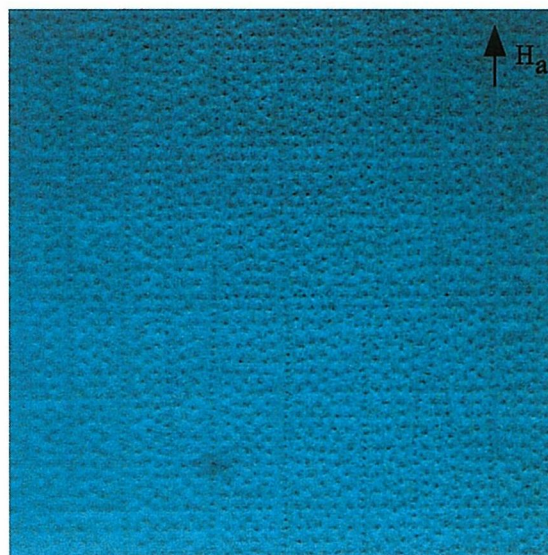
研究最先端

- 計算機シミュレーションで見るアルファ鉄の変形過程
- X線の微小角散乱による新しい表面・薄膜解析法の研究



5 μm

35 (Oe)



10 μm

50 (Oe), 82(deg.)

9

1998 SEPTEMBER

進む高温超伝導材料の研究

金材技研における 高温超伝導研究の現状



第1研究グループ
戸叶 一正

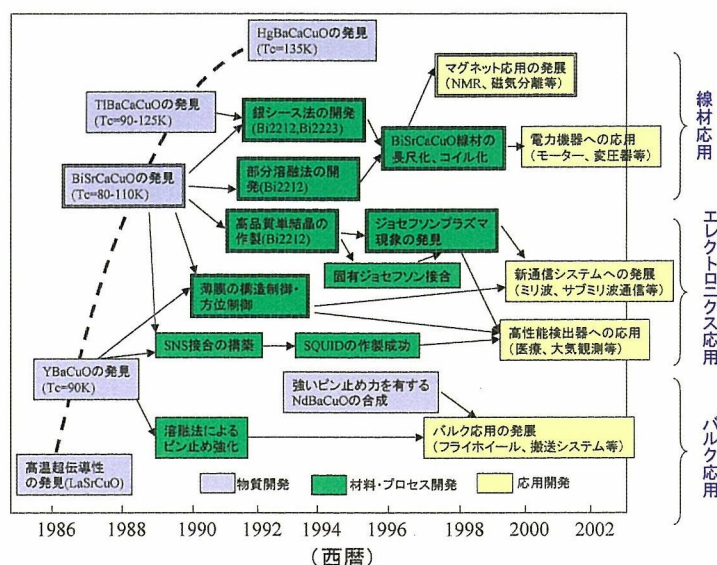
超伝導はエネルギー、環境、医療、情報・通信など我々の社会生活に密着した広範な分野で応用が図られており、21世紀を支えるキーテクノロジーとして期待されています。当研究所は1963年に超伝導材料の開発に着手し、 V_3Ga 化合物の実用線材化に成功するなど、超伝導応用の発展に早くから貢献してきました。そして1986年に高温超伝導体が出現してからは、科学技術庁のマルチコアプロジェクトの一環としてその開発研究にいち早く着手し、図1に示すように高温超伝導体の発展の基礎となる多くの研究成果を挙げてきました。

中でもビスマス系超伝導体の発見と、それに続く線材、薄膜、単結晶化の成功は、当研究所のポテンシャルの高さを世界に示したものと見て良いでしょう。現在、日、米、欧の各国でビスマス系線材を使ったマグネットやケーブルが試作され、電力機器、産業機器への応用の可能性が検討されています。当研究所ではマルチコアプロジェクトの一環とし

て、ビスマス系線材を使った高性能NMR分析器や磁気分離システムの開発が現在進められています。

また、高温超伝導線材の特性をさらに改善するための努力も当研究所で続けられています。当面の課題は、液体窒素温度以上で確実に使える線材の開発です。これが実現されると、超伝導応用は工場、病院など各種施設に広がり、生活にさらに身近なものになっていくでしょう。例えばモーターや変圧器の超伝導化は、単にエネルギー消費の節約ばかりでなく、機器の小型化、軽量化による土地・空間の有効利用、変圧器の無油化による低公害化など多くのメリットをもたらします。

超伝導ではエレクトロニクスも一つの重要な応用分野となっていて、当研究所でもそのための材料基盤研究を進めています。高温超伝導体では特性の保証された高品質薄膜の作製が大きな課題となっています。そのために、原子層レベルでの積層技術や、方位制御技術の確立を図ってきています。また最近、酸化物高温超伝導体の結晶構造が絶縁層と超伝導層との交互積層構造になっていることを利用する、新しい考え方の素子開発が注目を浴びてきました。この結晶内蔵型接合を利用すれば困難な絶縁層の構築が不要となります。当研究所では、高品質単結晶の作製によってこれらの接合現象確認や、それに伴うプラズマ現象の確認など、この分野でも大きな貢献をしてきました。現在、通信関連ではテラヘルツ帯の周波数が未開拓領域として残されており、このジョセフソンプラズマを使ったデバイスが有力な候補になりつつあるため、当研究所ではそのための開発体制を整える予定です。



