

1996 No. 1

金材技研

科学技術庁

金属材料技術研究所

ニュース

新年のごあいさつ／

強磁場遠赤外分光装置／

銅系酸化物超伝導体／

新年のごあいさつ

所長 岡田 雅 年

謹んで新年のお祝辞を申し上げます。

金属材料技術研究所が長年の念願であった筑波に移転して初めての正月を迎えました。冬空に映える筑波山を望み気宇壮大に構えて新しい研究所の出発点に立ちたいと思います。

本年、金属材料技術研究所は創立40周年を迎えます。この節目に当り、我々に期待されているものは何かを考えると、緊張の思いとともに闘志が湧いてきます。

本研究所は関係各位のご努力により世界有数の施設・設備を整えた研究所となりました。今後は、それらを駆使し、世界に開かれた研究所として機能しなければなりません。極限場研究センターにおいては、既に、COEを指向した極微構造物質分野の開拓など、国際的な共同研究を推進しております。千現においても、スーパーコンピュータを導入し計算材料研究を加速するとともに、NRIMガイドの創設など安全性や地球環境保全の立場から新たな材料研究に取り組む計画であります。さらに、科学技術発展のトリガーとなる新材料の開発を推進して行くとともに、特に、社会生活の基盤を提供する構造材料については、産業界との連携を強化し、新しい視点から意欲的に取り組みたいと考えております。

本年は、研究所の第5次長期計画策定に着手する年であり、今後の10年を見据えた5カ年計画の立案に入ります。この作業の中で、本研究所における研究の基本的な骨格を再度設定するとともに、組織・運営に関しても国家・社会の急速な変化に対応できる方向で検討致します。研究および人材における積極的な国際化および産・学・官との交流は時代の要請であります。第5次長期計画の策定に当たっては広く各界のご意見を伺うと同時に、特に、次世代を担う若手研究者の過去にとらわれない弾力



性のある意見を、またベテラン研究者の貴重な経験を吸収して行きたいと考えております。また、昨年11月には科学技術基本法が施行され、昭和62年度に出された科学技術会議第14号答申「物質・材料系科学技術に関する研究開発基本計画について」のフォローも進められております。本研究所も国立研究機関として高い理想を持ち、期待される役割を果たさねばなりません。長期計画策定はこれらの経過を考慮しつつ進めたいと考えております。

世界の政治経済状況が劇的に変転し来世紀に向かう中で、科学技術立国を国是としてこの荒波を乗り切ろうとするわが国の方針に依って、所員一同いっそう努力する所存であります。本年もご支援、ご指導の程を宜しくお願い申し上げます。

強磁場遠赤外分光装置の開発と低次元物質研究への応用

— 1次元性物質 CuGeO_3 , $\text{MEM}(\text{TCNQ})_2$ の磁気相解明へ —

現在、柴崎地区強磁場施設において、40T(テスラ)級ハイブリッドマグネットシステム、21T超伝導マグネット、超精密マグネット、80T級パルスマグネットなど各種マグネットが整備されている。また、各種汎用マグネットも次々に導入される予定である。特に中心的存在であるハイブリッドマグネットシステムでは去る9月29日に定常磁場で世界記録となる36.04Tの励磁に成功し、今後、当研究施設は強磁場研究において重要な役割を果たすことが期待されている。測定装置としても物性研究では一般的な電気抵抗、帯磁率、光学的特性等の広範な温度領域での強磁場中精密測定装置を開発中である。ここでは、ハイブリッドマグネットに組み合わせることを目的として開発研究を行っている遠赤外磁気分光装置について紹介する。

図1に分光装置の構成図を示す。装置は干渉計、光検知器、光を導くライトパイプから構成される光学測定部と磁場発生用マグネットから成る。赤外領域の分光測定ではマイケルソン型干渉計を用いたフーリエ変換分光法が一般的であるが、我々は波長の長い遠赤外領域でより効率の良いラメラ格子型で $3\sim 40\text{cm}^{-1}$ の波数範囲($3\sim 0.25\text{mm}$ に相当)で測定可能な干渉計を開発した。遠赤外用光検知器としては、4.2Kで動作するホットエレクトロン型InSbボロメータと0.3K動作のSiボロメータを用いている。干渉計およびディテクターは漏れ磁場の影響を避けるため数メートル離し、その間を光はライトパイプで導かれる。すでに超伝導マグネットを用いた磁場中測定に成功している。近々ハイブリッドマグネット中で測定を行う予定である。また、測定波長領域を遠赤外から紫外領域にまで広げ高分解能で強磁場中分光測定を行うことも計画している。