高温超伝導材料開発の推移。二重枠が当研究所の成果。

進む高温超伝導材料の研究

磁界中の特異なふるまいを解明

—高品質単結晶とそれを使った磁束観察の成功とその意義—



第1研究グループ
平田 和人

酸化物高温超伝導体は、従来の金属系超伝導体とは非常に異なった性質を持つことが高品質単結晶の作製が可能となったことで明らかになってきました。従来の超伝導体はどの方向に磁場をかけたり、電流を流しても超伝導としての特性は等方的な性質を持っています。ところが高温超伝導体の場合、その結晶構造からして層状構造を有し、超伝導状態においても次元性が大きく影響してくることが分かってきました。このような異方的な振る舞いを解明することは、物性的な興味ばかりでなく、実用的にも非常に重要なことです。

一般的に、超伝導体に磁場がかけられたとき、磁場は超伝導体の中に量子化された、“磁束線”として侵入します。この時、等方的な超伝導体であるとどの方向から磁場をかけても磁束線の分布は正六角形状になります。これが“アブリコソフ”磁束線格子と呼ばれています。

ところが私達の最近の研究で、高温超伝導体では磁場の方向によって分布が全く異なることが分かりました。写真-1は超伝導層に垂直に磁場をかけた場合の分布です。ビッター法という手法により超伝導表面に磁性微粒子を蒸着することにより観察したものです。この写真から気付くことは磁束線がアブリコソフ型の正六角形状に非常に均一に分布していることです。これは観察に用いた $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{2+\delta}$ 単結晶に磁束線を捕らえる結晶欠陥、析出物等が広範囲に渡って少なく、結晶性が非常によいことを示しています。

ところが、磁場を超伝導層に平行にかけると磁束線は写真-1とは全く異なる配列となります（写真-2）。この原因の一つが高温超伝導体の異方性です。ビッター法の観

察は現在着手したところで予備的な結果ですが、磁束線を実際に見ることができる非常に有効な手段です。

我々はこれらの観察を通して高温超伝導体の磁束線状態を探り、高品質単結晶を用いたテラヘルツ領域の固有ジョセフソンプラズマ発振等の応用への基礎研究を行っています。

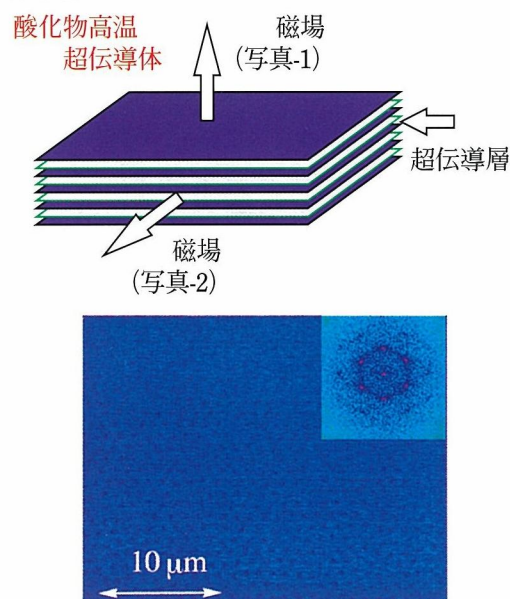


写真-1. 磁場(40Oe)が $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{2+\delta}$ 単結晶の超伝導層に垂直にかけられたときの磁束線分布を示す。挿入図は磁束線の位置と方向の相関を示している。

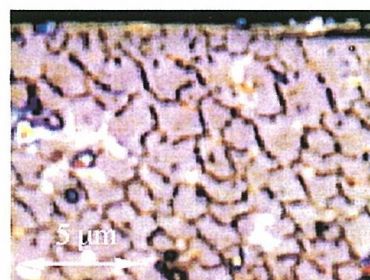


写真-2. 磁場(30Oe)が $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{2+\delta}$ 単結晶の超伝導層に平行にかけられたときの磁束線分布を示す。

進む高温超伝導材料の研究

実用化に近い高磁界発生用 ビスマス系線材



第1研究グループ
熊倉 浩明

高温酸化物超伝導体は従来の金属系超伝導体に比べて、4.2Kなどの低温では非常に高い磁界まで超伝導状態が保たれることが知られています。超伝導体を用いてマグネットを作製するためには、まず超伝導体をフレキシブルなテープやワイヤーなどの線材に加工し、これをコイルに巻かなければなりません。これまで金材技研においては、ビスマス系酸化物超伝導体 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 、以下Bi-2212と略記) の線材化の研究を進めてきました。始めに、超伝導体の組織制御を可能にする部分溶融-徐冷熱処理法を開発しました。次に、超伝導粉末を含んだ懸濁液を塗布するディップコート法や、あるいは超伝導粉末を銀管に入れて加工する銀シース法により作製したテープ素線材に、上記の熱処理法を適用することによって、高磁界でも高い臨界電流密度 J_c が得られるようになりました。このようにして作製した超伝導テープを使用して小型のマグネットを試作し、従来の金属系超伝導マ

グネットと組み合わせることで超伝導マグネットとしての磁界発生記録を更新することにも成功しています。

最近当研究グループでは、これらのビスマス系線材の実用化を目指して、民間企業数社と共同して線材の大電流容量化、ならびに長尺化の研究開発を進めています。ディップコート法によるBi-2212/Agテープにおいては、3~4枚のBi-2212層を有し、Bi-2212層が銀箔で覆われた多層テープを開発しました。この方法により、すでに100m級の超伝導テープを製作しており、 J_c の長さ方向のバラツキを調べたところ非常に小さく、特性の優れた長尺テープの製造可能であることがわかりました。一方、銀シース法ではBi-2212フィラメントを複数本有する多芯テープの作製を進めていますが、線材の断面積を増加させることにより、大容量化を図っています。

このような線材を用いて、最近ではこれまでよりもさらに大きなマグネットの試作を進めています。一例として、図1に銀シース多芯テープ線材を用いて作製したマグネットを示します。内径61mm、外径145mm、高さが220mmであり、18枚のパンケーキコイルを積層して作製してあります。これを、当研究所の強磁場ステーションにおける超伝導マグネットを用いて励磁試験したところ、18テスラのバイアス磁界中で200アンペアの超伝導電流を安定に流すことができ、その時マグネットは1.3テスラの磁界を発生させることができました。これらの成果より、近い将来にビスマス系酸化物超伝導体を利用した高磁界マグネットが実用化されるものと期待されます。

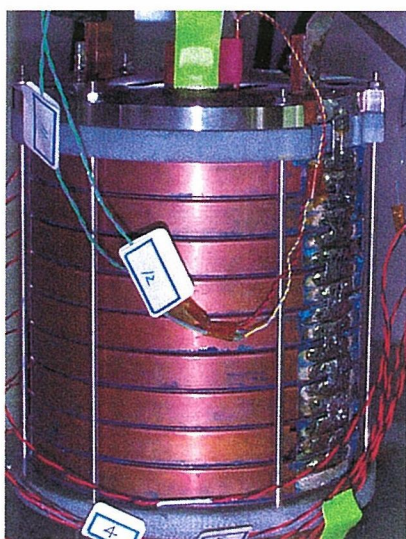


図1 試作したBi2212超伝導マグネット

進む高温超伝導材料の研究

素子開発を目指した 薄膜高品質化への挑戦



第1研究グループ
石井 明

新デバイス：結晶内接合素子

人工的に原子を積層したり並べたりして新しい機能を発現させて素子を作り出す研究が最先端の科学技術分野で繰り広げられています。最近、自然の結晶構造そのものに素子機能が内蔵されている物質が話題になっています。自然の力を利用するわけですから、合成加工プロセスを大幅に簡略化できると期待されています。しかも、それから得られる機能が従来技術の空白領域であったテラヘルツ（THz）帯の高周波素子であるというから尚更です。

高温超伝導体の結晶構造は、超伝導性を示す銅酸素原子面と、それらに交互に挟まる非超伝導層とから形成されています。特に、ビスマス系では後者が電気伝導に絶縁性を示す二層のビスマス酸素原子面(BiO)₂から構成されていて、自然に形成された超伝導体／絶縁体－交互積層となっているため、この構造そのものを素子に利用することができると期待されています（図1）。

素子化のための 基盤技術としての 薄膜化

ビスマス系高温超伝導体は素子構造内蔵という潜在力を有する一方で、合成には分解温度直下（10℃以内）での部分熔融状態を利用したプロセスが必要とされてきました。従

来は、それ以下の温度では、超伝導特性の劣る薄膜しか合成できませんでした。ところが、分解温度直下での合成では、不純物相の析出やビスマス原子の蒸発等により、超伝導相表面形状に荒れが避けられず、原子層はおろか一般的に積層型素子として利用する際にも障害となっていました。

表面平滑性と超伝導特性の両立

表面の平滑性を確保するため、分解温度より十分に（50－100℃）低い温度で、レーザー蒸着法により成膜を行いました。通常、このようにして一旦基板上に合成された薄膜を、その表面平滑性を損なうことなく、再加熱等により超伝導特性を向上させることは困難でした。ところが、我々は、最初の蒸着温度を特定の温度範囲で酸化マグネシウム単結晶（100）面上に蒸着を行ったときには、再加熱に際してビスマス系超伝導体結晶の基板結晶に対する面内方位が45°回転して再結晶することを見出しました（図2）。この新しいプロセスの発見により、ビスマス系薄膜で平滑性と超伝導特性の両立を達成しました。

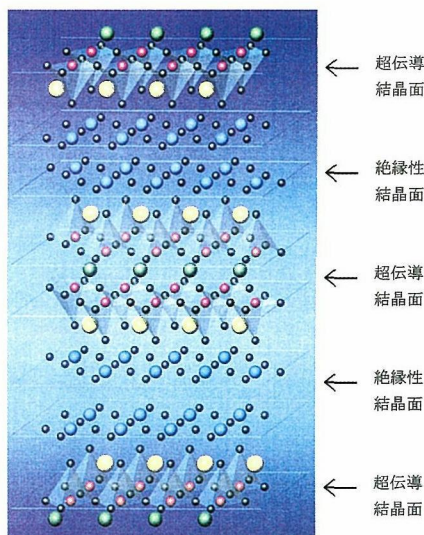


図1 超伝導結晶面と絶縁性結晶面を結晶内に内蔵しているビスマス系高温超伝導体

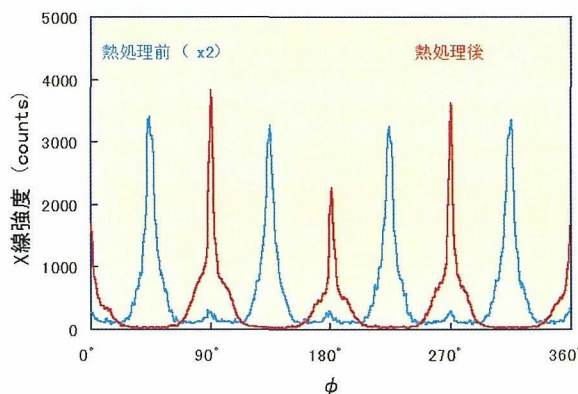


図2 低温成長ビスマス系超伝導薄膜と基板との熱処理前後における面内方位関係

進む高温超伝導材料の研究

高周波応用を目指す超伝導体

—新しい薄膜化技術による導体開発—



第1研究グループ
小森 和範

高速度通信や情報処理技術においては、高速に変化する信号や微弱な信号を高率よく捉え、また高品位な伝送を行うことが重要です。コンピューターや衛星通信などでは、現在でも数百M～数十GHzという高い周波数のマイクロ波が使用されており、近い将来には信号の高品位化を目指したさらなる高周波化や機器の省電力化が求められます。信号は線路の電気抵抗によって強度の劣化や波形の乱れを生ずるので、既存の導体に比べて高周波表面抵抗がけた違いに低い高温超伝導体の活用が期待されており、これを用いたアンテナ／フィルタ作製等の研究がさかんに進められています。