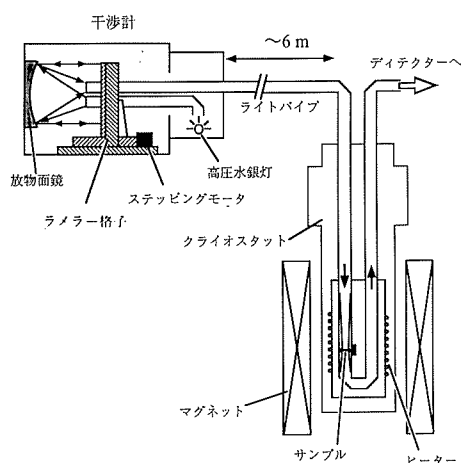


図1 強磁場遠赤外分光装置の構成

ところで、10~30Tの磁場中において物質中の電子に加わるゼーマンエネルギーは約 $1\sim 3.5\text{meV}$ ($9\sim 28\text{cm}^{-1}$)であり、これは遠赤外領域の電磁波のエネルギーに対応する。従って強磁場下のサイクロトロン共鳴やESR共鳴の現象はこの領域で観測することができる。また、この領域の分光測定により、スピンパイエルズ転移を起こす $\text{MEM}(\text{TCNQ})_2$ 等の低次元物質で、転移に伴い格子振動の周波数が下がるフォノンのソフト化と呼ばれる現象の観測が期待される。スピンパイエルズ転移は格子変形を伴った相転移であり、1次元性の強い磁性体にもみられる。フォノンのソフト化は転移に伴う格子変形と深い関連を持ち、遠赤外領域での分光測定が有力であると考えられる。また、スピンパイエルズ状態に強磁場をかけることにより磁気相と呼ばれる状態に相転移することが知られているが、磁気相に関する詳細は未だに解明されておらず興味をもたれている。我々は今回開発した分光装置を用い、無機物質では初めてスピンパイエルズ転移が観測された CuGeO_3 に関して強磁場下での遠赤外分光研究を行っている。測定結果を図2に示す。横軸は光の波数を、縦軸は光強度を示す。ESR共鳴による鋭い吸収が各磁場で観測されている。また、スピンパイエルズ相が強磁場下で磁気相に転移する場合に、ESR吸収線から求められるスピン有効 g 値がシフトする、という結果を得た(図3)。これは相転移による磁気的振舞いの変化を反映するものであり、磁気相を解明するための詳細な研究が期待される。今後は上述のスピンパイエルズ物質 $\text{MEM}(\text{TCNQ})_2$ に関して測定を予定している。なお、遠赤外分光装置の開発は東京理科大学の長坂研究室との共同研究で、また低次元磁性体の研究は東京大学の内野倉研究室との共同研究で行っている。