超伝導体は直流に対しては電気抵抗をもちませんが、高周波電流に対しては有限の電気抵抗を示します。超伝導体中には超伝導を示す電子対と通常の電子が存在しますが（二流体モデル）、直流下では超伝導電流による電界遮蔽のため、通常の電子は運動をしません。しかし高周波下では侵入した磁束の振動によって、通常の電子も運動させられるために電力の損失が生じ、それが表面抵抗の形で現われます。

デバイスの作製には広面積の均質な材料が得られる薄膜技術が期待されています。超伝導薄膜の表面抵抗は膜の構造に強く依存するので、特性向上には薄膜の原子配列まで踏み込んだ高度な構造制御が不可欠です。このためマイクロ波応用を目的とした超伝導薄膜導体の開発では単結晶基板を利用した研究がほとんどですが、私たちのグループでは基材形状の制約や、将来の機能性基板材料との複合化などの観点から多結晶基材上への薄膜

作成を試みています。薄膜の構造制御には、当研究所で開発したMBS（Modified Bias Sputtering）と呼ぶイオン技術を用いており、多結晶金属・セラミックスやガラス等の無秩序な原子配列の上に三次元的な原子整列を持つ薄膜を作成できます。写真はMBS電極近傍の特徴的な放電プラズマを示しています。この3軸配向薄膜のマイクロ波に対する特性は図のようになっており、配向向上とともに特に遷移温度直下の温度域での表面抵抗が改善していることがわかります。

また、このような薄膜は高い臨界電流密度を持つため、MBS法は気相技術による厚膜導体線材作製にも有効と考えられています。

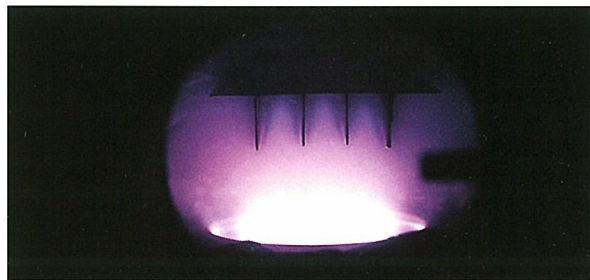
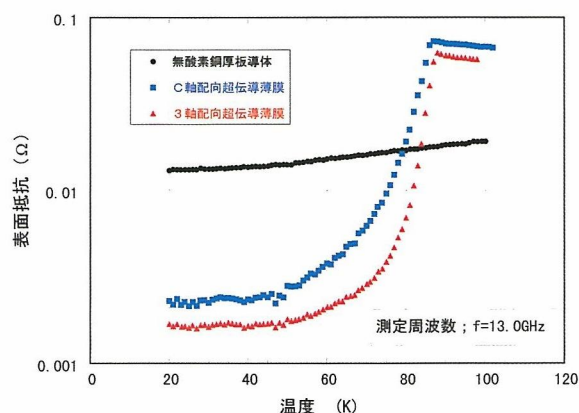


図1 MBS法による特徴的な放電プラズマ

図2 超伝導薄膜の配向性と表面抵抗の関係



進む高温超伝導材料の研究

Bi-2212/Ag線材の 臨界電流密度が飛躍的に向上

—ペア (PAIR) プロセスの開発の成功—



第1研究グループ
北口 仁

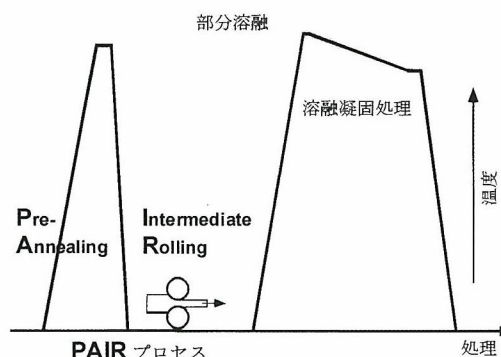


図1 PAIRプロセス

Bi-Sr-Ca-Cu-O高温超伝導線材の実用化に際して、最も重要となる特性は臨界電流密度 (J_c) であり、さらなる向上が望まれています。著者らは、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 酸化物高温超伝導体と銀との複合線材(以下、Bi-2212/Ag線材と記す)の新たな作成プロセスとして、図1に示す、予備焼成と中間加工を組み合わせたPAIRプロセスを開発しました。このプロセスにより、 J_c を従来の2倍以上に向上させることが可能になりました。また、線材内部における J_c

分布等の基礎的研究成果をふまえて、Bi-2212部分の形状最適化を行い、これによっても、従来法の2倍程度の J_c 向上に成功しました。

図2は、実用Bi-2212/Ag線材にPAIRプロセスおよび線材形状最適化を適用した結果です。何れの場合も従来法に比べて2倍以上の J_c が得られています。さらに、両方を組み合わせて行うことにより、 $5.2 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$ に達する高い J_c を得る事に成功しました。(これまでは、日立グループによる $2.5 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$ 等が世界最高レベルでした。)

図3は従来法とPAIRプロセス線材の微細組織の比較を示しています。従来法に比べてPAIRプロセスを行ったものでは、全体にわたって結晶が高度に配列した配向組織が得られており、これが特性向上の最大要因と考えられます。

PAIRプロセスという単純なプロセスで大きな特性向上が達成されたことは工業的見地から大いに有意義です。Bi-2212の場合には、最終熱処理前の状態には大きな注意が払われていませんでしたが、そこに着目することにより今回の成果が達成されました。PAIRプロセスのもたらした大きな特性向上により、Bi-2212線材の冷凍機冷却マグネット等への応用の可能性がより高まりました。

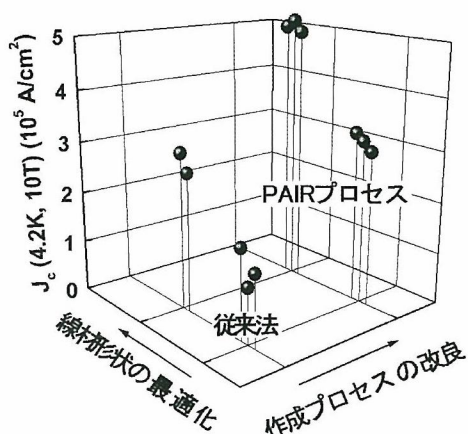


図2 PAIRプロセス及び線材形状最適化による特性向上

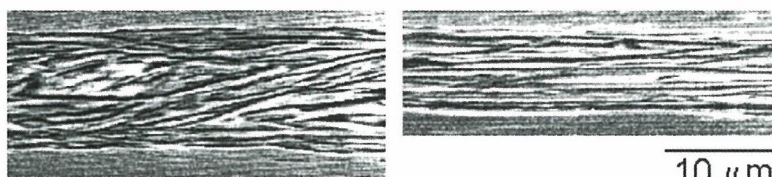


図3 従来法とPAIRプロセス線材の微細組織の比較 (中央部の板状結晶がBi-2212超伝導体、上下は銀)

計算材料研究部
楠 克之

計算機シミュレーションで見る アルファ鉄の変形過程

近年、計算機とソフトウェア技術の急速な進歩により、いろいろな現象を計算機の中で再現することができるようになりました。計算機シミュレーションの利点の一つは、現実の物質と装置を用いた実験をする場合に必要となる手間と費用や環境への配慮をする必要がないことです。もう一つの大きな利点は、実験結果がすべて数値データとして得られることです。そのおかげで、現実の実験では得られにくい情報も手に入れることができます。

本研究の目的は、金属の変形と破壊の様子を計算機シミュレーションによって再現し、さらに、実験では観測が難しい原子レベルの領域の変形過程を明らかにすることです。ここでは、その一例として、アルファ鉄の変形についての結果をご紹介します。

金属の変形と破壊

応力がかかったときに物質は変形し破壊に至ります。変形による破壊のしかたの典型は、脆性破壊（割れる）か延性破壊（伸びる）かです。この延性破壊が金属の大きな特徴の一つとなっています。しかし、体心立方構造（立方体の中心と各頂点に原子が配列した基本格子からできている結晶構造）をもつ純金属の場合には、わずかな例外を除いて低温では脆性破壊をす