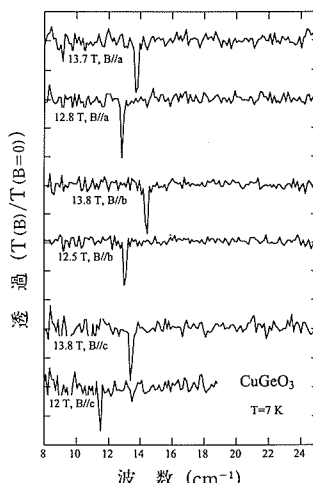


図2 強磁場下における遠赤外分光の測定結果

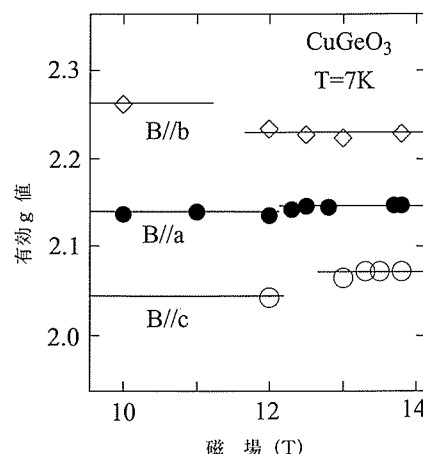


図3 CuGeO_3 の磁気相への転移に伴う有効 g 値のシフト

銅系酸化物超伝導体の臨界電流特性を説明

— 中性子照射で性能が飛躍的に向上 —

各種の電力機器への応用を目指して線材化が盛んに研究されているビスマス系酸化物超伝導体は、4.2K付近の低温では30T(テスラ)の強磁場中でも十分高い臨界電流密度 J_c を有する。すでにこれを用いた小型マグネットが試作され、その優れた特性が立証されている(金材技研ニュース1994年No. 5)。一般に超伝導体の J_c は磁場とともに低下するが、ビスマス系もその難点として、 J_c がゼロとなる磁場(不可逆磁場 B_{irr} という)が温度が上昇するに従って急激に低下し、液体窒素温度(77K)付近では B_{irr} が数分の1テスラと極めて低くなる。これは、ビスマス系の結晶中に存在するBi-Oの2重層が CuO_2 超伝導層間の結合を断ち切るにより、強い2次元性が現れるためと推測される。実際に、このような障害物層が1層をなす水銀系やタリウム系酸化物超伝導体では B_{irr} がはるかに高い。

最近いくつかの研究機関で、同じく1層の障害物層を持つ銅系の酸化物超伝導体が発見され、これも高い B_{irr} を持つと期待される。そこで銅系酸化物超伝導体について無機材質研究所と共同で系統的に調べた。その結果、この酸化物が水銀系やタリウム系酸化物以上に高い B_{irr} を持つこと、および、結晶中に格子欠陥を導入すると超伝導特性が著しく向上することがわかった。これらについて以下に紹介する。なお、試料は5 GPa(ギガパスカル)の高圧下において1200°Cで熱処理して作製した。

試料は多結晶の焼結体で、障害物層である(Cu, C)層が1層の $(Cu_{0.5}C_{0.5})Ba_2Ca_2Cu_3O_9$ ((Cu, C)-1223と略記)および $(Cu_{0.5}C_{0.5})Ba_2Ca_3Cu_4O_{11}$ ((Cu, C)-1234)である。比較のために、(Cu, C)層が2層の $(Cu_{0.5}C_{0.5})_2Ba_3Ca_2Cu_3O_9$ ((Cu, C)-2323)および $(Cu_{0.5}C_{0.5})_2Ba_3Ca_3Cu_4O_{11}$ ((Cu, C)-2334)についても調べた。超伝導遷移温度 T_c はそれぞれ順に67K, 117K, 91K, 113Kである。

臨界電流特性および B_{irr} は磁化測定より求めた。図1に(Cu, C)が1層である(Cu, C)-1234の B_{irr} の温度依存

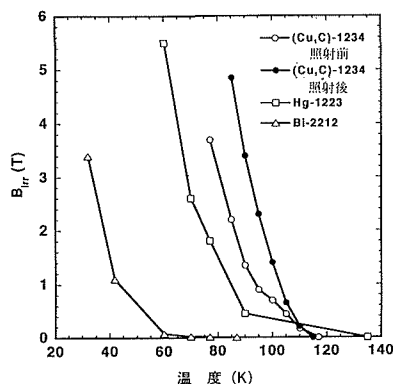


図1 不可逆磁場 B_{irr} の温度依存性

性を、ビスマス系および水銀系と比較して示す。(Cu, C)-1234の B_{irr} は、温度が T_c から下がるに従って急激に上昇し、77Kにおける(Cu, C)-1234の $B_{irr}=4.5$ Tは、ビスマス系はもちろん、水銀系の値よりも高い。一方、(Cu, C)が2層の系では1層の系ほど B_{irr} は高くなくて77Kでの(Cu, C)-2334の B_{irr} は約1.4Tである。このように(Cu, C)が1層の銅系酸化物超伝導体は高い B_{irr} を示すが、 J_c の値自体は他の酸化物超伝導体に比べて小さい。たとえば(Cu, C)-1223では4.2Kにおける5Tでの J_c が約10万A/cm²で、ビスマス系超伝導体などと比較してかなり低い。しかしこの場合でも、 J_c の温度依存性はビスマス系はもちろん、水銀系やタリウム系と比較してもかなり小さく、高温では比較的高い J_c を保っている。また、高温での J_c の磁場依存性もかなり小さい。これに対して(Cu, C)が2層の系では、 J_c の温度および磁場依存性はかなり大きく、ビスマス系超伝導体に近い振舞いを示す。