ることが知られています。多くの実用材料として使われているアルファ鉄も、このような体心立方構造をもっています。

分子動力学法による引っ張り試験

すべての原子についてのニュートンの運動方程式を解いて、原子の運動の軌跡

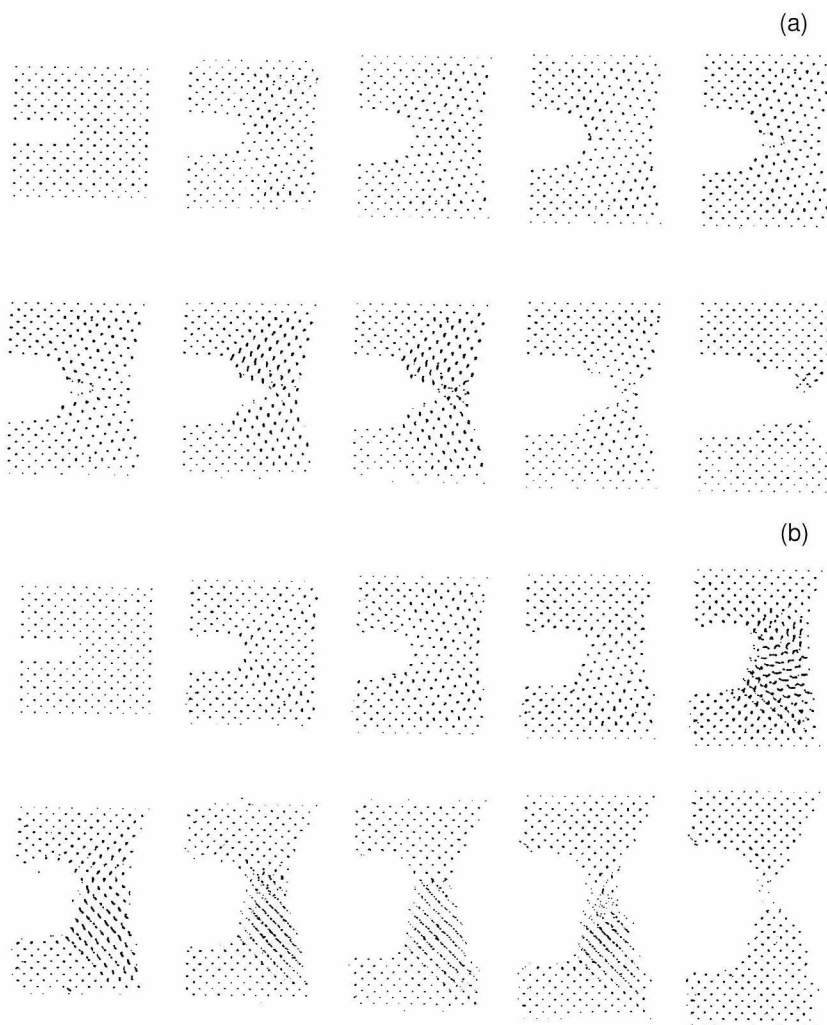


図1 アルファ鉄の変形の様子を応力軸に垂直な方向から見たもの。(a)温度10Kで割れが進展する様子。(b)300Kにおいて塑性変形が起こる様子。

を求める手法が分子動力学法です。計算に必要なものは、原子の初期座標と原子間に働く力です。本研究では、鉄の原子間力を、多体の相互作用を考慮したEAM (Embedded Atom Method) による原子間ポテンシャルから求めました。引っ張り試験用の試料は、この鉄の原子を約2000個用いて作った体心立方構造の結晶です。この試料の引っ張り方向に垂直な面にあらかじめ切り欠きをつけておき、格子定数を単位として1ps(10^{-12} 秒)の時間に0.025の速度で変形させました。

温度による変形様式のちがい

図1は[001]軸方向に引っ張った場合の結晶の変形の様子を、応力軸に垂直な方向から見たものです。温度が10Kの場合には図1(a)に示すように、切り欠きから割れが発生し、結晶中の(001)面上を伝搬していくのがわかります。この場合の破壊のしかたは脆性破壊です。一方、300Kの場合には図1(b)に示すように、切り欠き近傍からすべりが発生し、それが次々と伝搬してゆく塑性変形が起こります。最終的には、試料は中央付近で大きく絞られ破断に至ります。この場合は延性破壊です。

これらの結果は、現実のアルファ鉄の変形の様子をよく再現しています。

塑性変形のメカニズム

結晶が延性変形する場合には、特定の原子面上を特定方向に原子がすべることが、これまでの実験および理論からわかっています。しかし、個々の原子が具体的にどのような軌跡をたどって動くのかを実際に観察することは、技術的にかなり難しいことです。計算機シミュレーションは、このような場合に威力を発揮します。温度が300Kの場合の変形中のある一枚のすべり面(図2(a))の上下の原子の位置を示したものが図2(b)です。この場合のすべり系は(011)[111]であることが分かります。また、すべり変形中の原子の運動は、矢印で示すように、ある特定の[111]原子列が同時に集団で移動することが、この計算機シミュレーションで初めて明らかになりました。

今後は、体心立方構造の純金属がなぜ低温で脆性破壊をするのか等の基本的問題に、計算機シミュレーションの立場から挑戦していきます。

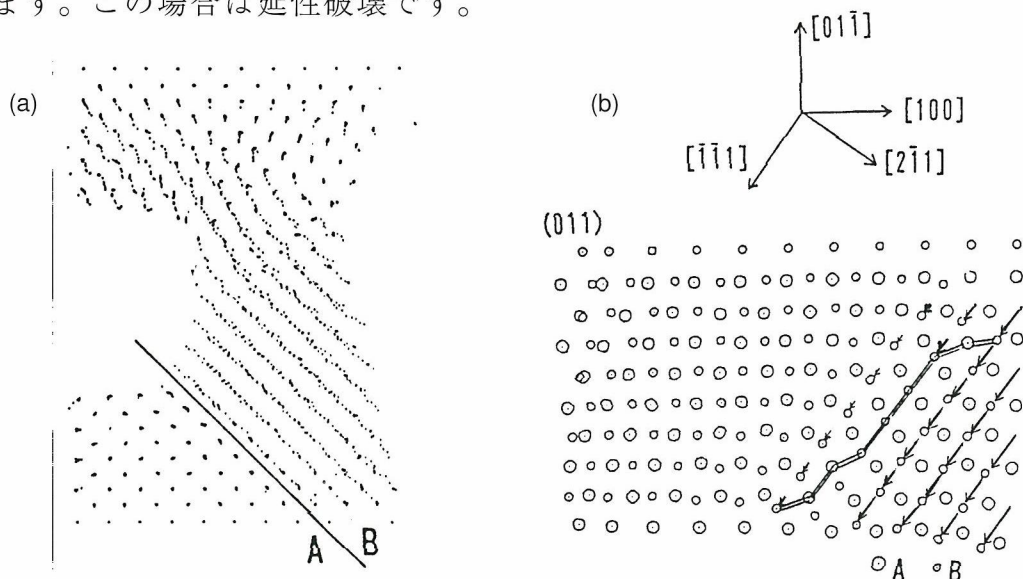


図2 (a)応力軸に垂直な方向から見たすべり面。温度は300K。(b)すべり面の上下の原子の位置。二重線は結晶転位を、また、矢印はすべり変形中のある特定の原子列が同時に集団で移動することを示す。

X線の微小角散乱による新しい
表面・薄膜解析法の研究精密励起場ステーション
桜井 健次

X線を平坦かつ平滑な表面に微小な角度で入射させると、ある角度（臨界角）以下では全反射を起こすことが知られています。臨界角はX線の波長と物質によって決まり、およそ1～10ミリラジアン（1ミリラジアンは約0.06度）です（表1）。このような微小角入射の条件下では、X線の物質に対する侵入深さはきわめて浅く、通常の角度で入射させる場合よりも3～4桁も浅い数ナノメートル程度になります。つまり、表面近傍だけをX線による計測の対象とすることができ、既に確立されているX線解析の手法を表面・薄膜に拡張することが可能になります。他の表面分析法では必ずしも容易ではない大気中（または低真空）での非破壊的な測定ができることも重要な利点の1つです。

当研究室では、表面・薄膜解析への新しいアプローチの方法として、鏡面反射や散漫散乱に着目して研究を行っています。X線を微小角で入射させると、表面の結晶構造とは無関係に、入射した角度と等しい角度位置に反射スポット（鏡面反射）が現れ

シリコン	3.92
ガラス	3.80
アルミニウム	4.13
チタン	5.23
クロム	6.54
鉄	6.72
ニッケル	7.01
銅	7.02
銀	7.70
タングステン	9.61
金	9.70
白金	10.5

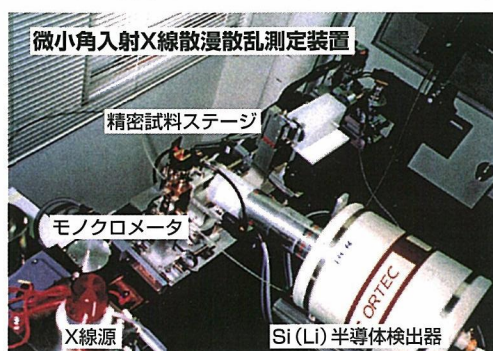
表1 さまざまな物質の臨界角
(X線波長0.155nm、単位ミリラジアン)

写真1 当研究室で開発された微小角入射X線散漫散乱測定装置

ますがその周囲にも微弱な散乱X線が観測され、これを散漫散乱と呼びます。その角度プロファイルを精密に測定すると、表面や薄膜界面のナノスケールの形状、また深さ方向の密度分布、薄膜では各層の厚さ、層内での密度の傾斜等に関する情報を得ることができます。

このような微小角でのX線の挙動に着眼した新しい解析手法を確立するためには、ハードウェア（装置技術）およびソフトウェア（シミュレーション・解析プログラム）の両面での研究開発が重要です。微小角入射X線散漫散乱測定装置（写真1）は、微弱な散漫散乱X線を高精度に測定することのできる装置で、光学系はもちろんのこと、X線源、検出器、制御・計数系に至るまで独自に開発・製作され、随所に工夫が盛り込まれています。ミラー材料（合成石英基板）の精密加工表面を測定・解析した例を図1に示します。

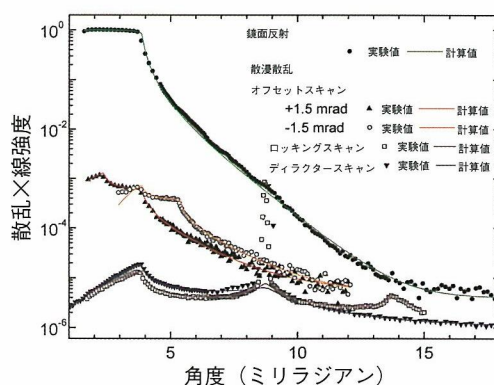


図1 ミラー材料（合成石英）の散漫散乱X線測定結果

X線エネルギー 8.047keV (Cu K α 1線)
試料は面精度 $\lambda/20$, 平行度 $2''$ の精密加工平面を持つ合成石英。解析結果は実験結果とよくフィットした。

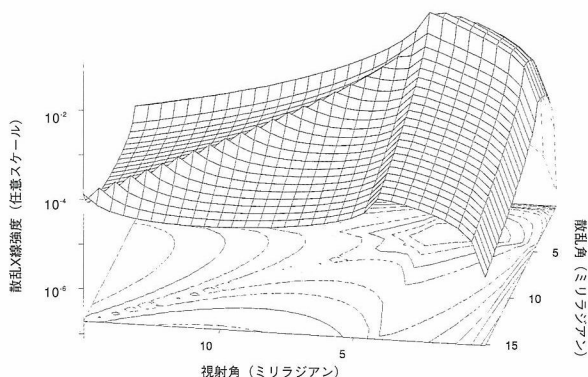


図2 散乱X線プロファイルのシミュレーション
合成石英ミラー、rms表面粗さ1nm、相関距離
300nm、フラクタル次元 2.8、X線エネルギー
8.047keV

散乱X線を測定するには、いろいろな走査方法があります。検出器を固定して試料を回転させる方法（ロッキングスキャン）、その逆に試料を固定して検出器を走査する方法（ディテクタースキャン）、鏡面反射の条件からわずかに角度をずらして走査する方法（オフセットスキャン）等が用いられます。当研究室では、これらの散乱X線の角度プロファイルを解析するためのソフトウェアの開発を進めており、この実験結果も精密に解析され、表面粗さ、相関距離、フラクタル次元を決定することができました。図2に示すよう