上述のように銅系酸化物超伝導体の J_c 値が低いことは、結晶中に有力な磁束線のピン止めセンターが存在していないこと、すなわち、結晶学的に欠陥の少ない物質であることを示唆する。そこで中性子照射によって格子欠陥を導入し、それがピン止めセンターとしてどの程度有効に働くかを調べた。照射実験は日本原子力研究所の実験炉(JRR-3M)を用いて行なった。その結果、 J_c が全温度、磁場領域で大幅に上昇した。図2は、照射前後の(Cu, C)-1234の5Kおよび77Kにおける J_c -磁場曲線を示す。77K, 1Tにおける J_c は60万A/cm²で、照射前の60倍以上に向上した。この J_c 値は、バルク超伝導体として

は現在のところ最高レベルにある。また J_c が上昇したことから B_{irr} も向上し、図1に示したように77Kでは5Tを大きく越える。

このように銅系酸化物超伝導体で高い J_c および B_{irr} が得られたことは、この物質が実用化に大きな可能性を秘めることを示している。

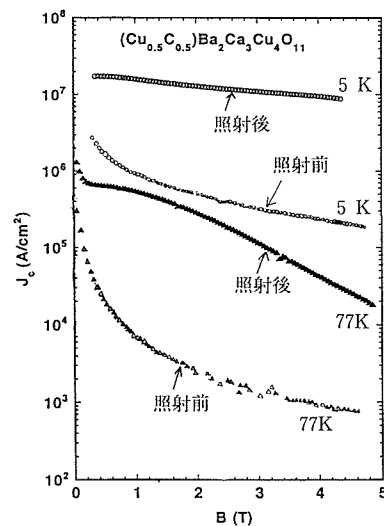


図2 中性子照射前後の臨界電流密度 J_c -磁場曲線(中性子照射量: 2×10^{17} n/cm²)

2 月の研究発表（国内分）

学・協会名	開催期間	発 達 題 目	発 表 者（所属）
Mate' 96 (パシフィコ横浜)	2.1～2.2	1. マイクロプローブによる粉体粒子マニピュレーション・接合と微小物構築	今野 武志（5 G）他

◆短 信◆

●叙 勲

勲三等瑞宝章

元筑波支所長 銀木正敏氏は金属材料の高速加工時の力学的挙動を解明し、極限応力場における材料挙動の研究の進展に貢献したことにより、平成7年11月9日、上記の勲章を授与された。

元金属物理研究部長 増本 剛氏は新しい化合物半導体の結晶作成及び特性向上に関する研究の進展に貢献したことにより、平成7年11月9日、上記の勲章を授与された。

●受 賞

ばね鋼の低サイクル疲労挙動論文賞

環境性能研究部 金澤健二

環境性能研究部 阿部孝行

環境性能研究部 木村 恵

ばね鋼の高応力化に伴う低サイクル疲労問題に着目し、繰返し塑性変形により軟化した状態では破壊が容易に進行することを明らかにするとともに、低サイクル疲労寿命を推定する方法を提案した。この功績が認められ、ばね技術研究会より、平成7年11月20日、上記の賞を受けた。

◆特許速報◆

●出 願

発 明 の 名 称	出 願 日	出 願 番 号	発 明 者 名
高融点超合金	7.11.2	07-236135	小泉 裕, 山邊容子, 呂 芳一, 丸子智弘, 中沢静夫, 村上秀之, 原田広史
微小体付着力測定装置及び微小体付着力測定方法	7.11.22	07-304210	角田方衛, 丸山典夫, 山本玲子, 他2名（オリンパス光学工業株式会社との共同出願）

発 行 所 科学技術庁金属材料技術研究所
〒305 茨城県つくば市千現1-2-1
TEL (0298)53-1045(企画室直通),
FAX (0298)53-1005

通巻 第446号 平成8年1月発行
編集兼発行人 武 藤 英 一
問 合 せ 先 企画室普及係
印 刷 所 前 田 印 刷 株式会社
茨城県つくば市東新井14-5