に、このソフトウェアのシミュレーション機能も大変強力で、材料のナノスケールの表面形状を議論するのに役立っています。

このような研究を更に発展させるためには、通常の実験室のX線源だけではなく、高輝度なシンクロトロン放射光の利用が不可欠です。当研究室は、西播磨の大型放射光施設、SPRING-8の共同利用ビームラインの建設に際し、これまでの装置試作の経験を生かして、微小角入射X線分析装置（図3）の設計・製作を担当しました。この装置では、当研究室の装置の良い点をすべて取り入れただけでなく、超微量物質からの蛍光X線の検出もできるように設計されており、半導体ウエハの表面汚染の超高感度分析、薄膜界面の微量金属の挙動の解析等にブレークスルーをもたらすものと期待されます。この装置は、ごく最近完成し、この秋以後のビームタイムで本格的な研究をスタートさせようとしているところです。当研究室の最新の研究成果は、インターネットのWWWページ(<http://inaba.nrim.go.jp/xray/>)でも公開していますので、参照して頂けると幸いです。

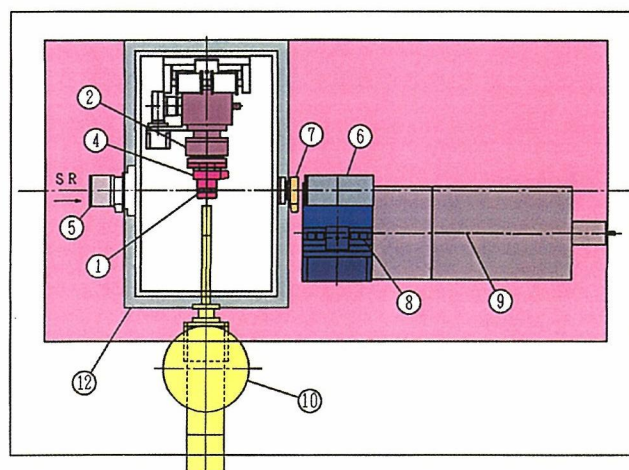
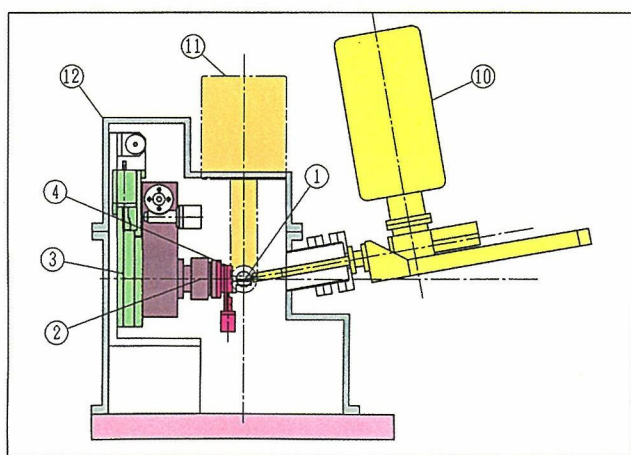


図3 SPRING-8 ビームライン用微小角入射X線分析装置(a) 断面図（光軸上流から見た図）、(b) 平面図

①試料、②超精密ゴニオメータ、③ゴニオメータ位置あわせ機構、④試料位置あわせ機構、⑤入射スリットおよび強度モニター、⑥反射強度検出器（受光スリットつき）、⑦ダイレクトビームストッパー、⑧検出器走査機構、⑨並進ステージ（分解能を向上させるために距離を変化させる）、⑩蛍光X線検出器（side-looking 配置）、⑪蛍光X線検出器（down-looking 配置）、⑫真空チャンバー

行事報告

サイエンスキャンプ '98開催

今年も夏休みの高校生を対象としたサイエンスキャンプが、8月4日から6日の3日間にわたって行われました。

今年はテーマを「構造物を支える材料の開発って?」と題し私たちの生活に身近な金属を調べました。

プログラムは引っ張り試験機や、シャルピー試験機などを使って金属の機械的特性を調べたり、試料を研磨して顕微鏡で観察したりと実験主体で行われました。

各研究者も事務局もサイエンスキャンプに関わるのが初めてで、準備の段階から大変苦労しましたが、優秀な生徒のおかげで最終日の修了証書の授与まで予定どおり行うことが出来ました。

サイエンスキャンプでは、普段会うことのない研究者に



直接話を聞いたり指導を受けることで青少年の理工系離れを防ぐとともに、学校や学年、地域を越えた友達と合宿生活を送ることで心身の育成を計るということが主旨になっています。今回のサイエンスキャンプで、少しでも科学への興味を深め、また今回知り合った他校の生徒との親睦もいっそう深まってくれば本当に成功したと言えます。

特許速報

●登録（国内）

発明の名称：単結晶の製造方法

登録日：平成10年8月7日

登録番号：特許第2810975号

発明者氏名：木村秀夫、沼澤健則、佐藤充典

概要：本発明は、欠陥の少ない良質な単結晶を引き上げ法により簡便に製造することのできる単結晶の製造方法に関する

ものであり、種結晶として適当な単結晶がない場合にも、目的とする大きさの単結晶を製造することができ、種結晶の作製と単結晶の製造とを連続的に行うことができる。また、従来からの引き上げ装置を適用することのできるため、単結晶製造の効率が向上し、かつ欠陥の少ない良質の単結晶の製造も可能となる。本発明により、単結晶レーザー素子、波長変換素子などの光学分野において有用とされている非線形光学材料に好適となる。

表紙説明

ビスマス系超伝導体に磁界をかけた時に侵入した量子化磁束格子。

磁界の方向によって全く異なる形態を示すことが分かった。

■編集後記

21世紀に向けて期待されている材料の一つである超伝導材料について、当研究所の研究成果や最新の研究状況が特集を見ることによりわかると思います。

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所
〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1
TEL.(0298)59-2045 FAX.(0298)59-2049
ホームページ <http://www.nrim.go.jp>

通巻 第478号 平成10年9月発行
編集兼発行人 細川洋治
印刷所 前田印刷株式会社